



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία

**Προμελέτη επιβατηγού οχηματαγωγού πλοίου**  
**Preliminary design of a Ro-Ro Passenger Vessel**

Συγγραφέας:

Γερούδης Γ. Κωνσταντίνος

A.M.: 18393085

Επιβλέπων: Δρ. Πολίτης Γ. Κωνσταντίνος

Αιγάλεω, 2023







ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## **Διπλωματική εργασία**

**Τίτλος Προκαταρκτική μελέτη επιβατηγού οχηματαγωγού πλοίου ανοικτού τύπου**

## **Συγγραφέας**

Γερούδης Γ. Κωνσταντίνος, 18393085

## **Επιβλέπων**

Πολίτης Γ. Κωνσταντίνος

Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

## **Ημερομηνία εξέτασης**

27/05/2024

## **Εξεταστική Επιτροπή**

Όνοματεπώνυμο,  
Πολίτης Κωνσταντίνος  
Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Όνοματεπώνυμο,  
Μαζαράκος Θωμάς  
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Όνοματεπώνυμο,  
Θεοδουλίδης  
Αλέξανδρος Επίκουρος  
Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

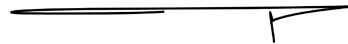
## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γερούδης Κωνσταντίνος του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 18393085 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Ναυπηγών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

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

Ο Δηλόν  
Γερούδης Γ. Κωνσταντίνος





## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική στήριξη κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας αλλά και των σπουδών μου εν γένει. Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους συμφοιτητές και φίλους μου που ήταν δίπλα μου σε οποιαδήποτε δυσκολία αντιμετώπισα τόσο τεχνικά όσο και πνευματικά.

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη προκαταρκτική μελέτη ενός επιβατηγού οχηματαγωγού πλοίου ανοικτού τύπου το οποίο σχεδιάζεται με σκοπό τη πραγματοποίηση του δρομολογίου Καβάλα – Σκάλα Πρίνου (Θάσος). Η εργασία περιλαμβάνει την εύρεση των κύριων διαστάσεων, του εκτοπίσματος και των συντελεστών μορφής με χρήση στατιστικών δεδομένων από όμοια πλοία. Στη συνέχεια, γίνεται αναλυτικός υπολογισμών των ομάδων βαρών με χρήση στατιστικών και εμπειρικών μεθόδων με σκοπό την επιβεβαίωση της επάρκειας του προϋπολογισμένου εκτοπίσματος. Επιπρόσθετα, γίνεται ανάλυση του πρόσθετου βάρους του πλοίου για την επαλήθευση της απαιτούμενης χωρητικότητάς του. Πραγματοποιήθηκε σχεδίαση του τρισδιάστατου μοντέλου της γάστρας του πλοίου και σχέδια γενικής διάταξης, χωρητικότητας. Με χρήση του σχεδίου του χώρου στάθμευσης καταστρώθηκαν τα σενάρια φόρτωσης και υπολογίστηκε το κέντρο βάρους του φορτίου. Γίνεται υπολογισμός των υδροστατικών διαγραμμάτων και με χρήση των παραπάνω πραγματοποιείται μελέτη άθικτης ευστάθειας του πλοίου και παράλληλα ο έλεγχος συμμόρφωσης με τους κανονισμούς για πλοία κατηγορίας V σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία. Στη συνέχεια, με χρήση του πατρικού πλοίου και των κανονισμών, πραγματοποιείται διαστασιολόγηση και έλεγχος τάσεων της μέσης τομής. Επίσης, έγινε υπολογισμός της αντίστασης με χρήση συστηματικών σειρών στη ταχύτητα υπηρεσίας και δοκιμών. Τέλος, με χρήση της αντίστασης υπολογίστηκε η βέλτιστη έλικα από τη συστηματική σειρά *Wageningen B - Series* και πραγματοποιήθηκε η σχεδιάσή της.

Λέξεις κλειδιά: Μελέτη πλοίου, Διαστάσεις, Συντελεστές μορφής, Στατιστικές μέθοδοι, Πρόσθετο βάρος, Άφορτο σκάφος, Τρισδιάστατο μοντέλο, Σχέδιο γενικής διάταξης, Σχέδιο χωρητικότητας, Σενάρια φόρτωσης, Υδροστατικοί υπολογισμοί, Έλεγχος ευστάθειας, Διαστασιολόγηση, Έλεγχος αντοχής, Αντίσταση πλοίου, Συστηματικές σειρές, Έλικα.



## **Abstract**

The present thesis deals with the preliminary study of an open-type passenger ferry which is designed to operate the route Kavala - Skala Prinos (Thassos). The work includes the determination of the main dimensions, displacement and form factors using statistical data from similar ships. Also, an analytical calculation of the weight groups is performed using statistical and empirical methods in order to confirm the accuracy of the estimated geometrical displacement. In addition, the deadweight of the ship is analyzed to verify the required capacity of the ship's cargo. A three-dimensional model of the ship's hull was designed and general arrangement, capacity drawings were carried out. Using the parking area drawing, the loading scenarios were constructed and the load centers of the payload were calculated. Hydrostatic diagrams are calculated and using all the above, an intact stability study of the ship is carried out and the compliance of the ship with the regulations for class V ships according to the Greek legislation is checked. Furthermore, using the parent ship and the scantlings required from regulations, a midship drawing was created and yielding check of the middle section is carried out. In addition, the resistance was calculated using systematic series at service speed and trials speed. Finally, using the resistance, the optimum propeller was selected from the Wageningen B – Series and was designed.

Key words: Ship design, Dimensions, Form factors, Statistical methods, Additional weight, Lightship, Three-dimensional model, General arrangement plan, Capacity plan, Loading scenarios, Hydrostatic calculations, Stability check, Scantlings, Yielding check, Ship resistance, Systematic series, Propeller.

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	1
Εισαγωγή.....	2
1.1    Μελέτη και σχεδίαση πλοίου .....	2
1.2    Επιβατηγά/Οχηματαγωγά Πλοία.....	4
1.2.1    Τα είδη επιβατηγών πλοίων .....	5
1.2.2    Σύντομη ιστορική αναδρομή.....	5
Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό υπόβαθρο .....	7
1.3    Παλινδρομική ανάλυση.....	7
1.4    Υδροστατική .....	7
1.5    Ευστάθεια.....	9
1.6    Αντοχή.....	10
1.7    Αντίσταση .....	11
1.8    Πρόωση.....	12
Κεφάλαιο 2: Σκοπός της διπλωματικής εργασίας.....	14
2.1    Επεξεργασία απαιτήσεων.....	14
Κεφάλαιο 3: Εκτίμηση εκτοπίσματος, κύριων διαστάσεων και ισχύος προωστήριας εγκατάστασης.....	15
3.1    Υπολογισμός εκτοπίσματος .....	17
3.2    Εκτίμηση μήκους μεταξύ καθέτων .....	18
3.3    Εκτίμηση πλάτους .....	20
3.4    Εκτίμηση βυθίσματος σχεδίασης .....	22
3.5    Εκτίμηση κοίλου .....	24
3.6    Υπολογισμός κυβικού συντελεστή και αριθμού <i>Froude</i> .....	26
3.7    Προεκτίμηση ισχύος προωστήριας εγκατάστασης με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης του συντελεστή Αγγλικού ναυαρχείου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους .....	27

Κεφάλαιο 4: Προκαταρκτική σχεδίαση χώρου στάθμευσης και τελική επιλογή κύριων διαστάσεων .....	29
4.1    Επανεκτίμηση κύριων διαστάσεων με βάση το νέο μήκους-πλάτος .....	30
4.2    Συγκεντρωτικά οι κύριες διαστάσεις, συντελεστές μορφής και ισχύς πρόωσης .....	31
Κεφάλαιο 5: Υπολογισμός βάρους άφορτου σκάφους .....	33
5.1    Υπολογισμός βάρους μεταλλικής κατασκευής με χρήση της μεθόδου του Watson	33
5.2    Υπολογισμός βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού .....	35
5.3    Υπολογισμός βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης .....	38
5.4    Τελικός υπολογισμός βάρους άφορτου σκάφους.....	40
Κεφάλαιο 6: Ανάλυση πρόσθετου βάρους .....	42
Κεφάλαιο 7: Έλεγχος εκτοπίσματος .....	46
Κεφάλαιο 8: Μελέτη στοιβασίας οχημάτων.....	47
8.1 <i>Full load</i> .....	47
8.2    Κατάσταση αποκλειστικής φόρτωσης αυτοκινήτων.....	49
Κεφάλαιο 9: Ανάπτυξη σχεδίου ναυπηγικών γραμμών και τρισδιάστατου μοντέλου .....	52
Κεφάλαιο 10: Ανάπτυξη του σχεδίου γενικής διάταξης.....	55
10.1    Πλάγια όψη και κάτοψη χώρου επιβατών.....	55
10.2    Χώρος στάθμευσης οχημάτων – Κύριο κατάστρωμα.....	56
Κεφάλαιο 11: Ανάπτυξη Capacity Plan .....	57
Κεφάλαιο 12: Υδροστατικοί υπολογισμοί και κατάστρωση καταστάσεων φόρτωσης.....	58
Κεφάλαιο 13: Μελέτη άθικτης ευστάθειας.....	61
Κεφάλαιο 14: Διαστασιολόγηση και έλεγχος αντοχής μέσης τομής .....	65
14.1    Διαστασιολόγηση .....	65
14.2    Έλεγχος τάσεων .....	73
Κεφάλαιο 15: Υπολογισμός αντίστασης.....	78
Κεφάλαιο 16: Επιλογή έλικας.....	81
Αποτελέσματα.....	89

Συμπεράσματα .....	91
Προτάσεις.....	92
Βιβλιογραφία - Αναφορές.....	93
Παραρτήματα.....	95
16.1 Παράρτημα Α.....	95
16.2 Παράρτημα Β.....	99
16.3 Παράρτημα Γ.....	103
16.4 Παράρτημα Δ.....	108
16.5 Παράρτημα Ε.....	143
16.6 Παράρτημα ΣΤ.....	144
16.7 Παράρτημα Ζ.....	153
16.8 Παράρτημα Η.....	156
16.9 Παράρτημα Θ.....	159

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την προκαταρκτική μελέτη και σχεδίαση ενός πλοίου επιβατηγού - οχηματαγωγού ανοικτού τύπου. Γενικά τα πλοία ανοικτού τύπου εξυπηρετούν τη μεταφορά επιβατών και οχημάτων σε μικρές αποστάσεις.

Στα Ελληνικά ύδατα τέτοιου είδους πλοία αποτελούν ικανοποιητικές λύσεις, καθώς υπάρχουν πολλές περιοχές οι οποίες είναι προσβάσιμες αποκλειστικά μέσω θαλάσσης. Το χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης των πλοίων αυτών αποτελεί ιδανική λύση για δρομολόγια όπως Καβάλα – Θάσο, Ηγουμενίτσα – Κέρκυρα κ.ο.κ.

Όταν ένα πλοίο διανύει μικρές αποστάσεις, μεγάλο ποσοστό του συνολικού χρόνου ταξιδιού αποτελεί η διαδικασία της προσάραξης και της φόρτωσης – εκφόρτωσης. Με τα ΕΓ/ΟΓ πλοία ανοικτού τύπου ο χρόνος αυτός μειώνεται σημαντικά και γι' αυτό προτιμώνται από τους πλοιοκτήτες και τις ναυτιλιακές εταιρίες. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια τα μη αμφίπλωρα επιβατηγά – οχηματαγωγά πλοία ανοικτού τύπου δεν κατασκευάζονται με τη συχνότητα που κατασκευάζονταν πριν δύο δεκαετίες. Ο λόγος ενδεχομένως να είναι ότι τα αντίστοιχα αμφίπλωρα πλοία απαιτούν λιγότερο χρόνο για τη διαδικασία της προσάραξης και εκκίνησης.

Πάραυτα η λιτότητα κατασκευής ενός μη αμφίπλωρου ΕΓ/ΟΓ πλοίου που συνοδεύεται με χαμηλό κόστος κατασκευής μπορεί να αποτελέσει ελκυστική λύση για τους πλοιοκτήτες. Στόχος αποτελεί η σχεδίαση ενός οικονομικού πλοίου τόσο στη κατασκευή, συντήρηση όσο και στη κατανάλωση με απώτερο σκοπό την μείωση των ναύλων.

# Εισαγωγή

## 1.1 Μελέτη και σχεδίαση πλοίου

Η μελέτη πλοίου είναι μία εκτενής και πολύπλοκη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης πλοίων. Συνήθως η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη συνεργασία διαφόρων ειδικών, όπως ναυπηγούς μηχανικούς, μηχανολόγους μηχανικούς, ηλεκτρολόγους μηχανικούς και επιστήμονες της ναυτιλίας.

