

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Θέμα: Μοντελοποίηση και Αλγόριθμοι Βελτιστοποίησης Προβλημάτων

Θαλάσσιων Μεταφορών.....5

*

1^ο Κεφάλαιο: Εισαγωγή.....6

A. Η θαλάσσια μεταφορά στο παγκόσμιο εμπόριο.....6

*

2^ο Κεφάλαιο: : Η Ελληνική Εμπορική Ναυτιλία.....10

A. Ο ρόλος της εμπορικής ναυτιλίας στη χώρα μας.....10

B. Ιστορική ανασκόπηση.....12

Γ. Ο ρόλος της ελληνικής εμπορικής ναυτιλίας στο παγκόσμιο σύστημα των θαλάσσιων μεταφορών.....15

Δ. Η μεγάλη συμβολή της εμπορικής ναυτιλίας στην Ελληνική Οικονομία.....19

E. Ο ρόλος της ελληνικής εμπορικής ναυτιλίας στο ελληνικό σύστημα των θαλάσσιων μεταφορών.....21

*

3^ο Κεφάλαιο: Πλοία.....22

A. Νηογνώμονας.....22

B. Είδη πλοίων.....24

Γ. Ελεύθερα Φορτηγά Ξηρού Φορτίου (tramps-tramp ships).....	26
Δ. Φορτηγά Γραμμών ή Πλοία Γραμμών (liners).....	29
Ε. Φορτηγά Βιομηχανικού Φορτίου (industrial shipping).....	31

*

4° Κεφάλαιο: Φορτίο Πλοίου.....	35
A. Η έννοια του φορτίου πλοίου.....	35
B. Κατηγορίες φορτίων.....	35
Γ. Εμπορευματοκιβώτια ή αλλιώς κοντέινερ και οι διαστάσεις τους.....	38

*

5° Κεφάλαιο: Διεθνές Εμπόριο και Διεθνείς Οργανισμοί.....	42
A. Όροι Διεθνούς Εμπορίου (Incoterms – International Commercial Terms).....	42
B. Διεθνείς Οργανισμοί.....	44

*

6° Κεφάλαιο: Σημαντικοί Αριθμοδείκτες.....	47
A. Αριθμοδείκτης Baltic Dry.....	47
B. Worldscale.....	56

*

7° Κεφάλαιο: Προγραμματισμός στις Θαλάσσιες Μεταφορές.....	60
---	-----------

A. Η έννοια του προγράμματος πλοίου.....60

B. Ο προγραμματισμός στις θαλάσσιες μεταφορές.....60

*

**8^ο Κεφάλαιο: Προγραμματισμός Πορειών Πλεύσης Πλοίων στο
Θαλάσσιο Εμπόριο.....65**

A. Ανάλυση επιστημονικών άρθρων για τον προγραμματισμό πορειών
πλεύσης πλοίων στις θαλάσσιες μεταφορές.....65

*

**9^ο Κεφάλαιο: Εργασία. Προγραμματισμός Προβλήματος Πορείας
Πλεύσης Φορτηγών Γραμμών Κοντέινερ -Liner Container Shipping- και
Ελεύθερων Φορτηγών Πλοίων Κοντέινερ -Tramp Container Shipping-
στις Θαλάσσιες Μεταφορές και Επίλυση του
Τελευταίου.....83**

A. Μοντελοποίηση προβλήματος πορείας πλεύσης Πλοίων Φορτηγών
Γραμμών Κοντέινερ -Liner Container Shipping-.....87

B. Μοντελοποίηση προβλήματος πορείας πλεύσης Ελεύθερων Φορτηγών
Πλοίων Κοντέινερ -Tramp Container Shipping- και Επίλυση του.....92

Γ. Κοντέινερ (T.E.U.).....96

Δ. Στόλος (S = Ships).....99

Ε. Λιμάνια (P = Ports).....100

Ζ. Έσοδα Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων T.E.U. (E = Earnings).....104

Η. Προσφορά και Ζήτηση.....	106
Θ. Κόστος Μεταφοράς Κοντέινερ Φορτηγών Πλοίων.....	108
Ι. Μηνιαίο Κόστος Πλοίου (MC = Monthly Cost).....	109
Κ. Κόστος Καυσίμων Ταξιδιού Πλοίου (VFC = Voyage Fuel Cost).....	111
Λ. Κόστος Καυσίμων Βοηθητικών Συστημάτων Πλοίου (AFC = Auxiliary Fuel Cost).....	128
Μ. Χρόνος Ταξιδιού "Εν Πλώ" (TS = Time at Sea) και Χρόνος Παραμονής στα Λιμάνια (TP = Time at Port).....	131
Ν. Κόστος Πετρελαίου (FC = Fuel Cost).....	133

*

10^ο Κεφάλαιο: Επίλογος	135
Α. Αποτελέσματα και Συμπεράσματα.....	135

*

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	137
---------------------------	-----

Θέμα: Μοντελοποίηση και Αλγόριθμοι Βελτιστοποίησης Προβλημάτων Θαλάσσιων Μεταφορών

Σήμερα, ένα μεγάλο μέρος της Ελληνικής Οικονομίας στηρίζεται στις μεταφορές και ειδικότερα στον κλάδο των θαλάσσιων μεταφορών. Στην εργασία αυτή θα πραγματοποιηθεί η μοντελοποίηση και επίλυση του προβλήματος της εφοδιαστικής αλυσίδας στις θαλάσσιες μεταφορές. Θα ληφθούν υπόψη όλες οι παράμετροι που απαιτούνται για την μοντελοποίηση του συγκεκριμένου προβλήματος θαλάσσιων μεταφορών και θα αναπτυχθούν αλγόριθμοι βελτιστοποίησης για την επίλυση του προβλήματος. Με τη χρήση παραδειγμάτων θα ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα των μεθόδων και η δυνατότητα γενίκευσή τους σε πιο περίπλοκα προβλήματα.

1^ο Κεφάλαιο: Εισαγωγή

Η θαλάσσια μεταφορά στο παγκόσμιο εμπόριο

Το διεθνές εμπόριο, με πρωτοπόρο τις θαλάσσιες μεταφορές, έχει κάνει αλματώδης βήματα ανάπτυξης τις τελευταίες δεκαετίες χάριν στην ιλιγγιώδη αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, των ανθρωπίνων αναγκών και την βελτίωση των συνθηκών ζωής του ανθρώπου σήμερα¹.

Η ανάδειξη της Κίνας σε ισχυρό οικονομικό και βιομηχανικό παράγοντα, έχει την τελευταία δεκαετία τεράστιο αντίκτυπο στην τεράστια ανάπτυξη των θαλάσσιων μεταφορών.

Σήμερα η μεταφορά μέσω της θαλάσσιας οδού είναι ο ακρογωνιαίος λίθος για την μεταφορά εμπορευμάτων και αποτελεί την πιο ευρεία χρήση μεταφοράς στο παγκόσμιο εμπόριο. Οι θαλάσσιες μεταφορές με τα πολλαπλά πλεονεκτήματά τους έναντι άλλων μορφών μεταφοράς, έχει συντελέσει στην αλματώδη ανάπτυξη της εμπορικής ναυτιλίας².

Μερικά από τα πολλά πλεονεκτήματά τους αναφέρονται περιληπτικώς³:

- ο Οι φτηνές τιμολογήσεις μεταφορών σε σύγκριση με την αεροπορική μεταφορά προϊόντων
- ο Η ελάχιστη πιθανότητα ατυχημάτων
- ο Αποτελεί μια καθαρή, ασφαλή και φτηνή μορφή μεταφοράς αντίθετα με τα υπόλοιπα είδη
- ο Επάρκεια μεταφορικής ικανότητας. Μπορούν τα πλοία να μεταφέρουν τεράστια φορτία⁴

¹ . J.E. Korsvik, K. Fagerholt: A tabu search heuristic for ship routing and scheduling with flexible cargo quantities. Springer Science+Business Media, LLC 2008

² . R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. Transportation Science, Vol.42, May 2008

³ . Τόια με προηγούμενη πηγή

ο Και ακόμα πολλά άλλα

Πολλά κράτη εξαρτώνται και στηρίζουν μεγάλο μέρος της οικονομίας τους σε αυτήν.

Η ναυτιλία είναι σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένη από τα μεγάλα εξωστρεφή κράτη όπως είναι η Γερμανία, η Ιαπωνία, η Κίνα, οι Η.Π.Α. και το Ηνωμένο Βασίλειο. Η παραγωγή της μεταποίησης και τα επίπεδα της γενικής κατανάλωσης –ιδιαίτερα αυτής που ικανοποιείται από πηγές παραγωγής στις οποίες παρεμβάλλεται η θάλασσα (seaborne trade)- είναι δύο βασικοί οικονομικοί παράγοντες μείζονος σπουδαιότητας. Αυτοί ρυθμίζουν τις εμπορικές ροές επηρεάζοντας το μέλλον της ναυτιλίας καθώς⁵:

- α) Οι εμπορικές τους εισροές συνίστανται από χύμα πρωτογενής ύλης
- β) Οι εμπορικές τους εκροές κατά πλειοψηφία συνίστανται από υψηλής προστιθέμενης αξίας τελικά προϊόντα



Λιμάνι Σιγκαπούρης



Λιμάνι Ρότερνταμ

Όπως αναφέραμε οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν το κύριο μέσο μεταφοράς στο παγκόσμιο εμπόριο. Αν αναλογισθούμε ότι περίπου το 90% του παγκόσμιου και το 40% του ενδοκοινοτικού ευρωπαϊκού εμπορίου

⁴ . Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών, Σημειώσεις στη "Ναυτιλιακή Οικονομική" 2008

⁵ . Α. Μ. Γουλιέλμος; Management Ναυτιλιακών Επιχειρήσεων. Εκδ. Σταμούλης

διεξάγεται με θαλάσσιες μεταφορές, τότε μπορούμε να κατανοήσουμε πόσο σπουδαίος παράγοντας είναι στον παγκόσμιο οικονομικό στίβο⁶.

Το 2000, περισσότερα από 4 δις. τόνους φορτίου μεταφέρθηκαν σε περισσότερα από 80.000 πλοία⁷. Για να έχουμε επίγνωση της αύξησης του παγκοσμίου θαλάσσιου εμπορίου τα τελευταία χρόνια, το 2005 σημειώθηκε τεράστια αύξηση στην ποσότητα των διακινούμενων αγαθών, στους 7,11 δις. τόνους φορτίου. Επίσης σύμφωνα με στοιχεία του Συνεδρίου των Ηνωμένων Εθνών στο εμπόριο και την ανάπτυξη το 2006, ο παγκόσμιος στόλος μεγάλωσε κατά 960 εκατ. τόνους νεκρού βάρους (dwt)⁸.



Πλοίο Κοντέινερ

Για να καταλάβουμε καλύτερα το πόσο σημαντικός μπορεί να είναι ο ρόλος του θαλάσσιου εμπορίου στην ανάπτυξη μιας χώρας, ενδεικτικά οι Η.Π.Α. για παράδειγμα, σύμφωνα με την Αμερικάνικη Ένωση των Λιμενικών Αρχών του 2006, είναι περίπου υπεύθυνη για το 20% του διεθνούς εμπορίου σε εξαγωγές και εισαγωγές. Το 99% των διεθνών μεταφορών της διενεργείται

⁶ . Δ. Ορφανός Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α): Τα πολλαπλά οφέλη της χώρας μας από την εμπορική ναυτιλία. www.apodimos.com, 2003

⁷ . K. Fagerholt: Ship scheduling with soft time windows: An optimization based approach. *European Journal of Operational Research* 131 (2001), pages 559-571

⁸ . R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. *Transportation Science*, Vol.42, May 2008

μέσω του θαλάσσιου εμπορίου. Περισσότερο από 2,5 δις. τόνους εμπορίου τον χρόνο, διαχειρίζονται από τις θαλάσσιες οδούς και τα λιμάνια των Η.Π.Α. και αναμένεται σε 15 χρόνια να διπλασιαστεί⁹.

Το επίκεντρο της έρευνας μας θα είναι η μοντελοποίηση και αλγόριθμοι βελτιστοποίησης προβλημάτων θαλάσσιων μεταφορών που ασχολούνται με τη Μεταφορά Κοντέινερ (Container Shipping), στις 2 κατηγορίες λειτουργίας φορτηγών πλοίων που υπάρχουν:

- i. από Ελεύθερα Φορτηγά Πλοία (Tramp Shipping)
- ii. και από Πλοία Φορτηγά Γραμμών (Liner Shipping)

Εμείς στην συγκεκριμένη εργασία θα προγραμματίσουμε και θα λύσουμε το πρόβλημα πορείας πλεύσης Ελεύθερων Φορτηγών Πλοίων Κοντέινερ (Tramp Container Shipping). Αυτό θα το κάνουμε με τη μέθοδο της Διαφορικής Εξέλιξης ενώ παράλληλα θα εφαρμόσουμε και την μέθοδο της Τοπικής Αναζήτησης.

⁹ . R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. Transportation Science, Vol.42, May 2008

2^ο Κεφάλαιο: : Η Ελληνική Εμπορική Ναυτιλία

Ο ρόλος της εμπορικής ναυτιλίας στη χώρα μας

Η ελληνική εμπορική ναυτιλία είναι η μεγαλύτερη δύναμη, μαζί με τον τουρισμό και τον χρηματοπιστωτικό τραπεζικό τομέα, στις οποίες βασίζεται η Ελληνική Οικονομία.

Στη μακράιωνη ιστορία του Ελληνικού Έθνους , η εμπορική ναυτιλία διαδραμάτισε και συνεχίζει να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο τόσο στην οικονομική και πολιτιστική ανάπτυξη της χώρας όσο και στους πολεμικούς της αγώνες, αλλά ακόμη και στη διεθνή προβολή του ελληνικού ονόματος¹⁰.



Χάρτης Ελλάδος

Η επιτυχία της ελληνικής ναυτιλίας αποτελεί ένα κλασσικό παράδειγμα ότι για την επιχειρηματική καταξίωση και επιτυχία, το σημαντικότερο μερίδιο

¹⁰ . Δ. Ορφανός Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α): Τα πολλαπλά οφέλη της χώρας μας από την εμπορική ναυτιλία. www.apodimos.com, 2003

δεν ανήκει στη κρατική βοήθεια, αλλά στην ανθρώπινη ευστροφία και δημιουργικότητα.

Ιστορική ανασκόπηση

Ανεκτίμητη υπήρξε η συμβολή της εμπορικής ναυτιλίας στην εθνική ισχύ και άμυνα της χώρας μας. Με τη βοήθεια της γεωγραφικής θέσεως της χώρας, η θαλάσσια επικοινωνία και δραστηριότητα γίνονται το πρωταρχικό μέσο διαδόσεως των ιδεών και του πολιτισμού και στοιχείο ανάπτυξης και ευημερίας.

Οι Έλληνες από τα αρχαία χρόνια δημιούργησαν σπουδαία ναυτική παράδοση την οποία καλλιέργησαν μέσα στο πέρασμα του χρόνου. Σύμφωνα με το ρητό του Θουκυδίδη "...έχουμε γη και πατρίδα όταν έχουμε πλοία στη θάλασσα..."¹¹.

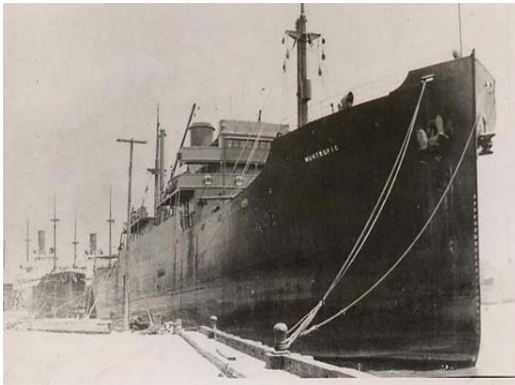
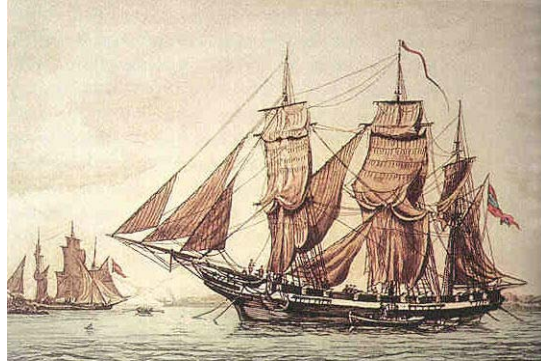
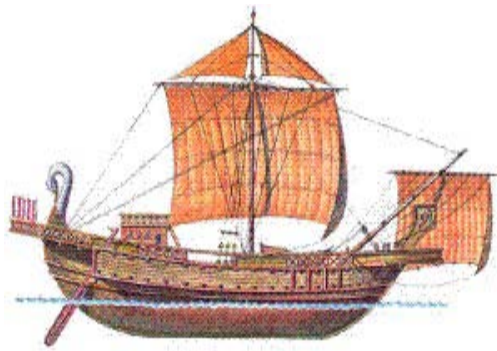
Δίνοντας έμφαση στα γεγονότα της νεώτερης ελληνικής ιστορίας, καθοριστική υπήρξε η συνδρομή της ναυτιλίας μας. Συνοπτικά¹²:

- ο Με την έκρηξη της επανάστασης του 1821, περισσότερα από 200 εμπορικά πλοία μετατράπηκαν σε πολεμικά και ρίχτηκαν στον αγώνα. Ότι ζούμε σήμερα ελεύθεροι το οφείλουμε σε μεγάλο βαθμό στους караβοκύρηδες και τα πληρώματά τους, προκαλώντας μεγάλες απώλειες στον ισχυρό τουρκοαιγυπτιακό στόλο.
- ο Στη διάρκεια του 'β παγκοσμίου πολέμου, ο ελληνικός εμπορικός στόλος αποτελούμενος από 600 περίπου πλοία, χρονοναυλώθηκε στη Μ. Βρετανία από την ελληνική κυβέρνηση για να χρησιμοποιηθεί στην εξυπηρέτηση των συμμαχικών αναγκών σε νηοπομπές του Ατλαντικού Ωκεανού.

¹¹ . Ναυτικό Μουσείο της Ελλάδος. Εκδ. Εκδοτική Ελλάδος, Πειραιάς 1984

¹² . Δ. Ορφανός Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α): Τα πολλαπλά οφέλη της χώρας μας από την εμπορική ναυτιλία. www.apodimos.com, 2003

ο Με το τέλος του 'β παγκοσμίου πολέμου, η ναυτιλία των Ελλήνων αναγεννήθηκε με την αγορά από τις Η.Π.Α. 100 φορτηγών πλοίων τύπου "Λίμπερτυ"



Η εξέλιξη της Ελληνικής εμπορικής ναυτιλίας από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα

Ο τερματισμός του 'β παγκοσμίου πολέμου βρίσκει την ελληνική εμπορική ναυτιλία σε πλήρη διάλυση, αφού κατά τη διάρκεια του έχασε σχεδόν τα τρία τέταρτα των πλοίων που διέθετε. Η κατάσταση αυτή ωστόσο άλλαξε γρήγορα με την απόκτηση αρκετών πλοίων το 1947 από Έλληνες εφοπλιστές. Η ενίσχυση του στόλου συνεχίστηκε στο υπόλοιπο μισό της δεκαετίας του '50, καθώς και στις δεκαετίες του '60 και του '70, με αποτέλεσμα στο δεύτερο ήμισυ της δεκαετίας του '70 να κατατάσσεται παγκοσμίως στην τρίτη θέση. Η εν λόγω πορεία ανάπτυξης συνεχίστηκε, με αποτέλεσμα σήμερα ο ελληνικός στόλος να παραμένει εδώ και περίπου

τρεις δεκαετίες ο μεγαλύτερος στόλος στον κόσμο, μια πορεία που φαίνεται
οτι θα συνεχιστεί και τα επόμενα έτη¹³.

¹³ . Επιχειρήσεις με Ιστορία. ΤΑ ΝΕΑ, 2008

Ο ρόλος της ελληνικής εμπορικής ναυτιλίας στο παγκόσμιο σύστημα των θαλάσσιων μεταφορών

Η Ελλάδα, μια χώρα 11 εκατ. κατοίκων, είναι μια παγκόσμια δύναμη, με εμβέλεια κατά πολύ μεγαλύτερη της αντίστοιχης των Η.Π.Α., της Ιαπωνίας, ή της Μ. Βρετανίας σε ότι αφορά την ναυτιλιακή της ισχύ.

Η ελληνόκτητη ναυτιλία, απαρτιζόμενη από πλοία υπό ελληνική και ξένες σημαίες, που ανήκουν σε έλληνες πλοιοκτήτες και είναι επανδρωμένα με έλληνες αξιωματικούς κατέχει εδώ και πολλά χρόνια, και ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία την πρώτη θέση στον κόσμο¹⁴.

Κατά το 2007, η ελληνική εμπορική ναυτιλία με πλοία υπό ελληνική σημαία, αντιπροσωπεύει το 10% του αριθμού πλοίων στον κόσμο και το 15% της χωρητικότητας του παγκόσμιου εμπορικού στόλου σε τόνατζ¹⁵. Με συνολική χωρητικότητα που αγγίζει τα 170 εκατ. τόνους νεκρού βάρους (dwt) ο ευρύτερος ελληνικός εμπορικός στόλος αριθμεί περισσότερα από 5.000 πλοία. Παράλληλα, ο ευρύτερος εμπορικός μας στόλος είναι ο πρώτος σε μέγεθος στην Ευρωπαϊκή Ένωση και αντιπροσωπεύει το 26,4% της ευρωπαϊκής ναυτιλίας¹⁶. Υπό ελληνική σημαία, σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (ΕΣΥΕ), η δύναμη του ελληνικού εμπορικού στόλου τον Απρίλιο του 2009 ανήλθε στα 2.100 πλοία¹⁷ και υπό ξένες σημαίες (Κύπρου, Λιβερίας, Μάλτας, κτλ) σε περισσότερα από 2.500 πλοία. Η συνολική χωρητικότητα των πλοίων υπό ελληνική σημαία ήταν 4.0475.472 κόροι ολικής χωρητικότητας (ΚΟΧ) (1 κόρος=2,83 κυβικά μέτρα). Από τα 2.100 πλοία, τα 624 ήταν φορτηγά, τα 540 δεξαμενόπλοια και 936 επιβατηγά

¹⁴ . Επιχειρήσεις με Ιστορία. ΤΑ ΝΕΑ, 2008

¹⁵ . Δ. Ορφανός Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α): Τα πολλαπλά οφέλη της χώρας μας από την εμπορική ναυτιλία. www.apodimos.com, 2003

¹⁶ . Επιχειρήσεις με Ιστορία. ΤΑ ΝΕΑ, 2008

¹⁷ . 2.100 πλοία στον Ελληνικό Εμπορικό Στόλο. www.reporter.gr 20/6/2009

και λοιπά πλοία. Ένα στα πέντε πετρελαιοφόρα στο κόσμο ανήκουν σε Έλληνες εφοπλιστές.



Τάνκερ

Η ανάπτυξη του ελληνικού εμπορικού στόλου στο χρονικό διάστημα από τον Δεκέμβριο του 2000 ως τον Απρίλιο του 2009 σύμφωνα με την ΕΣΥΕ, ήταν η ακόλουθη για τις παρακάτω κατηγορίες¹⁸:

- ο Αύξηση της συνολικής δύναμης των πλοίων κατά 6,8%
- ο Αύξηση της συνολικής χωρητικότητας των πλοίων κατά 48,1%
- ο Μείωση των φορτηγών πλοίων κατά 0,2%
- ο Αύξηση της συνολικής χωρητικότητας των φορτηγών πλοίων κατά 27,2%
- ο Αύξηση των δεξαμενόπλοιων κατά 18,2%
- ο Αύξηση της συνολικής χωρητικότητας των δεξαμενόπλοιων κατά 67,9%
- ο Αύξηση των επιβατηγών και λοιπών πλοίων κατά 5,8%

¹⁸ . 2.100 πλοία στον Ελληνικό Εμπορικό Στόλο. www.reporter.gr 20/6/2009

ο Αύξηση της συνολικής χωρητικότητας των επιβατηγών και λοιπών πλοίων κατά 25,3%



Ναυπήγηση πλοίων

Σήμερα ο ελληνικός εφοπλισμός διαχειρίζεται ένα στόλο 190 εκατ. τόνων, έναντι 165 εκατ. τόνων το 2005. Η μέση ηλικία του ελληνόκτητου στόλου μειώθηκε στα 15,3 έτη το 2006 από τα 20,3 έτη το 2000, περιορίζοντας έτσι την απόκλιση από τον διεθνή μέσο όρο στα 0,4 έτη το 2006 από 3,4 έτη το 1998. Το 2007 οι Έλληνες εφοπλιστές προχώρησαν στη παραγγελία 556 πλοίων συνολικής αξίας 31,9 δις. δολαρίων¹⁹, από τα οποία πολλά από αυτά δυστυχώς, λόγω της δύσκολης οικονομικής περιόδου από τον Χειμώνα του 2008 έως και την μερική ανάκαμψη της αγοράς τον Μάιο του 2009, ακυρώθηκε ή μετατέθηκε η παραγγελία τους.

Ένα παράδειγμα που αναδεικνύει πόσο σημαντικός παράγοντας είναι ο ελληνικό εμπορικός στόλος, είναι ότι μεταφέρει το 25% των εισαγωγών πετρελαίου και το αντίστοιχο ποσοστό των εξαγωγών σιτηρών, άνθρακος και λοιπών χυδών φορτίων των Η.Π.Α.²⁰.

¹⁹ . Επιχειρήσεις με Ιστορία. ΤΑ ΝΕΑ, 2008

²⁰ . Ίδια με προηγούμενη πηγή

Το σπουδαιότερο, η κυριαρχία της ελληνικής εμπορικής ναυτιλίας στο παγκόσμιο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών δεν προκύπτει μόνο από την στατιστική συμμετοχή της στο συνολικό τόνατζ ή στον αριθμό των ποντοπόρων πλοίων.

Η κυριαρχία προκύπτει²¹:

- α) Από το ιστορικό κύρος της και την άρρηκτα συνδεδεμένη παρουσία της στην ιστορία της χώρας μέσα από το πέρασμα των αιώνων
- β) Από το κύρος της ως της πιο ποιοτικά αναβαθμισμένης ναυτιλίας του κόσμου
- γ) Από το κύρος της στο Ευρωπαϊκό γίγνεσθαι, στον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό και στους υπόλοιπους διεθνείς Οργανισμούς (η μόνη που διαθέτει Υπουργείο για την ναυτιλία και Προξενικά Λιμεναρχεία σε ολόκληρο τον κόσμο)
- δ) Από την πιστοληπτική ικανότητα των ελληνικών ναυτιλιακών εταιρειών στο διεθνές πιστωτικό σύστημα
- ε) Από τον πλέον νεότευκτο στόλο του κόσμου, αφού ο μέσος όρος των ελληνικών πλοίων, μετά και από την απόσυρση των μονοπυθμένων, κατέβηκε από τα 30 στα 15,5 χρόνια κατά μέσο όρο

²¹ . Ρόλος της Ελληνικής Εμπορικής Ναυτιλίας. Logistics+Management, www.anomeritis.gr/

Η μεγάλη συμβολή της εμπορικής ναυτιλίας στην Ελληνική Οικονομία

Η εμπορική ναυτιλία έχει κομβικό ρόλο στην Ελληνική Οικονομία, καθώς σήμερα απασχολεί σχεδόν 50.000 Έλληνες ναυτικούς και περισσότερους από 12.000 Έλληνες εργαζόμενους σε ναυτιλιακά γραφεία και άλλα παραναυτιλιακά επαγγέλματα (ναυλομεσίτες, δικηγόροι, τραπεζικοί, κτλ)²².

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί η σημασία σε οικονομικούς όρους της συμβολής του ναυτιλιακού συναλλάγματος για την Ελλάδα. Για το 2006 η εισροή ναυτιλιακού συναλλάγματος ξεπέρασε τα 15 δις. ευρώ, μέγεθος ισόποσο των εισροών από τον τουρισμό και ύψους περίπου 8% του ΑΕΠ. Το ναυτιλιακό συνάλλαγμα εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί –στο σύνολο του σχεδόν- καθαρή εισροή αντίθετα με την απόκτηση ταξιδιωτικού συναλλάγματος και εισροών, τα οποία συνεπάγονται με τεράστιο κόστος και κοινωνική επιβάρυνση. Για παράδειγμα, κόστος κατασκευής τουριστικών εγκαταστάσεων, κόστος διαφήμισης της χώρας, αλλοίωση πολιτιστικών παραδόσεων και άλλα²³. Όπως έχει επισημανθεί επανειλημμένως από αρμόδιους, χάρη στη ναυτιλία, η Ελλάδα καταφέρνει και καλύπτει τις πολύ μεγάλες αδυναμίες της στον τομέα των εξαγωγών. Κατά συνέπεια γίνεται εισροή κεφαλαίων από το εξωτερικό που είναι σημαντική για την οικονομική επιβίωση της χώρας. Το κάθε αυτό ναυτιλιακό κεφάλαιο έχει συμβάλει στη δημιουργία μεγάλων "στεριανών" επιχειρήσεων όπως: Motor Oil, Τράπεζα Πειραιώς, Eurobank, Όμιλος "Καθημερινής", Easy Jet, κτλ.²⁴. Επίσης αξίζει να μνημονευθούν οι κατά

²² . Επιχειρήσεις με Ιστορία. ΤΑ ΝΕΑ, 2008

²³ . Η.Ε. Χαραλαμπίδη: Ναυτιλία και Οικονομική Ανάπτυξη. Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών, 1986

²⁴ . Επιχειρήσεις με Ιστορία. ΤΑ ΝΕΑ, 2008

καιρούς μεγάλες δωρεές ορισμένων Ελλήνων εφοπλιστών για κοινωνικές
και εθνικούς σκοπούς.