Η μελέτη πλοίου μπορεί να διαχωριστεί σε τέσσερα βασικά στάδια [1]:

A. Μελέτη Εφικτότητας / Αρχικού Σχεδιασμού (*Concept Design – Feasibility Study*)

B. Προμελέτη (*Preliminary Design*)

C. Μελέτη Προδιαγραφών Συμβολαίου / Συμβατική Μελέτη (*Contract Design*)

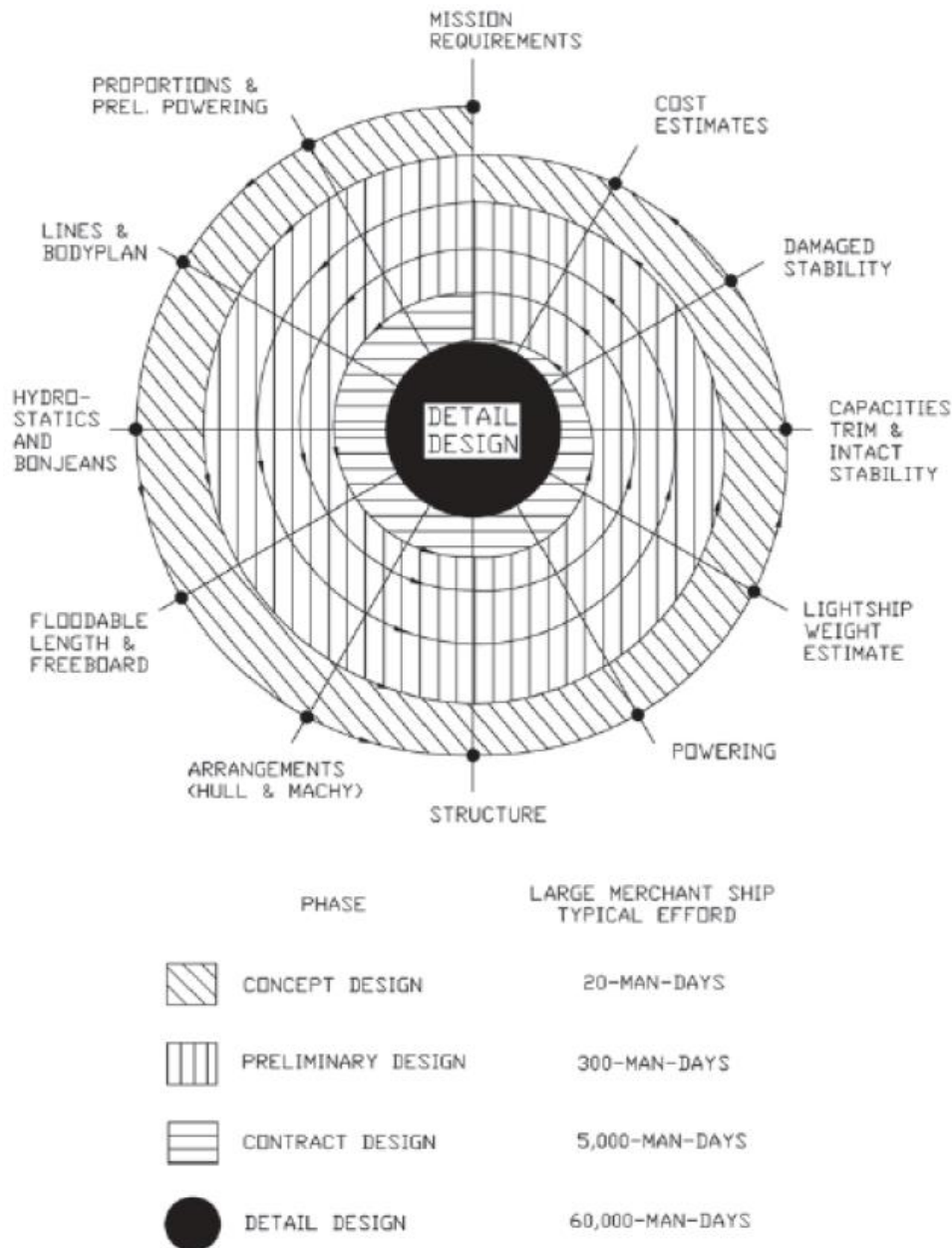
D. Μελέτη Λεπτομερούς Σχεδιασμού (*Detailed Design*)

Όπως προαναφέρθηκε η διαδικασία της μελέτης πλοίου απαιτεί ομάδες μηχανικών και εν γένει επιστημόνων και εμπειρογνώμων. Συνεπώς θα πραγματοποιηθεί μία προμελέτη σχεδίασης πλοίου που συμπεριλαμβάνει τα στάδια A, B εκ των τεσσάρων βασικών σταδίων της μελέτης πλοίου.

Η αναλυτική διαδικασία της μελέτης, αναπαρίσταται από την ελικοειδή καμπύλη μελέτης (*Design spiral*), η οποία αναπτύχθηκε και παρουσιάστηκε από τον *J. H. Evans* το 1959 (Σχήμα 1.1). Η ελικοειδής αυτή καμπύλη παρουσιάζει την σειρά με την οποία προσεγγίζεται μια λεπτομερής σχεδίαση. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι για να φθάσει κάποιος στο τελικό και επιθυμητό αποτέλεσμα, ενδέχεται να χρειαστεί περισσότερες επαναλήψεις της διαδικασίας, από αυτές που φαίνονται στην ελικοειδή καμπύλη (Σχήμα 1.1).

Επιπρόσθετα στο σχήμα 1.1 παρατηρείται η ενδεικτική προσπάθεια σε ανθρωποημέρες για την εκπλήρωση του κάθε σταδίου της μελέτης ενός μεγάλου εμπορικού πλοίου τη δεκαετία του 1950.

Τα στάδια που αναπαρίστανται στην ελικοειδή καμπύλη του *J.H. Evans* μπορούν να αναλυθούν ως εξής [1]:



Σχήμα 1.1 Ελικοειδής Καμπύλη Μελέτης κατά J.H. Evans (1959) [1]

### A. Μελέτη Εφικτότητας / Αρχικού Σχεδιασμού (Concept Design – Feasibility Study) – 1<sup>η</sup> σπείρα

Σε αυτή τη φάση αναλύονται οι απαιτήσεις του πλοιοκτήτη. Στη συνέχεια οι απαιτήσεις αυτές ερμηνεύονται σε τεχνικά χαρακτηριστικά. Αρχικά γίνεται υπολογισμός των κύριων διαστάσεων του πλοίου όπως το μήκος, κοίλο, πλάτος, βύθισμα και οι συντελεστές μορφής του. Στη συνέχεια υπολογίζεται η απαιτούμενη ισχύς της προωστήριας εγκατάστασης και πραγματοποιείται έλεγχος εφικτότητας της κατασκευής. Τέλος γίνεται έρευνα των εναλλακτικών σχεδιάσεων που εξυπηρετούν τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη.

### B. Προμελέτη (Preliminary Design) – 2<sup>η</sup> έως 4<sup>η</sup> σπείρα

Στη διαδικασία της προμελέτης επιλέγονται οι κύριες διαστάσεις, συντελεστές μορφής και ισχύς οριστικά. Η επιλογή αυτή πραγματοποιείται με γνώμονα την οικονομικά βέλτιστη λύση. Επίσης, αφού ολοκληρωθεί το στάδιο της προμελέτης, συντάσσεται το συμβόλαιο μεταξύ πλοιοκτήτη και ναυπηγείου. Παρατηρείται στο σχήμα 1.1 ότι η διαδικασία της προμελέτης διαρκεί 15 φορές περισσότερο συγκριτικά με τη μελέτη εφικτότητας.

### C. Μελέτη Προδιαγραφών Συμβολαίου / Συμβατική Μελέτη (Contract Design)

Σκοπός είναι η πραγματοποίηση των υπολογισμών και σχεδίων, καθώς και η αναλυτική εκπλήρωση των τεχνικών χαρακτηριστικών που αναγράφονται στο συμβόλαιο μεταξύ πλοιοκτήτη και ναυπηγείου. Ειδικότερα σχεδιάζονται τα σχέδια γραμμών, γενικής διάταξης, μέσης τομής και το εγχειρίδιο φόρτωσης. Επιπρόσθετα συντάσσεται το βιβλίο ευστάθειας και διαγωγής. Επίσης γίνεται επακριβής υπολογισμός της ισχύος πρόωσης με βάση τα πειράματα προτύπου, ο έλεγχος ελικτικών ικανοτήτων, η συμπεριφορά σε κυματισμούς και η επακριβής σχεδίαση των βοηθητικών συστημάτων (ηλεκτρολογικά, σωληνουργικά). Τέλος γίνεται επανάληψη του υπολογισμού των επιμέρους βαρών, των κέντρων βάρους τους και το συνολικό βάρος της κατασκευής με στόχο την καλύτερη ακρίβεια.

### D. Μελέτη Λεπτομερούς Σχεδιασμού (Detailed Design)

Στο στάδιο του λεπτομερούς σχεδιασμού εκπονείται η αναλυτική σχεδίαση όλων των κατασκευαστικών σχεδίων του πλοίου. Επιπρόσθετα συντάσσονται αναλυτικές οδηγίες για τον τρόπο εφαρμογής, εγκατάστασης και κατασκευής τού πλοίου, που προορίζονται για τους τεχνίτες, εργοδηγούς αλλά και για τους προμηθευτές του μηχανολογικού – ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Αξιοσημείωτο είναι ότι παρόλο που η αναλυτική σχεδίαση πραγματοποιήθηκε από μηχανικούς, ο τελικός έλεγχος των σχεδίων γίνεται από το τεχνικό τμήμα του ναυπηγείου το οποίο ελέγχει την εφικτότητα πραγματοποίησης των σχεδίων με βάση τον εξοπλισμό που διαθέτει.

Κατά την εκπόνηση των δύο αρχικών σταδίων της μελέτης πλοίου τα κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου προσεγγίζονται με καλή ακρίβεια, δηλαδή, οι αλλαγές που πιθανών να γίνουν στα επόμενα στάδια δεν επηρεάζουν σημαντικά το ολικό κόστος κατασκευής. Συνεπώς με την εκπλήρωση της προμελέτης ενός πλοίου το ναυπηγείο μπορεί να συντάξει μία προσφορά προς τον αγοραστή και σε περίπτωση ανάθεσης, το μελετητικό γραφείο προχωράει στα στάδια Γ, Δ.

## 1.2 Επιβατηγά/Οχηματαγωγά Πλοία

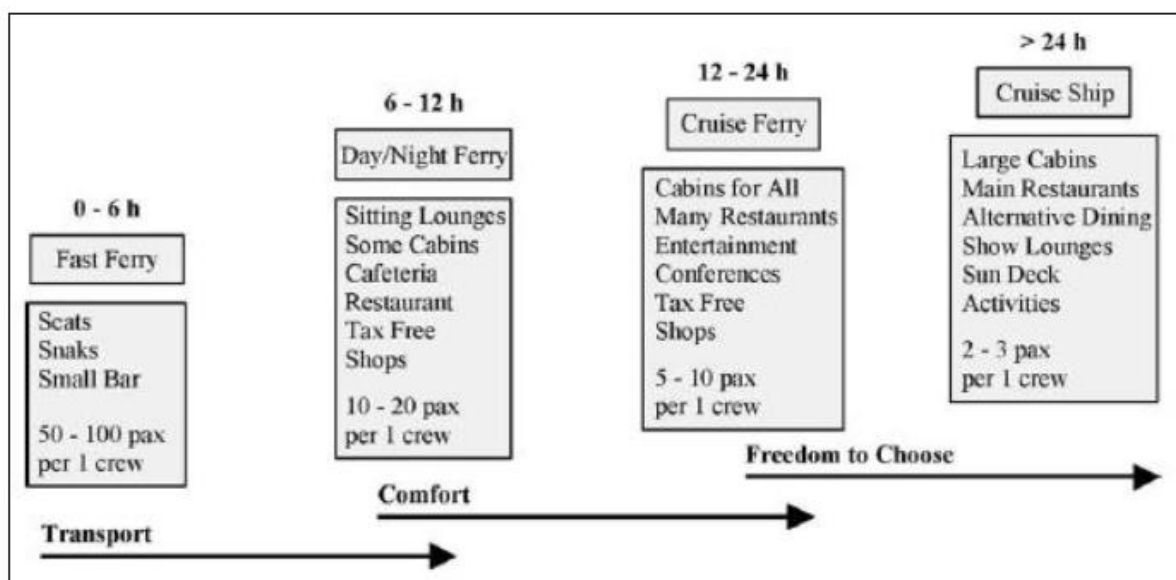
Ο Διεθνής Οργανισμός Ναυσιπλοΐας (*International Maritime Organization*) ορίζει ως επιβατηγό πλοίο, αυτό που η κύρια λειτουργία του είναι η μεταφορά επιβατών. Ειδικότερα επιβατηγό πλοίο ορίζεται ως το πλοίο που εξυπηρετεί περισσότερους από 12 επιβάτες μη συμπεριλαμβανομένου του πληρώματος. [2]



### 1.2.1 Τα είδη επιβατηγών πλοίων

Ένα επιβατηγό πλοίο χαρακτηρίζεται από τον αριθμό των επιβατών που μπορούν να φιλοξενήσουν. Ο κανονισμός αναφέρει ότι ένα επιβατηγό πλοίο πρέπει να διαθέτει καμπίνες, εστιατόρια και χώρους διασκέδασης για ταξίδια μεγαλύτερα των 12 ωρών. Για να διευκολυνθεί ο διαχωρισμός των διαφόρων επιβατηγών πλοίων, κατηγοριοποιήθηκαν σε:

- Μικτά επιβατηγά (Passenger/Cargo Ship)
- Κρουαζιερόπλοια (Cruise Ship)
- Επιβατηγά-οχηματαγωγά (Passenger / Car Ferry)
- Ειδικών μεταφορών (Special Trade Passenger Ship)
- Αμιγώς επιβατηγά (Passenger ship)



Σχήμα 2.1 Είδη επιβατηγών πλοίων [15]

### 1.2.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Τα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία γνωστά και ως *RO-PAX (Roll-On/Roll-Off Passenger) ships, ferry boats* ή και *ferries* ξεκίνησαν να κατασκευάζονται στην αρχή του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Η ανάγκη για αποδοτική μεταφορά επιβατών και οχημάτων ειδικά σε νησιά και σε περιοχές που ήταν δύσκολη η πρόσβαση μέσω στεριάς, οδήγησε τη ναυτιλιακή βιομηχανία στη δημιουργία υβριδικών πλοίων, δηλαδή, που μεταφέρουν επιβάτες και οχήματα.

Τα πρώτα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία ήταν μικρά και εξυπηρετούσαν συγκεκριμένες και μικρές αποστάσεις. Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η κατασκευή Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων αυξήθηκε σημαντικά. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για να συνδέσουν νήσους με στεριά αλλά και για να προσφέρουν αποδοτική μετακίνηση σε διάφορα μέρη του πλανήτη.

Τις δεκαετίες του 1970-1980 τα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία αναβαθμίστηκαν τόσο τεχνολογικά όσο και ως προς τη χωρητικότητά τους. Ειδικότερα εγκαταστάθηκαν καταπέλτες πλώρα, πρίμα και σε μερικές περιπτώσεις και πλευρικά του πλοίου. Η μεταφορική τους ικανότητα αυξήθηκε

σημαντικά τόσο ως προς τον αριθμό των επιβατών, αλλά και ως προς τον αριθμό των οχημάτων.

Από το 1990 έως σήμερα τα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία εξελίσσονται συνεχώς με μεγάλη έμφαση στην ασφάλεια, ποιότητα της ενδιαίτησης και στο χρόνο φόρτωσης-εκφόρτωσης. Πολλά σύγχρονα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία εξοπλίζονται με συγχρόνους μηχανισμούς πλοήγησης και επικοινωνίας, καθιστώντας τα πιο ασφαλή και αξιόπιστα.

Ωστόσο η ραγδαία αύξηση του αριθμού των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων σε συνδυασμό με το κλιματικό πρόβλημα παρουσίασε την ανάγκη δημιουργίας αυστηρότερων κανονισμών. Έτσι τα πλοία αυτά αντιμετωπίζουν δυσκολίες με τη συμμόρφωση των κανονισμών.