Ο ρόλος της ελληνικής εμπορικής ναυτιλίας στο ελληνικό σύστημα των θαλάσσιων μεταφορών

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι το ακτοπλοϊκό δίκτυο της Ελλάδας είναι από τα μεγαλύτερα στον κόσμο λόγω των πολλών νησιών της χώρας μας. Παρόλο που από 1/11/2002 έχει αρθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση το προνόμιο των αποκλειστικών ελληνικών πλοίων στην ακτοπλοΐα μας, αυτή εξακολουθεί να εξυπηρετείται μόνο από ελληνικά πλοία. Σήμερα περίπου 300 επιβατηγά πλοία (μεγάλα και μικρά) στελεχωμένα με 10.000 Έλληνες ναυτικούς μεταφέρουν περίπου 36.000.000 επιβάτες και 9.000.000 οχήματα ετησίως²⁵.



Ελληνικά επιβατηγά πλοία

²⁵ . Δ. Ορφανός Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α): Τα πολλαπλά οφέλη της χώρας μας από την εμπορική ναυτιλία. www.apodimos.com, 2003

3^ο Κεφάλαιο: Πλοία

Νηογνώμονας

Η λέξη νηογνώμονας είναι σύνθετη εκ του "ναύς" και "γνώμων", που σημαίνει αυτός που γνωρίζει, αυτός που ελέγχει τα πλοία. Ο νηογνώμονας είναι ναυτιλιακός τεχνικός οργανισμός που καταρτίζει κανονισμούς ασφαλείας, τόσο επί της ναυπήγησης πλοίων όσο και επί του εξοπλισμού τους, κατατάσσοντας αυτά σε κλάση (classification). Με ειδικούς δε επιθεωρητές τα παρακολουθεί καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, είτε με περιοδικές είτε με έκτακτες επιθεωρήσεις²⁶.

Εκτός από το πιστοποιητικό ταξινόμησης ή κλάσεως (certificate of class), οι Νηογνώμονες χορηγούν και τα ακόλουθα πιστοποιητικά²⁷:

- ο Πιστοποιητικό καταμέτρησης χωρητικότητας (tonnage certificate)
- ο Πιστοποιητικό γραμμής φόρτωσης (load line certificate)
- ο Πιστοποιητικό αξιοπλοΐας (certificate of seaworthiness)
- ο Πιστοποιητικό ασφάλειας φορτοεκφορτικών μέσων (cargo gear certificate)
- ο Πιστοποιητικό βλαβών (παρακολούθησης) και άλλα ειδικότερης φύσεως (certificate of damages)

Το 1760 στη Μ. Βρετανία ιδρύθηκε ο πρώτος με διεθνή επιρροή νηογνώμονας, ο Lloyd Register of Shipping. Αυτό είχε σαν συνέπεια αργότερα στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, προκειμένου άλλες χώρες να υπερασπίσουν τα εθνικά τους συμφέροντα, να ιδρύσουν δικούς τους ανεξάρτητους νηογνώμονες όπως ο Γαλλικός Νηογνώμονας (Bureau Veritas,

²⁶ . Νηογνώμονας. www.wikipedia.org Μάρτιος 2010

²⁷ . Ίδια με προηγούμενη πηγή

1828), ο Αμερικάνικος Νηογνώμονας (American Bureau of Shipping, 1862) και πολλοί άλλοι²⁸. Ο Ελληνικός Νηογνώμονας ιδρύθηκε το 1919 με σκοπό την ασφάλεια και την διασφάλιση της ποιότητας των θαλάσσιων υπηρεσιών των πλοίων και την προστασία του περιβάλλοντος²⁹



Ελληνικός Νηογνώμονας

²⁸ . Ι. Ασημομύτη, πλοίαρχος Ε.Ν.: Νηογνώμονες Επιθεωρήσεις, Εκδ. Εμμ. Σταυριδάκη
²⁹ . Ελληνικός Νηογνώμονας, <http://www.hrs.gr/index.htm>

Είδη πλοίων

Οι εξελίξεις στους μηχανολογικούς τομείς, έχουν οδηγήσει σε πρωτοποριακές ναυπηγήσεις πλοίων. Οι λόγοι που οδήγησαν στην περεταίρω εξειδίκευση των πλοίων σε περισσότερες κατηγορίες και διαφορετικούς μεταξύ τους τύπους, από τους οποίους προέκυψαν ποικιλόμορφες εξελίξεις στη ναυτιλία και κυρίως στην οικονομία αυτής, ήταν αποτέλεσμα δύο βασικών παραγόντων³⁰:

- α) Η ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη των νεωτέρων χρόνων
- β) Η μεταβολή της οικονομικής οργάνωσης των ναυτιλιακών επιχειρήσεων

Τα εμπορικά πλοία μπορεί να διαφέρουν ποικίλως μεταξύ τους. Τα πλοία διαφέρουν ως προς το κόστος, την χωρητικότητα και την ταχύτητά τους. Μερικά πλοία έχουν ιδιότητες που μπορούν να τα περιορίσουν να επισκεφτούν κάποια λιμάνια με ιδιαιτερότητες³¹.

Έτσι, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της μεγαλύτερης δυνατής απόδοσης στο μικρότερο δυνατό κόστος, τα πλοία διαιρέθηκαν σε κατηγορίες, ανάλογα με το είδος του φορτίου που δύνανται να μεταφέρουν και με τις θαλάσσιες περιοχές που μπορούν να απασχοληθούν³².

³⁰ . Μ. Χατζηδάκης, Ν. Μπέμπης: Τύποι και κατηγορίες πλοίων και μέσων. Α.Ε.Ν. Κρήτης, Σχολή Πλοιάρχων Χανίων, Πτυχιακή Εργασία Μάιος 2007

³¹ . M. Sigurd, N. Ulstein, B. Nygreen, D. Ryan: Ship scheduling with recurring visits and visit separation requirements. Book: Column Generation, Springer US, 2005, pages 225-245

³² . Μ. Χατζηδάκης, Ν. Μπέμπης: Τύποι και κατηγορίες πλοίων και μέσων. Α.Ε.Ν. Κρήτης, Σχολή Πλοιάρχων Χανίων, Πτυχιακή Εργασία Μάιος 2007

Όταν αναφερόμαστε στο κόστος ενός πλοίου, λαμβάνουμε δύο τμήματα κόστους υπόψη, το σταθερό και το μεταβλητό³³:

- ο Το σταθερό κόστος ενός πλοίου περιλαμβάνει:
 - Κόστος πληρώματος
 - Κόστος συντήρησης
 - Κόστος απόσβεσης από την ημέρα που κατασκευάστηκε το πλοίο
- ο Το μεταβλητό κόστος εξαρτάται κυρίως από την κατανάλωση καυσίμων, το οποίο υπολογίζεται με βάση το διάνυσμα της απόστασης του ταξιδιού και της ταχύτητας που αναπτύσσει το πλοίο

Στη ναυτιλία έχουμε 3 κατηγορίες επιχειρησιακής διαχείρισης φορτηγών πλοίων³⁴:

- i. Ελεύθερα Φορτηγά Ξηρού Φορτίου (tramps-tramp ships)
- ii. Φορτηγά Γραμμών ή Πλοία Γραμμών (liners)
- iii. Φορτηγά Βιομηχανικού Φορτίου (industrial shipping)

³³ . M. Sigurd, N. Ulstein, B. Nygreen, D. Ryan: Ship scheduling with recurring visits and visit separation requirements. Book: Column Generation, Springer US, 2005, pages 225-245

³⁴ . G. Bronmo, M. Christiansen, K. Fagerholt, B. Nygreen: A multi-start local search heuristic for ship scheduling-a computational study. Computers and Operations Research 34, 2007

Ελεύθερα Φορηγά Ξηρού Φορτίου (tramps-tramp ships)

Τα tramps είναι φορηγά πλοία, τα οποία συμπεριφέρονται σαν ταξί στην λειτουργία τους, μεταφέροντας τα διαθέσιμα φορτία που υπάρχουν. Σε μια εταιρεία tramp shipping, εκτός που η εταιρεία έχει συμβόλαια για την μεταφορά ορισμένων φορτίων –μέσω ναυλομεσιτών- (COA – Contracts of Affreightment), αναλαμβάνει την μεταφορά και άλλων φορτίων που είναι διαθέσιμα, για τα οποία η μεταφορά τους δεν είναι σε πρώτη προτεραιότητα, μεγιστοποιώντας έτσι τα κέρδη της επιχείρησης³⁵. Τα tramps διακρίνονται σε πλοία γενικών και σε πλοία ομοειδών φορτίων. Τα πλοία αυτά έχουν τα εξής χαρακτηριστικά³⁶:

- ο Είναι πλοία με όσο το δυνατόν απλούστερη κατασκευή και φέρνουν το δικό τους φορτοεκφορτικό εξοπλισμό
- ο Το μέγεθός τους ξεκινάει από τους 10.000 τόνους και φτάνει συνήθως έως τους 25.000 τόνους



Λιμάνι Χόνγκ Κόνγκ

Για την καλύτερη εξυπηρέτηση των tramps, έχουν δημιουργηθεί σε ορισμένα σημεία της γης ναυτιλιακά κέντρα όπως Σιγκαπούρη, Πόρτ Κλάνγκ και άλλα,

³⁵ . G. Bronmo, M. Christiansen, K. Fagerholt, B. Nygreen: A multi-start local search heuristic for ship scheduling-a computational study. Computers and Operations Research 34, 2007

³⁶ . Μ. Χατζηδάκης, Ν. Μπέμπης: Τύποι και κατηγορίες πλοίων και μέσων. Α.Ε.Ν. Κρήτης, Σχολή Πλοιάρχων Χανίων, Πτυχιακή Εργασία Μάιος 2007

όπου συγκεντρώνονται οι δραστηριότητες για τη μεταφορά φορτίων με όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα (είδος φορτίου, τιμή ναύλου, κτλ.).

Επίσης στα ίδια κέντρα συγκεντρώνονται τα στοιχεία των πλοίων που ζητούν απασχόληση και εύρεση φορτίου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η μικρότερη δυνατή τιμή ναύλου, με βάση τους νόμους της προσφοράς και της ζήτησης³⁷.

³⁷ . Μ. Χατζηδάκης, Ν. Μπέμπης: Τύποι και κατηγορίες πλοίων και μέσων. Α.Ε.Ν. Κρήτης, Σχολή Πλοιάρχων Χανίων, Πτυχιακή Εργασία Μάιος 2007

Οι πιο γνωστοί τύποι είναι:

Handysize Bulk Carriers (Ore Carriers-Grain Carriers-Sugar Carriers)

General Purpose (GP)

Handysize Small Product Tankers



Handysize Bulk Carriers



Handysize Small Container Ships

Φορτηγά Γραμμών ή Πλοία Γραμμών (liners)

Είναι φορτηγά πλοία, τα οποία εκτελούν τακτικά προκαθορισμένα δρομολόγια, δηλαδή λειτουργούν σύμφωνα με το δημοσιευμένο πρόγραμμα τους σαν τα δρομολόγια λεωφορείων³⁸. Αυτά λόγω της ειδικής κατασκευής τους και την υψηλή ταχύτητά τους, προσφέρονται για τη μεταφορά γενικών κατά κύριο λόγο φορτίων. Τα γενικά φορτία, που αποτελούν το αντικείμενο μεταφοράς των πλοίων αυτών, είναι βιομηχανικά και βιοτεχνικά προϊόντα, είδη διατροφής, κτλ.. Επίσης δεν αποκλείεται και η μεταφορά ομοειδών φορτίων. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι³⁹:

- ο Η ειδική κατασκευή τους, δηλαδή η κατάλληλη διαρρύθμιση των κυτών, για την παραλαβή, το καλό στοίβασμα και τον σωστό διαχωρισμό των πολλών και διαφορετικών παρτίδων φορτίου
- ο Τα ισχυρά και γρήγορα μέσα φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων
- ο Η υψηλή ταχύτητα τους
- ο Το μέγεθός τους ξεκινάει από τους 10.000 τόνους και συνήθως μπορεί να φτάσει τους 80.000 τόνους ενός πλοίου Panamax (60.000-80.000 dwt)

Τα πλοία τακτικών γραμμών είναι ποικίλα ανάλογα με την κατασκευή τους και το είδος του φορτίου που μεταφέρουν.

³⁸ . G. Bronmo, M. Christiansen, K. Fagerholt, B. Nygreen: A multi-start local search heuristic for ship scheduling-a computational study. Computers and Operations Research 34, 2007

³⁹ . Μ. Χατζηδάκης, Ν. Μπέμπης: Τύποι και κατηγορίες πλοίων και μέσων. Α.Ε.Ν. Κρήτης, Σχολή Πλοιάρχων Χανίων, Πτυχιακή Εργασία Μάιος 2007

Οι πιο γνωστοί τύποι είναι:

Container Ships

Roll-on/Roll-off (Ro-Ro)

Product Tanker

Panamax



Bulk Panamax



Ro-Ro



Bulk Carriers



Container Ship

Φορτηγά Βιομηχανικού Φορτίου (industrial shipping)

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα φορτηγά πλοία που είναι τα δεξαμενόπλοια (tankers), τα οποία είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα να μεταφέρουν υγρά χύδην φορτία⁴⁰. Βασικό γνώρισμα τους είναι ότι αντί για αμπάρια έχουν δεξαμενές, οι οποίες εξυπηρετούνται με πολλές σωληνώσεις για την φορτοεκφόρτωση και τη θέρμανση του φορτίου. Τα δεξαμενόπλοια διακρίνονται ανάλογα με το είδος του υγρού φορτίου το οποίο μεταφέρουν. Υπάρχουν δηλαδή δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν υγρά καύσιμα, αυτά που μεταφέρουν υγρά χημικά προϊόντα και τέλος αυτά που μεταφέρουν οίνους και διάφορα έλαια και είναι μικρής μεταφορικής ικανότητας⁴¹.

Οι κυριότεροι τύποι δεξαμενόπλοιων είναι:

- Oil Tankers
 - Handy, General Purpose, Medium Range, Large Range 1, Large Range 2, Very Large Crude Carriers (VLCC), Ultra Large Crude Carriers (ULCC)
- Combined Carriers
 - Oil/Bulk/Ore Carriers, Bulk/Oil Carriers, Oil/Bulk Carriers
- Product Carriers
- Chemical Carriers
- Liquefied Gas Carriers
 - Liquefied Petroleum Gas (LPG), Liquefied Natural Gas (LNG), Liquefied Ethylene Gas Carriers

⁴⁰ . Tanker (ship). www.wikipedia.org Μάιος 2010

⁴¹ . Μ. Χατζηδάκης, Ν. Μπέμπης: Τύποι και κατηγορίες πλοίων και μέσων. Α.Ε.Ν. Κρήτης, Σχολή Πλοιάρχων Χανίων, Πτυχιακή Εργασία Μάιος 2007



Aframax Tanker



Capesize Tanker



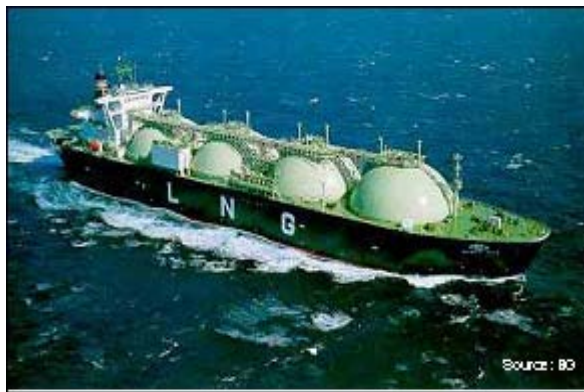
Suezmax Tanker



VLCC Tanker



ULCC Tanker



Liquefied Gas Carrier

Για την κατηγοριοποίηση των δεξαμενόπλοιων κατά μέγεθος η εταιρεία πετρελαιοειδών Shell ανέπτυξε το 1954 το σύστημα afra (average freight assessment)⁴²:

Κατηγορία	Νεκρό Βάρος
General Purpose (GP)	10.000-24.999 dwt
Medium Range (MR)	25.000-44.999 dwt
Large Range 1 (LR-1)	45.000-79.999 dwt
Large Range 2 (LR-2)	80.000-159.999 dwt
Very Large Crude Carrier (VLCC)	160.000-319.999 dwt
Ultra Large Crude Carrier (ULCC)	320.000-549.999 dwt

Ο παραπάνω πίνακας δεν καθορίζει αυστηρά τα όρια των κατηγοριών καθώς οι αλλαγές που έχουν γίνει στο χώρο, τον θεωρούν ξεπερασμένο. Μια άτυπη συνήθης κατάταξη που χρησιμοποιείται χωρίς να είναι αυστηρά καθορισμένη είναι η ακόλουθη⁴³:

Κατηγορία	Νεκρό Βάρος
Product Tanker	10.000-60.000 dwt
Panamax	60.000-80.000 dwt
Aframax	80.000-120.000 dwt
Suezmax	120.000-200.000 dwt
VLCC	200.000-315.000 dwt
ULCC	315.000-550.000 dwt

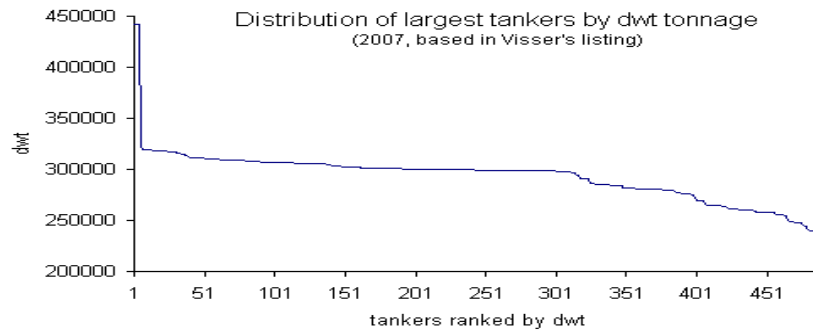
Μια άλλη σημαντική κατηγορία είναι τα πλοία τύπου Capesize τα οποία είναι συνήθως πάνω από 150.000 dwt και περιλαμβάνουν πλοία τεράστιων δυνατοτήτων στη χωρητικότητα όπως τα Suezmax, τα VLCC ακόμα και τα ULCC. Πλοία τύπου Capesize έχουν μέσο όρο χωρητικότητα 175.000 dwt⁴⁴.

⁴² . Tanker (ship). www.wikipedia.org Μάιος 2010

⁴³ . Ίδια με προηγούμενη πηγή

⁴⁴ . Capesize Vessels. www.wikipedia.org Απρίλιος 2010

Το γράφημα παρουσιάζει τον πληθυσμό των τάνκερ παγκοσμίως ανάλογα με την χωρητικότητα τους σήμερα⁴⁵:



⁴⁵ . 2100 πλοία στον Ελληνικό Εμπορικό Στόλο. www.reporter.gr 20/6/2009

4^ο Κεφάλαιο: Φορτίο Πλοίου

Η έννοια του φορτίου πλοίου

Το φορτίο ενός πλοίου χαρακτηρίζεται από το μέγεθός του, τον τύπο του, την ημερομηνία φόρτωσης, την ημερομηνία εκφόρτωσης, το λιμάνι φόρτωσης, το λιμάνι εκφόρτωσης και το αναμενόμενο κέρδος μεταφοράς του όταν αυτό μεταφέρεται μεταξύ 2 λιμανιών⁴⁶.

Κατηγορίες φορτίων

Έχουμε 5 κατηγορίες φορτίων⁴⁷:

i. Τα Γενικά Φορτία

Περιλαμβάνουν κυρίως βιομηχανικά και βιοτεχνικά προϊόντα καθώς και πρώτες ύλες προς βιομηχανική κατεργασία όπως το βαμβάκι, το λάδι, τα ελαστικά και άλλα. Επίσης περιλαμβάνει και διάφορα τρόφιμα όπως ο καφές, τα φιστίκια, το κακάο και άλλα. Τα γενικά φορτία τα οποία μεταφέρονται επί το πλείστον σε μικρές ποσότητες, αποτελούν αντικείμενο απασχόλησης των δρομολογημένων πλοίων (liners), τα οποία διαθέτουν μεγάλη κυβική χωρητικότητα.

ii. Τα Ομοειδή Φορτία

Είναι τα φορτία που μεταφέρονται χύδην εκτός ελάχιστων περιπτώσεων και είναι σε μεγάλες ποσότητες. Τέτοια είναι τα δημητριακά (σίτος, κριθάρι, σίκαλη, κτλ.), ο γαιάνθρακας, τα μεταλλεύματα (βωξίτης, χρώμιο, αλουμίνιο, κτλ.), τα λιπάσματα, τα

⁴⁶ . H. Hwang, S. Visoldilokpun, J. Rosenberger: A branch-and-price-and-cut method for ship scheduling with limited risk. Transportation Science Vol. 42, August 2008

⁴⁷ . Μ. Παγουλάτου: Η φορτωτική. Εκδ. Ν. Σταυριδάκης και Υιός

τσιμέντα, η ξυλεία και άλλα. Για αυτά τα φορτία έχουν δημιουργηθεί ιδιαίτεροι τύποι πλοίων που ανταποκρίνονται σε αυτά. Τέτοια πλοία είναι τα πλοία χύδην φορτίου (bulk carriers) και τα πλοία για την μεταφορά μεταλλευμάτων (ore carriers).



Φόρτωση εμπορευμάτων πλοίων

iii. Τα Υγρά Καύσιμα

Αυτά περιλαμβάνουν το αργό πετρέλαιο και όλα τα προϊόντα και υποπροϊόντα κατεργασίας τους. Για αυτά τα φορτία χρησιμοποιούνται τα δεξαμενόπλοια (tankers).

iv. Τα Φορτία που απαιτούν Ψύξη

Τα φορτία αυτά απαιτούν πλοία που διαθέτουν ψυκτικούς χώρους. Τέτοια φορτία είναι τα κρέατα, τα κτηνοτροφικά και πτηνοτροφικά προϊόντα, τα φρούτα και άλλα.

v. Τα Ζώντα Ζώα

Τέτοια φορτία καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο και απαιτούν περιποίηση κατά τη μεταφορά τους. Πλοία κατάλληλα για την μεταφορά τέτοιων φορτίων πρέπει να έχουν πολλά καταστρώματα και εξώστες.

vi. Εμπορευματοκιβώτια ή αλλιώς Κοντέινερ

Το πεδίο φορτίων με το οποίο θα ασχοληθούμε στην εργασία. Η ανάλυση του γίνεται στο επόμενο αμέσως κεφάλαιο.

Εμπορευματοκιβώτια ή αλλιώς κοντέινερ και οι διαστάσεις τους

Το θαλάσσιο εμπόριο διανύει μια εποχή με μεγάλες αλλαγές. Μία από αυτές των τελευταίων χρόνων είναι η ευρεία και συστηματική χρήση των φορτίων κοντέινερ (containerized cargo) όπου το φορτίο αποθηκεύεται σε κοντέινερ. Αυτό έχει φέρει επανάσταση στο θαλάσσιο εμπόριο, ελαχιστοποιώντας την λιμενική εργασία και διευκολύνοντας την διαχείριση των φορτίων. Οι διαστάσεις των κοντέινερ έχουν συστηματοποιηθεί. Το πιο γνωστό και ευρύ-χρησιμοποιούμενο κοντέινερ που θα αναλύσουμε και παρακάτω, είναι 20 πόδια μακρύ και η μία μονάδα κοντέινερ ονομάζεται T.E.U. (Twenty Foot Equivalent Unit). Συγκριτικά, στις αρχές του 1980 σύμφωνα με τον Drewry (2001), οι μεταφορές φορτίων σε κοντέινερ ήταν 20%, ενώ το 2001 είχε αυξηθεί σε 60%⁴⁸.



Φόρτωση εμπορευματοκιβωτίων

⁴⁸ . R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. Transportation Science, Vol.42, May 2008

Οι διαστάσεις και οι τύποι των κοντίνερς (containers) παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα⁴⁹:

Χαρακτηρισμός	Ύψος σε πόδια	Πλάτος σε πόδια	Μήκος σε πόδια	Συνολικό βάρος σε τόνους	Χωρητικότητα κυβικά πόδια	Χωρητικότητα κυβικά μέτρα
Σειρά 1						
1A*	8	8	40	30 ⁵⁰	2.189	62
1B	8	8	30	25	1.624	46
1C*	8	8	20	24 ⁵¹	1.077	30,5
1D	8	8	10	10	530	25
1E	8	8	6,66	7	318	9
1F	8	8	5	5		
Σειρά 2						
2A	2.100μ	2.300μ	2.920μ	7		
2B	2.100μ	2.300μ	2.400μ	7		
2C	2.100μ	2.300μ	1.450μ	7		

* 1A και 1C: Τα πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα κοντίνερ στην αγορά.



Μερικά είδη container

Το πιο συνηθισμένο κοντίνερ που χρησιμοποιείται σήμερα στη ναυτιλία, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, είναι το T.E.U. (Twenty Foot Equivalent

⁴⁹ . Α. Γιωγγαράς: Διαμεταφορά Ναυτιλιακών Γραμμών. Εκδ. Bookstars Γιωγγαράς, Σεπτέμβριος 2006

⁵⁰ . T.E.U.. www.wikipedia.org Οκτώβριος 2010

⁵¹ . 20 ft Container Size <http://www.dimensionsguide.com/20ft-container-size/> Οκτώβριος 2010

Unit), που είναι μονάδα μέτρησης ίση με μήκους 20 πόδια κοντέινερ, για τον υπολογισμό εμπορεύματος που μπορούν να μεταφέρουν τα πλοία⁵². Αυτή η μονάδα μέτρησης εμπορεύματος βασίζεται στον όγκο ενός 20 ποδιών μήκους κοντέινερ, όπου ένα στάνταρ μεγέθους μεταλλικό κουτί μπορεί εύκολα να μεταφερθεί με τα διάφορα μέσα μεταφοράς όπως πλοία, τρένα και φορτηγά αυτοκίνητα. Μια άλλη ευρεία μονάδα μέτρησης είναι το F.E.U. (Forty Foot Equivalent Unit) που είναι δύο T.E.U.⁵³. Σε ένα πλοίο για παράδειγμα ένα Panamax πλοίο μπορεί να έχει συνολική χωρητικότητα 8.500 T.E.U..



Το MV Emma Maersk ένα από τα μεγαλύτερα στο κόσμο, το οποίο μπορεί να μεταφέρει έως και 15.000 T.E.U.

Οι πιο συνηθισμένες διαστάσεις του ενός T.E.U. δίνονται παρακάτω⁵⁴:

Μήκος	Πλάτος	Ύψος	Όγκος	TEU
20 ft (6,1m)	8 ft (2,4 m)	8,5 ft (2,6 m)	1.360 cu ft (39 m ³)	1
40 ft (12 m)	8 ft (2,4 m)	8,5 ft (2,6 m)	2.720 cu ft (77 m ³)	2
45 ft (14 m)	8 ft (2,4 m)	8,5 ft (2,6 m)	3.060 cu ft (87 m ³)	2,25
48 ft (15 m)	8 ft (2,4 m)	8,5 ft (2,6 m)	3.264 cu ft (92,4 m ³)	2,4
53 ft (16 m)	8 ft (2,4 m)	8,5 ft (2,6 m)	3.604 cu ft (102,1 m ³)	2,65
High cube				
20 ft (6,1 m)	8 ft (2,4 m)	9,5 ft (2,9 m)	1.520 cu ft (43 m ³)	1
Half height				
20 ft (6,1 m)	8 ft (2,4 m)	4,25 ft (1,30 m)	1.520 cu ft (19 m ³)	1

⁵² . Γ. Γιωργαράς: Αγγλοελληνικό Λεξικό Ορών Μεταφοράς Τελωνείου Ναυτιλίας Logistics. Εκδ. Bookstars Γιωργαράς, 2008

⁵³ . T.E.U.. www.wikipedia.org Μάιος 2010

⁵⁴ . Ίδια με προηγούμενη πηγή

Συνήθως όλες οι διαστάσεις ενός Τ.Ε.Υ. είναι καθορισμένες εκτός του ύψος του, το οποίο μπορεί να ποικίλει από 1,30 μέτρα ως 2,90 μέτρα. Το πιο συνήθεις ύψος ενός Τ.Ε.Υ. είναι 2,6 μέτρα.

5^ο Κεφάλαιο: Διεθνές Εμπόριο και Διεθνείς Οργανισμοί

Όροι Διεθνούς Εμπορίου (Incoterms – International Commercial Terms)

Οι πιο γνωστοί όροι εμπορίου που έχουν συνταχθεί από το Διεθνές Εμπορικό Επιμελητήριο σε συνεργασία με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών είναι οι όροι Incoterms. Με την χρήση των Incoterms ορίζονται οι αμοιβαίες υποχρεώσεις πωλητή και αγοραστή που προκύπτουν κατά τη μεταφορά αγαθών κάτω από μια διεθνή σύμβαση, και όσα αναφέρονται στους κινδύνους, τα κόστη και τα παραστατικά έγγραφα. Έτσι με βάση το γεγονός ότι σε κάθε Incoterms καλύπτονται αυτά τα τρία σημεία, είναι φανερό ότι γίνεται ένα πολύτιμο εργαλείο στα χέρια των διεθνών εμπόρων⁵⁵.



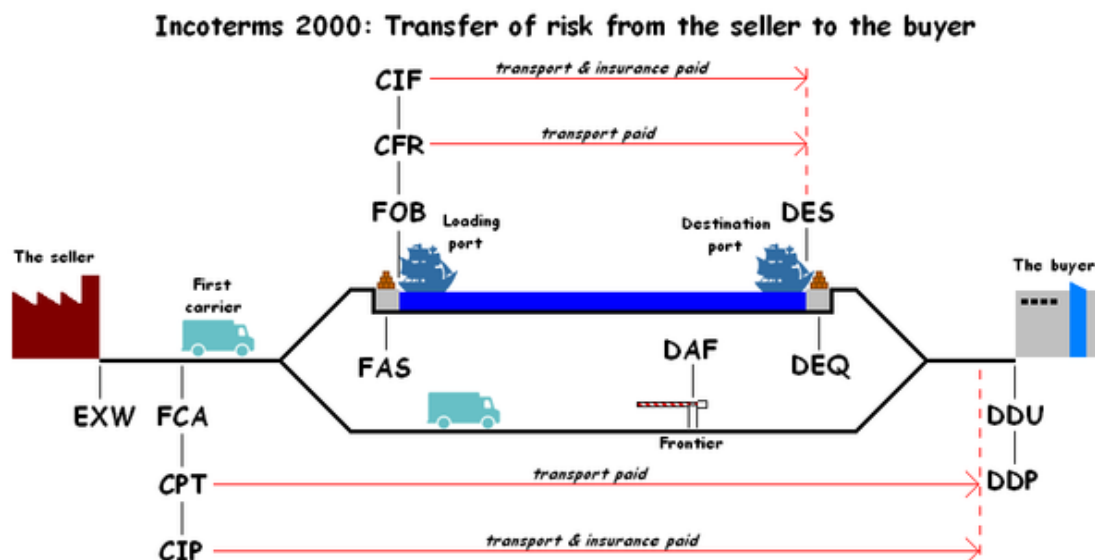
Λιμάνι Σαγκάης

⁵⁵ . Α. Γιωγγαράς: Διαμεταφορά Ναυτιλιακών Γραμμών. Εκδ. Bookstars Γιωγγαράς, Σεπτέμβριος 2006

Παραθέτονται οι 13 εμπορικοί όροι (Incoterms 2000) με συνοπτική ερμηνεία και οι αντίστοιχα διεθνείς κωδικοί τους⁵⁶:

	Load to truck	Export-duty payment	Transport to exporter's port	Unload from truck at the origin's port	Landing charges at origin's port	Transport to importer's port	Landing charges at importer's port	Unload onto trucks from the importer's port	Transport to destination	Insurance	Entry-Customs clearance	Entry – Duties and Taxes
EXW	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
FCA	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No
FAS	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No
FOB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No
CFR	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No
CIF	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	No	No
CPT	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No
CIP	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	No	No
DAF	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No
DES	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	No	No
DEQ	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	No	No
DDU	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
DDP	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Μια εικονική παρουσίαση των εμπορικών όρων για καλύτερη κατανόηση τους⁵⁷:



⁵⁶ . INCOTERMS. www.wikipedia.org Μάιος 2010

⁵⁷ . Ίδια με προηγούμενη πηγή

Διεθνείς Οργανισμοί

A. Κυβερνητικοί Οργανισμοί⁵⁸

ο International Maritime Organization (IMO)

Όργανο των Ηνωμένων Εθνών επιφορτισμένο με την παρακολούθηση της ασφάλειας, της αντιρρυσπαντικής νομοθεσίας και των συστάσεων στη θαλάσσια μεταφορά

ο United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)

Η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων για πολιτική βοήθεια της ναυτιλίας. Εξειδικευμένος φορέας του Ο.Η.Ε.

ο International Labor Organization (ILO)

Αποτελεί οργάνωση του Ο.Η.Ε. και σκοπός της είναι η βελτίωση των συνθηκών εργασίας, η ανύψωση του βιοτικού επιπέδου, η κοινωνική πρόνοια και δικαιοσύνη. Συμμετέχουν 4 μέλη από κάθε κράτος, 2 κυβερνητικοί, ένας από τους πλοιοκτήτες και ένας από τους εργαζομένους

B. Ιδιωτικοί και Μη Κυβερνητικοί Οργανισμοί⁵⁹

ο The Baltic and International Maritime Council (BIMCO)

Είναι μια ανεξάρτητη οργάνωση διεθνών ναυτιλιακών μεταφορών που αποτελείται από πλοιοκτήτες, ναυλωτές, ατζέντηδες/μάννατζερ και μετόχους που έχουν οικονομικά συμφέροντα στις θαλάσσιες μεταφορές. Αυτή προωθεί υψηλότερα στάνταρ και μεγαλύτερη αρμονία σε ζητήματα θαλάσσιων μεταφορών, όπως για παράδειγμα να παρέχει πληροφορίες για το κόστος λιμανιών, τελωνεία, νομοθεσίες εμπορίου, πληροφορίες εταιρειών και πολλά άλλα⁶⁰. Το πιο σημαντικό

⁵⁸ . Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών. Σημειώσεις στη "Ναυτιλιακή Οικονομική" 2008

⁵⁹ . Ίδια με προηγούμενη πηγή

⁶⁰ . BIMCO. www.bimco.org

στοιχείο της είναι να φτιάχνει έντυπα ναυλοσύμφωνα και να διευκολύνει έτσι τις συναλλαγές ναυλωτών και πλοιοκτητών.



Πύργος Ηνωμένων Εθνών

ο International Association of Classification Societies (IACS)

Διεθνής ένωση νηογνωμόνων που αποτελείται από τους 10 μεγαλύτερους του κόσμου και έχει έδρα το Λονδίνο. Σκοπός αυτής της ένωσης είναι η θαλάσσια ασφάλεια και ο έλεγχος μέσω τεχνικής υποστήριξης, έρευνας και ανάπτυξης. Τα μέλη τους περιλαμβάνουν τις Η.Π.Α., Ιταλία, Γερμανία, Κίνα, Ν. Κορέα, Μ. Βρετανία, Ιαπωνία, Νορβηγία⁶¹. Παραπάνω από το 90% του παγκόσμιου στόλου υπόκειται στα στάνταρ και τους κανόνες που θεσπίζονται από την ένωση⁶².

ο Institute of London Underwriters (ILU)

⁶¹ . IACS. www.wikipedia.org Μάιος 2010

⁶² . IACS. www.iacs.org.uk Μάιος 2010

Είναι μια οργάνωση αποτελούμενη από Βρετανικές ασφαλιστικές εταιρείες οι οποίες συνεργάζονται ώστε να παρέχουν θαλάσσια και αεροπορική ασφάλεια. Βρίσκονται σε στενή συνεργασία με το Lloyds. Προστατεύει τα συμφέροντα των πλοιοκτητών⁶³.

⁶³ . ILU, <http://lexicon.ft.com/term.asp?t=Institute-of-London-Underwriters> Μάιος 2010

6^ο Κεφάλαιο: Σημαντικοί Αριθμοδείκτες

Αριθμοδείκτης Baltic Dry

Ο Αριθμοδείκτης Baltic Dry (BDI) είναι ένας αριθμοδείκτης, ο οποίος εκδίδεται καθημερινά από το Χρηματιστήριο Ναύλων του Λονδίνου (Baltic Exchange), ο οποίος παρακολουθεί παγκοσμίως τις διεθνείς μεταφορές στα διάφορα "χύμα" φορτία για πρώτες ύλες. Ο συγκεκριμένος δείκτης αντιπροσωπεύει την ανελαστικότητα της προσφοράς και της ζήτησης στο παγκόσμιο θαλάσσιο εμπόριο ανάλογα με τις μακροπρόθεσμες και τις βραχυπρόθεσμες μεταβολές που επέρχονται στις διάφορες κυκλικές διακυμάνσεις, άλλοτε έντονες άλλοτε πιο ομαλοποιημένες, στις φάσεις του παγκόσμιου οικονομικού κύκλου.

Ο αριθμοδείκτης διαμορφώνεται από τον μέσο όρο των Αριθμοδεικτών Baltic Supramax, Panamax και Capesize των αντίστοιχων κύριων μεγαλύτερων κατηγοριών πλοίων μεταφοράς φορτίου. Δημιουργήθηκε το 1985 στις 04/01⁶⁴. Αυτοί οι αριθμοδείκτες βασίζονται σε επαγγελματικές προσεγγίσεις από διεθνείς εταιρείες ναύλωσης πλοίων. Οι ναυλομεσίτες μεγάλων εταιρειών (shipbrokers) είναι οι λεγόμενοι εκτιμητές (panellists)⁶⁵. Αυτές οι εταιρείες ναύλωσης λαμβάνουν υπόψη περίπου 26 πορείες μεταφοράς σε συνδυασμό με τις 4 κατηγορίες πλοίων που δραστηριοποιούνται στις θαλάσσιες μεταφορές –Capesize, Panamax, Supramax και Handysize-⁶⁶, υπολογίζοντας το χρονοδιάγραμμα ναύλωσης και κόστος ταξιδιού των φορτηγών πλοίων των παραπάνω κατηγοριών, τα

⁶⁴ . Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών. Σημειώσεις στη "Ναυτιλιακή Οικονομική" 2008

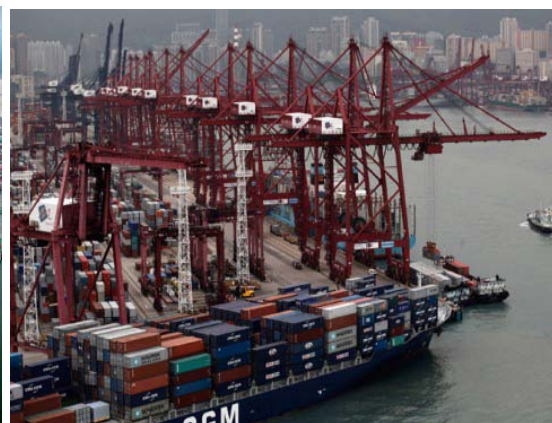
⁶⁵ . Εμμανουήλ Γ. Καβουσάνος: Οι αγορές ναύλων και τύποι ναυλοσυμφώνων στην ελεύθερη φορτηγό ναυτιλία. Σημειώσεις. Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2008

⁶⁶ . Dry Baltic Index. [http://www.wikinest.com/index/Baltic_Dry_Index_-_BDI_\(BALDRY\)](http://www.wikinest.com/index/Baltic_Dry_Index_-_BDI_(BALDRY)) Μάιος 2010

οποία μεταφέρουν εμπορεύματα όπως κάρβουνο, σιτάρι και σίδερο⁶⁷. Οι εκτιμητές παίρνουν την κάθε διαδρομή σύμφωνα με την ενεργή συμμετοχή στην αγορά ναύλωσης πλοίων που εκτιμούν, τον γεωγραφικό διασκορπισμό τους, αλλά και το εύρος της πελατείας τους (πλοιοκτήτες). Οι εκτιμητές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους μόνο τα συμβόλαια προς διαπραγμάτευση εκείνη τη χρονική περίοδο, καθώς και την προσφορά και τη ζήτηση και να μην επηρεάζονται από τις οποιεσδήποτε μελλοντικές υποθέσεις και εκκολαπτόμενες κινήσεις της αγοράς. Το Χρηματιστήριο Ναύλων του Λονδίνου (Baltic Exchange) είναι υπεύθυνο για τις μεταβολές των διαδρομών την αντικατάσταση ή την πρόσθεση ή την αφαίρεση κάποιας διαδρομής που απαρτίζουν τον Αριθμοδείκτη Baltic Dry (BDI). Αυτό όμως δεν γίνεται συχνά⁶⁸.



Λιμάνι Πόρτ Κλάγκ



Λιμάνι Χόνγκ Κόνγκ

⁶⁷ . Dry Baltic Index. www.wikipedia.org Ιανουάριος 2010

⁶⁸ . Δημήτριος Ν. Χατζόπουλος, Δημήτριος Λυρίδης: Ορισμός πρότυπου δείκτη συμπεριφοράς ναύλων δεξαμενοπλοίων. Πτυχιακή Εργασία, Microsoft Powerpoint, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2003

Οι Αριθμοδείκτες Baltic Panamax, Baltic Capesize και Baltic Supramax από τους οποίους διαμορφώνεται ο κύριος Αριθμοδείκτης Baltic Dry προκύπτουν απλά από τον εξής τύπο⁶⁹:

$$\sum_i^N (AV_i * WF_i)$$

Όπου:

AV_i : είναι ο μέσος όρος των τιμών των ναύλων που προσδιορίζουν οι συνεργάτες του χρηματιστηρίου της Βαλτικής για κάθε διαδρομή i .

WF_i : είναι ο συντελεστής βαρύτητας της αντίστοιχης διαδρομής i , για τον οποίο αποφασίζει το χρηματιστήριο της Βαλτικής.

Οι ακόλουθοι ενδεικτικοί πίνακες απεικονίζουν τις βασικές διαδρομές, για τις οποίες όπως αναφέραμε είναι συνολικά γύρω στις 26, με τους ανάλογους συντελεστές βαρύτητας, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τους ναυλομεσίτες για να τεκμηριώσουν τους Αριθμοδείκτες Baltic Panamax, Baltic Capesize και Baltic Supramax⁷⁰:

Διαδρομές με Συντελεστές Βαρύτητας για τον Αριθμοδείκτη Baltic Panamax:

Πορεία	Περιγραφή Πορείας	Συντελεστές Βαρύτητας
P1A_03	Transatlantic RV	25%
P2A_03	SKAW-GIB/FAR EAST	25%
P3A_03	Japan-SK/Pacific/RV	25%
P4_03	FAR EAST/NOPAC/SK-PASS	25%

⁶⁹ . Δημήτριος Ν. Χατζόπουλος, Δημήτριος Λυρίδης: Ορισμός πρότυπου δείκτη συμπεριφοράς ναύλων δεξαμενοπλοίων. Πτυχιακή Εργασία, Microsoft Powerpoint, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2003

⁷⁰ . The Indices. www.clarksonsecurities.com Απρίλιος 2010

Διαδρομές με Συντελεστές Βαρύτητας για τον Αριθμοδείκτη Baltic Capesize:

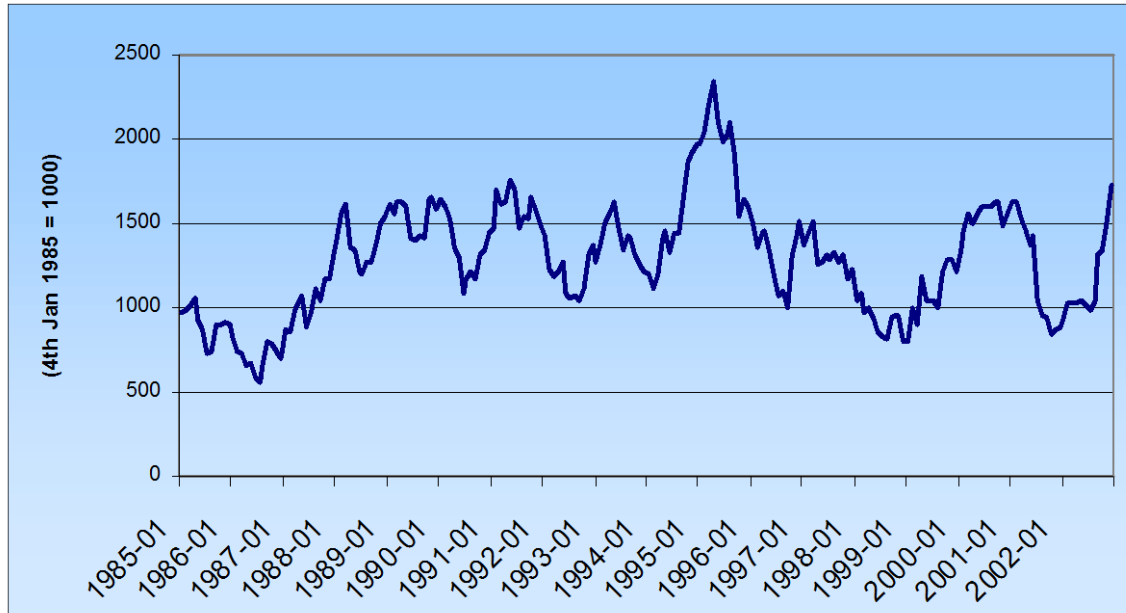
Πορεία	Περιγραφή Πορείας	Συντελεστές Βαρύτητας
C2	Tubarao - Rotterdam	10%
C3	Tubarao – Beilun/Baoshan	15%
C4	Richards Bay - Rotterdam	5%
C5	W Australia - Beilun/Baoshan	15%
C7	Bolivar - Rotterdam	5%
C8_03	Gibraltar/Hamburg trans Atlantic RV	10%
C9_03	Continent/Mediterranean trip Far East	5%
C10_03	Pacific RV	20%
C11_03	China/Japan trip Mediterranean/Cont	5%
C12	Gladstone - Rotterdam	10%

Διαδρομές με Συντελεστές Βαρύτητας για τον Αριθμοδείκτη Baltic Supramax:

Πορεία	Περιγραφή Πορείας	Συντελεστές Βαρύτητας
S1A	Antwerp - Skaw Trip Far East	12.5%
S1B	Canakkale Trip Far East	12.5%
S2	Japan - SK / NOPAC or Australia rv	25%
S3	Japan - SK Trip Gib - Skaw range	25%
S4A	US Gulf - Skaw-Passero	12.5%
S4B	Skaw-Passero - US Gulf	12.5%
S5	W.Africa via ECSA to FarEast	0%
S6	Jpn-SK trip via Aus/India	0%
S7	EC India – China	0%
S8	Trial - Indonesia - EC India	0%
S4	Transatlantic rv	0%

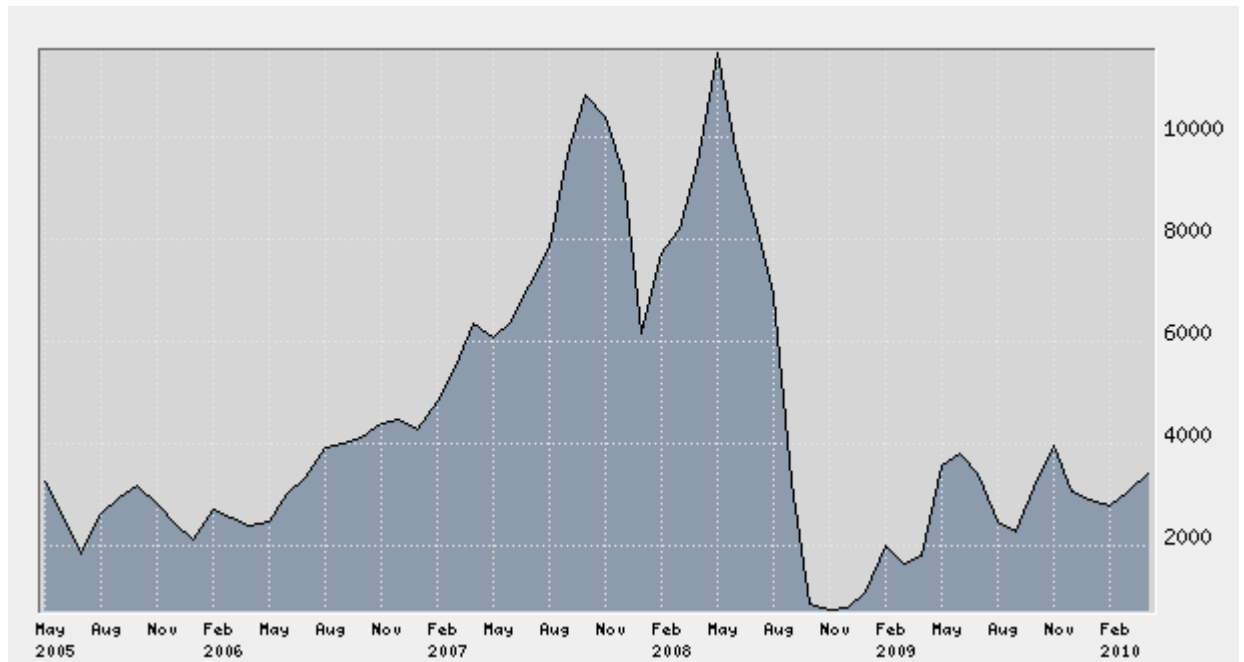
Έτσι σχηματίζονται οι εξίσου σημαντικοί Αριθμοδείκτες για τις θαλάσσιες μεταφορές και συγκεκριμένα οι Baltic Dirty Tanker και Baltic Clean Tanker, που αφορούν τα δεξαμενόπλοια-τάνκερ.

Μια σύντομη ιστορική ανασκόπηση του Αριθμοδείκτη -Freight- Baltic Dry, από τότε που πρωτοσυστάθηκε και καθιερώθηκε παγκοσμίως το 1985, μέχρι πρόσφατα το 2002⁷¹:



⁷¹ . Κ. Δημητρίου: Μορφές Ναυτιλιακής Χρηματοδότησης. Πτυχιακή Εργασία, Microsoft Powerpoint, 2003

Η διακύμανση του Αριθμοδείκτη Baltic Dry, είναι ιδιαίτερη έντονη και ποικιλόμορφη στα τελευταία 5 χρόνια, ο οποίος επηρεάστηκε αρκετά από τις τελευταίες οικονομικές εξελίξεις και ιδιαίτερα την ύφεση του περασμένου χρόνου, τον Χειμώνα του 2008⁷²:



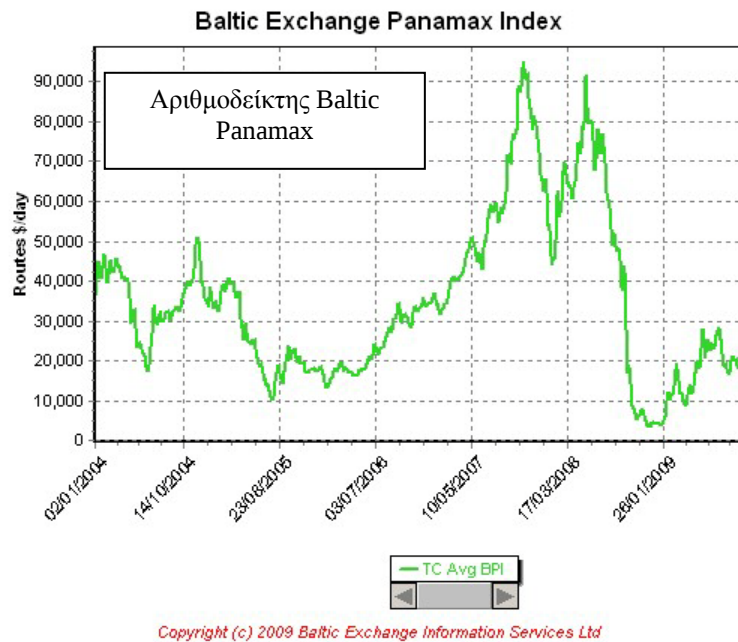
Στις 20 Μαΐου του 2008, ο Αριθμοδείκτης Baltic Dry είχε φτάσει στο επίπεδο ρεκόρ από τότε που πρωτοσυστάθηκε το 1985, στις 11.793 μονάδες. Μισό χρόνο αργότερα, ο δείκτης είχε πέσει κατά 94%, στις 663 μονάδες, το χαμηλότερο από το 1986. όμως από τις 4 Φεβρουαρίου του 2009 είχε ανακτήσει κάποιο από το χαμένο έδαφος του σκαρφαλώνοντας στις 1.316 μονάδες και από τότε κινείται ανοδικά⁷³.

⁷² . Dry Baltic Index. www.naftemporiki.gr Μάιος 2010

⁷³ . Dry Baltic Index. www.wikipedia.org Ιανουάριος 2010

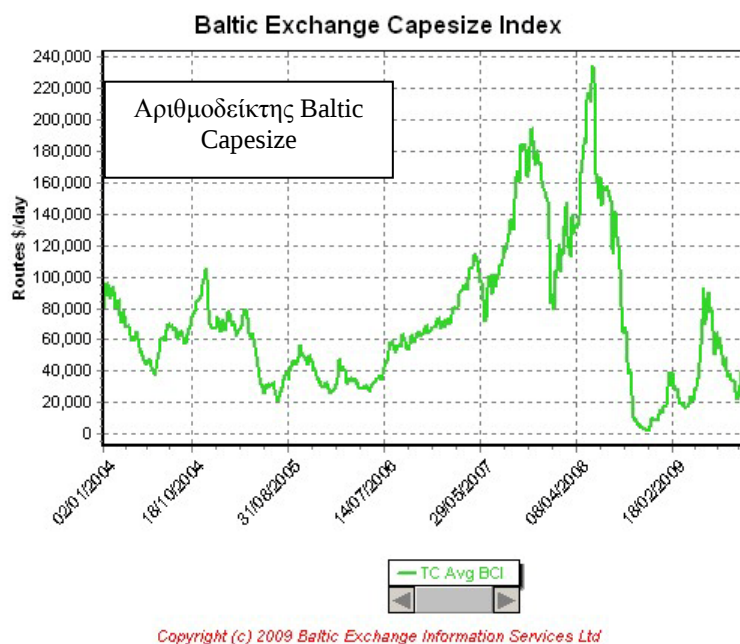
Οι Αριθμοδείκτες Baltic Panamax, Baltic Capesize και Baltic Supramax διαμορφώνουν τον Αριθμοδείκτη Dry Baltic. Παρατηρούμε τις έντονες διακυμάνσεις τους εξαιτίας των ραγδαίων και έντονων οικονομικών γεγονότων των τελευταίων χρόνων:

Μια συνοπτική ματιά του Αριθμοδείκτη Baltic Panamax⁷⁴:

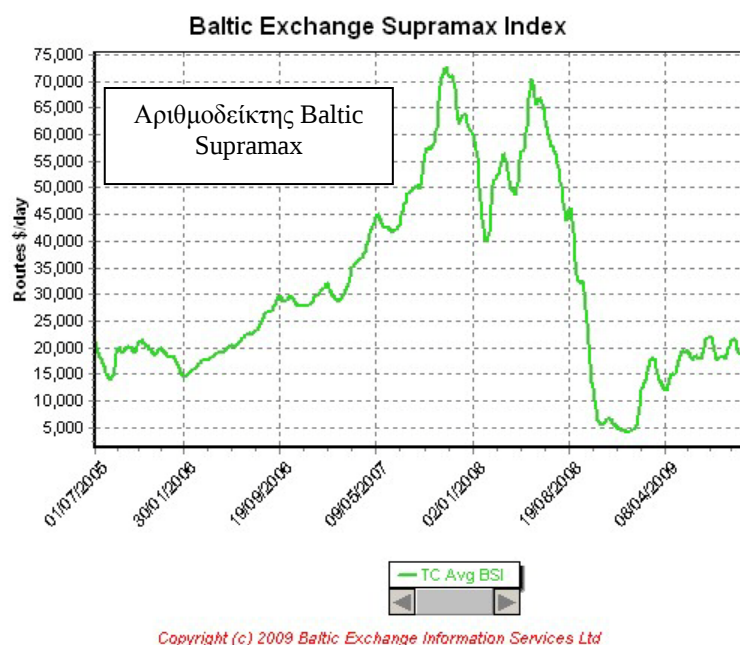


⁷⁴ . Baltic Panamax. www.clarksonsecurities.com Απρίλιος 2010

Μια συνοπτική ματιά του Αριθμοδείκτη Baltic Capesize⁷⁵:



Μια συνοπτική ματιά του Αριθμοδείκτη Baltic Supramax⁷⁶:



⁷⁵ . Baltic Capesize. www.clarksonsecurities.com Απρίλιος 2010

⁷⁶ . Baltic Supramax. www.clarksonsecurities.com Απρίλιος 2010

Ο Αριθμοδείκτης Baltic Dry έχει τεράστια σημασία και για πολλούς άλλους λόγους. Με την βοήθεια αυτού του αριθμοδείκτη, υπολογίζεται η ζήτηση της χωρητικότητας στη θαλάσσια μεταφορά ως προς την προσφορά των πλοίων "χύμα" φορτίων. Έτσι η ζήτηση μεταφοράς ποικίλει με την ποσότητα του φορτίου που κινείται στις διάφορες αγορές. Έτσι αυτός ο δείκτης έμμεσα προσδιορίζει την παγκόσμια προσφορά και ζήτηση των εμπορευμάτων που μεταφέρονται στα πλοία "χύμα" φορτίου, όπως οικοδομικά υλικά, αργό πετρέλαιο, ακατέργαστα μέταλλα, σιτηρά και άλλα. Ο αριθμοδείκτης αποτελεί μια ένδειξη της μελλοντικής οικονομικής προόδου και της παραγωγικότητας. Είναι ένα βαρόμετρο για τον υπολογισμό του όγκου του παγκόσμιου εμπορίου μη επηρεασμένο από πολιτικούς ή άλλους παράγοντες⁷⁷.