Τα τελευταία έτη πολλές εταιρίες και πλοιοκτήτες αναζητούν εναλλακτικές προωσθήριες εγκαταστάσεις από τις παραδοσιακές Μ.Ε.Κ., έτσι ώστε να είναι πρωτοπόροι στη μετάβαση προς τη «πράσινη» ναυτιλία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται μια νέα γενιά Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων τα οποία διαθέτουν πιο υδροδυναμικές μορφές γάστρας και που προωθούνται από «καθαρότερες» πηγές ενέργειας.

## Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό υπόβαθρο

### 1.3 Παλινδρομική ανάλυση

Η παλινδρόμηση είναι μια δημοφιλής στατιστική μέθοδος για τη μελέτη της σχέσης μεταξύ μιας εξαρτημένης και μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη μιας συνεχούς μεταβλητής με βάση τις άλλες μεταβλητές, ή για την κατηγοριοποίηση αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή. Η παλινδρόμηση υποθέτει ότι τα δεδομένα ακολουθούν κάποια γνωστή συνάρτηση και προσπαθεί να βρει την καλύτερη εκδοχή αυτής που προσαρμόζεται στα δεδομένα. Το αποτέλεσμα είναι ένα μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για νέες προβλέψεις. [3]

Η μέθοδος των ελαχίστων τετράγωνων είναι μια τεχνική εκτίμησης παραμέτρων στην παλινδρομική ανάλυση, όπου ελαχιστοποιεί το άθροισμα των τετράγωνων των αποκλίσεων μεταξύ των πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών. Η κύρια εφαρμογή της είναι η προσαρμογή δεδομένων σε μια καμπύλη. Όταν υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα στην ανεξάρτητη μεταβλητή, τότε η απλή παλινδρόμηση ελαχίστων τετράγωνων δεν είναι κατάλληλη και πρέπει να χρησιμοποιηθούν άλλες μέθοδοι. Τα προβλήματα ελαχίστων τετράγωνων διακρίνονται σε γραμμικά και μη γραμμικά, ανάλογα αν τα υπόλοιπα είναι γραμμικά ως προς τις άγνωστες παραμέτρους. Τα γραμμικά έχουν αναλυτική λύση, ενώ τα μη γραμμικά λύνονται επαναληπτικά. Η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων ανακαλύφθηκε από τον *Legendre* το 1805, αν και συχνά αποδίδεται και στον *Gauss* το 1809, ο οποίος συνέβαλε σημαντικά στη θεωρητική της ανάπτυξη. Πιθανώς ο *Gauss* να την είχε χρησιμοποιήσει και νωρίτερα, το 1794-1795. [4]

### 1.4 Υδροστατική

Για τον υπολογισμό των υδροστατικών μεγεθών αρκεί να ορίσουμε το επιθυμητό βύθισμα. Με δεδομένο βύθισμα και δεδομένα *offsets* νομέων, ολοκληρώνουμε καθ' ύψος τη καμπύλη του νομέα μέχρι το βύθισμα που επιλέξαμε. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε την επιφάνεια του νομέα σε κάθε θέση. Η ολοκλήρωση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με χρήση αριθμητικών μεθόδων ολοκλήρωσης όπως του *Simpson* διότι δεν υπάρχει συνάρτηση που περιγράφει τέλεια τη μορφή των νομέων καθώς είναι καμπύλες *Freeform*. Το ολοκλήρωμα που υπολογίζει την επιφάνεια του νομέα είναι:

$$A_x = 2 * \int_0^T b(z) dz \quad (1)$$

Όπου  $b$  είναι το ημιπλάτος του πλοίου σε κάθε σημείο ολοκλήρωσης από 0 έως  $T$  σε κάθε νομέα.

Για τον υπολογισμό του εκτοπίσματος απαιτείται η ολοκλήρωση όλων των επιφανειών νομέων κατά το διάμηκες του πλοίου. Ειδικότερα με χρήση της αριθμητικής προσέγγισης του *Simpson* μπορούμε να υπολογίσουμε το εμβαδό αυτό.

$$\nabla = \int_0^L A_x * dx \quad (2)$$

Η διαμήκης θέση του κέντρου άντωσης (Longitudinal Center of Buoyancy/LCB) και η απόστασή του από το βασικό επίπεδο αναφοράς KB (Vertical Center of Buoyancy/VCB) δίνονται από τις σχέσεις:

$$LCB = \frac{M_{YZ}}{\nabla}, KB = \frac{\int_0^L M_{VX} * dx}{\nabla} \quad (3)$$

Όπου:

- $M_{YZ}$ : Η ροπή ως προς ως προς το επίπεδο YZ, δηλαδή το εγκάρσιο επίπεδο
- $M_{VX}$ : Η ροπή επιφάνειας μιας εγκάρσια τομής ως προς τη *Baseline*.

Η επιφάνεια μίας ισάλου μπορεί να υπολισθεί με χρήση ολοκλήρωσης των ημιπλάτων κατά το διάμηκες του πλοίου.

$$A_W = 2 \int_0^L b(x) * dx \quad (4)$$

Όπου:

- $b(x)$ : είναι το ημιπλάτος του πλοίου σε κάθε θέση  $x$  κατά το διάμηκες

Τα παραπάνω εξυπηρετούν για την εύρεση του *TPC* (*Tons per centimeter*), δηλαδή, την εύρεση του βάρους που χρειάζεται για να βυθιστεί το πλοίο ένα εκατοστό. Βέβαια αυτό προϋποθέτει η βύθιση να είναι παράλληλη και αφορά μικρές μεταβολές του πλοίου.

$$TPC = \frac{d\Delta}{dz} = \gamma * A_W \quad (5)$$

Όπου  $\gamma$  είναι το ειδικό βάρος του ρευστού που πλέει το πλοίο.

Η διαμήκης θέση του κέντρου πλευστότητας είναι το κέντρο περιστροφής του πλοίου. Η εύρεση αυτού πραγματοποιείται με την εύρεση του κέντρου επιφανείας της ισάλου υπολογισμού.

$$LCF = \frac{2 \int_0^L x * b_x dx}{A_W} \quad (6)$$

Η δεύτερη ροπή της ισάλου ως προς τον εγκάρσιο και το διαμήκη άξονα δια του κέντρου πλευστότητας (*LCF*) υπολογίζεται ως εξής:

$$I_{YY} = 2 \int_0^L x^2 b_x dx - A_W * x^2 \quad (7)$$

Εφαρμόζεται θεώρημα Steiner για την εύρεση της ροπής ως προς το *LCF*.

$$I_{XX} = \frac{2}{3} \int_0^L b_x^3 dx \quad (8)$$

Δεν εφαρμόζεται το θεώρημα του Steiner διότι η ροπή είναι ήδη πάνω στον άξονα  $xx$ .

Οι μετακεντρικές ακτίνες υπολογίζονται ως εξής:

$$BM_{TRANSVERSE} = \frac{I_{XX}}{\nabla}, BM_{LONG} = \frac{I_{YY}}{\nabla} \quad (9)$$

Ένα ακόμη υδροστατικό μέγεθος που χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τις υδροστατικές ιδιότητες του πλοίου είναι το *MTC*. Εκφράζει τη ροπή που πρέπει να δημιουργηθεί έτσι ώστε να δημιουργηθεί διαγωγή ενός εκατοστού.

$$MTC = \gamma * \frac{I_{yy}}{L} \quad (10)$$

Οι συντελεστές μορφής που χρησιμοποιούνται είναι:

- $C_B = \frac{V}{LBT}$ , Κυβικός συντελεστής
- $C_M = \frac{A_M}{BT}$ , Συντελεστής μέσης τομής
- $C_P = C_B/C_M$ , Πρισματικός συντελεστής
- $C_{WP} = A_W/LB$ , Συντελεστής ισάλου

Και τέλος η βρεχόμενη επιφάνεια που υπολογίζεται με χρήση το μήκος της καμπύλης του νομέα σε κάθε διαμήκη θέση του πλοίου.

$$S = 2 \int_0^L s(x) dx \quad (11)$$

[5]

## 1.5 Ευστάθεια

Για την εύρεση της διαγωγής του πλοίου σε κάθε κατάσταση φόρτωσης αρκεί να βρούμε το ισοζύγιο των ροπών ως προς ένα σημείο. Έπειτα με χρήση του  $MCT$  μπορούμε να υπολογισθεί η διαγωγή σε κάθε κατάσταση φόρτωσης.

Η καμπύλη  $GZ - \varphi$ , για μικρές κλίσεις χαράσσεται με χρήση της εξής σχέσης:

$$GZ = \sin(\varphi) * GM \quad (12)$$

Όπου για το  $GM$ , ισχύει:

$$GM = KB + BM - KG \quad (13)$$

Συνεπώς δεν υπάρχει κάτι άγνωστο, το  $KB$  υπολογίζεται γεωμετρικά (κέντρο άντωσης) και το  $BM$  με χρήση της θεωρίας στο κεφάλαιο 1.4. Το  $KG$  είναι καθαρά κατασκευαστικό χαρακτηριστικό και μπορεί να υπολογισθεί είτε με καταγραφή όλων των στοιχείων του πλοίου με σκοπό την εύρεση του κέντρου βάρους τους είτε με χρήση του πειράματος ευστάθειας.

Ωστόσο για μεγάλες γωνίες κλίσεις το μετάκεντρο δεν θεωρείται σταθερό και παύει να ισχύει η γραμμική σχέση που συνδέει το  $GZ$  με το  $GM$ . Η νέα θέση του μετάκεντρου συμβολίζεται με  $N$  και ο μοχλωβραχίονας επαναφοράς υπολογίζεται με χρήση του εξής τύπου:

$$GZ = GN \sin(\varphi) = \left[ KB + BM \left( 1 + \frac{\tan^2 \varphi}{2} \right) - KG \right] \sin(\varphi) \quad (14)$$

Η σχέση αυτή είναι γνωστή ως τύπος του *Scribanti* (Λουκάκης και Πέρας, 1982). Αποτελεί ειδική περίπτωση της θεωρίας των μικρών μεταβολών. Μπορεί να αποδειχθεί εύκολα ότι ο τύπος του *Scribanti* ισχύει για οποιοδήποτε μη συμμετρικό πλοίο με παράλληλες πλευρές, υπό την προϋπόθεση ότι η αρχική ισάλοος έχει μηδενικές κλίσεις και το σύστημα των αξόνων του σωματοπαγούς συστήματος έχει την αρχή του στην κατακόρυφη που διέρχεται από το κέντρο της επιφάνειας της ισάλου. [5]

## 1.6 Αντοχή

Για τον υπολογισμό της αντοχής του πλοίου θεωρούμε το πλοίο ως δοκό. Η φόρτιση που ασκείται στη δοκό αυτή ισούται με τη διαφορά της άντωσης από το βάρος. Για να ισχύει η απλή θεωρία της κάμψης πρέπει:

- Να έχουμε πρισματική δοκό (ομοιόμορφες τομές/ μεγάλο παράλληλο τμήμα)
- Οι επίπεδες τομές να παραμένουν επίπεδες
- Οι εγκάρσιες παραμορφώσεις θεωρούνται αμελητέες
- Το υλικό να είναι ελαστικό και το μέτρο ελαστικότητας σε εφελκισμό και θλίψη να είναι το ίδιο
- Να μην υπάρχει αλληλεπίδραση των διατμητικών τάσεων/παραμορφώσεων με τις καμπτικές

Οι βασικές εξισώσεις απλής θεωρίας κάμψης είναι:

$$q = \frac{dQ}{dx} = \frac{d^2M}{dx^2} \quad (15)$$

$$Q = \int q * dx \quad (16)$$

$$M = \int Q * dx \quad (17)$$

$$E * I * \frac{d^2w}{dx^2} = M(x) \quad (18)$$

$$\sigma_x = M(x) * \frac{z}{I} = \frac{M(x)}{SM} \quad (19)$$

Όπου:

- q: Το φορτίο ανα τρέχον μέτρο
- Q: Διατμητική δύναμη
- M: Καμπτική ροπή
- W: Βέλος κάμψης
- I: Ροπή αδράνειας διατομής
- SM: Ροπή αντίστασης διατομής
- E: Μέτρο ελαστικότητας

Ο υπολογισμός της θέσης του ουδέτερου άξονα πραγματοποιείται με την εξής σχέση:

$$\int_A z * z * dA = 0 \quad (20)$$

Οι θεωρήσεις που πρέπει να γίνουν για τη διαμήκη αντοχή του πλοίου είναι:

- Ακίνητο σκάφος σε κατακόρυφη θέση (στατική ανάλυση).
- Οι μόνες εξωτερικές αντιδράσεις από το νερό να είναι οι κατακόρυφες δυνάμεις της άντωσης.
- Συμμετρία ως προς το διάμηκες κατακόρυφο επίπεδο.
- Το σκάφος συμπεριφέρεται σαν μια απλή δοκός με βάρος ανά μονάδα μήκους το βάρος του.

Οι βασικές εξισώσεις ισορροπίας στοιχειώδους μήκους είναι:

$q(x) = b(x) - w(x)$ , φορτίο ισούται με άντωση μείον βάρος.

$$Q(x) = \int_0^x q(x)dx \quad (21)$$

$$M(x) = \int_0^x Q(x)dx \quad (22)$$

Ασφαλώς το εμβαδό κάτω από τη καμπύλη της άντωσης πρέπει να είναι ίσο με αυτό του βάρους για να υπάρχει ισορροπία. Στα πλοία όταν το βάρος μιας κατηγορίας βάρους δεν έχει έκκεντρο κέντρο βάρους θεωρούμε ότι η κατανομή του βάρους είναι τραπεζοειδής. Με γνωστό το κέντρο βάρους, το συνολικό βάρος αλλά και το μήκος του πλοίου μπορούμε να βρούμε το φορτίο σε κάθε θέση.