Ναυπηγείο Hyundai Νότια Κορέα

⁷⁷ . Dry Baltic Index and Commodities Demand. <http://commodities.about.com/od/researchcommodities/a/baltic-dry-index-commodities.htm> Μάιος 2010

Worldscale

Ο Worldscale (WS)100 είναι ένας καθιερωμένος και ευρέως χρησιμοποιούμενος αριθμοδείκτης ναύλων για τα δεξαμενόπλοια⁷⁸. Αυτός εκδίδει μια καθαρά υποθετική απόδοση μεταφοράς φορτίου για ένα πλοίο που κάνει δρομολόγια μεταξύ λιμανιών⁷⁹.

$$WS = [(Στιγμιαίος Ναύλος στη διαδρομή) / (Βασικός Ναύλος στη διαδρομή)] * 100^{80}$$

ο Στιγμιαίος Ναύλος: Είναι ο ναύλος που έχει προκύψει από τον ελεύθερο ανταγωνισμό της αγοράς.

ο Βασικός Ναύλος: Είναι εκείνος ο ναύλος ο οποίος μόλις θα καλύπτει τα έξοδα του ταξιδιού.

Και οι δύο ναύλοι σε \$/τόνο ωφέλιμου φορτίου.

Για να υπολογιστεί ο βασικός δείκτης σε δολάρια USD/MT το World Scale Association χρησιμοποιεί ένα καθορισμένο πλοίο με τα εξής χαρακτηριστικά⁸¹:

- i. Standard Vessel: 75.000 MT DWT με Ταχύτητα: 14,5 knots
- ii. Κατανάλωση: 55 MT per day + 100 MT για κάθε κυκλικό ταξίδι + 5 MT στο λιμάνι
- iii. Επιτρεπόμενος χρόνος στο λιμάνι: 4 ημέρες
- iv. Δείκτης ναύλωσης ημερήσιας βάσης (T/C): 12.000 USD \$/ per day
- v. Τιμή καυσίμων: USD \$ 93,5 PMT
- vi. Λιμενικό κόστος: εξαρτάται από τις κατά τόπους λιμενικές αρχές

⁷⁸ . Α. Μ. Γουλιέλμος: Management Ναυτιλιακών Επιχειρήσεων. Εκδ. Σταμούλης.

⁷⁹ . H. Hwang, S. Visoldilokpun, J. Rosenberger: A branch-and-price-and-cut method for ship scheduling with limited risk. Transportation Science Vol. 42, August 2008

⁸⁰ . Δημήτριος Ν. Χατζόπουλος, Δημήτριος Λυρίδης: Ορισμός πρότυπου δείκτη συμπεριφοράς ναύλων δεξαμενοπλοίων. Πτυχιακή Εργασία, Microsoft Powerpoint, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2003

⁸¹ . Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών. Σημειώσεις στη "Ναυτιλιακή Οικονομική" 2008

- vii. Χρόνος διέλευσης καναλιών: 24 ώρες για το κανάλι του Παναμά και
30 για του Σουέζ



Τάνκερ

Ο υπολογισμός γίνεται για κυκλικό ταξίδι από το πρώτο λιμάνι φόρτωσης μέχρι το λιμάνι εκφόρτωσης και πίσω στο λιμάνι φόρτωσης.

Ο νέος δείκτης Worldscale εισήχθηκε το 1989. Σήμερα δύο ανεξάρτητοι μεταξύ τους μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί, ένας στο Λονδίνο (Worldscale Association – London – Limited) και ένας στη Νέα Υόρκη (Worldscale Association – NYC – INC), είναι αυτοί που εκδίδουν το δείκτη Worldscale⁸².

Ο δείκτης Worldscale (WS) μπορεί να εκδίδεται από τους 2 παραπάνω οίκους αλλά η διαπραγματέυσή του για κάθε επικείμενη μίσθωση τανκερ, γίνεται σε ποσοστό του συγκεκριμένου δείκτη, μεταξύ του πλοιοκτήτη και του ναυλομεσίτη. Για παράδειγμα έχουμε απόδοση 10\$ ανά τόνο φορτίου ενός δεξαμενόπλοιου 19.500 τόνων νεκρού βάρους από ένα αριθμό συνήθων ταξιδιών. Αυτό συνεπάγεται ότι $WS100=\$10$. Στην περίπτωση που

⁸² . Δημήτριος Ν. Χατζόπουλος, Δημήτριος Λυρίδης: Ορισμός πρότυπου δείκτη συμπεριφοράς ναύλων δεξαμενοπλοίων. Πτυχιική Εργασία, Microsoft Powerpoint, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2003

έχουμε διακυμάνσεις όπως WS110 τότε η απόδοση θα είναι \$11 και αναλόγως για WS90=\$9 κτλ.

Η τιμή του ταξιδιού μπορεί να κυμανθεί από 40% μέχρι και 200% της πραγματικής τιμής δηλαδή WS40 και WS200 ανάλογα πόση διακύμανση της απόδοσης ο πλοιοκτήτης θα δεχθεί να μισθώσει το πλοίο του και πόση διακύμανση ο ναυλομεσίτης θα είναι πρόθυμος να δώσει για την μίσθωσή του⁸³. Όπως είναι γνωστό, το κόστος μεταφοράς στην αγορά των charter πλοίων είναι πολύ άστατη. Έτσι η ικανότητα να διαχειριζόμαστε αυτές τις διακυμάνσεις είναι εξαιρετικά κρίσιμες για την μεγιστοποίηση του κέρδους μας⁸⁴.

Οι κύριες διαδρομές θαλάσσιας μεταφοράς πετρελαίου στον κόσμο αποτυπώνονται στον παρακάτω χάρτη⁸⁵:



⁸³ . Worldscale. www.wikipedia.org Σεπτέμβριος 2009

⁸⁴ . H. Hwang, S. Visoldilokpun, J. Rosenberger: A branch-and-price-and-cut method for ship scheduling with limited risk. Transportation Science Vol. 42, August 2008

⁸⁵ . Main Trade Lanes. www.tankersinternational.com/Education-Trading.php 2007

Αυτές οι κύριες διαδρομές συμβολίζονται ως εξής⁸⁶:

Από τον Αραβικό Κόλπο:

Αραβικός Κόλπος-Κόλπος Η.Π.Α.	AG/USG
Αραβικός Κόλπος-Κίνα	AG/CHINA
Αραβικός Κόλπος-Ιαπωνία	AG/JAPAN
Αραβικός Κόλπος-Σιγκαπούρη	AG/SINGAPORE
Αραβικός Κόλπος-Ηνωμένο Βασίλειο/Ευρώπη	AG/UKC

Από την Δυτική Αφρική:

Δυτική Αφρική-Κόλπος Η.Π.Α.	WAF/USG
Δυτική Αφρική-Κίνα	WAF/CHINA

Από την Βόρεια Θάλασσα:

Βόρεια Θάλασσα-Καναδάς	NSEA/ECC
------------------------	----------



Τάνκερ

⁸⁶ . Main Trade Lanes. www.tankersinternational.com/Education-Trading.php 2007

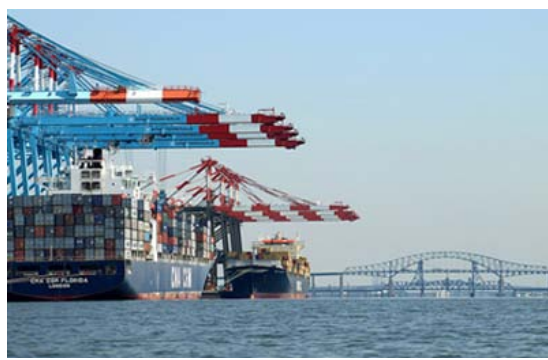
7^ο Κεφάλαιο: Προγραμματισμός στις Θαλάσσιες Μεταφορές

Η έννοια του προγράμματος πλοίου

Πρόγραμμα ενός πλοίου, περιγράφεται η ακολουθία των φορτίων που παραδίδονται από ένα πλοίο που χαρακτηρίζεται από το μέγεθός του, τα επιτρεπόμενα είδη φορτίων που μπορεί να πάρει, την αρχική ανοιχτή θέση του, την αρχική ανοιχτή ημερομηνία του, την ταχύτητα του, την κατανάλωση καυσίμων και τα καθημερινά κόστη του⁸⁷.



Λιμάνι Πόρτλαντ



Λιμάνι Νιούαρκ

Ο προγραμματισμός στις θαλάσσιες μεταφορές

Τις τελευταίες δεκαετίες ο σκληρός ανταγωνισμός μεταξύ των ναυτιλιακών εταιρειών, έχει συντελέσει στο να γίνουν προσπάθειες στο να μειωθούν τα κόστη στο ελάχιστο. Η ανάπτυξη της ποσότητας της ζήτησης παγκοσμίως

⁸⁷ . H. Hwang, S. Visoldilokpun, J. Rosenberger: A branch-and-price-and-cut method for ship scheduling with limited risk. Transportation Science Vol. 42, August 2008

σε πρώτες ύλες, αγαθά και άλλα έχει ως αποτέλεσμα να αυξήσει τη δύναμη των θαλάσσιων μεταφορών στην αγορά.

Την τελευταία δεκαετία έχουν γίνει ένας μεγάλος αριθμός συγχωνεύσεων και συνεταιρισμών μεταξύ των ναυτιλιακών εταιρειών. Αυτές οι στρατηγικές συμμαχίες μεταξύ των εταιρειών αποσκοπούν στη δραστική μείωση του κόστους λειτουργίας τους, την διεύρυνση του αριθμού των πελατών τους και την καλύτερη αποτελεσματική χρήση των κεφαλαίων τους ενώ πετυχαίνουν καλύτερους χρόνους και συχνότερες περιόδους μεταβίβασης προϊόντων. Καινοτόμες εταιρείες υπήρξαν οι Sea-Land και Maersk, όταν το 1990 αποφάσισαν να μοιράσουν τους στόλους τους στον Ατλαντικό και Ειρηνικό Ωκεανό αντίστοιχα⁸⁸.

Έτσι δημιουργείται μια τεράστια αύξηση επιχειρησιακών στόλων και μια γιγαντιαία ροή πληροφοριών που κινούνται σε όλες τις γωνιές του πλανήτη. Αυτή η τάση της δημιουργίας μεγαλύτερων στόλων και πορειών πλεύσης πλοίων, απαιτεί τα καλύτερα δυνατά συστήματα λήψης αποφάσεων για τον έλεγχο του στόλου και για να λύσουν τα μεγάλα έκτασης προβλήματα προγραμματισμού και βελτιστοποίησης⁸⁹. Ως συνέπεια, οι παραδοσιακές μέθοδοι προγραμματισμού δια χειρός που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν έχουν εκλείψει και πλέον τη θέση τους έχουν πάρει πιο εξελιγμένοι στον υπολογιστή μέθοδοι, οι οποίοι βοηθούν τις εταιρείες να κάνουν τη διαχείριση του στόλου πιο αποτελεσματική⁹⁰.

Είναι γνωστό, ότι για την δημιουργία ενός πλοίου χρειάζεται μια μεγάλη κεφαλαιακή επένδυση, καθώς επίσης τα καθημερινά του λειτουργικά έξοδα συνεπάγονται σε πολλές χιλιάδες δολάρια/ευρώ. Οι τεράστιες ποσότητες

⁸⁸ . R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. Transportation Science, Vol.42, May 2008

⁸⁹ . Ίδια με προηγούμενη πηγή

⁹⁰ . G. Bronmo, M. Christiansen, K. Fagerholt, B. Nygreen: A multi-start local search heuristic for ship scheduling-a computational study. Computers and Operations Research 34, 2007

καυσίμων που καταναλώνουν, έχουν περίπου παρόμοια αναλογία κόστους. Για παράδειγμα, πλοία για μεταφορά πετρελαίου έχουν καθημερινό κόστος σε καύσιμα από \$5.000 έως και \$40.000, το οποίο προφανώς εξαρτάται από την πορεία πλεύσης του πλοίου⁹¹. Έτσι η σωστή διαχείριση πορείας και προγράμματος για ένα στόλο πλοίων είναι κρίσιμη. Μια μέτρια βελτίωση στην χρήση ενός στόλου μπορεί να συντελέσει στη δημιουργία ενός μεγαλύτερου κέρδους. Παρόλο αυτά, πολύ λίγη έρευνα έχει γίνει σχετικά με τον προγραμματισμό και την θαλάσσια πορεία των πλοίων στην εμπορική ναυτιλία⁹².



Λιμάνι Νίγκμπο

⁹¹ . G. Brown, G. Graves, D. Ronen: Scheduling ocean transportation of crude oil. Management Science, Vol.33, March 1987.

⁹² . J.E. Korsvik, K. Fagerholt: A tabu search heuristic for ship routing and scheduling with flexible cargo quantities. Springer Science+Business Media, LLC 2008



Πλοίο Χυδών Φορτίου



Πλοίο Κοντέινερ

Σήμερα η ανάγκη για καλύτερο προγραμματισμό πλοίων είναι ακόμα μεγαλύτερη, αφού οι πρόσφατες χαμηλές κυμαινόμενες τιμές του Αριθμοδείκτη Baltic Dry, το κόστος λειτουργίας των σκαφών όπως επίσης του πληρώματος και το αυξανόμενο κόστος καυσίμων και το κατρακύλισμα των τιμών των πρώτων υλών, δημιούργησε τις ιδανικές συνθήκες για ένα γερό χτύπημα στο παγκόσμιο θαλάσσιο εμπόριο⁹³.

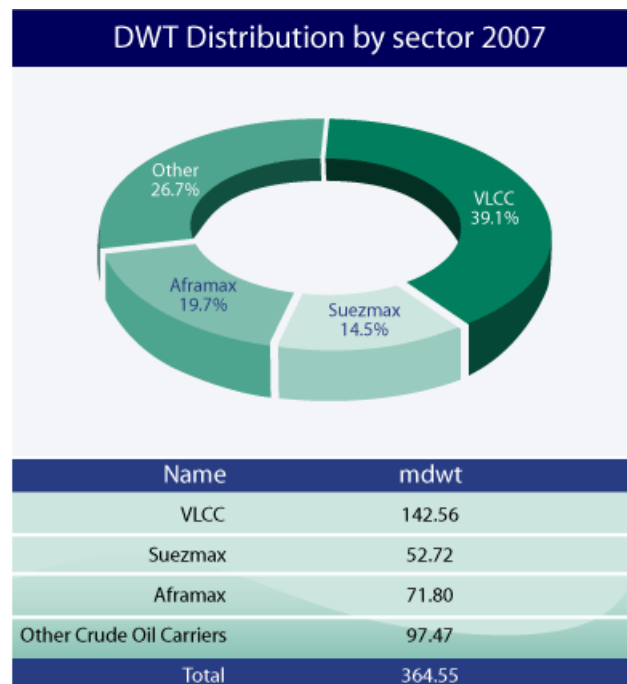
Οι βασικές διαδρομές μεταφοράς φορτίου είναι αυτές που είχαμε δει προηγουμένως, στο κεφάλαιο για τον Αριθμοδείκτη Baltic Dry και πως αυτές, οι περίπου 26 στον αριθμό διαδρομές, τον διαμορφώνουν σύμφωνα με την παγκόσμια προσφορά και ζήτηση στο θαλάσσιο εμπόριο.

⁹³ . Dry Baltic Index. www.wikipedia.org Ιανουάριος 2010

Μια εικόνα του συνολικού παγκόσμιου στόλου για την μεταφορά ξηρού φορτίου και από ποία είδη αποτελείται⁹⁴:

Κατηγορία	Νεκρό Βάρος (τόνοι)	% του Παγκόσμιου Στόλου	% της Διακίνησης Ξηρού Φορτίου
Capesize	100.000+	10%	62%
Panamax	60.000-80.000	19%	20%
Supramax	45.000-59.000	37%	18% w/ Handysize
Handysize	15.000-35.000	34%	18% w/ Supramax

Μια εικόνα του συνολικού παγκόσμιου στόλου για την μεταφορά αργού πετρελαίου και από ποία είδη αποτελείται⁹⁵:



⁹⁴ . Dry Baltic Index. www.wikipedia.org Ιανουάριος 2010

⁹⁵ . DWT Distribution by sector 2007. www.tankersinternational.com/Education-Trading.php 2005

8^ο Κεφάλαιο: Προγραμματισμός Πορειών Πλεύσης Πλοίων στο Θαλάσσιο Εμπόριο

Ανάλυση επιστημονικών άρθρων για τον
προγραμματισμό πορειών πλεύσης πλοίων στις
θαλάσσιες μεταφορές

Τα επιστημονικά άρθρα που αφορούν τον προγραμματισμό και τον σχεδιασμό των πορειών πλεύσης πλοίων και διακίνηση φορτίων στις θαλάσσιες μεταφορές, δυστυχώς δεν είναι πολλά. Το συγκεκριμένο πεδίο υπολείπεται κατά πολύ σε βιβλιογραφία και αρθρογραφία σε σχέση με τον προγραμματισμό πορειών αυτοκινήτων ή αεροπλάνων στις αντίστοιχες μεταφορές τους. Αυτό οφείλεται στο ανελαστικό οικονομικό περιβάλλον τους, όπου η προσφορά και η ζήτηση μπορούν να πάρουν απότομες διακυμάνσεις, και κυρίως στο κλειστό κύκλωμά τους, όπου η κάθε εταιρεία λόγω της ολιγοπωλιακής ανταγωνιστικής αγοράς δεν εκδίδει πολλές πληροφορίες για τις μεταφορές της.

Οι Dantzig και Fulkerson (1954) προσπάθησαν να αντιμετωπίσουν προβλήματα προγραμματισμού πλοίων σε στρατιωτικό περιβάλλον με στόχο την ελαχιστοποίηση του μεγέθους των στόλων. Οι Hartley και Mc Kay (1974) ελαχιστοποίησαν το λειτουργικό κόστος στόλου και το κόστος αγοράς πετρελαίου στα λιμάνια φόρτωσης με τη χρήση συνεχόμενων λύσεων και ευρετικής μεθόδου⁹⁶.

⁹⁶ . G. Brown, G. Graves, D. Ronen: Scheduling ocean transportation of crude oil. Management Science, Vol.33, March 1987



Ανεφοδιασμός τάνκερ



Λιμάνι Σένζεν



Λιμάνι Κινγκντάο

Στη δεκαετία 1982-1992 ο Ronen θεωρείται στη διεθνής βιβλιογραφία για τον προγραμματισμό πλοίων και προορισμού φορτίων ο πιο αντιπροσωπευτικός⁹⁷. Koeningsberg και Meyers (1980) χρησιμοποιώντας στοχαστικές μεθόδους υπολόγισαν το μέγεθος δύο (2) στόλων πλοίων βιομηχανικού φορτίου υγρού φυσικού αερίου να εξυπηρετούν το λιμάνι εφοδιασμού με κυκλικές ουρές αναμονής, και τον αριθμό των πορειών πλεύσης για το κάθε ένα κάθε χρόνο. Ο Lane (1987) ανέπτυξε ένα τριών

⁹⁷ . R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. Transportation Science, Vol.42, May 2008

φάσεων αλγόριθμο για να καθορίσει το μέγεθος του στόλου και τις πορείες πλεύσης των πλοίων φορτηγών γραμμών. Σκοπός του είναι η ελαχιστοποίηση κόστους σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο. Brown (1987) παρουσίασε για τον προγραμματισμό δεξαμενόπλοιων ένα ελαστικό σεντ τμηματοποίησης συνόλου όπου για κάθε δεξαμενόπλοιο λήφθηκαν υπόψη όλες οι δυνατές πορείες πλεύσης με σκοπό την ελαχιστοποίηση κόστους. Η βελτιστοποίηση της ταχύτητας πλεύσης ήταν καθοριστικό τμήμα του μοντέλου. Η δουλειά του επεκτάθηκε από τον Bausch (1991) ο οποίος χρησιμοποίησε το EXCEL ως μέσο διασύνδεσης πληροφοριών και εφαρμόζοντας ένα πιο αναλυμένο μοντέλο κόστους. Papadakis και Perakis (1989) σχεδίασαν ένα μοντέλο μη-γραμμικού προγραμματισμού σε ελεύθερα πλοία φορτηγά ξηρού φορτίου όπου καθόριζε την βέλτιστη ταχύτητα των πλοίων με και χωρίς φορτίο και ταυτόχρονα τις πορείες πλεύσεις⁹⁸.

Οι Christiansen, Fagerholt και Ronen τα τελευταία χρόνια κυριαρχούν στον τομέα του προγραμματισμού πορειών πλεύσης πλοίων. Σύμφωνα με τον Ronen (1993) σημαντικά βήματα για την βελτιστοποίηση των θαλάσσιων μεταφορών έγιναν τις 2 τελευταίες δεκαετίες. Τα προηγούμενα χρόνια λόγω των παλαιών παραδοσιακών μεθόδων προγραμματισμού και άλλους σημαντικούς επιχειρησιακούς παράγοντες που αναφέραμε παραπάνω, η εξέλιξη του συγκεκριμένου τομέα δεν ήταν η ανάλογη. Perakis και Jaramillo (1991) ανέπτυξαν μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για να ελαχιστοποιήσουν το κόστος σε πλοία φορτηγά γραμμών βρίσκοντας τις καλύτερες πορείες πλεύσης. Η μη-γραμμικότητα της βέλτιστης ταχύτητας των πλοίων και η συχνότητα των πορειών πλεύσης έχουν ήδη επιλυθεί⁹⁹. Rana και Vickson (1991) χρησιμοποιούν μη-γραμμικό ακέραιο προγραμματισμό και μια προσέγγιση λανγκραζιανής τμηματοποίησης

⁹⁸ . D. Ronen: Invited Review. Ship scheduling: The last decade. European Journal of Operational Research 71, pages 325-333, 1993

⁹⁹ . D. Ronen: Invited Review. Ship scheduling: The last decade. European Journal of Operational Research 71, pages 325-333, 1993

συνόλου σε συνδυασμό με ειδικούς αλγόριθμους για να μεγιστοποιήσουν το συνολικό κέρδος¹⁰⁰, με το να βρίσκουν την βέλτιστη σειρά λιμανιών για επίσκεψη από κάθε πλοίο και το βέλτιστο αριθμό φορτίων που χρειάζεται να μεταφερθούν μεταξύ 2 λιμένων. Επιτρέπουν πολλαπλές φορτώσεις και παραδόσεις φορτίων, αλλά με περιορισμούς σύμφωνα με το δίκτυο δομής των λιμανιών. Εδώ δεν περιλαμβάνονται ενδεχόμενες διαμεταφορές φορτίων. Ο δικός τους αλγόριθμος μπορεί να λύσει περιπτώσεις με 3 πλοία και για 20 λιμάνια μέσα σε 1 ώρα¹⁰¹. Cho και Perakis (1996) παρουσιάζουν ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για ένα πρόβλημα με καθορισμένο σταθερό στόλο πλοίων και μια ομάδα υποψήφιων πορειών πλεύσης. Αυτό μετατρέπεται σε ένα πρόβλημα ακέραιου προγραμματισμού όταν αποφασίσουμε να αλλάξουμε τον αριθμό των πλοίων¹⁰². Ο Fagerholt (1999) επιλύει πρόβλημα με πλοία φορτηγά γραμμών σε ένα δίκτυο όπου όλα τα φορτία μεταφέρονται από μια ομάδα λιμανιών σε ένα μοναδικό λιμάνι σταθμό. Ο χρόνος πορείας πλεύσης για κάθε πλοίο είναι 1 εβδομάδα. Δημιουργείται ομάδα τμηματοποίησης συνόλου για κάθε πορεία που ορίζεται στο κάθε πλοίο με το ελάχιστο δυνατό κόστος όπου διαλέγουμε τις καλύτερες πορείες πλεύσης¹⁰³. Εδώ ο αλγόριθμος μπορεί να λύσει περιπτώσεις σε ένα δίκτυο με 19 πλοία και για 40 λιμάνια μέσα σε λίγα δεύτερα. Ούτε εδώ περιλαμβάνονται πιθανές διαμεταφορές φορτίων¹⁰⁴.

¹⁰⁰ . Ίδια με προηγούμενη πηγή

¹⁰¹ . R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. Transportation Science, Vol.42, May 2008

¹⁰² . M. Sigurd, N. Ulstein, B. Nygreen, D. Ryan: Ship scheduling with recurring visits and visit separation requirements. Book: Column Generation, Springer US, 2005, pages 225-245

¹⁰³ . Ίδια με προηγούμενη πηγή

¹⁰⁴ . R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. Transportation Science, Vol.42, May 2008



Λιμάνι Πόρτ Κλάγκ

Άρθρο "προγραμματισμός θαλάσσιας μεταφοράς αργού πετρελαίου"
-"scheduling ocean transportation of crude oil"- (1987) από τους Gerald
Brown, Glenn Graves και David Ronen

Στο άρθρο του Gerald Brown, Glenn Graves και David Ronen με τον τίτλο "προγραμματισμός θαλάσσιας μεταφοράς αργού πετρελαίου" (1987), η λύση του προβλήματος προγραμματισμού θαλάσσιας μεταφοράς αργού πετρελαίου με πλοία φορτηγά βιομηχανικού φορτίου (industrial shipping), επιλύεται χρησιμοποιώντας ένα ελαστικό μοντέλο τμηματοποίησης συνόλου (an elastic set partitioning problem). Σκοπός αυτού του άρθρου είναι η επίλυση του προβλήματος προγραμματισμού των τάνκερ αργού πετρελαίου, για μια μεγάλη ναυτιλιακή εταιρεία.



Τάνκερ

Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη όλα τα διαφορετικά κόστη ενός πλοίου του στόλου, όπως όταν το πλοίο βρίσκεται σε αναμονή, τα τέλη από λιμάνια και διώρυγες, την αργοπορία του πλοίου και τα καύσιμα. Επίσης το μοντέλο καθορίζει τις βέλτιστες ταχύτητες των πλοίων και των πορειών πλεύσης

τους –και σε σκέλη ταξιδιού όταν δεν έχουν φορτίο-, καθώς και τι φορτία θα έχουν τα προκαθορισμένα υπό συμβόλαιο πλοία και τα charter πλοία.

Έτσι δημιουργούμε όλα τα δυνατά δρομολόγια, καθορίζοντας με ακρίβεια το κόστος του καθενός και επιλέγουμε τα καλύτερα που υπάρχουν μέσα από το σύνολό τους. Εδώ οι συγγραφείς κάνουν ένα αρχικό μοντέλο τμηματοποίησης συνόλου και στη συνέχεια ένα πιο ελαστικό, όπου οι δύο περιορισμοί της αργοπορίας των πλοίων και της ναύλωσης φορτίων που δεν είναι σε προτεραιότητα μπορούν να παραβιασθούν, αλλά με κάποιο κόστος. Για να δημιουργηθεί το αρχικό μοντέλο, γίνεται η δημιουργία του μοντέλου των προγραμμάτων πλεύσης και του μοντέλου των υπολογισμών κόστους. Για να λυθεί το αρχικό μοντέλο τμηματοποίησης συνόλου κατευθείαν, είναι μια πολλή μεγάλη και επίπονη διαδικασία¹⁰⁵.

¹⁰⁵ . G. Brown, G. Graves, D. Ronen: Scheduling ocean transportation of crude oil. Management Science, Vol.33, March 1987

Άρθρο "προγραμματισμός πλοίων με επαναλαμβανόμενες επισκέψεις και απαιτήσεις διαχωρισμού επισκέψεων" από το βιβλίο "Αναπαραγωγή Στηλών" ("Column Generation") - "ship scheduling with recurring visits and visit separation requirements"- (2005) από τους Mikkel Sigurd, Bjorn Nygreen, Nina Ulstein και David Ryan

Ο επόμενος τρόπος επίλυσης προγραμματισμού πλεύσης πλοίων, αφορά την εφαρμογή του ευρετικού αλγόριθμου διακλάδωσης-και-τιμής (branch-and-price algorithm) για την επίλυση του προβλήματος παραλαβής και παράδοσης με πολλαπλά παράθυρα χρόνου, με πλοία φορτηγά γραμμών (liner shipping). Το συγκεκριμένο πρόβλημα το έχουμε μετατρέψει σε ένα πρόβλημα τμηματοποίησης συνόλου (a set partitioning problem), αφού έχει περάσει από μια διαδικασία αποσύνθεσης μεθόδου Dantzig-Wolfe (Dantzig-Wolfe decomposition method). Ο Mikkel Sigurd, ο Bjorn Nygreen, η Nina Ulstein και ο David Ryan, στο κεφάλαιο "προγραμματισμός πλοίων με επαναλαμβανόμενες επισκέψεις και απαιτήσεις διαχωρισμού επισκέψεων" από το βιβλίο τους "Αναπαραγωγή Στηλών" ("Column Generation") (2005), περιγράφουν το πρόβλημα και το λύνουν διεξοδικά.