Για την εύρεση των διατμητικών δυνάμεων και καμπτικών ροπών προϋποτίθεται να γνωρίζουμε τη συνάρτηση  $q(x)$ . Ωστόσο επειδή η κατανομή αυτή δεν μπορεί να περιγραφεί με ένα πολυώνυμο, χρησιμοποιούμε την αριθμητική ολοκλήρωση κατά Taylor για τον υπολογισμό των διατμητικών δυνάμεων και καμπτικών ροπών. Επιπρόσθετα έχει αποδειχθεί ότι οι δύο πρώτοι όροι αρκούν για να έχουμε ικανοποιητική ακρίβεια υπολογισμών. Ο τύπος του Taylor είναι:

$$Q(x + \Delta x) = Q(x) + \frac{q(x+\Delta x)+q(x)}{2} * \Delta x \quad (23)$$

$$M(x + \Delta x) = M(x) + \Delta x * Q(x) + \frac{q(x+\Delta x)+2*q(x)}{6} * \Delta x^2 \quad (24)$$

Αν οι καμπτικές ροπές και οι διατμητικές δυνάμεις δεν είναι μηδενικές στο τέλος της ολοκλήρωσης, δηλαδή, αν δεν συγκλίνουν τα διαγράμματα και οι ακραίες τιμές είναι μικρότερες από 3% από τις αντίστοιχες μέγιστες επιτρέπεται η αριθμητική διόρθωση ως εξής:

$$Q_{COR} = Q(x) - Q_{FE} * \frac{x}{L} \quad (25)$$

$$M_{COR}(x) = M(x) - M_{FE} * \frac{x}{L} \quad (26)$$

Η ροπή αδράνειας του κάθε στοιχείου μπορεί να υπολογισθεί με χρήση του τύπου  $I = B * \frac{H^3}{12}$  όπου B είναι το μήκος της υπό μελέτη διατομής παράλληλης στον άξονα που αναζητούμε την ροπή αδράνειας. Η είναι το μήκος της υπό μελέτη διατομής κάθετη ως προς τον άξονα που αναζητούμε την ροπή αδράνειας. Ασφαλώς αν το εκάστοτε στοιχείο δεν έχει κέντρο βάρους επάνω στον άξονα που αναζητούμε την ροπή αδράνειας θα πρέπει να εφαρμοσθεί ο νόμος του Steiner. Για κεκλιμένα ελάσματα ισχύει ο τύπος  $I = \frac{1}{12} * a * d^2$ , όπου a είναι το εμβαδό διατομής και d το ύψος από άκρο σε άκρο της διατομής.

## 1.7 Αντίσταση

Οι δυνάμεις που ασκούνται στο πλοίο είναι:

- Το βάρος – άντωση
- Υδροδυναμικές δυνάμεις
- Αεροδυναμικές δυνάμεις

Η αντίσταση του πλοίου χρησιμοποιείται για την επιλογή της προωστήριας εγκατάστασης, το κόστος εκμετάλλευσης του πλοίου, τη μελέτη βελτιστοποίησης της γάστρας.

Στις δοκιμές προτύπων υπολογισμός της αντίστασης πραγματοποιείται:

- Σε ήρεμο νερό
- Με σταθερή ταχύτητα
- Με μηδενική γωνία εκτροπής

Η αντίσταση ρυμούλκησης είναι η δύναμη που απαιτείται για να ρυμουλκίσει το πλοίο σε ήρεμο νερό σε δεδομένη ταχύτητα. Η αντίσταση γυμνής γάστρας είναι η αντίσταση του πλοίου χωρίς τα παρελκόμενα. Η αντίσταση πρόωσης είναι αυτή που απαιτείται για την ρημούλκιση του αυτοπροωθούμενου πλοίου (χωρίς παρελκόμενα).

Η ισχύς ρημούλκισης μπορεί να υπολογισθεί με χρήση της σχέσης  $EHP = R * V$

Οι βασικές συνιστώσες της αντίστασης του πλοίου είναι:

- Η αντίσταση συνεκτικότητας, η οποία εξαρτάται από τη συνεκτικότητα του ρευστού, τη ταχύτητα και τη βρεχόμενη επιφάνεια
- Η αντίσταση κυματισμών, η οποία εξαρτάται από το λόγο μήκους προς πλάτος, το εκτόπισμα, τη μορφή της γάστρας και το αριθμό *Froude*.

Η αντίσταση συνεκτικότητας αποτελείται από την αντίσταση της τριβής και την αντίσταση της πίεσης λόγω συνεκτικότητας. Η αντίσταση κυματισμού αποτελείται από την αντίσταση δημιουργίας κυματισμών και την αντίσταση θραύσεως κυματισμών.

Για την εκτίμηση της αντίστασης του πλοίου με χρήση όμοιων πλοίων και αποτελεσμάτων από πειράματα χρησιμοποιείται η αδιαστατοποίηση των διάφορων παραμέτρων (π.χ. με το θεώρημα *Buckingham*).

Για τον υπολογισμό της αντίστασης τριβής θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος της *ITTC 1957*:

$$C_F = \frac{0.075}{\log_{10}(Re-2)^2} \quad (27)$$

Για τον υπολογισμό της αντίστασης του κυματισμού χρησιμοποιείται η υπόθεση του *Froude* (δηλαδή ότι οι  $F_n$  στο μοντέλο της εκάστοτε σειράς και στο υπό σχεδίαση ισούνται) και ότι η υπόλοιπη αντίσταση του πλοίου σε αδιάστατη μορφή είναι σταθερή. Βέβαια επειδή οι συστηματικές σειρές πολλές φορές εμπεριέχουν εμπειρικά – στατιστικά δεδομένα, χρησιμοποιούνται συντελεστές διόρθωσης στη τελική ολική αντίσταση του υπό μελέτη πλοίου.

Υπάρχουν πολύ μέθοδοι υπολογισμού της αντίστασης όπως η εφαρμογή κωδικών CFD και η εφαρμογή της μεθόδου των BEM, πάραυτα θα χρησιμοποιηθούν συστηματικές σειρές. [6]

## 1.8 Πρόωση

Η μέθοδος της εξίσωσης ώσης χρησιμοποιείται για τη παραγωγή των σχέσεων για τον υπολογισμό της απαιτούμενης πρόωσης. Δεδομένου ότι η όση, στροφές της έλικας δεν μεταβάλλονται όταν έχουμε ελεύθερη ροή και μη τις θεωρούμε ίσες. Η πραγματική ταχύτητα όμορου συσχετίζεται με τη ταχύτητα του αυτοπροωθούμενου πλοίου με τη σχέση:

$$w = \frac{V-V_0}{V} \quad (28)$$



Η αντίσταση του αυτοπροωθούμενου πλοίου συσχετίζεται με την αντίσταση του πλοίου με παρελκόμενα με την εξής σχέση:

$$\frac{R_o}{R} = 1 - t = \frac{R_o}{T} \quad (29)$$

Ο συντελεστής σχετικής περιστροφής συσχετίζει τη ροπή που απαιτείται από την έλικα σε ελεύθερη ροή με αυτή του αυτοπροωθούμενου πλοίου.

$$\eta_R = \frac{Q_o}{Q} \quad (30)$$

Ο συντελεστής απόδοσης έλικας πλοίου ορίζεται από τη σχέση:

$$\eta_D = \frac{R_o V}{2\pi n Q} \quad (31)$$

Εμπεριέχει όλες τις απώλειες ενέργειας που προκύπτουν από την ισχύ που φτάνει στην έλικα με αυτή που αποδίδεται. Γι' αυτό ισχύει:

$$\frac{EHP}{DHP} = \eta_D \quad (32)$$

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης της προωστήριας εγκατάστασης *PC* (*propulsion coefficient*) ορίζεται ως εξής:

$$PC = \frac{EHP}{SHP} = \eta_D * \eta_S \quad (33)$$

Όπου  $\eta_S$  είναι ο βαθμός απόδοσης του αξονικού συστήματος.

Ο βαθμός απόδοσης της έλικας σε ελεύθερη ροή είναι:

$$\eta_o = \frac{THP}{DHP} = \frac{TV_o}{2\pi n Q_o} \quad (34)$$

Επίσης χρησιμοποιείται ο βαθμός απόδοσης της γάστρας ο οποίος συνδέει το συντελεστή ομόρου και μείωσης όσης.

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w} \quad (35)$$

Τελικά η συνολικός βαθμός απόδοσης είναι:

$$P.C. = \frac{EHP}{SHP} = \eta_H \eta_o \eta_R \eta_S \quad (36)$$

[7]

## Κεφάλαιο 2: Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η προκαταρκτική μελέτη ενός επιβατηγού οχηματαγωγού πλοίου ανοιχτού τύπου, το οποίο θα πραγματοποιεί τη διαδρομή Καβάλα-Σκάλα Πρίνου, Θάσος-Καβάλα. Ο λόγος που επιλέχθηκε η διαδρομή αυτή, είναι η δυσарέσκεια των τακτικών επιβατών της εν λόγω γραμμής για τη ταχύτητα των πλοίων, αλλά και για το κόστος του ναύλου. Κύριο αίτιο της χαμηλής ταχύτητας των πλοίων είναι αρχικά η ηλικία των πλοίων σε συνδυασμό με την έλλειψη επαρκούς συντήρησης τους, για να μπορούν να διατηρήσουν τις ιδιότητες που είχαν όταν κατασκευάστηκαν. Συνεπώς έχει δημιουργηθεί η ανάγκη κατασκευής ενός νέου πλοίου που θα εξυπηρετεί τη γραμμή Καβάλα-Σκάλα Πρίνου, Θάσο με ικανοποιητική ταχύτητα το οποίο θα έχει χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης για να εξισορροπήσει τη πιθανή μείωση των ναύλων.

Η απαιτήσεις για να ικανοποιεί το πλοίο τις παραπάνω απαιτήσεις είναι:

- Διάρκεια δρομολογίου Καβάλα-Σκάλα Πρίνου ή Σκάλα Πρίνου Καβάλα, 1 ώρα
- Μεταφορική ικανότητα 100 – 120 αυτοκίνητα I.X ή 20 – 25 φορτηγά
- Αυτονομία τέτοια, έτσι ώστε να πραγματοποιεί το δρομολόγιο 150 φορές χωρίς ανεφοδιασμό
- Θέσεις επιβατών θερινής περιόδου: 700 επιβάτες
- Πρόσθετο βάρος:  $DWT = 700-800 \text{ t}$

### 2.1 Επεξεργασία απαιτήσεων

Διάρκεια δρομολογίου, 1 ώρα:

Η απόσταση Καβάλα- Σκάλα Πρίνου είναι 13 ναυτικά μίλια. Το εν λόγω δρομολόγιο πρέπει να ολοκληρώνεται σε 1 ώρα συνεπώς:

$$U(\text{Service speed}) = \frac{\text{Distance}}{\text{time}} = \frac{13 \text{ n.m.}}{1 \text{ hr}} = \frac{24.076 * 10^3 . \text{m}}{3600 \text{ sec}}$$
$$\Rightarrow U(\text{Service speed}) = 6.688 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow U(\text{Service speed}) = 13.001 \text{ Kn}$$

Λαμβάνοντας υπ' όψη το χρόνο που χρειάζεται για την αλλαγή πορείας κατά την εκκίνηση επιλέγουμε ως υπηρεσιακή ταχύτητα:

$$U(\text{Service speed}) = 14 \text{ Kn}$$

### Κεφάλαιο 3: Εκτίμηση εκτοπίσματος, κύριων διαστάσεων και ισχύος προωστήριας εγκατάστασης

Για το προσδιορισμό των κύριων διαστάσεων χρησιμοποιήθηκε βάση δεδομένων η οποία κατασκευάστηκε από το συγγραφέα. Τα δεδομένα λήφθηκαν από αξιόπιστες πηγές όπως τις βάσεις δεδομένων των νηογνωμόνων *ABS, BV, CRS, CCS, DNV, IRClass, LR, KR, ClassNK, PRS, RINA*, ναυτιλιακές εταιρίες, πλοιοκτήτες, μελετητικά γραφεία και την ιστοσελίδα του *Marine Traffic*. Τα ονόματα των πλοίων που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται στο πίνακα που ακολουθεί.

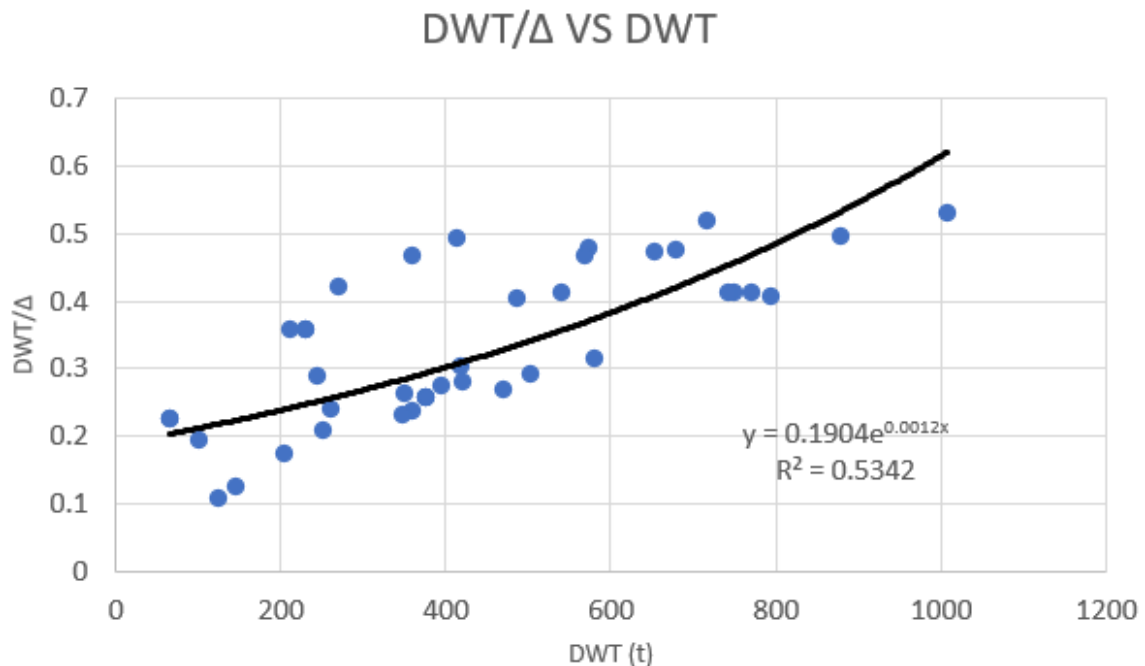
SAMARIA I	INTER ILHAS	MICHALAKIS III	CHIOS	NAMPARNOS
ANTIGONE	RED OSPREY	DIMITRIOS P	ERDEMLER 5	BELIDA
LOCH RIDDON	BURAQ III	PSYTALIA II	MELEK SU	KMP JAMBO X
MENEKRATIS	NORTH BAY	NISSOS AEGINA	YENICE	PORTLINK VII
NISSOS POROS	CHRISTOS	KATERINA STAR	TEKIRDAG 59	KMP PORT LINK II
PANAGIA THASSOU	CATRO IX	ELAFONISOS	HEYBELIADA	KMP SINDU TRITAMA
AGIOS PANTELEIMON	KIMBIA	ITHAKI DIAMOND	LIMTAS 1	DHARMA KENCANA IX
QUEEN OF ALBERNI	AINOS	VIKENTIOS DAMODOS	AG.ANTONIOS	KMP.GEMILANG VIII
NIKITIS	GELIBOLU 1	MEGANISI II	PANTANASSA	PARAMA KALYANI
QUADRA QUEEN II	KAVALA	CAPTAIN ARISTIDIS	AGIA MARINA	DHARMA FERRY VIII
QUEEN OF CAPILANO	EMSAMEH	LEUKIMMI	MARIA T	KMP SURYA
QUEEN OF CUMBERLAND	GRAMVOUSA	IOANNIS KAPODISTRIAS	TOURIST FERRY BOAT 3	KMP.NUSA JAYA ABADI
TACHEK	AGIA ANNA	AGIA EIRINI	SARA D	KMP.SAMUDERA UTAMA

ST FAITH FERRY	QUEEN OF CAPILANO	ALKINOOS	PANAGITSA	KMP.TRISAKTI ELFINA
GREEN LIPARI	QUEEN OF CUMBERLAND	AGIOS SPIRIDON	IKRAAMI	KMP KARYA MARITIM 1
WIGHT SKY	MA LISHA	ELENI	AVSA ADASI	NUSA DUA
WIGHT LIGHT	QUEULAT	KERKYRA	KANARIS	VWIRA GLORY
CAPTAIN STAVROS	NEW JERSEY	NANTI	KMP.GERBANG SAMUDRA3	TOURIST FERRY BOAT 2
NIKOLAOS A.	ÆRØXPRESS EN	MATE BALOTA	PANAGIA TRYPITI	SOUND OF SOAY
AGIOS GERASIMOS	HACHED (AGIOS ANDREAS)	EVANGELISTRIA	DASKALOGIANIS	LOCH RANZA
IONION PELAGOS	ALKYON	PANAGIA EGGYITRIA	MARILENA	LOCH SHIRA
AF MARINA	DIMITRIS	OLYMPIOS ZEUS	ALMIRANTE FEDERICO	
THEOTOKOS	ULTRACARGA IV	VILLA SAN GIOVANNI	GIUSEPPINA PRIMA	UGLJAN
AIAKOS	CORUIK	SEATRAN FERRY 6	AZIZIYE	SV.JURAJ
IOANNIS THIREZIA	STJERNEBO RG	SOUND OF SCARBA	ISOLA DI S. STEFANO	LOSINJ
GLYKOFILO USA VIII	ORANGE MERCURY	SOUND OF SEIL	SVETI KRSEVAN	STRETTO MESSINA
GELIBOLU 1	SKEENA QUEEN	TELEPASS	M2M 1	ZANCLE
Πίνακας 1: Τα πλοία που χρησιμοποιήθηκαν στις παλινδρομικές αναλύσεις				

Όλα τα χαρακτηριστικά των πλοίων που αναφέρονται στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα Α.

### 3.1 Υπολογισμός εκτοπίσματος

Για τον υπολογισμό του εκτοπίσματος χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων, πίνακας (1). Ειδικότερα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων για την εκτίμηση του εκτοπίσματος. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι ο λόγος  $\frac{DWT}{\Delta}$  συναρτήσει του  $DWT$ . Με χρήση του υπολογιστικού φύλλου *excel* λήφθηκε το διάγραμμα (1).



Διάγραμμα 1:  $DWT/\Delta$  συναρτήσει του  $DWT (t)$

Η καμπύλη που προσεγγίζει βέλτιστα τη σχέση  $DWT/\Delta$  συγκριτικά με το  $DWT$  είναι λογαριθμικής μορφής, λόγο του ότι το  $R^2$  λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του. Η απαίτηση του πρόσθετου βάρους είναι  $DWT = 700-800 t$ . Επιλέγουμε τη τιμή  $DWT = 710 t$ .

Με εφαρμογή της σχέσης  $DWT/\Delta = 0.1904 * e^{(0.0012 * DWT)}$  και  $DWT = 710 t$ , έχουμε:

$$\Rightarrow \Delta = \frac{710}{0.1904 * e^{(0.0012 * 710)}}$$

$$\Rightarrow \Delta = 1590.642 (t)$$

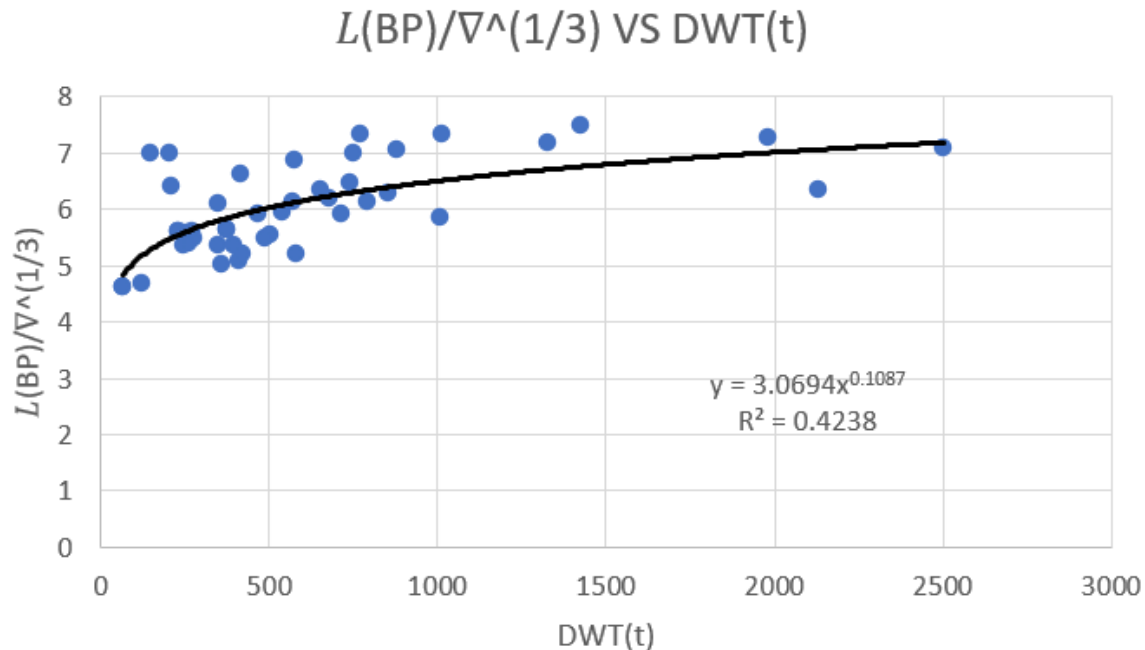
$$\Rightarrow \nabla = 1551.846(m^3)$$

### 3.2 Εκτίμηση μήκους μεταξύ καθέτων

Εκτίμηση μήκους μεταξύ καθέτων ( $L_{BP}$ ) με χρήση του συντελεστή λυγηρότητας

Για τον υπολογισμό του μήκους μεταξύ καθέτων χρησιμοποιείται ο συντελεστής λυγηρότητας για τον ορθό προσδιορισμό του μήκους συναρτήσει του εκτοπίσματος και του  $DWT$ .

Με χρήση του υπολογιστικού φύλλου *excel* λήφθηκε το διάγραμμα (2):



Διάγραμμα 2: Παλινδρομική ανάλυση του συντελεστή λυγηρότητας συναρτήσει του  $DWT$

Από το διάγραμμα 2 λαμβάνουμε την εξής σχέση για τον υπολογισμό του συντελεστή λυγηρότητας:

$$\frac{L_{BP}(m)}{\nabla^{1/3}(m^3)} = 3.0694 * DWT^{0.1084}$$
$$\Rightarrow L_{BP}(m) = 3.0694 * DWT^{0.1084} * \nabla^{1/3}$$

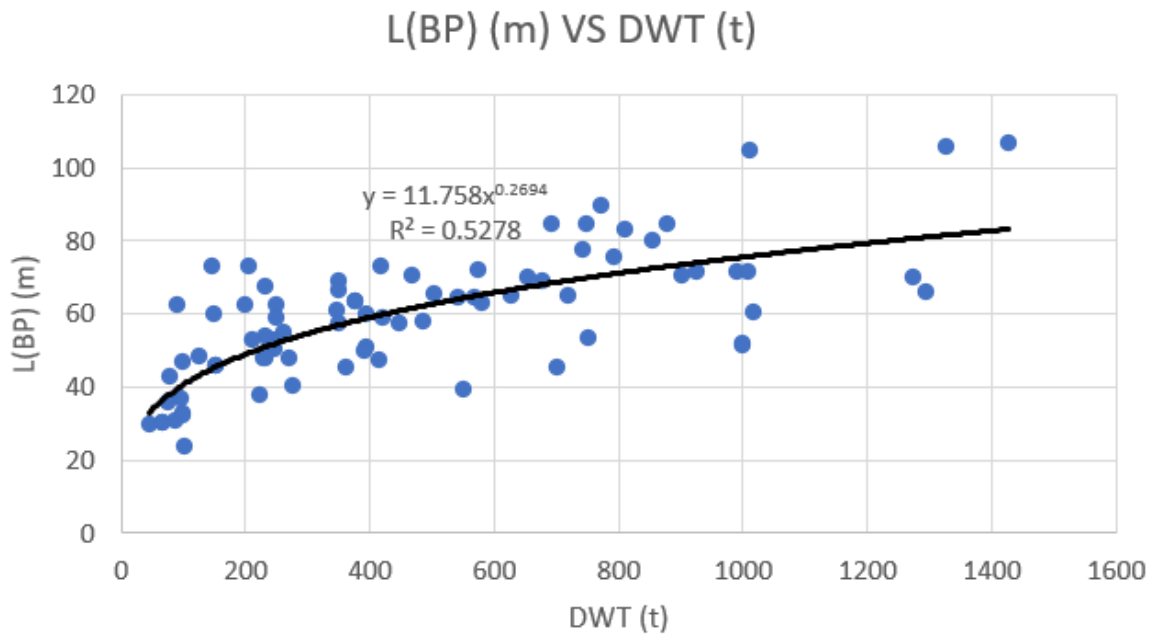
Για  $DWT = 710$  (t) λαμβάνουμε:

$$\Rightarrow L_{BP} = 72.544$$
 (m)

Εκτίμηση μήκους με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης  $L_{BP}$  συναρτήσει του  $DWT$

Εναλλακτικός τρόπος εκτίμησης του μήκους μεταξύ καθέτων είναι με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης του μήκους συναρτήσει του  $DWT$ . Η μέθοδος αυτή δεν θεωρείται εξίσου ακριβής με τη μέθοδο υπολογισμού συναρτήσει του συντελεστή λυγηρότητας, ωστόσο θα χρησιμοποιηθεί για επιβεβαίωση του αποτελέσματος.

Συνεπώς με παλινδρομική ανάλυση του μήκος μεταξύ καθέτων συναρτήσει του  $DWT$ , έχουμε:



Διάγραμμα 3: Παλινδρομική ανάλυση μήκους μεταξύ καθέτων συναρτήσει του  $DWT$

Από το διάγραμμα 3, λαμβάνουμε την εξής σχέση για τον υπολογισμό του  $L_{BP}$ :

$$L_{BP} = 11.758 * DWT^{0.2694}$$

Για  $DWT = 710$  (t) λαμβάνουμε:

$$\Rightarrow L_{BP} = 11.758 * 710^{0.2694}$$

$$\Rightarrow L_{BP} = 68.938 \text{ (m)}$$

Από τις δύο μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν λαμβάνουμε το μήκος μεταξύ καθέτων με χρήση του μέσου όρου, έτσι:

$$L_{BP} = 0.5 * L_{BP(\text{Αυγηρότητα})} + 0.5 * L_{BP}$$

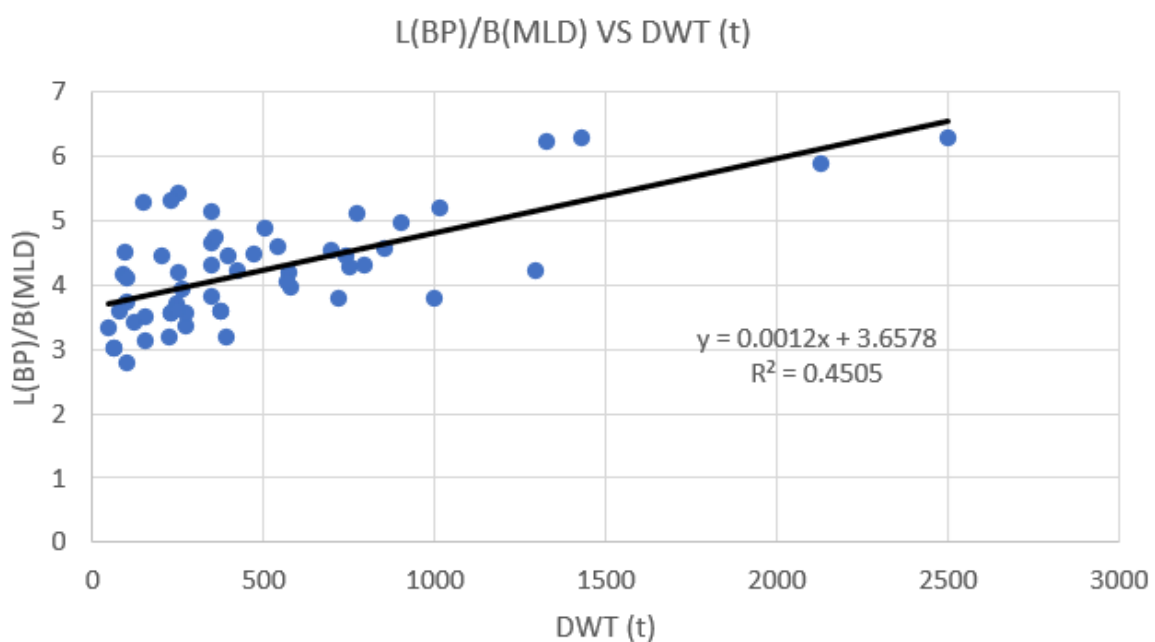
$$\Rightarrow L_{BP} = 70.741 \text{ (m)}$$

### 3.3 Εκτίμηση πλάτους

Εκτίμηση πλάτους με παλινδρομική ανάλυση  $L_{BP}/B_{MLD}$  συναρτήσεως του  $DWT$

Το πλάτος του πλοίου μπορεί να εκτιμηθεί ορθότερα με χρήση του λόγου  $L_{BP}/B_{MLD}$ . Αυτό ισχύει καθώς ο λόγος αυτός είναι καθοριστικός παράγοντας για το αν το πλοίο θα είναι υδροδυναμικό ή θα έχει επαρκή ευστάθεια. Όσο αυξάνεται ο λόγος αυτός το πλοίο είναι ταχύτερο, ωστόσο κινδυνεύει να παρουσιάσει προβλήματα ευστάθειας. Συνεπώς είναι σημαντικό ο λόγος  $L_{BP}/B_{MLD}$  να λαμβάνει ικανοποιητική τιμή τόσο για την ευστάθεια, όσο και για τη ταχύτητα του πλοίου.