Έχουμε μια συνολική ποσότητα μεταφοράς στα 2.000 κοντέινερ εβδομαδιαίως που πρέπει να μεταφερθούν μεταξύ 21 λιμανιών, 20 από τα οποία βρίσκονται στη Νορβηγία και 1 στο Ρότερνταμ. Υπάρχει μια διάταξη επισκέψεων (visit-patterns), όπου οι πελάτες παραδίδουν το φορτίο τους για μεταφορά στα πλοία. Ο μεταφορέας που στην περίπτωση αυτή είναι η ναυτιλιακή εταιρεία, σε κάθε πελάτη κάνει 3 επισκέψεις την εβδομάδα και τουλάχιστον άλλη μια μέρα επίσκεψη, μεταξύ αυτών των τριών επισκέψεων. Τα πλοία της ναυτιλιακής εταιρείας κάνουν κυκλικές πορείες που διαρκούν παραπάνω από 1 εβδομάδα και συνδυάζουν τις πορείες τους

έτσι ώστε να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις των πελατών. Όταν σχεδιάζουμε την διάταξη επισκέψεων για τις παραλαβές από τους πελάτες μας, το κάνουμε για μια χρονική περίοδο 2 εβδομάδων όπου μετά επαναλαμβάνεται. Το Ρότερνταμ χρησιμοποιείται ως το λιμάνι για αρχικό και τελικό προορισμό για όλα τα πλοία της εταιρείας.



Λιμάνι Ρότερνταμ

Ξεκινάμε δημιουργώντας ένα μοντέλο που περιλαμβάνει ένα στόλο πλοίων, ένα πρόγραμμα επισκέψεων των λιμανιών και πορείες πλεύσης. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε την μέθοδο αποσύνθεσης Dantzig-Wolfe, σχηματίζοντας ένα πρόβλημα τμηματοποίησης συνόλου το οποίο με τη σειρά του λύνεται με έναν αλγόριθμο διακλάδωσης-και-τιμής. Η μέθοδος αποσύνθεσης Dantzig-Wolfe μας δίνει ένα Κυρίαρχο Πρόβλημα και το Υποπρόβλημα. Από το Κυρίαρχο Πρόβλημα θα διαλέξουμε μια πολύ μεγάλη ομάδα πορειών πλεύσης που ελαχιστοποιούν το κόστος και από αυτές θα σχηματίσουμε μια μικρότερη ομάδα. Από το Υποπρόβλημα, κατάλληλες

στήλες από νέες πορείες πλεύσης θα δημιουργηθούν και θα προστεθούν στο Κυρίαρχο Πρόβλημα.

Το Υποπρόβλημα το επεξεργαζόμαστε σε 2 φάσεις. Στην 1^η φάση δημιουργούνται μικρές πορείες (tours) όπου με τη χρήση ευρετικού δυναμικού προγραμματισμού επιλέγονται συγκεκριμένες από αυτές και στην 2^η φάση μαζεύονται αυτές οι μικρές πορείες και κάνουμε συνδυασμούς μεταξύ τους με την χρήση ενός αλγόριθμου k-πιο σύντομης διαδρομής (k-shortest path algorithm).

Στο τέλος παίρνουμε τον αλγόριθμο διακλάδωσης-και-τιμής και ζευγαρώνουμε τις καλύτερες πορείες μεταξύ τους λύνοντας το πρόβλημα στο σύνολο του¹⁰⁶.



Φόρτωση εμπορευματοκιβωτίων

¹⁰⁶ . M. Sigurd, N. Ulstein, B. Nygreen, D. Ryan: Ship scheduling with recurring visits and visit separation requirements. Book: Column Generation, Springer US, 2005, pages 225-245

Άρθρο "προγραμματισμός πλοίων και σχέδιο δικτύου για την πορεία των φορτίων με πλοία φορτηγά γραμμών (liner shipping)"- "ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping"- (2008) από τους Richa Agarwal και Ozlem Ergun

Στο άλλο άρθρο "προγραμματισμός πλοίων και σχέδιο δικτύου για την πορεία των φορτίων με πλοία φορτηγά γραμμών (liner shipping)" (2008), από τους Richa Agarwal και Ozlem Ergun, προσπάθησαν να λύσουν τα προβλήματα προγραμματισμού πλοίων και πορείας φορτίων σχηματίζοντας ένα μοντέλο μεικτού –ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Σκοπός συγγραφής αυτού του άρθρου, είναι η σχεδίαση του δικτύου υπηρεσιών για τα πλοία φορτηγά γραμμών παγκοσμίως. Αφού έχουμε δεδομένες όλες τις ποσότητες που πρέπει να μεταφερθούν και την ομάδα των λιμανιών μας, ο μεταφορέας πρέπει να σχεδιάσει τις πορείες πλεύσης των πλοίων όσο πιο αποτελεσματικά γίνεται για τα δεδομένα λιμάνια μας. Το προτεινόμενο παραπάνω μοντέλο περιλαμβάνει όλους τους σχετικούς περιορισμούς, όπως τους εβδομαδιαίους περιορισμούς της συχνότητας των πορειών πλεύσης και τις ανερχόμενες τροπές, όπως η διαμεταφορά ενός φορτιού μεταξύ 2 ή περισσότερων πορειών πλεύσης. Για να λύσουμε αυτό το πρόβλημα μοντέλο, θα χρησιμοποιήσουμε αλγόριθμους που εκμεταλλεύονται την διαχωριστικότητα του προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα, έναν ευρετικό αλγόριθμο απληστίας, ένα αλγόριθμο αναπαραγωγής στηλών και έναν 2-φάσεων αποσύνθεσης αλγόριθμο Bender.

Ο ευρετικός αλγόριθμος απληστίας, αν και είναι απλός και παρέχει μια δυνατή λύση σχετικά γρήγορα, δεν είναι πολύ αποτελεσματικός, γιατί αυτή προέρχεται μονάχα από μια μικρή μονάδα λύσεων. Δυστυχώς αυτή η λύση

της πορείας πλεύσης του πλοίου επιλέγεται ως τελική λύση, χωρίς καμία επανεξέταση.

Από την άλλη, η λύση του μοντέλου χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο αναπαραγωγής στηλών είναι εξαιρετικά δύσκολη εάν λάβουμε υπόψη ότι ο αριθμός λιμανιών, πλοίων και ζήτησης φορτίων αυξάνεται και αυξάνονται παράλληλα οι περιορισμοί και οι μεταβλητές του προβλήματος.



Λιμάνι Σιγκαπούρης

Η χρησιμοποίηση του αλγόριθμου αποσύνθεσης Benders, διαχωρίζουν το μοντέλο του προβλήματος σε 2 μέρη, των προγραμμάτων των πλοίων - Master Problem- και των πορειών των φορτίων -Subproblem-. Στη συνέχεια χρησιμοποιούν την μέθοδο τμηματοποίησης. Πρώτα ο βασικός αλγόριθμος αποσύνθεσης Benders λύνει το χαλαρωμένο πρόβλημα Γραμμικού Προγραμματισμού, επιλέγοντας κατ' επανάληψη καλές πορείες, για τον προγραμματισμό πλοίων και ύστερα σύμφωνα με αυτές τις πορείες που έχουμε, λύνουμε το πρόβλημα των πορειών φορτίων. Το πρόβλημα

προγραμματισμού πλοίων με τους περιορισμούς του, λύνεται ευρετικά σε 2 φάσεις. Στη 1^η φάση οι περιορισμοί χαλαρώνονται και με τον αλγόριθμο Bender λύνουμε το πρόβλημα με το βέλτιστο τρόπο. Στη 2^η φάση βάζουμε κανονικά τους περιορισμούς εφαρμόζοντας τις λύσεις που βρήκαμε προηγουμένως από την 1^η φάση.

Οι λύσεις που θα πάρουμε από την εφαρμογή του αλγόριθμου, θα τις εφαρμόσουμε στον αλγόριθμο διακλάδωσης και οριοθέτησης, ώστε να πάρουμε την επιθυμητή βέλτιστη λύση μας. Με αυτήν την μέθοδο μπορούμε να προσομοιώσουμε στον πραγματικό κόσμο περιπτώσεις προβλημάτων, για μέχρι 20 λιμάνια και 100 πλοία. Επί προσθέτως έχουμε υψηλό ποσοστό χρησιμότητας της χωρητικότητας των πλοίων και ένα σημαντικό αριθμό διαμεταφορών στην τελική λύση¹⁰⁷.

¹⁰⁷ . R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. Transportation Science, Vol.42, May 2008

Άρθρο "μοντέλο που περιλαμβάνει προβλήματα σχεδιασμού στόλου και πορειών πλεύσης πλοίων στη μεταφορά γαιάνθρακα" - "model integrating fleet design and ship routing problems for coal shipping"- (2007) από τους Qingcheng Zeng και Zhongzhen Yang

Το άρθρο γραμμένο από την Qingcheng Zeng και Zhongzhen Yang με τίτλο "μοντέλο που περιλαμβάνει προβλήματα σχεδιασμού στόλου και πορειών πλεύσης πλοίων στη μεταφορά γαιάνθρακα" (2007), με ελεύθερα φορτηγά ξηρού φορτίου (tramp shipping), αποσκοπεί στον καθορισμό των κατάλληλων τύπων και αριθμών πλοίων και στη βελτιστοποίηση της πορείας πλεύσης πλοίων με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς. Η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε για το πρόβλημα της τεράστιας ποσότητας μεταφοράς γαιάνθρακα μέσω της θαλάσσιας μεταφοράς, για την μεγαλύτερη εταιρεία διάθεσης γαιάνθρακα στην Κίνα (SEC-Shengua Energy Company). Για να λύσουμε το πρόβλημα θα πάρουμε ένα αλγόριθμο 2-φάσεων tabu search.



Πλοία Χυδόν Φορτίου

Ξεκινώντας, στην 1^η φάση γίνεται tabu search για να καθοριστεί ένας καλός τύπος καραβιού. Όταν καθορίζεται αυτός ο τύπος, τότε γίνεται ένα άλλο

tabu search σαν 2^η φάση, για να καθορίσουμε την ποσότητα φόρτωσης. Έτσι υπολογίζουμε την αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποίησης κόστους και εάν χρειάζεται να επηρεάσουμε ξανά την 1^η φάση του tabu search. Η ανάδραση και αμοιβαιότητα μεταξύ των 2 φάσεων μας βοηθάει να φτάσουμε στην επιθυμητή ελαχιστοποίηση κόστους¹⁰⁸.



Λιμάνι Σαγκάης

¹⁰⁸ . Qingcheng Zeng, Zhongzhen Yang: Model integrating fleet design and ship routing problems for coal shipping. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ICCS 2007 part 3 LNCS 4489, pages 1000-1003

Άρθρο "ένας ευρετικός αλγόριθμος τοπικής αναζήτησης πολλαπλής εκκίνησης για τον προγραμματισμό πλοίων - μια υπολογιστική μελέτη" - "a multi-start local search heuristic for ship scheduling - a computational study"- (2005) από τους Geir Bronmo, Marielle Christiansen, Kjetil Fagerholt και Bjorn Nygreen

Το άρθρο "ένας ευρετικός αλγόριθμος τοπικής αναζήτησης πολλαπλής εκκίνησης για τον προγραμματισμό πλοίων - μια υπολογιστική μελέτη" (2005) από τους Geir Bronmo, Marielle Christiansen, Kjetil Fagerholt και Bjorn Nygreen, ασχολείται με την εφαρμογή ενός ευρετικού αλγορίθμου τοπικής αναζήτησης με πολλαπλή εκκίνηση στην επίλυση του προγραμματισμού ελεύθερων πλοίων φορτηγών ξηρού φορτίου (tramp shipping). Σκοπός αυτού του άρθρου είναι η επίλυση του προβλήματος προγραμματισμού στο συγκεκριμένο τομέα επιχειρησιακής διαχείρισης των φορτηγών πλοίων. Στην αρχή παίρνουμε ένα μεγάλο αριθμό αρχικών λύσεων από την εφαρμογή ενός ευρετικού με τυχαία στοιχεία αλγορίθμου. Οι καλύτερες αρχικές λύσεις βελτιώνονται με έναν ευρετικό αλγόριθμο τοπικής αναζήτησης ο οποίος απαρτίζεται από 2 μορφές αναζήτησης, την γρήγορη και την ευρεία. Πρώτα με την χρήση της γρήγορης τοπικής αναζήτησης βελτιώνουμε ορισμένες αρχικές λύσεις. Αυτές μετέπειτα βελτιώνονται περεταίρω με την ευρεία τοπική αναζήτηση.



Πλοίο Κοντέινερ

Το συγκεκριμένο πρόβλημα επίλυσης το προσεγγίζουμε μετατρέποντας το σε ένα πρόβλημα τμηματοποίησης συνόλου (set partitioning problem). Στη συνέχεια δημιουργούμε όλα τα δυνατά προγράμματα πλεύσης με την "αναπαραγωγή στηλών" (column generation) όπου κάθε στήλη περιέχει πληροφορίες για το πλοίο που μεταφέρει τα συγκεκριμένα φορτία. Λόγω των περιορισμών του χρόνου και των χωρητικών δυνατοτήτων του κάθε πλοίου, οι συνδυασμοί φορτιών είναι σχετικοί λίγοι. Ισχύει ότι όλα τα λιμάνια εκφόρτωσης προηγούνται από όλα τα λιμάνια τελικού προορισμού των φορτίων. Οι στήλες που θα περιέχουν τα προγράμματα με το μέγιστο κέρδος, είναι αυτά που θα μεταφερθούν στο μοντέλο τμηματοποίησης συνόλου που σχηματίσαμε παραπάνω. Η επίλυση του με τη μέθοδο μεικτού ακέραιου προγραμματισμού (mixed integer linear programming) είναι αδύνατη λόγω της μεγάλης πολυπλοκότητας του προβλήματος.



Λιμάνι Τιαντζίν

Κάνουμε την εφαρμογή του ευρετικού αλγορίθμου τοπικής αναζήτησης με πολλαπλή εκκίνηση. Οι αρχικές λύσεις είναι το πρώτο βήμα που χρειαζόμαστε για να ξεκινήσουμε τον αλγόριθμο. Το κάθε φορτίο το

ορίζουμε στο διαθέσιμο πλοίο που υπάρχει, το οποίο θα μας αποδώσει το μέγιστο κέρδος που θέλουμε. Στην πρώτη φάση, η γρήγορη τοπική αναζήτηση εξερευνά 3 διαφορετικών ειδών γειτονιές. Οι 2 πρώτες γειτονιές αφορούν την βελτιστοποίηση του προγράμματος για κάποιο πλοίο ενώ η τελευταία γειτονιά αφορά την βελτιστοποίηση των προγραμμάτων πλεύσης με την μετακίνηση 2 φορτίων μεταξύ 2 πλοίων. Έτσι στην 1^η γειτονιά έχουμε μετακίνηση φορτίων φόρτωσης και ξεφόρτωσης μέσα στο πρόγραμμα πλεύσης ενός πλοίου. Στην 2^η γειτονιά κάνουμε μετακίνηση κάποιου φορτίου ανάμεσα σε προγράμματα πλεύσης πλοίων για να δούμε πού ταιριάζει καλύτερα. Στην 3^η γειτονιά και τελευταία, 2 διαφορετικά φορτία ανταλλάσσονται μεταξύ 2 προγραμμάτων πλεύσης πλοίων στα οποία ανήκουν (μέθοδος 2-opt τοπικής αναζήτησης). Στην δεύτερη φάση, η ευρεία τοπική αναζήτηση ερευνά τις καλύτερες λύσεις που μπορούν να βρεθούν. Αυτή χρησιμοποιεί τις προηγούμενες 3 γειτονιές που ερευνήσαμε στην γρήγορη τοπική αναζήτηση και επιπροσθέτως άλλες 2 γειτονιές. Στην 1^η γειτονιά παίρνουμε 2 διαφορετικά φορτία που ανήκουν στο πρόγραμμα πλεύσης κάποιου πλοίου και επανατοποθετούνται μέσα σε αυτό στις καλύτερες δυνατές θέσεις (παρόμοια πάλι μέθοδος 2-opt τοπικής αναζήτησης). Στην 2^η γειτονιά παίρνουμε 3 διαφορετικά φορτία από τα 3 προγράμματα πλεύσης των 3 πλοίων που ανήκουν και επανατοποθετούνται διαφορετικά στα συγκεκριμένα πλοία (μέθοδος 3-opt τοπικής αναζήτησης)¹⁰⁹.

¹⁰⁹ . G. Bronmo, M. Christiansen, K. Fagerholt, B. Nygreen: A multi-start local search heuristic for ship scheduling-a computational study. Computers and Operations Research 34, 2007

9^ο Κεφάλαιο: Εργασία. Προγραμματισμός Προβλήματος Πορείας Πλεύσης Φορτηγών Γραμμών Κοντέινερ -Liner Container Shipping- και Ελεύθερων Φορτηγών Πλοίων Κοντέινερ -Tramp Container Shipping- στις Θαλάσσιες Μεταφορές και Επίλυση του Τελευταίου

Στην ακόλουθη εργασία θα ασχοληθούμε με τον προγραμματισμό προβλήματος πορείας πλεύσης πλοίων στον κλάδο των Πλοίων Φορτηγών Γραμμών Κοντέινερ -Liner Container Shipping- και των Ελεύθερων Φορτηγών Πλοίων Κοντέινερ -Tramp Container Shipping-. Σκοπός της πρώτης μοντελοποίησης είναι η μεγαλύτερη δυνατή ικανοποίηση των αναγκών των μεταφορών T.E.U. από τα διάφορα λιμάνια, ενώ στόχος είναι η επίτευξη του μεγαλύτερου δυνατού κέρδους. Σκοπός της δεύτερης μοντελοποίησης είναι η μεγαλύτερη δυνατή ικανοποίηση της σταθερής ζήτησης T.E.U. από τα διάφορα λιμάνια, ενώ στόχος είναι η επίτευξη του χαμηλότερου δυνατού κόστους με παράλληλη ελαχιστοποίηση του χρόνου χρήσης του στόλου.

Το πρόβλημα με το οποίο θα ασχοληθούμε στην επίλυση του είναι το δεύτερο, που αφορά τα Ελεύθερα Φορτηγά Πλοία Κοντέινερ -Tramp Container Shipping-. Ό λόγος είναι ότι η βάση όλων των δεδομένων που συλλέξαμε, ικανοποιούν σε περισσότερο βαθμό τις παραμέτρους επίλυσης

αυτού του προβλήματος σε σύγκριση με το πρώτο. Άρα θα κατευθυνθούμε στο δεύτερο πρόβλημα όπου ο ιδιαίτερος αυτός κλάδος όπως είχαμε αναλύσει και προηγουμένως, αφορά πλοία που λειτουργούν σαν ταξί σε αντίθεση με τον πρώτο που λειτουργούν σαν δρομολόγια λεωφορείων.

Σήμερα η χρήση των κοντέινερ είναι ευρέως διαδεδομένη. Όλα τα έτοιμα προϊόντα στην αγορά όπως έπιπλα, παιχνίδια, είδη ρουχισμού, ανταλλακτικά και πολλά άλλα μεταφέρονται μέσω της χρήσης των πολλαπλών ειδών κοντέινερ που περιγράψαμε παραπάνω στην εργασία.

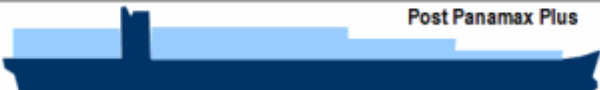


Πλοίο Κοντέινερ

Χαρακτηριστικά ενώ το Φεβρουάριο του 2004 υπήρχαν 6,54 εκατομμύρια T.E.U. παγκοσμίως, τον Ιούνιο του 2008 ο αριθμός τους εκτοξεύτηκε στα 11,5 εκατομμύρια με ποσοστό αύξησης 1% τον μήνα και ο στόλος των πλοίων φορτηγών κοντέινερ έφτασε τα 4.508. Η θαλάσσια μεταφορά των κοντέινερ έχει γίνει ένα από τα πιο βασικά επίκεντρα της επιχειρησιακής έρευνας χάρη στην δυναμική της προσφοράς και της ζήτησης στην παγκόσμια αγορά¹¹⁰.

¹¹⁰ . Matthew E.H. Petering: Effect of block width and storage yard layout on marine container terminal performance. Transportation Research Part E 45 (2009) 591-610 Elsevier Ltd.

Τα διάφορα είδη πλοίων για την θαλάσσια μεταφορά κοντέινερ¹¹¹:

		Length	Draft	TEU
First (1956-1970)	 Converted Cargo Vessel	135 m	< 9 m	500
	 Converted Tanker	200 m	< 30 ft	800
Second (1970-1980)	 Cellular Containership	215 m	10 m 33 ft	1,000 – 2,500
Third (1980-1988)	 Panamax Class	250 m	11-12 m 36-40 ft	3,000
	 Panamax Class	290 m		4,000
Fourth (1988-2000)	 Post Panamax	275 – 305 m	11-13 m 36-43 ft	4,000 – 5,000
Fifth (2000-2005)	 Post Panamax Plus	335 m	13-14 m 43-46 ft	5,000 – 8,000
Sixth (2006-)	 New Panamax	397 m	15.5 m 50 ft	11,000 – 14,500

Για να ξεκινήσουμε να ασχοληθούμε με τον προγραμματισμό ενός προβλήματος για πορείες πλεύσης πλοίων στις θαλάσσιες μεταφορές χρειαζόμαστε να κάνουμε συγκεκριμένο τον προσδιορισμό του προβλήματος που αντιμετωπίζουμε και να διευκρινίσουμε και να καταλάβουμε τα δεδομένα του προβλήματος που μας δίνονται. Στη συνέχεια αφού αναπτύξουμε όλα τα παραπάνω, θα καταλήξουμε σε αριθμητικά μοντέλα όπου θα τα εφαρμόσουμε στον υπολογιστή και θα προσπαθήσουμε να πάρουμε τις καλύτερες δυνατές λύσεις.

¹¹¹ . Panamax Categories. <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/containerships.html>

Μοντελοποίηση προβλήματος πορείας πλεύσης Πλοίων Φορτηγών Γραμμών Κοντέινερ -Liner Container Shipping-

Ο στόλος πλοίων S που χρησιμοποιούμε, αποτελείται από 4 πλοία για $s \in S$. Λαμβάνουμε υπόψη κάποιες απαραίτητες προδιαγραφές από τα ναυπηγεία τους με ποιο σημαντική αυτή της χωρητικότητά τους, όπου κάθε πλοίο έχει χωρητικότητα σε T.E.U. T^s . Έχουμε ένα σύνολο λιμανιών P που αποτελείται από 7 λιμάνια $p \in P$ με τα οποία θα ασχοληθούμε για την εξυπηρέτηση των αναγκών τους. Σε αυτά τα λιμάνια, όπως ακριβώς και για τα πλοία, συγκεντρώνουμε δεδομένα για τις δυνατότητες που έχουν. Το κάθε λιμάνι έχει χωρητικότητα σε T.E.U. T^p . Θα χρησιμοποιήσουμε 2 καράβια πιστεύοντας ότι είναι αρκετά για να καλύψουν τις ανάγκες μας. Χωρίζουμε το πρόγραμμα πλεύσης σε 2 δρομολόγια. Το ένα πλοίο θα εξυπηρετεί την γραμμή που αφορά τον γεωγραφικό χώρο της περιοχής Αθήνας-Πελοποννήσου και το άλλο πλοίο την γραμμή της περιοχής Αθήνας-Ιονίου.

Η κατασκευή της αντικειμενικής συνάρτησης του προβλήματος αφορά 2 σκέλη. Το ένα είναι η μεγιστοποίηση κέρδους, από το οποίο απορρέει και το ανάλογο κόστος, που αποτελεί το δεύτερο σκέλος του προβλήματος.

Η συνάρτηση κέρδους σχηματίζεται βάση των τιμολογίων μεταφοράς ενός T.E.U., $R_{(k,i)}$, σε μία πορεία διαδρομής k από λιμάνι o σε λιμάνι d , την ημέρα i που αρχίζει να γίνεται η μεταφορά και j την ημέρα άφιξης των εμπορευμάτων. Υποθέτουμε ότι l_k^s , όπου l είναι οι μέρες που κάνει το πλοίο

s σε μία πορεία διαδρομής k να πάει από λιμάνι o σε λιμάνι d . Ισχύει $k \in K$,
ότι $o, d \in P$ και ότι $1 \leq l_k^s \leq 7$. Λιμάνι o είναι το λιμάνι αφετηρίας μας ενώ το
λιμάνι d είναι το λιμάνι προορισμού μας. Η ζήτηση καθορίζεται από την
ομάδα ζευγαριών (k, i) όπου ισχύει $z = (k, i)$ και $z \in Z$. Ο όγκος μεταφοράς
Τ.Ε.Υ. ανάλογα με την υπάρχουσα ζήτηση είναι $f_{(k,i)}^{[(d,i) \cup (o,i)]}$. Κύκλος e , είναι η
περιστροφή λιμανιών (κορυφές-λιμάνια και τόξα-διαδρομές πορείες μεταξύ
2 λιμανιών) η οποία αποτελείται από k , όπου $k \in K$, από ένα πλοίο s όπου
 $s \in S$ για ένα χρονικό διάστημα εντός 7 ημερών όπου $1 \leq L_e \leq 7$ και ισχύει L_e
 $= \lceil \sum_{e \in E^s} (l_k^s) / 7 \rceil$. Το Y_e^s είναι η δυική μεταβλητή 0,1 όπου 1 εάν πλοίο s κάνει
κύκλο e και 0 όταν όχι.

Η συνάρτηση κόστους για κάθε πλοίο αποτελείται από το σταθερό και το
μεταβλητό του κόστος.

Για το σταθερό κόστος συμπεριλάβαμε 2 παράγοντες:

- α) την μισθοδοσία του προσωπικού
- β) την συντήρηση του

συμβολίζοντας το μηνιαίο κόστος του C_m^s .

Το μεταβλητό κόστος το χωρίσαμε σε 2 τμήματα:

- α) στην κατανάλωση καυσίμων κατά τη διάρκεια λειτουργίας του
πλοίου στην ανοιχτή θάλασσα που είναι C_k^s

β)στην παραμονή του στο λιμάνι που είναι C_p^s .

Στην πρώτη περίπτωση υπολογίσαμε την μέση οικονομική ταχύτητα ταξιδιού για κάθε πλοίο στην ανοιχτή θάλασσα στους 15 Κόμβους και τον χρόνο ταξιδιού βάση των αποστάσεων των λιμανιών μεταξύ τους. Επίσης απαραίτητο ήταν να ερευνήσουμε την ιπποδύναμη για κάθε μηχανή του πλοίου στηριζόμενοι στην μηχανολογία, ώστε να δούμε λεπτομερώς την κατανάλωση καυσίμων για κάθε πλοίο όταν ταξιδεύει.

Στην δεύτερη περίπτωση υπολογίσαμε τον μέσο όρο παραμονής των πλοίων σε κάθε λιμάνι όπου θα είναι περίπου στις 4-6 ώρες. Πάλι εδώ μελετήσαμε τα βοηθητικά συστήματα για κάθε πλοίο βασισμένοι στη μηχανολογία, ώστε να δούμε την κατανάλωση καυσίμων για κάθε πλοίο όταν είναι σε αναμονή σε λιμάνι.

Ως αποτέλεσμα έχουμε την δημιουργία συνάρτησης κόστους για κάθε πλοίο

s για κύκλο e όπου $Cost_e^s = \sum_{p \in o} C_p^s + \sum_{k \in o} C_k^s + C_m^s$.