Από τη βάση δεδομένων που κατασκευάσαμε (πίνακας 1) και με χρήση υπολογιστικού φύλλου *excel*, κάνουμε παλινδρομική ανάλυση  $L_{BP}/B_{MLD}$  συναρτήσεως του  $DWT$ . Έτσι λαμβάνουμε το διάγραμμα 4.



Διάγραμμα 4: Παλινδρομική ανάλυση  $L/B$  συναρτήσεως του  $DWT$

Από το διάγραμμα 4 λαμβάνουμε την εξής πληροφορία:

$$\frac{L_{BP}}{B_{MLD}} = 0.0012 * DWT + 3.6578$$

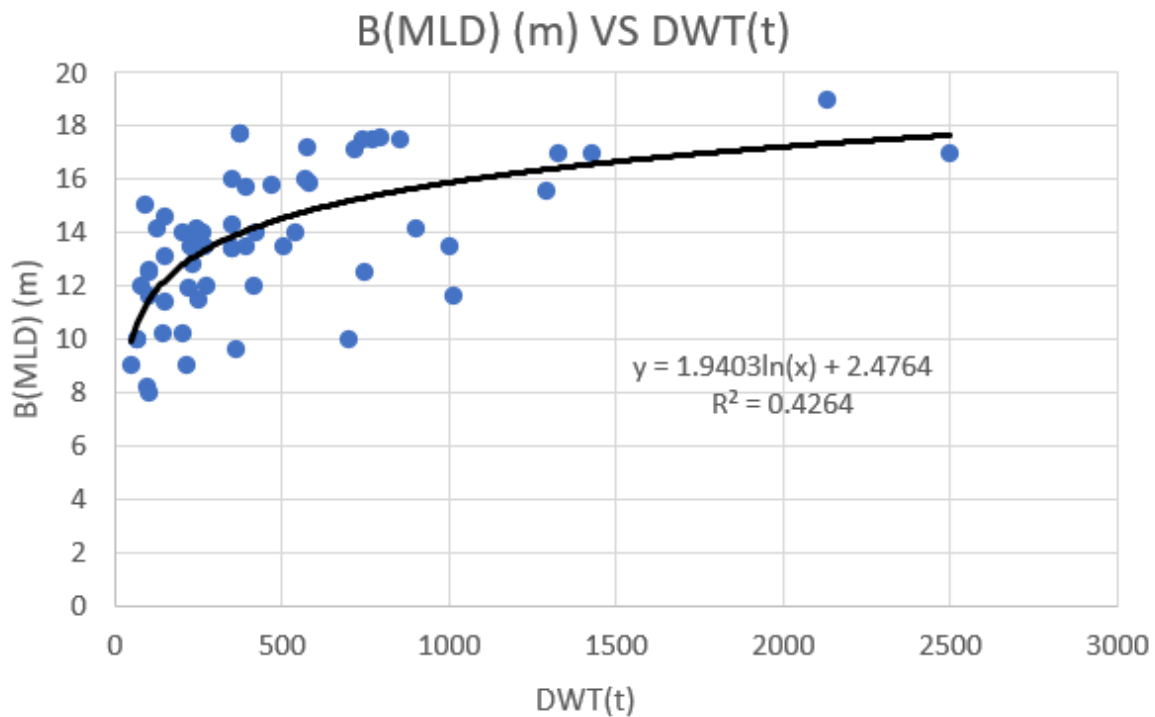
Για δεδομένη τιμή του  $DWT = 710$  (t) και  $L_{BP} = 70.741$  (m) έχουμε:

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{70.741}{B_{MLD}} &= 0.0012 * 710 + 3.6578 \\ &\Rightarrow B_{MLD} = 15.686 \text{ (m)} \end{aligned}$$



Εκτίμηση του πλάτους με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης  $B_{MLD}$  συναρτήσεως του  $DWT$

Με χρήση του πίνακα 1, κατασκευάζουμε το διάγραμμα 5 παλινδρομικής ανάλυσης ως εξής:



Διάγραμμα 5: Παλινδρομική ανάλυση πλάτους συναρτήσεως του πρόσθετου βάρους

Η σχέση που δίνει το πλάτος συναρτήσεως του πρόσθετου βάρους είναι:

$$B_{MLD} = 1.9403 * \ln(DWT) + 1.6242$$

Για  $DWT = 710$  (t) το  $B_{MLD}$  γίνεται:

$$\Rightarrow B_{MLD} = 1.9403 * \ln(710) + 1.6242$$

$$\Rightarrow B_{MLD} = 15.215 \text{ (m)}$$

Με μεγάλο συντελεστή βαρύτητας στους υπολογισμούς που έγιναν από τη παλινδρομική ανάλυση του λόγου μήκος προς πλάτος συναρτήσεως του πρόσθετου βάρους υπολογίζουμε το πλάτος ως εξής:

$$B_{MLD} = B_{MLD(\text{απο } L/B)} * 0.7 + B_{MLD} * 0.3$$

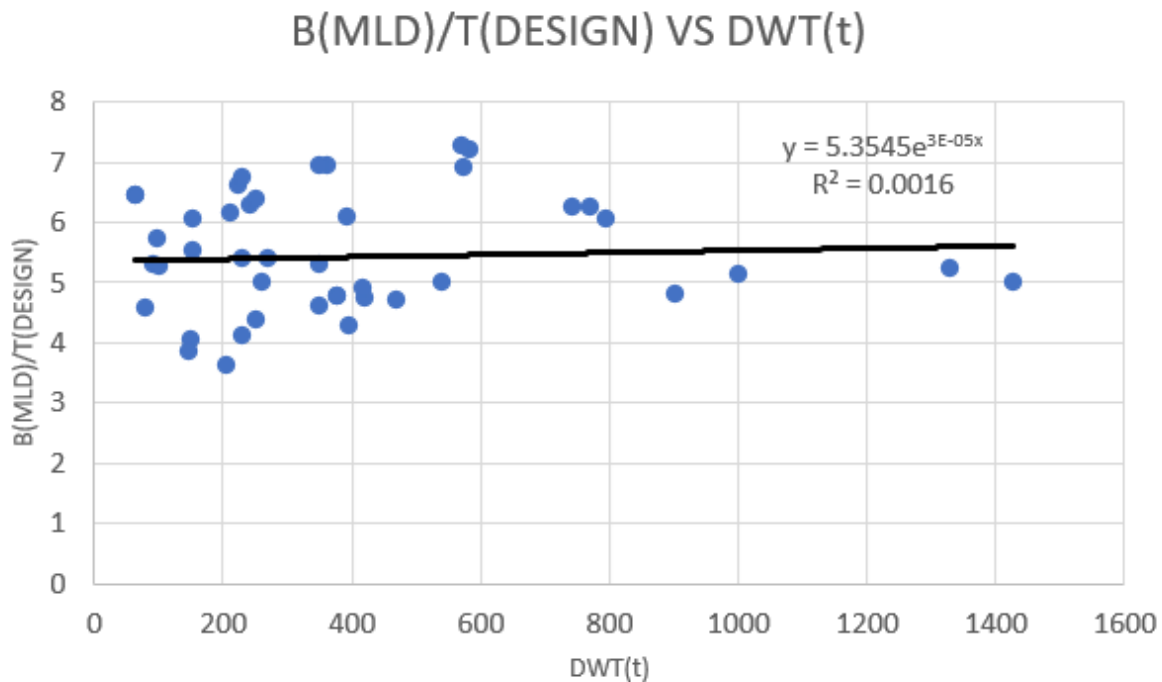
$$\Rightarrow B_{MLD} = 0.7 * 15.686 + 15.215 * 0.3$$

$$\Rightarrow B_{MLD} = 15.544 \text{ (m)}$$

### 3.4 Εκτίμηση βυθίσματος σχεδίασης

Εκτίμηση βυθίσματος σχεδίασης  $T_{design}$  με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης πλάτους προς βύθισμα συναρτήσεϊ του DWT

Με υπολογισμό του λόγου  $B_{MLD}/T_{design}$  για κάθε πλοίο από τη βάση δεδομένων (πίνακας 1), χαράζουμε τη παλινδρομική ανάλυση συναρτήσεϊ του πρόσθετου βάρους και λαμβάνουμε:



Διάγραμμα 6: Παλινδρομική ανάλυση του λόγου πλάτος προς βύθισμα συναρτήσεϊ του πρόσθετου βάρους

Η σχέση που δίνει το λόγο  $B_{MLD}/T_{design}$  είναι:

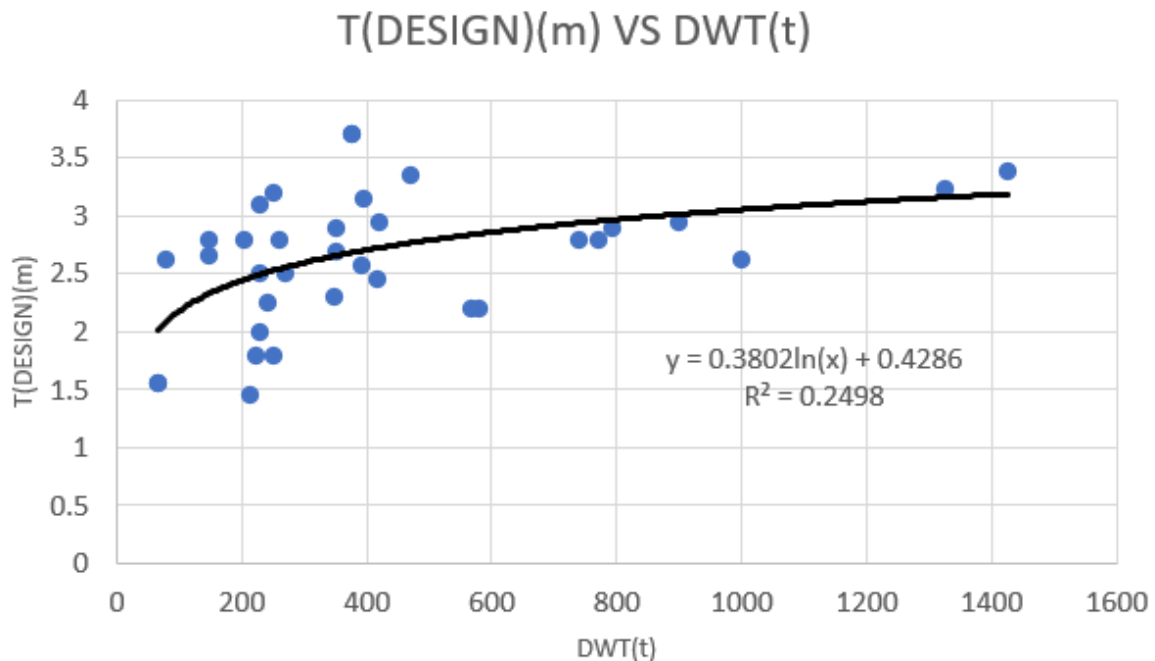
$$\frac{B_{MLD}}{T_{design}} = 5.3545 * e^{3*10^{-5}*DWT}$$

Με αντικατάσταση των γνωστών  $DWT = 710$  (t) και  $B_{MLD} = 15.544$  (m) έχουμε:

$$\Rightarrow T_{design} = \frac{15.544}{5.3545 * e^{3*10^{-5}*710}}$$
$$\Rightarrow T_{design} = 2.842$$
 (m)

Εκτίμηση βυθίσματος σχεδίασης  $T_{design}$  με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης βυθίσματος συναρτήσεως του DWT

Η παλινδρομική ανάλυση του βυθίσματος συναρτήσεως του πρόσθετου βάρους παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7.



Διάγραμμα 7: Παλινδρομική ανάλυση βυθίσματος συναρτήσεως του πρόσθετου βάρους

Η σχέση που δίνει το βύθισμα σχεδίασης συναρτήσεως του πρόσθετου βάρους είναι:

$$T_{design} = 0.3802 * \ln(DWT) + 0.4286$$

Για δεδομένη τιμή  $DWT = 710$  (t) έχουμε:

$$\Rightarrow T_{design} = 0.3802 * \ln(710) + 0.4286$$

$$\Rightarrow T_{design} = 2.925 \text{ (m)}$$

Από τις δύο μεθόδους παλινδρομικής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του βυθίσματος σχεδίασης, θα γίνει υπολογισμός με σημαντικό συντελεστή βαρύτητας στη μέθοδο με χρήση του λόγου  $\frac{BMLD}{T_{design}}$ . Συνεπώς:

$$T_{design} = 0.7 * T_{design(\frac{B}{T}-DWT)} + 0.3 * T_{design(T-DWT)}$$

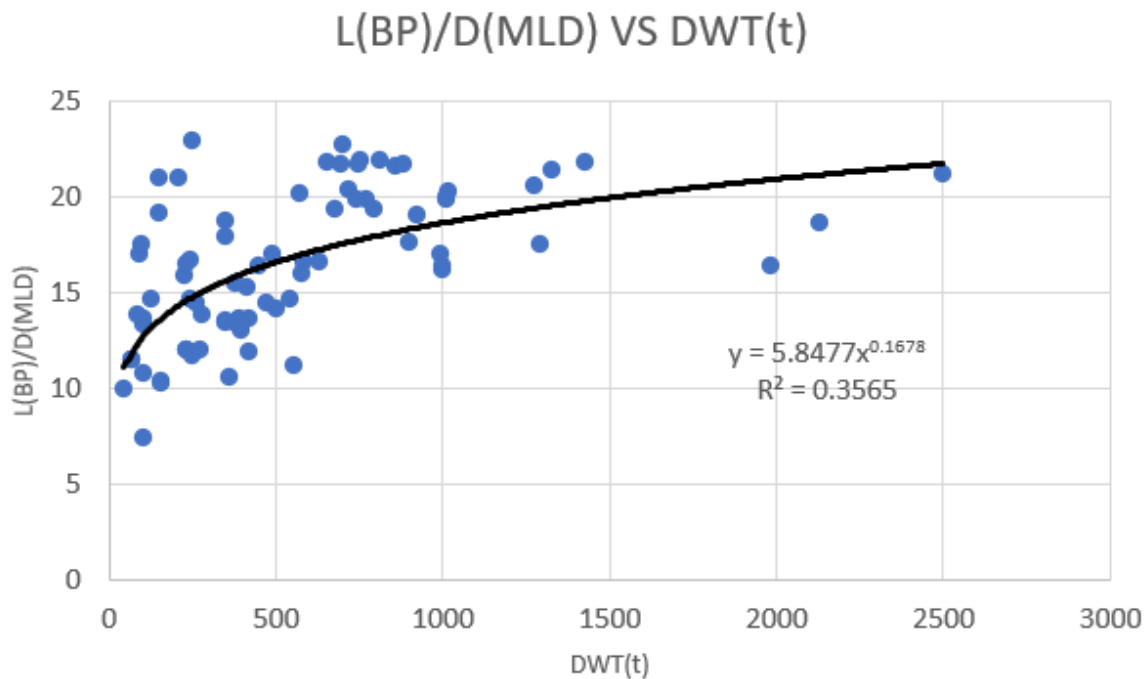
$$\Rightarrow T_{design} = 0.7 * 2.842 + 0.3 * 2.925$$

$$\Rightarrow T_{design} = 2.867 \text{ (m)}$$

### 3.5 Εκτίμηση κοίλου

Εκτίμηση του κοίλου  $D(m)$  με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης  $L/D$  συναρτήσεως του  $DWT(t)$