Αναλυτικά:

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ

$$\text{Max} \sum_{s \in S} \sum_{(k,i) \in Z} \sum_{j=1}^7 R_{(k,i)} f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} Y_e^s - \sum_{s \in S} \sum_{e \in E^s} Cost_e Y_e^s \quad (9.1)$$

με περιορισμούς:

$$\alpha) \sum_{k \in OutEdges(o)} f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} - \sum_{k \in InEdges(d)} f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} = 0, \text{ όπου } d, o \in P \text{ και } \forall (k,i) \in Z \quad (9.2)$$

$$\beta) f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} \geq 0, \text{ όπου } \forall (k,i) \in Z \quad (9.3)$$

$$\gamma) Y_e^s \in [0,1], \text{ όπου } \forall s \in S \text{ και } \forall e \in E^s \quad (9.4)$$

$$\delta) \left(\sum_{(k,i) \in Z} \sum_{k \in \text{OutEdges}(o)} f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} - \sum_{(k,i) \in Z} \sum_{k \in \text{InEdges}(d)} f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} \right) Y_e^s \leq T^s, \text{ όπου } \forall$$

$$T^s \in T^s, d, o \in P, \forall (k,i) \in Z, \forall s \in S \text{ και } \forall e \in E^s \quad (9.5)$$

$$\epsilon) f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} \leq D_{(k,i)}, \text{ όπου } \forall (k,i) \in Z \quad (9.6)$$

$$\zeta) \sum_{e \in E^s} L_e Y_e^s \leq N^s, \text{ όπου } \forall s \in S \text{ και } \forall e \in E^s \quad (9.7)$$

Για να εξηγήσουμε την παραπάνω μοντελοποίηση. Έχουμε την Αντικειμενική Συνάρτηση στην οποία βρίσκω το συνολικό κέρδος του στόλου αφαιρώντας το συνολικό κόστος. Αυτό θα εξαρτηθεί από το πλοίο s που θα επιλεγθεί για ένα κύκλο e που θα πάρουμε. Θα προσπαθήσουμε να μεγιστοποιήσουμε την διαφορά μεταξύ του μεγαλύτερου δυνατού κέρδους από το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Στους περιορισμούς μας, στον πρώτο περιορισμό α) έχουμε την ροή ισορροπίας των εμπορευμάτων από το λιμάνι o στο λιμάνι d όπου η ποσότητα αυτή που εισρέει στον προορισμό της εκρέει από την αφετηρία της, από εκεί που έφυγε δηλαδή. Στον δεύτερο περιορισμό β) η ροή εμπορεύματος $f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]}$ είναι πάντοτε συνεχόμενη μη αρνητική. Ο επόμενος περιορισμός γ) εκφράζει την δυική μεταβλητή Y_e^s , που είναι 0,1 όπου 1 εάν πλοίο s κάνει κύκλο e και 0 όταν όχι. Στον περιορισμό που ακολουθεί δ) θέτουμε ότι η ροή εμπορευμάτων που δημιουργείται σε ένα κύκλο e δεν υπερβαίνει σε καμία χρονική στιγμή την χωρητικότητα του

πλοίου. Στον πέμπτο περιορισμό ε) η ροή εμπορευμάτων που γίνεται προς έναν προορισμό d δεν υπερβαίνει την ζήτηση $D_{(k,l)}$, που υπάρχει προς σε εκείνον τον προορισμό. Στον επόμενο και τελευταίο προορισμό ζ) είναι ο χρονικός μας περιορισμός βάση των πλοίων που έχουμε σε διαθεσιμότητα. Υποθέτουμε όπως προηγουμένως αναφέραμε ότι l_k^s , όπου l είναι οι μέρες που κάνει το πλοίο s σε μία πορεία διαδρομής k , να πάει από λιμάνι o σε λιμάνι d . Δεδομένου ότι παίρνουμε 7 μέρες σαν το χρονικό διάστημα κάθε κύκλου e , τότε λέμε ότι ισχύει $L_e = \lfloor \sum_{e \in E^s} (l_k^s)/7 \rfloor$ και ότι N^s είναι ο αριθμός πλοίων s που είναι διαθέσιμα για τα δρομολόγια μεταφορών.

Στόχος είναι η μεγιστοποίηση κέρδους στην αντικειμενική συνάρτηση με τη μέθοδο της τοπικής αναζήτησης. Αυτή η μεγιστοποίηση βασίζεται πάνω στην επιλογή των πλοίων, στα δρομολόγια τους και στην ζήτηση στην αγορά που εξετάζουμε διαδοχικά. Όταν σε ένα δρομολόγιο βλέπουμε ότι η αντικειμενική συνάρτηση παρουσιάζει μη επιθυμητά αποτελέσματα, τότε με τη μέθοδο της τοπικής αναζήτησης την προσαρμόζουμε ανάλογα ώστε να γίνει μια πιο θετική επαναφορά των κερδών. Ανάλογα μπορούμε να κάνουμε με την επιλογή ενός συγκεκριμένου πλοίου. Ψάχνουμε δηλαδή με τοπική αναζήτηση το επιλεγμένο πλοίο και το δρομολόγιο του εντός των δυνατών χρονικών ορίων που θα μας δώσει το κέρδος που θέλουμε.



Πλοία Κοντέινερ

Μοντελοποίηση προβλήματος πορείας πλεύσης Ελεύθερων Φορηγών Πλοίων Κοντέινερ -Tramp Container Shipping- και Επίλυση του

Η παρακάτω μοντελοποίηση του προβλήματος είναι παρόμοια με αυτήν του προηγούμενου προβλήματος. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα προσπαθούμε να επιτύχουμε ελαχιστοποίηση κόστους του στόλου μας καθώς η ζήτηση είναι σταθερή μεταξύ των λιμανιών, με τη μόνη διαφορά εδώ, ότι δεν έχουμε χρονικό περιορισμό. Παράλληλα με την ελαχιστοποίηση κόστους γίνεται και ελαχιστοποίηση χρόνου χρήσης του στόλου σαν φυσικό επακόλουθο.

Αναλυτικά:

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ

$$\text{Min} \sum_{s \in S} \sum_{e \in E^s} \text{Cost}_e Y_e^s \quad (9.1)$$

με περιορισμούς:

$$\alpha) \sum_{k \in \text{OutEdges}(o)} f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} - \sum_{k \in \text{InEdges}(d)} f_{(k,j)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} = 0, \text{ όπου } d, o \in P \text{ και } \forall (k,i) \in Z$$

(9.2)

$$\beta) f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} \geq 0, \text{ όπου } \forall (k,i) \in Z \quad (9.3)$$

$$\gamma) Y_e^s \in [0,1], \text{ όπου } \forall s \in S \text{ και } \forall e \in E^s \quad (9.4)$$

$$\delta) \left(\sum_{(k,i) \in Z} \sum_{k \in \text{OutEdges}(o)} f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} - \sum_{(k,i) \in Z} \sum_{k \in \text{InEdges}(d)} f_{(k,j)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} \right) Y_e^s \leq T^s, \text{ όπου } \forall$$

$$T^s \in T^s, d, o \in P, \forall (k,i) \in Z, \forall s \in S \text{ και } \forall e \in E^s \quad (9.5)$$

$$\epsilon) f_{(k,i)}^{[(d,j) \cup (o,i)]} \leq D_{(k,i)}, \text{ όπου } \forall (k,i) \in Z \quad (9.6)$$

Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση κόστους χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Διαφορικής Εξέλιξης που μας κατευθύνει σε καλές περιοχές λύσεων και με την παράλληλη εφαρμογή της μεθόδου της Τοπικής Αναζήτησης βρίσκουμε τις καλύτερες δυνατές λύσεις. Αυτή η ελαχιστοποίηση κόστους βασίζεται πάνω στην επιλογή των πλοίων, στα δρομολόγια τους, και στην ελαχιστοποίηση του χρόνου χρήσης του στόλου.

Η τεχνική της Διαφορικής Εξέλιξης που εφαρμόσαμε αποτελεί μέρος των Μεθευρετικών Αλγορίθμων. Η κύρια στρατηγική των Μεθευρετικών Αλγορίθμων είναι να χρησιμοποιηθούν τεχνικές για να ξεφύγουμε από μια λύση, ένα τοπικό ελάχιστο, εξερευνώντας το πεδίο της λύσης με σκοπό να βρεθεί μια ακόμα καλύτερη λύση. Δηλαδή με λίγα λόγια, μας κατευθύνουν σε καλές περιοχές λύσεων και ψάχνουν μέσα σε αυτές, με Τοπική Αναζήτηση, την καλύτερη δυνατή λύση. Έτσι προέρχεται και ο σύνθετος όρος Μεθευρετικός που σχηματίζεται από τις λέξεις «μετά» και «ευρετικός»^{112 113}. Ανάλογα λειτουργεί η μέθοδος της Διαφορικής Εξέλιξης όπως θα την αναλύσουμε παρακάτω. Με τη χρήση ενός τέτοιου αλγορίθμου, προσδοκούμε να μας προσφέρει μια καλή αλλά όχι εγγυημένα απολύτως βέλτιστη λύση σε σύντομο χρονικό διάστημα εκτέλεσης, την

¹¹² . Αθανάσιος Μυγδαλάς, Γιάννης Μαρινάκης. Συνδυαστική Βελτιστοποίηση. Πολυτεχνείο Κρήτης. Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης. Τομέας Επιχειρησιακής Έρευνας, Χανιά Αύγουστος 2005.

¹¹³ . Τσαμπάς Πέτρος: Λύνοντας προβλήματα δυναμικού στοχαστικού ελέγχου στην χρηματοοικονομική χρησιμοποιώντας tabu search (περιορισμένη αναζήτηση γεινιάσεως) με variable scaling (μεταβλητή κλίμακα). Πολυτεχνείο Κρήτης, Μεταπτυχιακή Εργασία για Αθανάσιο Μυγδαλά, 2008.

στιγμή που ένας αντίστοιχος ακριβής αλγόριθμος θα μπορούσε να μας προσφέρει εγγυημένα μεν την απολύτως βέλτιστη λύση, αλλά όχι όμως σε αποδεκτά χρονικά πλαίσια εκτέλεσης¹¹⁴. Σήμερα τέτοιοι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται ολοένα και εντονότερα για επίλυση NP-Complete ή NP-Hard προβλημάτων που απαιτούν τεράστιο χρόνο επίλυσης¹¹⁵.

Ο αλγόριθμος της Διαφορικής Εξέλιξης εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από τους Storn και Price στην εργασία τους "διαφορική εξέλιξη - ένα απλό και αποδοτικό προσαρμοστικό σχέδιο για τη σφαιρική βελτιστοποίηση πέρα από τα συνεχή διαστήματα" (1995)¹¹⁶. Αυτός ο αλγόριθμος βασίζεται πάνω σε αρχικές καλές λύσεις –που ονομάζονται πράκτορες- μέσα σε ένα πληθυσμό λύσεων, όπου μετακινούνται μέσω έρευνας στο χώρο των λύσεων στηριζόμενες σε μια απλή μαθηματική διεργασία¹¹⁷. Αυτή προκύπτει παίρνοντας την διαφορά 2 διανυσμάτων, πολλαπλασιάζοντας την διαφορά με ένα βάρος που είναι ο παράγοντας κανονικοποίησης. Στη συνέχεια προσθέτουμε αυτήν την σχηματιζόμενη κανονικοποιημένη διαφορά με ένα τρίτο διάνυσμα από τον πληθυσμό από όπου θα παραχθεί ένα ενδεικτικό νέο μεταλλαγμένο διάνυσμα. Μέσα από αυτήν την διαδικασία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και την τεχνική της διασταύρωσης. Τα νέα μεταλλαγμένα διανύσματα που θα προκύψουν για όλα τα δυνατά διανύσματα του πληθυσμού, θα ανταγωνιστούν μεταξύ τους μέχρι να ανακαλύψουμε τα βέλτιστα. Αυτά θα αποτελέσουν τα διανύσματα γονείς για τον επόμενο εξελικτικό κύκλο^{118 119}.

¹¹⁴ . Αθανάσιος Μυγδαλάς: Ευρετικοί και Μεθευρετικοί Αλγόριθμοι, Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Μεταπτυχιακό Τμήμα Επιχειρησιακής Έρευνας, 2008.

¹¹⁵ . Ε. Πετράκης: NP Προβλήματα Microsoft Powerpoint, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης.

¹¹⁶ . Διαφορική Εξέλιξη. http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/el/Differential_evolution

¹¹⁷ . Differential Evolution. http://en.wikipedia.org/wiki/Differential_evolution

¹¹⁸ . Differential Evolution. <http://www.maths.uq.edu.au/MASCOS/Multi-Agent04/Fleetwood.pdf>

¹¹⁹ . Αντώνης Τζιλιβάκης: Προσαρμογή και εφαρμογή μεθευρετικών αλγορίθμων στην επίλυση προβλημάτων σχεδιασμού δικτύου. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης. Νοέμβριος 2010.

Η προσαρμογή της Διαφορικής Εξέλιξης για την επίλυση του προβλήματος της πορείας πλεύσης Ελεύθερων Φορτηγών Πλοίων Κοντέινερ εφαρμόστηκε ως εξής:

A. Αναπαράσταση λύσεων

Στην πράξη, για να εφαρμόσουμε τη Διαφορική Εξέλιξη, αλλά και οποιαδήποτε μέθοδο, έπρεπε να αναπαραστήσουμε σε διανυσματική μορφή τις λύσεις του προβλήματος. Έτσι, θεωρήσαμε ότι όλες οι λύσεις αναπαριστώνται από διανύσματα 28 κελιών, όπου κάθε επτάδα κελιών αντιστοιχούσε σε καθένα από τα τέσσερα πλοία του στόλου μας. Ανάλογα κάθε κελί της επτάδας αναπαριστά καθένα από τα επτά λιμάνια που πρέπει να δρομολογήσουμε το στόλο μας. Οι δυνατές τιμές για ένα κελί είναι μόνο το 0 και το 1. Το κελί που έχει την τιμή 1 σημαίνει ότι ένα πλοίο περνά από το αντίστοιχο λιμάνι. Σχηματικά:

1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Μια πιθανή λύση

Στο παραπάνω σχήμα αναπαρίσταται η λύση στην οποία θα χρησιμοποιηθούν μόνο τα δύο πλοία του στόλου μας: το πλοίο Τελαμώνας θα περάσει από τα λιμάνια της Πάτρας, της Κέρκυρας και της Ελευσίνας (πρώτο, τρίτο και έκτο λιμάνι αντίστοιχα) και το πλοίο Χαρίκλεια από τα υπόλοιπα.

B. Αρχικοποίηση λύσεων

Για την αρχικοποίηση των λύσεων χρησιμοποιήσαμε καταρχήν τη συνάρτηση rand του Matlab, κατάλληλη για τη γέννηση τυχαίων αριθμών. Κατά συνέπεια αρχικά είχαμε διανύσματα, με τιμές στα κελιά αριθμούς στο

διάστημα $[0,1]$. Συγκρίνοντας τις τιμές των κελιών που η διαφορά θέσης τους ήταν πολλαπλάσιο του 7, την τιμή 1, δίναμε στο κελί με τη μεγαλύτερη τιμή, σύμβαση με την οποία επιτύχαμε την παραγωγή αποδεκτών λύσεων σύμφωνα με την παραπάνω αναπαράσταση.

Γ. Εφαρμογή Διαφορικής Εξέλιξης και Τοπικής Αναζήτησης

Η εφαρμογή της Διαφορικής Εξέλιξης έγινε όπως με λίγα λόγια αναφέρεται στην προηγούμενη παράγραφο, παράγοντας δοκιμαστικά διανύσματα, με την αφαίρεση διανυσμάτων του αρχικού πληθυσμού, πολλαπλασιασμένα με ένα παράγοντα κανονικοποίησης και προσθέτοντας το εξαγόμενο με ένα τρίτο διάνυσμα του πληθυσμού. Η Διαφορική Εξέλιξη εμπλέκει από τη φύση της πραγματικούς αριθμούς. Επιπρόσθετα, παράλληλα με τη Διαφορική Εξέλιξη εφαρμόσαμε Τοπική Αναζήτηση σε δύο διαφορετικά σημεία της διαδικασίας. Μια φορά σε κάθε παραγωγή δοκιμαστικού διανύσματος, κυρίως για να ωθήσουμε τον αλγόριθμό μας σε καλές περιοχές λύσεων, και άλλη μία φορά κατά τον υπολογισμό του κόστους των λύσεων μόνο ανά επτάδα κελιών του διανύσματος, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη χρονική δρομολόγηση για ένα δεδομένο πλοίο, με δεδομένα τα λιμάνια από τα οποία θα περάσει. Ως μέθοδο Τοπικής Αναζήτησης επιλέξαμε την Ανταλλαγή Κόμβων (Swap) -λιμανιών- την ανταλλαγή δηλαδή 2 κελιών μεταξύ τους.



Πλοίο Κοντέινερ

Κοντέινερ (Τ.Ε.Υ.)

Όπως περιγράψαμε στην εργασία παραπάνω στο Κεφάλαιο "Εμπορευματοκιβώτια ή αλλιώς κοντέινερς και οι διαστάσεις τους", είναι 2 ειδών τα κοντέινερ που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στην αγορά και που λαμβάνουμε υπόψη:

α) TEU

β) FEU

Κοντέινερ ¹²⁰	Μήκος	Πλάτος	Ύψος	Όγκος	Ωφέλιμος Όγκος ¹²¹	Απόβαρο	Ωφέλιμο Φορτίο ¹²²
TEU	6,1m	2,4m	2,6m	39m ³	28-30m ³	2t	21,6t
FEU	12m	2,4m	2,6m	77m ³	56-60m ³	4t	26,5t

Σημείωση: m=meters, t=tons, FEU=2 TEU

Απόβαρο: το βάρος της συσκευασίας του εμπορεύματος. Η διαφορά που προκύπτει εάν από το μεικτό βάρος αφαιρεθεί το καθαρό.

Ωφέλιμο Φορτίο: το μέγιστο βάρος που μπορεί να μεταφέρει ένα όχημα ή οτιδήποτε¹²³.



Στοιβάσμα Κοντέινερ



Φόρτωση Κοντέινερ

¹²⁰ . MSC Equipment Specifications. Log Book 2010

¹²¹ . Συνέντευξη Κασσώτης Αντώνης, Πλοίαρχος, Branch Manager MSC Greece S.A.

¹²² . 20ft Container Size. <http://www.dimensionsguide.com/20ft-container-size/>

¹²³ . Κέντρο Ελληνικής Γλώσσας. <http://www.greek-language.gr/greekLang/index.html>

Μερικά είδη TEU και FEU¹²⁴:

Equipment	Container Type	Interior Dimensions
	20' Dry	L: 5.89 m 19'4" W: 2.34 m 7'8" H: 2.33 m 7'8"
	20' Reefer	L: 5.50 m 18'1/4" W: 2.26 m 7'5 1/8" H: 2.25 m 7'4 7/8"
	20' Collapsible Flatrack	L: 5.94 m 19'6 1/4" W: 2.43 m 8'0" H: 2.15 m 7'1"
	40' Dry	L: 12.01 m 39'5" W: 2.34 m 7'8" H: 2.36 m 7'9"
	40' Highcube	L: 12.01 m 39'5" W: 2.34 m 7'8" H: 2.66 m 8'9"
	40' Reefer	L: 11.64 m 38'2 1/8" W: 2.28 m 7'5 7/8" H: 2.25 m 7'4 3/8"
	40' Collapsible Flatrack	L: 12.06 m 39'7" W: 2.43 m 8'0" H: 1.93 m 6'4"
	20' Open Top	L: 5.81 m 19'1" W: 2.34 m 7'8" H: 2.34 m 7'8"
	40' Open Top	L: 12.03 m 39'6" W: 2.34 m 7'8" H: 2.43 m 8'0"

¹²⁴ .Είδη κοντέινερ. http://www.royalmarine.co.th/index2.php?page=container_size

Εμείς στο πρόβλημά μας θα χρησιμοποιήσουμε το TEU ως το εμπορευματοκιβώτιο χρήσης, για την διακίνηση των αγαθών του εμπορίου που θέλουμε.



Εσωτερικό κοντέινερ

Στόλος (S = Ships)

Ο στόλος μας αποτελείται από 4 πλοία με τα εξής χαρακτηριστικά όπως ναυπηγήθηκαν^{125 126}:

Πλοία Στόλου	Νεκρό Βάρος	Μήκος	Πλάτος	Ύψος	Βύθισμα	Χωρητικότητα TEU
ΤΕΛΑΜΩΝΑΣ	20.000dwt	160m	22,85m	13,5m	10m	1.150 TEU
ΑΙΑΝΤΑΣ	15.000dwt	147m	20m	11m	9,5m	800 TEU
ΑΦΡΟΔΙΤΗ	10.000dwt	135m	18,5m	9,5m	7m	750 TEU
ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ	7.500dwt	98m	16m	9m	6m	400 TEU

Σημείωση: dwt=dead weight tonnage (νεκρό βάρος), m=meters



Πλοία Κοντέινερ των 10.000dwt, των 20.000dwt και των 15.000dwt αντίστοιχα



Πλοίο Κοντέινερ των 7.500dwt

¹²⁵ . Ship Sales. <http://www.timaraya.com/>

¹²⁶ . Ship Sales. <http://commercial.apolloduck.com/index.phtml>

Λιμάνια (P = Ports)

Ο κύριος όγκος των θαλάσσιων μεταφορών της εταιρείας που ασχολούμαστε έχει σαν θέρετρο δραστηριότητας κατά το πλείστον το Ιόνιο Πέλαγος.

Τα λιμάνια μας είναι 7:

Πάτρα, Κέρκυρα, Καλαμάτα, Πρέβεζα, Αστακός, Λαύριο, Ελευσίνα.

Δύο (2) από τα πιο βασικά συστατικά των λιμανιών που χρειαζόμαστε για την αντιμετώπιση του προβλήματος της θαλάσσιας μεταφοράς είναι:

- α) Η απόσταση μεταξύ τους
- β) Η χωρητικότητα σε δυναμικότητα που διαθέτουν για κοντέινερ

Οι αποστάσεις της θαλάσσιας πορείας πλεύσης σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα μεταξύ των λιμανιών είναι οι εξής¹²⁷:

	Πάτρα	Κέρκυρα	Πρέβεζα	Αστακός	Καλαμάτα	Ελευσίνα	Λαύριο
Πάτρα	-	191n.m.	110n.m.	77n.m.	167n.m.	417n.m.	393n.m.
Κέρκυρα	191n.m.	-	81n.m.	114n.m.	286n.m.	523n.m.	500n.m.
Πρέβεζα	110n.m.	81n.m.	-	33n.m.	205n.m.	442n.m.	419n.m.
Αστακός	77n.m.	114n.m.	33n.m.	-	172n.m.	410n.m.	386n.m.
Καλαμάτα	167n.m.	286n.m.	205n.m.	172n.m.	-	250n.m.	226n.m.
Ελευσίνα	417n.m.	523n.m.	442n.m.	410n.m.	250n.m.	-	31n.m.
Λαύριο	393n.m.	500n.m.	419n.m.	386n.m.	226n.m.	31n.m.	-

Σημείωση: n.m.: nautical miles

Οι αποστάσεις για προορισμούς από το Ιόνιο Πέλαγος στην περιοχή της Αττικής και αντίστροφα είναι οι μεγαλύτερες, λόγω της έλλειψης

¹²⁷ . Port Routes. <http://ports.com/sea-route/>

αποτελεσματικότητας χρήσης του Ισθμού της Κορίνθου όπου από την Διώρυγα μπορούν να διαπλεύσουν πλοία πολύ μικρά σε χωρητικότητα. Ο Ισθμός βρίσκεται ήδη και χρειάζεται ανακατασκευή¹²⁸. Έτσι οι πορείες πλεύσης του στόλου μας αναγκάζονται να γίνονται γύρω από την Πελοπόννησο.



Λιμάνι Ελευσίνας



Λιμάνι Λαυρίου

Οι πληροφορίες για τις χωρητικότητες αυτών των 7 λιμανιών για στοίβασμα κοντέινερ είναι οι ακόλουθες:

Λιμάνια	Χωρητικότητα m ²	Χωρητικότητα TEUs
Πάτρα ¹²⁹	27.000m ²	775 TEU
Κέρκυρα ¹³⁰	5.000m ²	40 TEU
Πρέβεζα ¹³¹	14.000m ²	265 TEU
Αστακός ¹³²	40.000m ²	1.020 TEU
Καλαμάτα ¹³³	20.000m ²	380 TEU
Ελευσίνα ¹³⁴	50.000m ²	1.435 TEU
Λαύριο ¹³⁵	18.000m ²	575 TEU

Σημείωση: Από τις ακόλουθες διαστάσεις χωρητικότητας είναι λογικό ότι μόνο ένα ποσοστό του εν λόγω χώρου είναι διαθέσιμο για τα κοντέινερ

¹²⁸ . Συνέντευξη Μπούτσαλης Νίκος, Σχολή Εμπορικού Ναυτικού 2008, Ανθυποπλοίαρχος

¹²⁹ . Συνέντευξη Οργανισμός Λιμένος Πάτρας.

¹³⁰ . Satellite Map. <http://www.google.com/earth/index.html>

¹³¹ . Συνέντευξη Δημοτικές Αρχές Πρέβεζας.

¹³² . Satellite Map. <http://www.google.com/earth/index.html>

¹³³ . Συνέντευξη Λιμεναρχείο Καλαμάτας.

¹³⁴ . Συνέντευξη Λιμεναρχείο Ελευσίνας.

¹³⁵ . Συνέντευξη Οργανισμός Λιμένος Λαυρίου Α.Ε..

εξαιτίας της ύπαρξης διαδρόμων για την μετακίνηση γερανών, περονοφόρων, φορτηγών και άλλων μηχανημάτων για την μετακίνηση τους προς εξαγωγή και εισαγωγή ή την επικείμενη διευθέτησή τους.

Για τα λιμάνια που έχουν σχετικά μεγάλη χωρητικότητα, δηλαδή άνω των 20.000m², το ποσοστό ωφέλιμου χώρου είναι 45% ενώ των κατώτερων διαστάσεων είναι 50%.



Λιμάνι Πάτρας



Λιμάνι Καλαμάτας



Λιμάνι Πρέβεζας



Λιμάνι Αστακού



Λιμάνι Κέρκυρας

Έσοδα Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων Τ.Ε.Υ. (E = Earnings)

Τα κέρδη από την μεταφορά του κάθε Τ.Ε.Υ. από τον αρχικό προς στον τελικό προορισμό του, μόνο για να πάει (aller), είναι τα παρακάτω¹³⁶:

Τιμή μεταφοράς ΤΕΥ για aller	Πάτρα	Κέρκυρα	Πρέβεζα	Αστακός	Καλαμάτα	Ελευσίνα	Λαύριο
Πάτρα	-	450€	350€	300€	400€	900€	850€
Κέρκυρα	450€	-	300€	350€	600€	1025€	975€
Πρέβεζα	350€	300€	-	250€	450€	950€	900€
Αστακός	300€	350€	250€	-	400€	900€	850€
Καλαμάτα	400€	600€	450€	400€	-	550€	500€
Ελευσίνα	900€	1025€	950€	900€	550€	-	250€
Λαύριο	850€	1000€	900€	850€	500€	250€	-

¹³⁶ . Συνέντευξη Κασσώτης Αντώνης, Πλοίαρχος, Branch Manager MSC Greece S.A.

Τα κέρδη από την μεταφορά του κάθε Τ.Ε.Υ. από τον αρχικό προς στον τελικό προορισμό του και πίσω στον αρχικό, για να πάει και να 'ρθει (aller-retour), είναι τα παρακάτω¹³⁷:

Τιμή μεταφοράς ΤΕΥ για aller-retour	Πάτρα	Κέρκυρα	Πρέβεζα	Αστακός	Καλαμάτα	Ελευσίνα	Λαύριο
Πάτρα	-	700€	600€	425€	650€	1200€	1150€
Κέρκυρα	700€	-	425€	600€	850€	1325€	1275€
Πρέβεζα	600€	425€	-	375€	700€	1250€	1200€
Αστακός	425€	600€	375€	-	650€	1200€	1150€
Καλαμάτα	650€	850€	700€	650€	-	800€	750€
Ελευσίνα	1200€	1325€	1250€	1200€	800€	-	375€
Λαύριο	1150€	1300€	1200€	1150€	750€	375€	-

¹³⁷ . Συνέντευξη Κασσώτης Αντώνης, Πλοίαρχος, Branch Manager MSC Greece S.A.

Προσφορά και Ζήτηση

Η προσφορά και ζήτηση των προϊόντων αποτελούν το θεμέλιο λίθο για την επίτευξη του κέρδους της οποιασδήποτε ναυτιλιακής εταιρείας και της βιωσιμότητάς της. Ανώτερος σκοπός της εταιρείας είναι η μεγαλύτερη δυνατή ικανοποίηση αυτών των συνιστωσών που ορίζουν την αγορά, στο χώρο που γίνονται οι μεταφορές δηλαδή Αττική, Πελοπόννησος, Δυτική Στερεά Ελλάδα και Ήπειρος καθώς και η Κέρκυρα από τα Επτάνησα. Για τον προγραμματισμό των 2 προβλημάτων μας θα πάρουμε την Προσφορά και Ζήτηση με διαφορετικούς πίνακες:

- ι. Προσφορά και Ζήτηση για πρόβλημα πορείας πλεύσης Πλοίων
Φορτηγών Γραμμών Κοντέινερ -Liner Container Shipping-

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, τα 2 συγκεκριμένα καράβια που θα επιλέξουμε από τον στόλο θα είναι αυτά που θα μας συμφέρουν περισσότερο. Το ένα πλοίο θα εξυπηρετεί την γραμμή που αφορά τα λιμάνια της περιοχής Αθήνας-Πελοποννήσου που είναι Ελευσίνα, Καλαμάτα και Πάτρα και το άλλο πλοίο τα λιμάνια της περιοχής Αθήνας-Ιονίου που είναι Λαύριο, Αστακός, Πρέβεζα και Κέρκυρα. Το ένα πλοίο θα εξυπηρετεί την γραμμή που αφορά τον γεωγραφικό χώρο της περιοχής Αθήνας-Πελοποννήσου και το άλλο πλοίο την γραμμή της περιοχής Αθήνας-Ιονίου.

Για την 1^η περίπτωση έχουμε:

Ζήτηση TEU	Ελευσίνα	Καλαμάτα	Πάτρα
Ελευσίνα	-	$10 \leq X \leq 45$	$20 \leq X \leq 50$
Καλαμάτα	$15 \leq X \leq 50$	-	$15 \leq X \leq 30$
Πάτρα	$20 \leq X \leq 60$	$10 \leq X \leq 40$	-

Για την 2^η περίπτωση έχουμε:

Ζήτηση TEU	Λαύριο	Αστακός	Πρέβεζα	Κέρκυρα
Λαύριο	-	$30 \leq X \leq 140$	$10 \leq X \leq 30$	$10 \leq X \leq 30$
Αστακός	$30 \leq X \leq 190$	-	$5 \leq X \leq 10$	$5 \leq X \leq 20$
Πρέβεζα	$5 \leq X \leq 20$	$5 \leq X \leq 25$	-	$5 \leq X \leq 10$
Κέρκυρα	$5 \leq X \leq 20$	$5 \leq X \leq 30$	$5 \leq X \leq 10$	-

ii. Προσφορά και Ζήτηση για πρόβλημα Ελεύθερων Φορτηγών Πλοίων
Κοντέινερ -Tramp Container Shipping-

Ζήτηση TEU	Πάτρα	Κέρκυρα	Πρέβεζα	Αστακός	Καλαμάτα	Ελευσίνα	Λαύριο
Πάτρα	-	$5 \leq X \leq 20$	$5 \leq X \leq 20$	$10 \leq X \leq 30$	$5 \leq X \leq 15$	$20 \leq X \leq 60$	$20 \leq X \leq 50$
Κέρκυρα	$5 \leq X \leq 20$	-	$5 \leq X \leq 10$	$5 \leq X \leq 30$	$5 \leq X \leq 10$	$5 \leq X \leq 25$	$5 \leq X \leq 20$
Πρέβεζα	$5 \leq X \leq 20$	$5 \leq X \leq 10$	-	$5 \leq X \leq 25$	$5 \leq X \leq 10$	$5 \leq X \leq 25$	$5 \leq X \leq 20$
Αστακός	$10 \leq X \leq 30$	$5 \leq X \leq 20$	$5 \leq X \leq 10$	-	$5 \leq X \leq 25$	$35 \leq X \leq 200$	$30 \leq X \leq 190$
Καλαμάτα	$5 \leq X \leq 15$	$5 \leq X \leq 10$	$5 \leq X \leq 10$	$5 \leq X \leq 20$	-	$5 \leq X \leq 30$	$5 \leq X \leq 30$
Ελευσίνα	$20 \leq X \leq 50$	$5 \leq X \leq 25$	$5 \leq X \leq 25$	$35 \leq X \leq 160$	$5 \leq X \leq 25$	-	$5 \leq X \leq 20$
Λαύριο	$20 \leq X \leq 45$	$5 \leq X \leq 20$	$5 \leq X \leq 20$	$30 \leq X \leq 140$	$5 \leq X \leq 25$	$5 \leq X \leq 20$	-

Κόστος Μεταφοράς Κοντέινερ Φορηγών Πλοίων

Το κόστος μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων από τα φορηγά πλοία αποτελεί μαζί με τα έσοδα από τη μεταφορά τους, τις 2 πιο θεμελιώδεις δυνάμεις για να καταλήξουμε εάν οι μεταφορές για οποιαδήποτε εταιρεία είναι επικερδής και εάν προωθείται η βιωσιμότητα και η ανάπτυξη της εταιρείας.

Σε αυτήν την εργασία θα αναφερθούμε σε 3 παράγοντες κόστους, οι οποίοι περιλαμβάνουν το κύριο μέρος του ολικού κόστους της εταιρείας:

α) Το Μηνιαίο Κόστος (MC = MONTHLY COST) του πλοίου, που αποτελείται από την μισθοδοσία του προσωπικού του και την συντήρηση του. Αυτό θεωρείται το Σταθερό Κόστος του πλοίου.

β) Το Κόστος των Καυσίμων του Ταξιδιού (VFC = VOYAGE FUEL COST) βάση της κατανάλωσης πετρελαίου, σε συνάρτηση με την ταχύτητα του πλοίου και του μήκους του ταξιδιού "εν πλώ". Αυτό θεωρείται το Μεταβλητό Κόστος του πλοίου.

γ) Το Κόστος των Καυσίμων για τα Βοηθητικά Συστήματα (AFC = AUXILIARY FUEL COST) βάση πάλι της κατανάλωσης πετρελαίου, όταν το πλοίο βρίσκεται αγκυροβολημένο στο λιμάνι ή "εν πλώ". Και αυτό θεωρείται μέρος του Μεταβλητού Κόστους του πλοίου.



Πλοίο Κοντέινερ

Μηνιαίο Κόστος Πλοίου (MC = Monthly Cost)

Το μηνιαίο κόστος του πλοίου αποτελείται από πάρα πολλούς παράγοντες όπως η μισθοδοσία, η συντήρηση του προσωπικού, η συντήρηση της μηχανής, η συντήρηση των εξωτερικών τμημάτων του καραβιού, η δεξαμενοποίηση και η συντήρηση γάστρας σε ναυπηγείο και άλλα. Τα παραπάνω αποτελούν το σταθερό κόστος του πλοίου.

Εμείς θα λάβουμε υπόψη την μισθοδοσία και την συντήρηση του προσωπικού που είναι τα πιο βασικά μεγέθη του μηνιαίου κόστους του πλοίου.

Για την μισθοδοσία του προσωπικού έχουμε τα εξής δεδομένα¹³⁸:

Προσωπικό πλοίου	ΤΕΛΑΜΩΝΑΣ	ΑΙΑΝΤΑΣ	ΑΦΡΟΔΙΤΗ	ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ
Καπετάνιος	3.500€	3.500€	3.500€	3.500€
Υποπλοίαρχος	3.000€	3.000€	3.000€	3.000€
Ανθυποπλοίαρχος	2.500€	2.500€	2.500€	2.500€
Α Μηχανικός	2.500€	2.500€	2.500€	2.500€
Β Μηχανικός	2.000€	2.000€	2.000€	2.000€
Γ Μηχανικός	2.000€	2.000€	2.000€	2.000€
Ναυτικός	1.800€	1.800€	1.800€	1.800€
Ναυτικός	1.800€	1.800€	1.800€	1.600€
Ναυτικός	1.600€	1.600€	1.600€	1.500€
Ναυτικός	1.500€	1.500€	1.500€	1.400€
Ναυτικός	1.400€	1.400€	1.400€	
Ναυτικός	1.400€	1.400€	1.400€	
Ναυτικός	1.400€	1.400€		

¹³⁸ . Συνέντευξη Γεωργακάκος Βασίλης, Σχολή Εμπορικού Ναυτικού 2008, Μηχανικός

Για την συντήρηση του προσωπικού τα έξοδα υπολογίζονται περίπου ανά μήνα¹³⁹:

	ΤΕΛΑΜΩΝΑΣ	ΑΙΑΝΤΑΣ	ΑΦΡΟΔΙΤΗ	ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ
Τροφοδοσία συντήρησης προσωπικού πλοίου	3.500€	3.500€	3.500€	3.500€



Πλήρωμα πλοίου

¹³⁹ . Συνέντευξη Γεωργακάκος Βασίλης, Σχολή Εμπορικού Ναυτικού 2008, Μηχανικός.

Κόστος Καυσίμων Ταξιδιού Πλοίου (VFC = Voyage Fuel Cost)

Το κόστος των καυσίμων ταξιδιού είναι καθοριστικός και κρίσιμος παράγοντας καθώς αποτελεί το κύριο μεταβλητό κόστος για κάθε πλοίο. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε για να υπολογίσουμε τα λίτρα πετρελαίου που καταναλώνονται την 1 ώρα "εν πλώ" για κάθε καράβι του στόλου μας, θα πρέπει να υπολογίσω την ιπποδύναμη των μηχανών για κάθε πλοίο ξεχωριστά. Οι κύριες μηχανές των πλοίων θα είναι δίχρονες, αργόστροφες, πολυκύλινδρες ελαφριών καυσίμων ντίζελ¹⁴⁰. Για μικρά φορτηγά πλοία μικρής χωρητικότητας σε κοντέινερ, όπως για παράδειγμα ο δικός μας στόλος, η ταχύτητα των νεότευκτων πλοίων κυμαίνεται από 14 Κόμβους έως 16 Κόμβους¹⁴¹. Εδώ θα πάρουμε ως μέση οικονομική ταχύτητα ταξιδιού τους 15 Κόμβους.

Σημείωση: 1 Κόμβος = 1 ναυτικό μίλι/ώρα



Κύρια Μηχανή Πλοίου Ντίζελ Δίχρονη

¹⁴⁰ . Κλιάνη Λαζάρου, Νικολού Ιωάννη, Σιδέρη Ιωάννη. Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως 1^{ος} Τόμος. Βιβλιοθήκη του Ναυτικού. Ίδρυμα Ευγενίδου.

¹⁴¹ . Συνέντευξη Κασσώτης Αντώνης, Πλοίαρχος, Branch Manager MSC Greece S.A.

Οι παρακάτω τύποι είναι ενδεικτικοί τύποι της ναυπηγικής μηχανικής πλοίων που θα χρησιμοποιήσουμε. Φυσικά και χρησιμοποιούνται και άλλοι πιο πολύπλοκοι μαθηματικοί τύποι¹⁴².

Για το φορτηγό πλοίο Τελαμώνας:

Πλοίο Στόλου	Νεκρό Βάρος	Μήκος	Πλάτος	Ύψος	Βύθισμα	Χωρητικότητα TEUs
ΤΕΛΑΜΩΝΑΣ	20.000dwt	160m	22,85m	13,5m	10m	1.150 TEU

$$\text{Εκτόπισμα σε τόνους} = 0,8 * M * \Pi * B * 1,027$$

$$\text{Εκτόπισμα σε τόνους} = 0,8 * 160m * 22,85m * 10m * 1,027 = 30.037,69 \text{ τόνους}$$

θαλασσινού νερού

$$\text{Βρεχόμενη Επιφάνεια} = 1,7 * M * B + \left(\frac{M * \Pi * B * 0,8}{B} \right)$$

$$\text{Βρεχόμενη Επιφάνεια} = 1,7 * 160m * 10m + \left(\frac{160m * 22,85m * 10m * 0,8}{10m} \right) = 5.644,8m^2$$

Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου

Όταν πλοίο έχει Ταχύτητα $3,08^2m/sec$, η Αντίσταση κυμαίνεται από $0,975kg/m^2$ έως $1,95kg/m^2$.

$$\text{Εδώ παίρνουμε max Αντίσταση} = 1,95kg/m^2.$$

Τα καράβια μας ταξιδεύουν με μέση ταχύτητα 15 Κόμβους.

$$1 \text{ Κόμβος}^{143} = 1nmph = 1,151mph = 1,852km/hr = 0,514m/sec$$

$$\text{Ταχύτητα Πλοίου: } 15 \text{ Κόμβοι} = 15 * 0,514 = 7,71m/sec$$

Άρα

$$3,08^2m/sec \quad 1,95kg/m^2$$

$$7,71^2m/sec \quad X$$

¹⁴² . Κ. Δουζίνα. Αρχιμηχανικού του Β. Ναυτικού Ε.Α. Ο Πρακτικός Μηχανικός. Βιβλιοπωλείον της Εστίας. Ι.Δ. Κολλάρου και Σία .Α.Ε.

¹⁴³ . Knot. www.wikipedia.org Οκτώβριος 2010

$X=12,21\text{Kg/m}^2$ Αντίσταση Τριβής Ύδατος ανά m^2 επιφάνειας γάστρας πλοίου

Συνολική Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου

Συνολική Αντίσταση=Βρεχόμενη Επιφάνεια*Αντίσταση Τριβής Ύδατος ανά m^2 επιφάνειας γάστρας πλοίου

Συνολική Αντίσταση= $5.644,8\text{m}^2 \cdot 12,21\text{Kg/m}^2 = 68.923\text{Kg}$

Ιπποδύναμη Προώσεως=(Συνολική Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου*Ταχύτητα Πλοίου)/hp

Ιπποδύναμη Προώσεως= $\left(\frac{68.923\text{kg} \cdot 7,71\text{m/sec}}{75(\text{kg} \cdot \text{m})/\text{sec}}\right) = 7.085,28\text{hp}$

Ενδεικτική Ιπποδύναμη

Για να βρούμε την ιπποδύναμη της μηχανής του καραβιού, παίρνουμε την Ιπποδύναμη Προώσεως προς τον Συντελεστή Προώσεως που κυμαίνεται από 0,5 έως 0,75.

Εδώ παίρνουμε Συντελεστή Προώσεως=0,7

Άρα

Ενδεικτική Ιπποδύναμη=Ιπποδύναμη Προώσεως/Συντελεστή Προώσεως

Ενδεικτική Ιπποδύναμη= $\frac{7.085,28\text{hp}}{0,7} = 10.121,83\text{hp}$



Κύρια Μηχανή Πλοίου Ντίτζελ Δίχρονη

Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Πλοίου για να λειτουργήσει

$$1\text{hp}^{144}=10,68\text{kcal}/\text{min}=641,28\text{kcal}/\text{hr}^{145}$$

Και

$$1\text{hp} \quad 641,28\text{Kcal}/\text{hr}$$

$$10.121,83\text{hp} \quad X$$

$$X=6.490.927,10\text{Kcal}/\text{hr}$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου

$$\Theta_{\Theta}=42.500\text{Kj}/\text{lt}^{146}$$

$$\text{Επειδή } 1\text{joule}^{147}=0,239\text{cal}$$

$$\text{Τότε } 42.500\text{Kj}/\text{lt}=10.157,5\text{Kcal}/\text{lt}$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής

$$80\%=10.157,5\text{Kcal}/\text{lt}*80\%=8.126\text{kcal}/\text{lt}$$

¹⁴⁴ . NASA Units of Measure and Conversion Factors. http://msis.jsc.nasa.gov/volume2/appx_e_units.htm

¹⁴⁵ . H.P. 48G Scientific Calculator

¹⁴⁶ . Κλιάνη Λαζάρου, Νικολού Ιωάννη, Σιδέρη Ιωάννη. Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως 2^{ος} Τόμος. Βιβλιοθήκη του Ναυτικού. Ίδρυμα Ευγενίδου.

¹⁴⁷ . Joule. www.wikipedia.org Οκτώβριος 2010

Κατανάλωση Πετρελαίου

Κατανάλωση Πετρελαίου=(Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Πλοίου/
Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής
80%)

Για το "ΤΕΛΑΜΩΝΑΣ"

$$\text{Κατανάλωση Πετρελαίου "εν πλώ"} = \frac{6.490.927,14 \text{ Kcal/hr}}{8.126 \text{ Kcal/l}} = 798,78 \text{ lt/hr}$$

Και για 24hr

$$798,78 \text{ lt/hr} \cdot 24 \text{ hr} = 19.170,72 \text{ lt}$$

Για το φορτηγό πλοίο Αϊάντας:

Πλοίο Στόλου	Νεκρό Βάρος	Μήκος	Πλάτος	Ύψος	Βύθισμα	Χωρητικότητα TEUs
ΑΙΑΝΤΑΣ	15.000dwt	147m	20m	11m	9,5m	800 TEU

Εκτόπισμα σε τόνους= $0,8 \cdot M \cdot \Pi \cdot B \cdot 1,027$

Εκτόπισμα σε τόνους= $0,8 \cdot 147m \cdot 20m \cdot 9,5m \cdot 1,027 = 22.947,28$ τόνους
θαλασσινού νερού



Πλοίο Κοντέινερ

Βρεχόμενη Επιφάνεια= $1,7 \cdot M \cdot B + \left(\frac{M \cdot \Pi \cdot B \cdot 0,8}{B} \right)$

Βρεχόμενη Επιφάνεια= $1,7 \cdot 147m \cdot 9,5m + \left(\frac{147m \cdot 20m \cdot 9,5m \cdot 0,8}{9,5m} \right) = 4.726,05m^2$

Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου

Όταν πλοίο έχει Ταχύτητα $3,08^2m/sec$, η Αντίσταση κυμαίνεται από $0,975kg/m^2$ έως $1,95kg/m^2$.

Εδώ παίρνουμε max Αντίσταση= $1,95kg/m^2$.

Τα καράβια μας ταξιδεύουν με μέση ταχύτητα 15 Κόμβους.

1 Κόμβος= $1nmph = 1,151mph = 1,852km/hr = 0,514m/sec$

Ταχύτητα Πλοίου: 15 Κόμβοι=15*0,514=7,71m/sec

Άρα

3,08²m/sec 1,95kg/m²

7,71²m/sec Χ

Χ=12,21Kg/m² Αντίσταση Τριβής Ύδατος ανά m² επιφάνειας γάστρας πλοίου

Συνολική Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου

Συνολική Αντίσταση=Βρεχόμενη Επιφάνεια*Αντίσταση Τριβής Ύδατος ανά
m² επιφάνειας γάστρας πλοίου

Συνολική Αντίσταση=4.726,05m²*12,21Kg/m²=57.705,07Kg

Ιπποδύναμη Προώσεως=(Συνολική Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της
επιφάνειας γάστρας πλοίου*Ταχύτητα Πλοίου)/hp

Ιπποδύναμη Προώσεως=($\frac{57.705,07 \text{ kg} * 7,71 \text{ m/sec}}{75(\text{kg} * \text{m})/\text{sec}}$)=5.932,08hp



Κύρια Μηχανή Πλοίου Ντίτζελ Δίχρονη

Ενδεικτική Ιπποδύναμη

Για να βρούμε την ιπποδύναμη της μηχανής του καραβιού, παίρνουμε την Ιπποδύναμη Προώσεως προς τον Συντελεστή Προώσεως που κυμαίνεται από 0,5 έως 0,75.

Εδώ παίρνουμε Συντελεστή Προώσεως=0,7

Άρα

Ενδεικτική Ιπποδύναμη=Ιπποδύναμη Προώσεως/Συντελεστή Προώσεως

$$\text{Ενδεικτική Ιπποδύναμη} = \frac{5.932,08 \text{ hp}}{0,7} = 8.474,40 \text{ hp}$$

Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Πλοίου για να λειτουργήσει

$$1 \text{ hp} = 10,68 \text{ kcal/min} = 641,28 \text{ kcal/hr}$$

Και

$$1 \text{ hp} \quad 641,28 \text{ Kcal/hr}$$

$$8.474,40 \text{ hp} \quad X$$

$$X = 5.434.464,37 \text{ Kcal/hr}$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου

$$\Theta_{\Theta} = 42.500 \text{ Kj/ltr}$$

$$\text{Επειδή } 1 \text{ joule} = 0,239 \text{ cal}$$

$$\text{Τότε } 42.500 \text{ Kj/ltr} = 10.157,5 \text{ Kcal/ltr}$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής

$$80\% = 10.157,5 \text{ Kcal/ltr} * 80\% = 8.126 \text{ kcal/ltr}$$

Κατανάλωση Πετρελαίου

Κατανάλωση Πετρελαίου=(Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Πλοίου/
Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής
80%)

Για το "ΑΙΑΝΤΑΣ"

$$\text{Κατανάλωση Πετρελαίου "εν πλώ"} = \frac{5.434.464,37 \text{ Kcal} / \text{hr}}{8.126 \text{ Kcal} / \text{lt}} = \mathbf{668,77 \text{ lt/hr}}$$

Και για 24hr

$$\mathbf{668,77 \text{ lt/hr} * 24 \text{ hr} = 16.050,59 \text{ lt}}$$

Για το φορτηγό πλοίο Αφροδίτη:

Πλοίο Στόλου	Νεκρό Βάρος	Μήκος	Πλάτος	Ύψος	Βύθισμα	Χωρητικότητα TEUs
ΑΦΡΟΔΙΤΗ	10.000dwt	135m	18,5m	9,5m	7m	750 TEU



Κύρια Μηχανή Πλοίου Ντίζελ Δίχρονη

$$\text{Εκτόπισμα σε τόνους} = 0,8 * M * \Pi * B * 1,027$$

$$\text{Εκτόπισμα σε τόνους} = 0,8 * 135m * 18,5m * 7m * 1,027 = 14.363,62 \text{ τόνους}$$

θαλασσινού νερού

$$\text{Βρεχόμενη Επιφάνεια} = 1,7 * M * B + \left(\frac{M * \Pi * B * 0,8}{B} \right)$$

$$\text{Βρεχόμενη Επιφάνεια} = 1,7 * 135m * 7m + \left(\frac{135m * 18,5m * 7m * 0,8}{7m} \right) = 3.604,5m^2$$

Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου

Όταν πλοίο έχει Ταχύτητα $3,08^2m/sec$, η Αντίσταση κυμαίνεται από $0,975kg/m^2$ έως $1,95kg/m^2$.

Εδώ παίρνουμε max Αντίσταση $= 1,95kg/m^2$.

Τα καράβια μας ταξιδεύουν με μέση ταχύτητα 15 Κόμβους.

$$1 \text{ Κόμβος} = 1 \text{ nmp/h} = 1,151 \text{ m/h} = 1,852 \text{ km/hr} = 0,514 \text{ m/sec}$$

$$\text{Ταχύτητα Πλοίου: } 15 \text{ Κόμβοι} = 15 * 0,514 = 7,71 \text{ m/sec}$$

Άρα

$$3,08^2 \text{ m/sec} \quad 1,95 \text{ kg/m}^2$$

$$7,71^2 \text{ m/sec} \quad X$$

$$X = 12,21 \text{ Kg/m}^2 \text{ Αντίσταση Τριβής Ύδατος ανά } \text{m}^2 \text{ επιφάνειας γάστρας πλοίου}$$

Συνολική Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου

$$\text{Συνολική Αντίσταση} = \text{Βρεχόμενη Επιφάνεια} * \text{Αντίσταση Τριβής Ύδατος ανά } \text{m}^2 \text{ επιφάνειας γάστρας πλοίου}$$

$$\text{Συνολική Αντίσταση} = 3.604,5 \text{ m}^2 * 12,21 \text{ Kg/m}^2 = 44.010,94 \text{ Kg}$$

Ιπποδύναμη Προώσεως = (Συνολική Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου * Ταχύτητα Πλοίου) / hr

$$\text{Ιπποδύναμη Προώσεως} = \left(\frac{44.010,94 \text{ kg} * 7,71 \text{ m/sec}}{75 (\text{kg} * \text{m}) / \text{sec}} \right) = 4.524,32 \text{ hp}$$

Ενδεικτική Ιπποδύναμη

Για να βρούμε την ιπποδύναμη της μηχανής του καραβιού, παίρνουμε την Ιπποδύναμη Προώσεως προς τον Συντελεστή Προώσεως που κυμαίνεται από 0,5 έως 0,75.

$$\text{Εδώ παίρνουμε Συντελεστή Προώσεως} = 0,7$$

Άρα

$$\text{Ενδεικτική Ιπποδύναμη} = \text{Ιπποδύναμη Προώσεως} / \text{Συντελεστή Προώσεως}$$

$$\text{Ενδεικτική Ιπποδύναμη} = \frac{4.524,32 \text{ hp}}{0,7} = 6.463,32 \text{ hp}$$

Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Πλοίου για να λειτουργήσει

$$1\text{hp}=10,68\text{kcal}/\text{min}=641,28\text{kcal}/\text{hr}$$

Και

$$1\text{hp} \quad 641,28\text{Kcal}/\text{hr}$$

$$6.463,32\text{hp} \quad X$$

$$X=4.144.798,89\text{Kcal}/\text{hr}$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου

$$\Theta_{\text{e}}=42.500\text{Kj}/\text{lt}$$

$$\text{Επειδή } 1\text{joule}=0,239\text{cal}$$

$$\text{Τότε } 42.500\text{Kj}/\text{lt}=10.157,5\text{Kcal}/\text{lt}$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής
80%= $10.157,5\text{Kcal}/\text{lt} \cdot 80\%=8.126\text{kcal}/\text{lt}$

Κατανάλωση Πετρελαίου

Κατανάλωση Πετρελαίου=(Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Πλοίου/
Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής
80%)

Για το "ΑΦΡΟΔΙΤΗ"

$$\text{Κατανάλωση Πετρελαίου "εν πλώ"} = \frac{4.144.798,89 \text{ Kcal} / \text{hr}}{8.126 \text{ Kcal} / \text{lt}} = \mathbf{510,06 \text{ lt/hr}}$$

Και για 24hr

$$\mathbf{510,06 \text{ lt/hr} \cdot 24 \text{ hr} = 12.241,59 \text{ lt}}$$

Για το φορτηγό πλοίο Χαρίκλεια:

Πλοίο Στόλου	Νεκρό Βάρος	Μήκος	Πλάτος	Ύψος	Βύθισμα	Χωρητικότητα TEUs
ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ	7.500dwt	98m	16m	9m	6m	400 TEU



Πλοίο Κοντέινερ

Εκτόπισμα σε τόνους = $0,8 \cdot M \cdot \Pi \cdot B \cdot 1,027$

Εκτόπισμα σε τόνους = $0,8 \cdot 98m \cdot 16m \cdot 6m \cdot 1,027 = 7.729,61$ τόνους θαλασσινού νερού

Βρεχόμενη Επιφάνεια = $1,7 \cdot M \cdot B + \left(\frac{M \cdot \Pi \cdot B \cdot 0,8}{B} \right)$

Βρεχόμενη Επιφάνεια = $1,7 \cdot 98m \cdot 6m + \left(\frac{98m \cdot 16m \cdot 6m \cdot 0,8}{6m} \right) = 2.254m^2$

Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου

Όταν πλοίο έχει Ταχύτητα $3,08^2m/sec$, η Αντίσταση κυμαίνεται από $0,975kg/m^2$ έως $1,95kg/m^2$.

Εδώ παίρνουμε $\max$ Αντίσταση $= 1,95 \text{ kg/m}^2$.

Τα καράβια μας ταξιδεύουν με μέση ταχύτητα 15 Κόμβους.

1 Κόμβος $= 1 \text{ nmp/h} = 1,151 \text{ mph} = 1,852 \text{ km/hr} = 0,514 \text{ m/sec}$

Ταχύτητα Πλοίου: 15 Κόμβοι $= 15 * 0,514 = 7,71 \text{ m/sec}$

Άρα

$3,08^2 \text{ m/sec}$ $1,95 \text{ kg/m}^2$

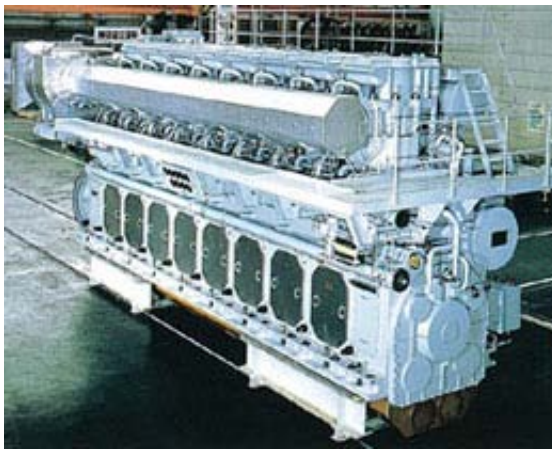
$7,71^2 \text{ m/sec}$ Χ

$\chi = 12,21 \text{ Kg/m}^2$ Αντίσταση Τριβής Ύδατος ανά m^2 επιφάνειας γάστρας πλοίου

Συνολική Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου

Συνολική Αντίσταση = Βρεχόμενη Επιφάνεια * Αντίσταση Τριβής Ύδατος ανά m^2 επιφάνειας γάστρας πλοίου

Συνολική Αντίσταση $= 2.254 \text{ m}^2 * 12,21 \text{ Kg/m}^2 = 27.521,34 \text{ Kg}$



Κύριες Μηχανές Πλοίου Ντίζελ Δίχρονες

Ιπποδύναμη Προώσεως $= (\text{Συνολική Αντίσταση Τριβής Ύδατος επί της επιφάνειας γάστρας πλοίου} * \text{Ταχύτητα Πλοίου}) / \text{hr}$

Ιπποδύναμη Προώσεως $= \left(\frac{27.521,34 \text{ kg} * 7,71 \text{ m/sec}}{75 (\text{kg} * \text{m}) / \text{sec}} \right) = 2.829,19 \text{ hp}$

Ενδεικτική Ιπποδύναμη

Για να βρούμε την ιπποδύναμη της μηχανής του καραβιού, παίρνουμε την Ιπποδύναμη Προώσεως προς τον Συντελεστή Προώσεως που κυμαίνεται από 0,5 έως 0,75.