Η παλινδρομική ανάλυση που δίνει τη καμπύλη ελαχίστων τετραγώνων του  $L/D$  συναρτήσεως του  $DWT(t)$  παρουσιάζεται στο διάγραμμα 10:



Διάγραμμα 8: Παλινδρομική ανάλυση του λόγου μήκος μεταξύ καθέτων, κοίλο συναρτήσεως του πρόσθετου βάρους

Η σχέση που δίνει το λόγο  $L_{BP}/D_{MLD}$  συναρτήσεως του  $DWT$  είναι:

$$\frac{L_{BP}}{D_{MLD}} = 5.8477 * DWT^{0.1678}$$

Με δεδομένα τα  $L_{BP} = 70.741 (m)$ ,  $DWT = 710 (t)$  έχουμε:

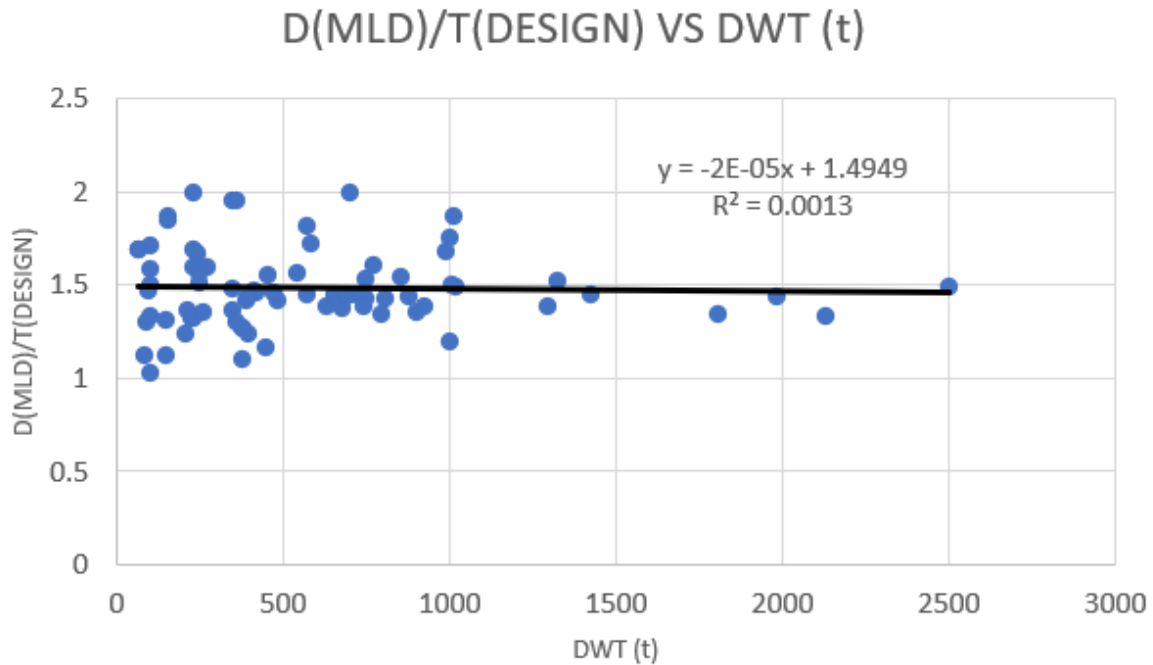
$$\Rightarrow \frac{70.741}{D_{MLD}} = 5.8477 * 710^{0.1678}$$

$$\Rightarrow D_{MLD} = \frac{70.741}{5.8477 * 710^{0.1678}}$$

$$\Rightarrow D_{MLD} = 4.020 (m)$$

Εκτίμηση του κοίλου D(m) με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης D/T συναρτήσει του DWT (t)

Η καμπύλη που περιγράφει βέλτιστα τη σχέση  $D_{MLD}/T_d$  συναρτήσει του DWT (t) παρουσιάζεται στο διάγραμμα 9:



Διάγραμμα 9: Παλινδρομική ανάλυση του λόγου κοίλο προς βύθισμα σχεδίασης, συναρτήσει του πρόσθετου βάρους

Η σχέση που μπορούμε να εξάγουμε από το διάγραμμα 9 είναι:

$$\frac{D_{MLD}}{T_d} = -2 * 10^{-5} * DWT + 1.4949$$

$$\Rightarrow D_{MLD} = (-2 * 10^{-5} * DWT + 1.4949) * T_d$$

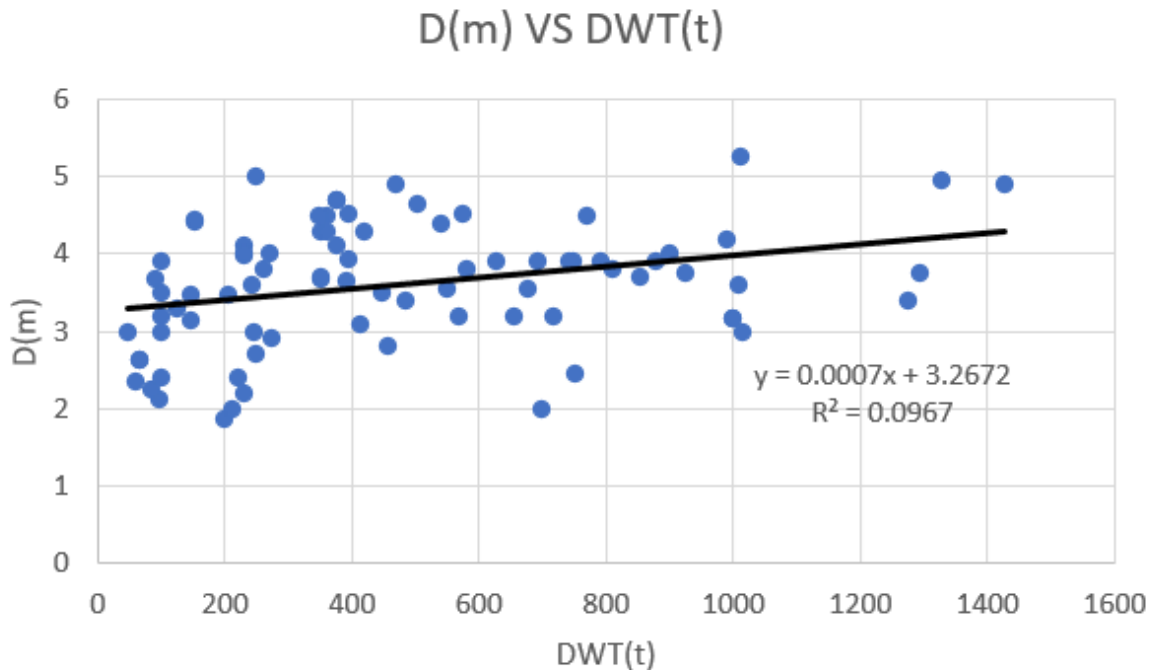
Έχοντας δεδομένες τις τιμές  $T_{design} = 2.867 (m)$ ,  $DWT = 710 (t)$ , λαμβάνουμε:

$$\Rightarrow D_{MLD} = (-2 * 10^{-5} * 710 + 1.4949) * 2.867$$

$$\Rightarrow D_{MLD} = 4.245 (m)$$

### Εκτίμηση του κοίλου D(m) με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης του κοίλου D(m) συναρτήσει του DWT (t)

Η σχέση του κοίλου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους δεν είναι ο ιδανικός τρόπος προσδιορισμού του κοίλου. Ωστόσο θα χρησιμοποιηθεί, για να επαληθεύσουμε τα αποτελέσματα των άλλων μεθόδων υπολογισμού του κοίλου.



Διάγραμμα 10: Παλινδρομική ανάλυση του κοίλου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους

Από το διάγραμμα 10 μπορούμε να αντλήσουμε τη πληροφορία ότι:

$$D_{MLD} = 0.0007 * DWT + 3.2672$$

Για  $DWT = 710$  (t) έχουμε:

$$\Rightarrow D_{MLD} = 0.0007 * 710 + 3.2672$$

$$\Rightarrow D_{MLD} = 3.764 \text{ (m)}$$

Η επιλογή του κοίλου θα γίνει με σημαντικό συντελεστή βαρύτητας στις μεθόδους με χρήση του  $D_{MLD}$  VS  $DWT$ . Συνεπώς η τιμή του κοίλου που λήφθηκε από τη παλινδρομική ανάλυση κοίλου-πρόσθετου βάρους θα χρησιμοποιηθεί με συντελεστή βαρύτητας 50%, έτσι έχουμε:

$$D_{MLD} = 0.25 * D_{\bar{D}-DWT} + 0.25 * D_{\bar{T}-DWT} + 0.5 * D_{D-DWT}$$

$$\Rightarrow D_{MLD} = 3.888 \text{ (m)}$$

### 3.6 Υπολογισμός κυβικού συντελεστή και αριθμού Froude

Υπολογισμός αριθμού Froude:  $F_n = V_d / \sqrt{L_{BP} * g}$

Γνωρίζουμε ότι:  $V_d = 14 \text{ (Kn)}$ ,  $L_{BP} = 70.741 \text{ (m)}$ ,  $g = 9.807 \text{ m/s}^2$

$$\Rightarrow F_n = 14 * 0.5144 \text{ (m/s)} / \sqrt{70.741 * 9.807}$$

$$\Rightarrow F_n = 0.273$$

Υπολογισμός κυβικού συντελεστή:  $C_B = \frac{\nabla}{L_{BP} * B_{MLD} * T_{design}}$

Γνωρίζουμε ότι:  $\nabla = 1551.846 \text{ (m}^3\text{)}$ ,  $L_{BP} = 70.741 \text{ (m)}$ ,  $B_{MLD} = 15.545 \text{ (m)}$ ,  $T_{design} = 2.867 \text{ (m)}$

$$\Rightarrow C_B^{@D} = \frac{1551.846}{70.741 * 15.545 * 2.867} = 0.492$$

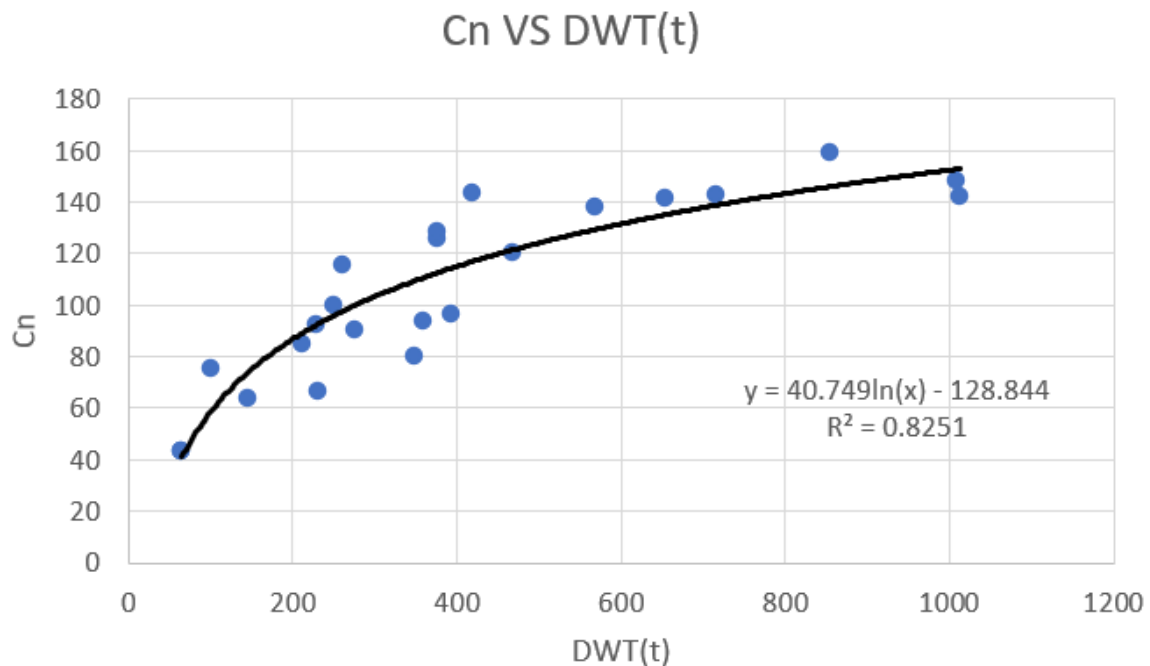
$$C_B^{@D} = 0.492$$

### 3.7 Προεκτίμηση ισχύος προωστήριας εγκατάστασης με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης του συντελεστή Αγγλικού ναυαρχείου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους

Με τον υπολογισμό του συντελεστή του Αγγλικού Ναυαρχείου για κάθε πλοίο της βάσης δεδομένων (πίνακας 1), μπορούμε να κατασκευάσουμε μια παλινδρομική ανάλυση συναρτήσει του εκάστοτε πρόσθετου βάρους. Ο συντελεστής Αγγλικού Ναυαρχείου δίνεται από την εξής σχέση:

- $C_n = \Delta^{2/3} * V^3 / P$ 
  - $\Delta$ : Το εκτόπισμα του πλοίου σε τόνους [t]
  - $V$ : Η υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου σε [Kn]
  - $P$ : Η συνολική ισχύς της προωστήριας εγκατάστασης του πλοίου σε [PS]

Η παλινδρομική ανάλυση του συντελεστή ναυαρχείου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους παρουσιάζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί. (Διάγραμμα 11)



Διάγραμμα 11: Παλινδρομική ανάλυση του συντελεστή Αγγλικού Ναυαρχείου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους

Η σχέση που δίνει το συντελεστή ναυαρχείου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους από παλινδρομική ανάλυση είναι:

$$C_n = 40.749 * \ln(DWT) - 128.844$$

Για δεδομένο  $DWT = 710$  (t) έχουμε:

$$\begin{aligned} \Rightarrow C_n &= 40.749 * \ln(710) - 128.844 \\ \Rightarrow C_n &= 138.684 \end{aligned}$$

Χρησιμοποιώντας αντίστροφα τον συντελεστή Αγγλικού Ναυαρχείου, μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ της προωστήριας εγκατάστασης ως εξής:

$$C_n = \Delta^{2/3} * V^3 / P$$

$$\Rightarrow P = \Delta^{2/3} * V^3 / C_n$$

Για  $\Delta = 1590.642$  (t),  $V_d = 14$  Kn,  $C_n = 138.684$ , έχουμε:

$$\Rightarrow P = 1590.642^{2/3} * 14^3 / 138.684$$

$$\Rightarrow P = 2696.120 \text{ [PS]}$$

$$\Rightarrow P = 1997.130 \text{ [KW]}$$



## Κεφάλαιο 4: Προκαταρκτική σχεδίαση χώρου στάθμευσης και τελική επιλογή κύριων διαστάσεων

Για τη τελική επιλογή των κύριων διαστάσεων θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η διαρρύθμιση του χώρου των οχημάτων. Γι' αυτό θα δημιουργηθεί ένα προκαταρκτικό σχέδιο διάταξης του χώρου στάθμευσης των οχημάτων, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ο χώρος βέλτιστα. Για τη δημιουργία του σχεδίου αυτού θα χρησιμοποιηθεί το σχέδιο γενικής διάταξης του πατρικού πλοίου που επιλέχθηκε.