Εδώ παίρνουμε Συντελεστή Προώσεως=0,7

Άρα

Ενδεικτική Ιπποδύναμη=Ιπποδύναμη Προώσεως/Συντελεστή Προώσεως

$$\text{Ενδεικτική Ιπποδύναμη} = \frac{2.829,19 \text{ hp}}{0,7} = 4.041,7 \text{ hp}$$

Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Πλοίου για να λειτουργήσει

$$1 \text{ hp} = 10,68 \text{ kcal/min} = 641,28 \text{ kcal/hr}$$

Και

$$1 \text{ hp} \quad 641,28 \text{ Kcal/hr}$$

$$4.041,7 \text{ hp} \quad X$$

$$X = 2.591.864,81 \text{ Kcal/hr}$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου

$$\Theta_{\ominus} = 42.500 \text{ Kj/lit}$$

$$\text{Επειδή } 1 \text{ joule} = 0,239 \text{ cal}$$

$$\text{Τότε } 42.500 \text{ Kj/lit} = 10.157,5 \text{ Kcal/lit}$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής

$$80\% = 10.157,5 \text{ Kcal/lit} * 80\% = 8.126 \text{ kcal/lit}$$

Κατανάλωση Πετρελαίου

Κατανάλωση Πετρελαίου=(Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Πλοίου/
Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής
80%)

Για το "ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ"

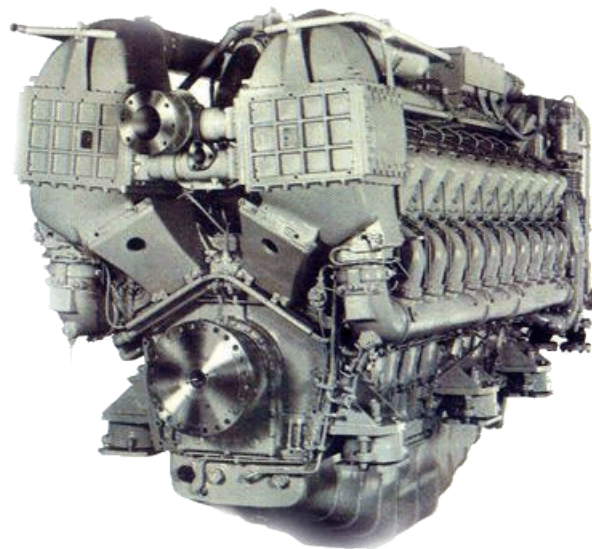
$$\text{Κατανάλωση Πετρελαίου "εν πλώ"} = \frac{2.591.864,81 \text{ Kcal} / \text{hr}}{8.126 \text{ Kcal} / \text{lt}} = \mathbf{318,95 \text{ lt/hr}}$$

Και για 24hr

$$\mathbf{318,95 \text{ lt/hr} * 24 \text{ hr} = 7.655,02 \text{ lt}}$$

Η κατανάλωση πετρελαίου των καραβιών της εταιρείας όταν βρίσκονται "εν πλώ", σε σταθερή μέση οικονομική ταχύτητα των 15 Κόμβων, είναι βάση των παραπάνω δεδομένων σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα τα ακόλουθα¹⁴⁸:

Πλοία Στόλου	Κατανάλωση Πετρελαίου "εν πλώ" ανά hr	Κατανάλωση Πετρελαίου "εν πλώ" ανά 24hr
ΤΕΛΑΜΩΝΑΣ	798,78lt/hr	19.170,72lt
ΑΙΑΝΤΑΣ	668,77lt/hr	16.050,59lt
ΑΦΡΟΔΙΤΗ	510,06lt/hr	12.241,59lt
ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ	318,95lt/hr	7.655,02lt



Κύρια Μηχανή Πλοίου Ντίζελ Δίχρονη

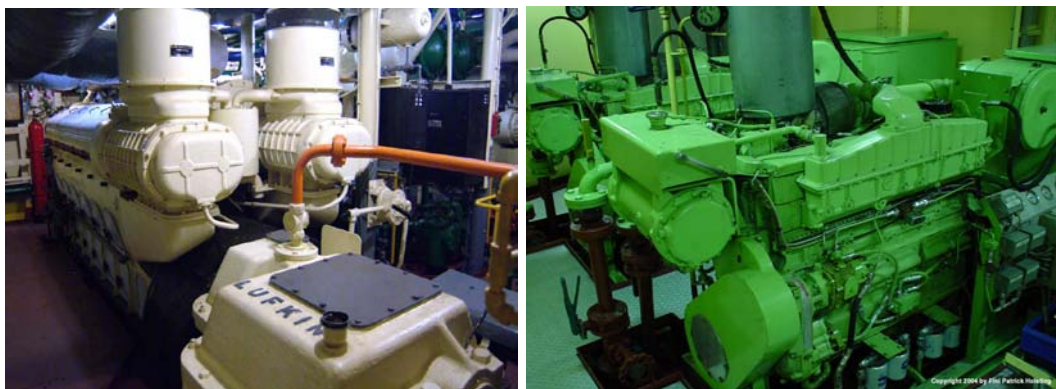
¹⁴⁸ . Συνέντευξη Γεωργακάκος Βασίλης, Σχολή Εμπορικού Ναυτικού 2008, Μηχανικός

Κόστος Καυσίμων Βοηθητικών Συστημάτων Πλοίου (AFC = Auxiliary Fuel Cost)

Ένα εξίσου σημαντικό μέγεθος κόστους στις θαλάσσιες μεταφορές το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του μεταβλητού κόστους του κάθε καραβιού μας, είναι να υπολογίσουμε την κατανάλωση πετρελαίου που χρησιμοποιούνται για τον ηλεκτροφωτισμό και την ηλεκτροκίνηση των διαφόρων κινητήρων του πλοίου.

Για κάθε καράβι παίρνουμε ως δεδομένο μία ηλεκτρογεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος και μια πετρελαιομηχανή για την παραπάνω αναγκαία ηλεκτροδότηση του, και επίσης άλλη μία ηλεκτρογεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος και μια πετρελαιομηχανή για την λειτουργία βοηθητικής μηχανής του, σε περίπτωση βλάβης της κύριας μηχανής. Η 1^η περίπτωση είναι αυτή που θα αναλύσουμε στο παρών κεφάλαιο. Οι μηχανές βοηθητικών συστημάτων των πλοίων θα είναι τετράχρονες, πολύστροφες, πολυκύλινδρες ελαφριών καυσίμων ντίζελ¹⁴⁹.

Και στις 2 περιπτώσεις οι ηλεκτρογεννήτριες έχουν τάση 230/380 Volt, 50 Hertz, 125KW¹⁵⁰.



Μηχανές Βοηθητικών Συστημάτων Πλοίου Ντίζελ Τετράχρονες

¹⁴⁹ . Κλιάνη Λαζάρου, Νικολού Ιωάννη, Σιδέρη Ιωάννη. Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως 1^{ος} Τόμος. Βιβλιοθήκη του Ναυτικού. Ίδρυμα Ευγενίδου.

¹⁵⁰ . Συνέντευξη Τσαμπάς Χριστόφορος, Ηλεκτρολόγος-Μηχανολόγος, Τέως Διευθυντής Μηχανολογικού-Ηλεκτολογικού Τμήματος Α.Γ.Ρ.Ε..Ξ..

Απαραίτητη Ισχύ Ηλεκτρογεννήτριας=100kW

Οι ηλεκτρογεννήτριες έχουν την ανοχή της απόδοσης τους 80%.

Ενδεικτική Ισχύ Ηλεκτρογεννήτριας=Απαραίτητη Ισχύ
Ηλεκτρογεννήτριας/Συντελεστή Απόδοσης Ηλεκτρογεννήτριας

$$\text{Ενδεικτική Ισχύ Ηλεκτρογεννήτριας} = \frac{100kW}{80\%} = 125kW$$

$$\text{Επειδή } 1kW^{151}=1,34hp$$

$$\text{Ενδεικτική Ιπποδύναμη Βοηθητικής Μηχανής: } 125kW=125*1,34=167,5hp$$

Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Ηλεκτροδότησης Πλοίου για να
λειτουργήσει

$$1hp=10,68kcal/min=641,28kcal/hr$$

Και

$$1hp \quad 641,28Kcal/hr$$

$$167,5hp \quad X$$

$$X=107.414,4Kcal/hr$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου

$$\Theta_{\ominus}=42.500Kj/lit$$

$$\text{Επειδή } 1joule=0,239cal$$

$$\text{Τότε } 42.500Kj/lit=10.157,5Kcal/lit$$

Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής
80% =10.157,5Kcal/lit*80%=8.126kcal/lit

¹⁵¹ . kW. www.wikipedia.org Οκτώβριος 2010

Κατανάλωση Πετρελαίου

Κατανάλωση Πετρελαίου=(Απαραίτητη Ενέργεια Μηχανής Ηλεκτροδότησης Πλοίου/Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου Πετρελαίου με Βαθμό Απόδοσης Μηχανής 80%)

Για το "ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ", "ΑΦΡΟΔΙΤΗ", "ΑΙΑΝΤΑΣ", "ΤΕΛΑΜΩΝΑΣ"

$$\text{Κατανάλωση Πετρελαίου Βοηθητικών Συστημάτων} = \frac{107.414,4 \text{ Kcal/hr}}{8.126 \text{ Kcal/l}} = \mathbf{13,21 \text{ lt/hr}}$$

Η κατανάλωση πετρελαίου των βοηθητικών συστημάτων των καραβιών της εταιρείας απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα¹⁵²:

Πλοία Στόλου	Κατανάλωση Πετρελαίου Βοηθητικών Συστημάτων ανά hr
ΤΕΛΑΜΩΝΑΣ	13,21lt/hr
ΑΙΑΝΤΑΣ	13,21lt/hr
ΑΦΡΟΔΙΤΗ	13,21lt/hr
ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ	13,21lt/hr

¹⁵² . Συνέντευξη Γεωργακάκος Βασίλης, Σχολή Εμπορικού Ναυτικού 2008, Μηχανικός

Χρόνος Ταξιδιού "Εν Πλώ" (TS = Time at Sea) και Χρόνος Παραμονής στα Λιμάνια (TP = Time at Port)

Ο χρόνος ταξιδιού "εν πλώ" για τα καράβια μας, με δεδομένη ταχύτητα 15 Κόμβους προς τους αντίστοιχους προορισμούς των λιμανιών μας είναι τα παρακάτω¹⁵³:

Χρόνος ταξιδιού "εν πλώ"	Πάτρα	Κέρκυρα	Πρέβεζα	Αστακός	Καλαμάτα	Ελευσίνα	Λαύριο
Πάτρα	-	12hr	7,2hr	4,8hr	12hr	28,8hr	26,4hr
Κέρκυρα	12hr	-	4,8hr	7,2hr	19,2hr	36hr	33,6hr
Πρέβεζα	7,2hr	4,8hr	-	2hr	14,4hr	31,2hr	28,8hr
Αστακός	4,8hr	7,2hr	2hr	-	12hr	28,8hr	26,4hr
Καλαμάτα	12hr	19,2hr	14,4hr	12hr	-	16,8hr	14,4hr
Ελευσίνα	28,8hr	36hr	31,2hr	28,8hr	16,8hr	-	2hr
Λαύριο	26,4hr	33,6hr	28,8hr	26,4hr	14,4hr	2hr	-



Πλοίο Κοντέινερ

¹⁵³ . Port Routes. <http://ports.com/sea-route/>



Πλοίο Κοντέινερ

Ο χρόνος παραμονής των πλοίων στα αντίστοιχα λιμάνια για την φόρτωση και εκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων:

Λιμάνια	Χρόνος παραμονής στα λιμάνια
Πάτρα ¹⁵⁴	4hr-6hr
Κέρκυρα	4hr-6hr
Πρέβεζα	4hr-6hr
Αστακός	4hr-6hr
Καλαμάτα	4hr-6hr
Ελευσίνα ¹⁵⁵	4hr-8hr
Λαύριο	4hr-8hr

¹⁵⁴ . Συνέντευξη Οργανισμός Λιμένος Πάτρας.

¹⁵⁵ . Συνέντευξη Λιμεναρχείο Ελευσίνας.

Κόστος Πετρελαίου (FC = Fuel Cost)

Στη ναυτιλία το είδος καυσίμου πετρελαίου που χρησιμοποιείται στα πλοία είναι το IFO (Intermediate Fuel Oil) 380, το οποίο αποτελείται από ένα μείγμα 88% κατάλοιπο διύλισης πετρελαίου και 12% διυλισμένου¹⁵⁶. Ο πίνακας που ακολουθεί απεικονίζει την διακύμανση της τιμής του συγκεκριμένου πετρελαίου για ένα (1) τόνο στην παγκόσμια αγορά^{157 158}:

Χρονικοί περίοδοι	Τιμή καυσίμου πετρελαίου IFO 380 ανά t
01/Νοεμβρίου/2009	462\$
01/Δεκεμβρίου/2009	478\$
01/Ιανουαρίου/2010	485\$
01/Φεβρουαρίου/2010	463\$
01/Μαρτίου/2010	470\$
01/Απριλίου/2010	474\$
01/Μαΐου/2010	502\$
01/Ιουνίου/2010	451\$
01/Ιουλίου/2010	438\$
01/Αυγούστου/2010	467\$
01/Σεπτεμβρίου/2010	450\$
01/Οκτώμβριος/2010	465\$

Σημείωση: t=tons

¹⁵⁶ , Marine Fuels. http://dev.ulb.ac.be/ceese/ABC_Impacts/glossary/marinefuels.php

¹⁵⁷ , Bunkerworld Oil Prices. <http://www.bunkerworld.com/prices/index/bw380>

¹⁵⁸ , BunkerIndex Oil Prices. <http://www.bunkerindex.com/prices/seurope.php>

Οι πλοιοκτήτες μπορούν και αγοράζουν το πετρέλαιο για το στόλο τους σε ακόμα πιο χαμηλή χονδρική τιμή.



Ανεφοδιασμός Πλοίων

10^ο Κεφάλαιο: Επίλογος

Αποτελέσματα και Συμπεράσματα

Το πρόβλημα το προγραμματίσαμε¹⁵⁹ σε περιβάλλον MATLAB, και αφού το τρέξαμε και λύσαμε κατά επανάληψη, η λύση που μας έδωσε ήταν η εξής:

Το βέλτιστο ελαχιστοποιημένο κόστος του στόλου θα είναι στα 6.459,1\$ για να επιτύχουμε την βέλτιστη δρομολόγηση σε όλα τα λιμάνια. Το 2^ο πλοίο θα περάσει από τα λιμάνια Ελευσίνα και Λαύριο. Το 3^ο πλοίο θα περάσει από Κέρκυρα, Πρέβεζα και Αστακός ενώ το 4^ο πλοίο από Πάτρα και Καλαμάτα.

Αναλυτικά ο Πίνακας Αποτελεσμάτων:

Πλοία Στόλου	Αποτελέσματα
ΤΕΛΑΜΩΝΑΣ	-
ΑΙΑΝΤΑΣ	Ελευσίνα, Λαύριο
ΑΦΡΟΔΙΤΗ	Κέρκυρα, Πρέβεζα, Αστακός
ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ	Πάτρα, Καλαμάτα
Βέλτιστο Ελαχιστοποιημένο Κόστος	6.459,1\$

Εν κατακλείδι στην εργασία αναλύσαμε τις μοντελοποιήσεις των προγραμμάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας των θαλάσσιων μεταφορών κοντέινερ για τις 2 βασικές κατηγορίες Πλοίων Φορτηγών που υπάρχουν, των Γραμμών και τα Ελεύθερα. Στο συγκεκριμένο θέμα μας που αφορούσε την επίλυση του προγραμματισμού του προβλήματος πορείας πλεύσης για τα Ελεύθερα Φορτηγά Πλοία Κοντέινερ (Tramp Container Shipping),

¹⁵⁹ . Αντόνης Τζιλιβάκης, Προγραμματιστής, Πανεπιστήμιο Αθηνών πληροφορίες και Τηλεπικοινωνιών 2007

πετύχαμε να προγραμματίσουμε ένα στόλο πλοίων μιας εταιρείας βάση των δεδομένων που συλλέξαμε και να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος της μέσα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Δυστυχώς η συγκεκριμένη κατηγορία εμφανίζεται είναι ολοένα και αποδυναμωμένη στην αγορά σε σχέση με την κατηγορία των Πλοίων Φορτηγών Γραμμών Κοντέινερ –Liner Container Shipping-. Ο λόγος είναι εξαιτίας του ολιγοπωλιακού οικονομικού κατεστημένου που επικρατεί ιδίως τις τελευταίες δεκαετίες στην αγορά, όπου μεγάλες εταιρείες ολοένα και κυριαρχούν στην ναυλομίσθωση και χρονομίσθωση των καραβιών για μεταφορά κοντέινερ παγκοσμίως όπως η APM-MAERSK, MSC, Evergreen Line, COSCO, και άλλες^{160 161}. Ως συνέπεια οι πλοιοκτήτες που λειτουργούν υπό μόνο δική τους διαχείριση την μεταφορά κοντέινερ με τα πλοία τους, καλύπτουν συμπληρωματικές ανάγκες της αγοράς όπως προσφορά συμβολαίων για συγκεκριμένη χρονική περίοδο από μεσίτες ή για πολύ εξεζητημένες καταστάσεις όπως καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης π.χ. αποστολή φαρμακευτικού υλικού σε χώρες χτυπημένες από τσουνάμι. Παρόλα αυτά, σήμερα τα Ελεύθερα Φορτηγά Πλοία ακόμα κυριαρχούν στο παγκόσμιο θαλάσσιο εμπόριο όσον αφορά τον αριθμό των κοντέινερ που μεταφέρουν, επιβεβαιώνοντας την ανθρώπινη ευστροφία και δίψα για επιχειρηματικότητα.

¹⁶⁰ . Συνέντευξη Κασσώτης Αντώνης, Πλοίαρχος, Branch Manager MSC Greece S.A.

¹⁶¹ . 10 Largest Shipping Companies. <http://gcaptain.com/the-ten-largest-container-shipping-companies-visualized?678> March 2009

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών. Σημειώσεις στη "Ναυτιλιακή Οικονομική" 2008
2. Α. Μ. Γουλιέλμος: Management Ναυτιλιακών Επιχειρήσεων. Εκδ. Σταμούλης
3. Ναυτικό Μουσείο της Ελλάδος. Εκδ. Εκδοτική Ελλάδος, Πειραιάς 1984
4. Η.Ε. Χαραλαμπίδη: Ναυτιλία και Οικονομική Ανάπτυξη. Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών, 1986
5. Επιχειρήσεις με Ιστορία. ΤΑ ΝΕΑ, 2008
6. Α. Γιωγγαράς: Διαμεταφορά Ναυτιλιακών Γραμμών. Εκδ. Bookstars Γιωγγαράς, Σεπτέμβριος 2006
7. Γ. Γιωγγαράς: Αγγλοελληνικό Λεξικό Ορών Μεταφοράς Τελωνείου Ναυτιλίας Logistics. Εκδ. Bookstars Γιωγγαράς, 2008
8. Μ. Παγουλάτου: Η φορτωτική. Εκδ. Ν. Σταυριδάκης και Υιός
9. Ι. Ασημομύτη, πλοίαρχος Ε.Ν.: Νηογνώμονες Επιθεωρήσεις. Εκδ. Εμμ. Σταυριδάκη
10. Μ. Χατζηδάκης, Ν. Μπέμπης: Τύποι και κατηγορίες πλοίων και μέσων. Α.Ε.Ν. Κρήτης, Σχολή Πλοιάρχων Χανίων, Πτυχιακή Εργασία Μάιος 2007
11. Δημήτριος Ν. Χατζόπουλος, Δημήτριος Λυρίδης: Ορισμός πρότυπου δείκτη συμπεριφοράς ναύλων δεξαμενοπλοίων. Πτυχιακή Εργασία, Microsoft Powerpoint, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2003
12. Κ. Δημητρίου: Μορφές Ναυτιλιακής Χρηματοδότησης. Πτυχιακή Εργασία, Microsoft Powerpoint, 2003
13. MSC Equipment Specifications. Log Book 2010
14. Κλιάνη Λαζάρου, Νικολού Ιωάννη, Σιδέρη Ιωάννη. Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως 1^{ος} Τόμος. Βιβλιοθήκη του Ναυτικού. Ίδρυμα Ευγενίδου.
15. Κλιάνη Λαζάρου, Νικολού Ιωάννη, Σιδέρη Ιωάννη. Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως 2^{ος} Τόμος. Βιβλιοθήκη του Ναυτικού. Ίδρυμα Ευγενίδου.
16. Κ. Δουζίνα. Αρχιμηχανικού του Β. Ναυτικού Ε.Α. Ο Πρακτικός Μηχανικός. Βιβλιοπωλείον της Εστίας. Ι.Δ. Κολλάρου και Σία .Α.Ε.
17. Τσαμπάς Πέτρος: Λύνοντας προβλήματα δυναμικού στοχαστικού ελέγχου στην χρηματοοικονομική χρησιμοποιώντας tabu search (περιορισμένη αναζήτηση γειτνιάσεως) με variable scaling (μεταβλητή κλίμακα). Πολυτεχνείο Κρήτης, Μεταπτυχιακή Εργασία για Αθανάσιο Μυγδαλά, 2008.

18. Αθανάσιος Μυγδαλάς, Γιάννης Μαρινάκης. Συνδυαστική Βελτιστοποίηση. Πολυτεχνείο Κρήτης. Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης. Τομέας Επιχειρησιακής Έρευνας, Χανιά Αύγουστος 2005.
19. Αθανάσιος Μυγδαλάς: Ευρετικοί και Μεθευρετικοί Αλγόριθμοι, Σημειώσεις. Πολυτεχνείο Κρήτης. Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης. Μεταπτυχιακό Τμήμα Επιχειρησιακής Έρευνας, 2008.
20. Ε. Πετράκης: NP Προβλήματα Microsoft Powerpoint, Πολυτεχνείο Κρήτης. Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης.
21. Αντώνης Τζιλιβάκης: Προσαρμογή και εφαρμογή μεθευρετικών αλγορίθμων στην επίλυση προβλημάτων σχεδιασμού δικτύου. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης. Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης. Νοέμβριος 2010.
22. Εμμανουήλ Γ. Καβουσάνος: Οι αγορές ναύλων και τύποι ναυλοσυμφώνων στην ελεύθερη φορτηγό ναυτιλία. Σημειώσεις. Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2008
23. Δ. Ορφανός Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α): Τα πολλαπλά οφέλη της χώρας μας από την εμπορική ναυτιλία. www.apodimos.com, 2003
24. 2100 πλοία στον Ελληνικό Εμπορικό Στόλο. www.reporter.gr 20/6/2009
25. Ρόλος της Ελληνικής Εμπορικής Ναυτιλίας. Logistics+Management, www.anomeritis.gr/
26. Νηογνώμονας. www.wikipedia.org Μάρτιος 2010
27. Panamax Categories. <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/containerships.html>
28. Tanker (ship). www.wikipedia.org Μάιος 2010
29. Capesize Vessels. www.wikipedia.org Απρίλιος 2010
30. T.E.U.. www.wikipedia.org Μάιος 2010
31. INCOTERMS. www.wikipedia.org Μάιος 2010
32. BIMCO. www.bimco.org
33. IACS. www.wikipedia.org Μάιος 2010
34. IACS. www.iacs.org.uk Μάιος 2010
35. ILU. <http://lexicon.ft.com/term.asp?t=Institute-of-London-Underwriters> Μάιος 2010
36. Dry Baltic Index. [http://www.wikinvest.com/index/Baltic_Dry_Index_-_BDI_\(BALDRY\)](http://www.wikinvest.com/index/Baltic_Dry_Index_-_BDI_(BALDRY)) Μάιος 2010
37. Dry Baltic Index. www.wikipedia.org Ιανουάριος 2010
38. The Indices. www.clarksonsecurities.com Απρίλιος 2010
39. Dry Baltic Index. www.naftemporiki.gr Μάιος 2010
40. Baltic Panamax. www.clarksonsecurities.com Απρίλιος 2010
41. Baltic Capesize. www.clarksonsecurities.com Απρίλιος 2010

42. Baltic Supramax. www.clarksonsecurities.com Απρίλιος 2010
43. Dry Baltic Index and Commodities Demand.
<http://commodities.about.com/od/researchcommodities/a/baltic-dry-index-commodities.htm> Μάιος 2010
44. Worldscale. www.wikipedia.org Σεπτέμβριος 2009
45. Main Trade Lanes. www.tankersinternational.com/Education-Trading.php 2007
46. DWT Distribution by sector 2007.
www.tankersinternational.com/Education-Trading.php 2005
47. Ship Sales. <http://www.timaraya.com/>
48. Ship Sales. <http://commercial.apolloduck.com/index.phtml>
49. Port Routes. <http://ports.com/sea-route/>
50. 20ft Container Size. <http://www.dimensionsguide.com/20ft-container-size/>
51. Κέντρο Ελληνικής Γλώσσας. <http://www.greek-language.gr/greekLang/index.html>
52. Joule. www.wikipedia.org Οκτώβριος 2010
53. Knot. www.wikipedia.org Οκτώβριος 2010
54. kW. www.wikipedia.org Οκτώβριος 2010
55. Satellite Map. <http://www.google.com/earth/index.html>
56. NASA Units of Measure and Conversion Factors.
http://msis.jsc.nasa.gov/volume2/appx_e_units.htm
57. Marine Fuels.
http://dev.ulb.ac.be/ceese/ABC_Impacts/glossary/marinefuels.php
58. Bunkerworld Oil Prices.
<http://www.bunkerworld.com/prices/index/bw380>
59. BunkerIndex Oil Prices.
<http://www.bunkerindex.com/prices/seurope.php>
60. Είδη κοντέινερ.
http://www.royalmarine.co.th/index2.php?page=container_size
61. Ελληνικός Νηογνώμονας. <http://www.hrs.gr/index.htm>
62. Διαφορική Εξέλιξη.
http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/el/Differential_evolution
63. Differential Evolution.
http://en.wikipedia.org/wiki/Differential_evolution
64. Differential Evolution. <http://www.maths.uq.edu.au/MASCOS/Multi-Agent04/Fleetwood.pdf>
65. 10 Largest Shipping Companies. <http://gcaptain.com/the-ten-largest-container-shipping-companies-visualized?678> March 2009
66. Αντώνης Τζιλιβάκης, Προγραμματιστής, Πανεπιστήμιο Αθηνών
πληροφορίες και Τηλεπικοινωνιών 2007

67. Συνέντευξη Μπούτσαλης Νίκος, Σχολή Εμπορικού Ναυτικού 2008, Ανθυποπλοίαρχος
68. Συνέντευξη Γεωργακάκος Βασίλης, Σχολή Εμπορικού Ναυτικού 2008, Μηχανικός
69. Συνέντευξη Κασσώτης Αντώνης, Πλοίαρχος, Branch Manager MSC Greece S.A.
70. Συνέντευξη Οργανισμός Λιμένος Πάτρας.
71. Συνέντευξη Δημοτικές Αρχές Πρέβεζας.
72. Συνέντευξη Λιμεναρχείο Καλαμάτας.
73. Συνέντευξη Λιμεναρχείο Ελευσίνας.
74. Συνέντευξη Οργανισμός Λιμένος Λαυρίου Α.Ε..
75. Συνέντευξη Τσαμπάς Χριστόφορος, Ηλεκτρολόγος-Μηχανολόγος, Τέως Διευθυντής Μηχανολογικού-Ηλεκτρολογικού Τμήματος Α.Γ.Ρ.Ε...Ξ..
76. J.E. Korsvik, K. Fagerholt: A tabu search heuristic for ship routing and scheduling with flexible cargo quantities. Springer Science+Business Media, LLC 2008
77. R. Agarwal, O. Ergun: Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. Transportation Science, Vol.42, May 2008
78. K. Fagerholt: Ship scheduling with soft time windows: An optimization based approach. European Journal of Operational Research 131 (2001), pages 559-571
79. M. Sigurd, N. Ulstein, B. Nygreen, D. Ryan: Ship scheduling with recurring visits and visit separation requirements. Book: Column Generation, Springer US, 2005, pages 225-245
80. G. Bronmo, M. Christiansen, K. Fagerholt, B. Nygreen: A multi-start local search heuristic for ship scheduling-a computational study. Computers and Operations Research 34, 2007
81. H. Hwang, S. Visoldilokpun, J. Rosenberger: A branch-and-price-and-cut method for ship scheduling with limited risk. Transportation Science Vol. 42, August 2008
82. G. Brown, G. Graves, D. Ronen: Scheduling ocean transportation of crude oil. Management Science, Vol.33, March 1987
83. Qingcheng Zeng, Zhongzhen Yang: Model integrating fleet design and ship routing problems for coal shipping. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ICCS 2007 part 3 LNCS 4489, pages 1000-1003
84. D. Ronen: Invited Review. Ship scheduling: The last decade. European Journal of Operational Research 71, pages 325-333, 1993
85. Matthew E.H. Petering: Effect of block width and storage yard layout on marine container terminal performance. Transportation Research Part E 45 (2009) 591-610 Elsevier Ltd.
86. H.P. 48G Scientific Calculator