Το μέσο πλάτος κάθε αυτοκινήτου είναι  $\bar{B}_{car} = 2$  (m) συμπεριλαμβανομένου του χώρου διέλευσης. Το πλάτος του πλοίου που υπολογίσαμε με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης είναι  $B_{MLD} = 15.545$  (m). Επιπρόσθετα υποθέτουμε ότι το πάχος των ενισχυτικών της πλευράς είναι ίσο με 600 χιλιοστά συνολικά. Έτσι ο αριθμός σειρών που μπορεί να έχει το πλοίο για αυτοκίνητα είναι:

- $Car\ Lanes = \frac{B_{MLD} - \text{πάχος ενισχυτικών}}{\bar{B}_{car}} = \frac{15.545 - 0.6}{2} = 7.472$ , (σειρές αυτοκινήτων)

Οι διαθέσιμες επιλογές πλάτους είναι:

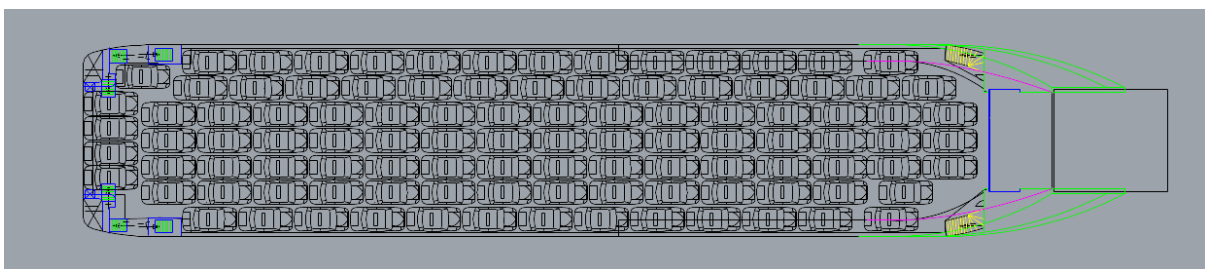
Για 8 σειρές αυτοκινήτων:  $B_{MLD} = 8 * 2 + 0.6 = 16.6$  (m)

Για 7 σειρές αυτοκινήτων:  $B_{MLD} = 7 * 2 + 0.6 = 14.6$  (m)

Επιλέγουμε 7 σειρές αυτοκινήτων, έτσι ώστε το πλάτος να είναι πλησιέστερα στο πλάτος που υπολογίσαμε με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης (Κεφάλαιο 3.3).

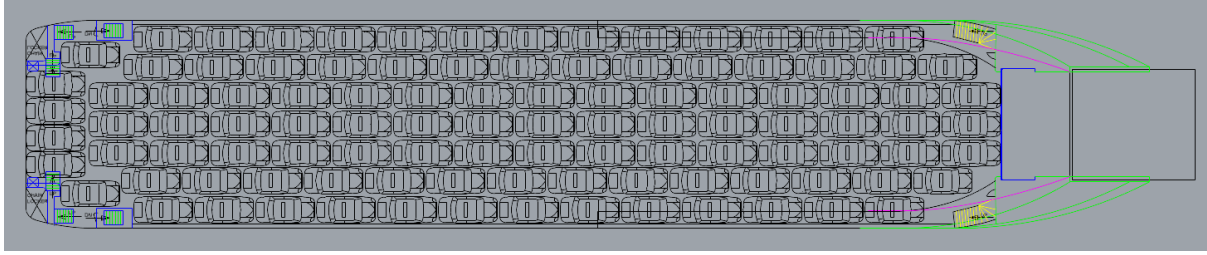
Άρα επιλέγουμε:  $B_{MLD} = 14.6$  (m)

Συνεπώς θα κατασκευάσουμε ένα προκαταρκτικό σχέδιο γενικής διάταξης του χώρου στάθμευσης με πλάτος  $B_{MLD} = 14.6$  μέτρα και μήκος μεταξύ καθέτων  $L_{BP} = 72.111$  (m).



Σχέδιο 1: Κάτοψη χώρου στάθμευσης για πλοίο με μήκος  $L_{BP} = 71.74$  (m) και πλάτος  $B_{MLD} = 14.6$  (m). Το κάθε I.X. αναπαριστά αυτοκίνητο I.X. με μήκος 4.3 μέτρα και πλάτος 2 μέτρα.

Με το σχέδιο 1 καταλήξαμε στο ότι το υπό σχεδίαση πλοίο μπορεί να φιλοξενήσει έως 106 αυτοκίνητα. Για να βελτιστοποιήσουμε τη χωρητικότητα του πλοίου θα μειώσουμε το μήκος έτσι ώστε να τοποθετηθούν 105 αυτοκίνητα I.X. χωρίς να υπάρχει αναξιόπιστος χώρος έως τη μπουκαπόρτα. Το σχέδιο του χώρου στάθμευσης παρουσιάζεται στο σχέδιο 2:



Σχέδιο 2: Κάτοψη χώρου στάθμευσης για πλοίο με μήκος  $L_{BP} = 70.621$  (m) και πλάτος  $B_{MLD} = 14.6$  (m). Το κάθε αυτοκίνητο I.X. με μήκος 4.3 μέτρα και πλάτος 2 μέτρα.

#### 4.1 Επανεκτίμηση κύριων διαστάσεων με βάση το νέο μήκους-πλάτος

Το νέο μήκος, πλάτος που λήφθηκε από τη βελτιστοποίηση του χώρου στάθμευσης είναι:  $L_{BP} = 70.621$  (m),  $B_{MLD} = 14.6$  (m),  $DWT = 710$  (t).

Επανεκτίμηση βυθίσματος:

Το βύθισμα σχεδίασης θα επανεκτιμηθεί με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης. Ο τύπος που δίνει το λόγο  $B_{MLD}/T_{DESIGN}$  συναρτήσει του πρόσθετου βάρους είναι:

- Από Κεφάλαιο 3.3, διάγραμμα 6 λαμβάνουμε την εξής σχέση υπολογισμού του βυθίσματος σχεδίασης:

$$\frac{B_{MLD}}{T_{DESIGN}} = 5.3545 * e^{0.00003 * DWT}$$

Γνωρίζουμε ότι  $DWT = 710$  (t) και  $B_{MLD} = 14.6$  (m) έτσι έχουμε:

$$\Rightarrow \frac{B_{MLD}}{T_{DESIGN}} = 5.3545 * e^{0.00003 * DWT}$$

$$\Rightarrow T_{DESIGN} = \frac{14.6}{5.3545 * e^{0.00003 * 710}}$$

$$\Rightarrow T_{DESIGN} = 2.669$$
 (m)

- Επιπρόσθετα από το Κεφάλαιο 3.3, διάγραμμα 7 γνωρίζουμε τη σχέση που συνδέει το βύθισμα σχεδίασης με το πρόσθετο βάρος αυτή είναι:

$$T_{DESIGN} = 0.3802 * \ln(DWT) + 0.4286$$

Γνωρίζουμε ότι  $DWT = 710$  (t), συνεπώς:

$$\Rightarrow T_{DESIGN} = 0.3802 * \ln(710) + 0.4286$$

$$\Rightarrow T_{DESIGN} = 2.925$$
 (m)

Για την τελική επιλογή του βυθίσματος αρκεί να υπολογίσουμε το μέσο όρο των δύο μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν.

$$T_{DESIGN} = (T_{DESIGN}^{\frac{B}{T} VS DWT} + T_{DESIGN}^{T VS DWT}) / 2$$

$$\Rightarrow T_{DESIGN} = (2.925 + 2.669) / 2$$

$$\Rightarrow T_{DESIGN} = 2.791$$
 (m)

#### Επανεκτίμηση κοίλου με παλινδρομικές αναλύσεις:

- Από Διάγραμμα 8 λαμβάνουμε την εξής σχέση υπολογισμού του κοίλου:

$$D_{MLD} = 0.0007 * DWT + 3.2672$$
$$\Rightarrow D_{MLD} = 3.764 \text{ (m)}$$

- Από Διάγραμμα 9 λαμβάνουμε την εξής σχέση υπολογισμού του κοίλου:

$$\frac{D_{MLD}}{T_d} = -0.00002 * DWT + 1.4949$$
$$\Rightarrow D_{MLD} = 4.133 \text{ (m)}$$

- Από Διάγραμμα 10 λαμβάνουμε την εξής σχέση υπολογισμού του κοίλου:

$$\frac{L_{BP}}{D_{MLD}} = 5.8477 * DWT^{0.1678}$$
$$\Rightarrow D_{MLD} = 4.013 \text{ (m)}$$

Επιλέγουμε:

$$D_{MLD} = 3.880 \text{ (m)}$$

#### Επανεκτίμηση αριθμού Froude:

$$F_n = V_d / \sqrt{L_{BP} * g}$$
$$\Rightarrow F_n = 0.274$$

## 4.2 Συγκεντρωτικά οι κύριες διαστάσεις, συντελεστές μορφής και ισχύς πρόωσης

Πλοίο/ Χαρακτηριστικά	Υπό σχεδίαση	Πατρικό
$\Delta$ (t)	1590.642	1196.81
DWT (t)	710	578.72
$L_{BP}$ (m)	70.621	57.17
$B_{MLD}$ (m)	14.6	14.45
$T_{design}$ (m)	2.791	2.402
$D_{MLD}$ (m)	3.888	3.4
$C_B^{@D}$	0.539	0.588
$P$ (KW)	1997.13	1472
$F_n$	0.274	0.304
$DWT/\Delta$	0.446	0.484
$L_{BP}/\nabla^{\frac{1}{3}}$	6.100	5.429
$L_{BP}/B_{MLD}$	4.837	3.956

$B_{MLD}/T_{design}$	5.231	6.016
$L_{BP}/D_{MLD}$	18.164	16.815
$D_{MLD}/T_{design}$	1.393	1.415
$C_n$	138.684	154.555
Πίνακας 2: Σύγκριση του υπό σχεδίαση πλοίου με το πατρικό		

## Κεφάλαιο 5: Υπολογισμός βάρους άφορτου σκάφους

Το βάρος του άφορτου σκάφους απαρτίζεται από:

- Βάρος μεταλλικής κατασκευής
- Βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης, το οποίο αναλύεται περαιτέρω στις εξής κατηγορίες:
  - Βάρος κύριας μηχανής
  - Βάρος ελίκων
  - Βάρος αξόνων
  - Βάρος ηλεκτρογεννητριών
  - Βάρος βοηθητικών μηχανημάτων
  - Βάρος γεννήτριας εκτάκτου ανάγκης
- Βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού, το οποίο απαρτίζεται από:
  - Βάρος εξαρτισμού
  - Βάρος κλιματισμού
  - Βάρος σωληνώσεων
  - Βάρος ηλεκτρικού δικτύου

### 5.1 Υπολογισμός βάρους μεταλλικής κατασκευής με χρήση της μεθόδου του Watson

Η μέθοδος του *Watson* χρησιμοποιεί την υπόθεση ότι το βάρος της μεταλλικής κατασκευής μπορεί να υπολογισθεί με βάση τον δείκτη εξοπλισμού  $E_N$  (*Equipment Numerical*) του πλοίου κατά *Lloyds Register* (1976) [8]:

$$E_N = L_{BP} * (B_{MLD} + T_D) + 0.8 * L_{BP} * (D_{MLD} - T_D) + 0.85 * \sum_{l=1}^{N_1} h_1 * l_1 + 0.75 * \sum_{l=1}^{N_2} h_2 * l_2$$

Όπου:

- $N_1, h_1, l_1$ : Ο αριθμός, ύψος και μήκος των υπερστεγασμάτων (πλάτος έως  $0.92 * B_{MLD}$ )
- $N_2, h_2, l_2$ : Ο αριθμός, ύψος και μήκος των υπερκατασκευών (πλάτος μεγαλύτερο από  $0.92 * B_{MLD}$ )

Από το κεφάλαιο 4.1 γνωρίζουμε τα  $L_{BP}, B_{MLD}, T_D, D_{MLD}$ . Επιπρόσθετα το μήκος και το ύψος των υπερκατασκευών και υπερστεγασμάτων μπορεί να μετρηθεί από το σχέδιο γενικής διάταξης Κεφάλαιο 11.

Το πλάτος του κλειστού χώρου είναι  $b_{Saloon} = 11.114$  (m). Ο λόγος  $\frac{b_{Saloon}}{B}$  είναι:

$$\frac{b_{Saloon}}{B} = \frac{11.114}{14.6} = 0.761$$

Ο λόγος  $\frac{b_{Saloon}}{B} < 0.92$ , έτσι ο χώρος των επιβατών θεωρείται υπερκατασκευάσιμα. Έτσι ο  $E_N$  είναι:

$$\Rightarrow E_N = 70.621 * (14.6 + 2.791) + 0.8 * 70.621 * (3.880 - 2.791) + 0.85 * h_1 * l_1$$

Τα  $h_1, l_1$  μπορούν να μετρηθούν από το σχέδιο γενικής διάταξης (Κεφάλαιο 11). Οι τιμές που μετρήθηκαν είναι:  $h_1 = 2.5$  (m) και  $l_1 = 35.464$  (m). Συνεπώς έχουμε:

$$\begin{aligned} \Rightarrow E_N &= 70.621 * (14.6 + 2.791) + 0.8 * 70.621 * (3.880 - 2.791) + 0.85 * 35.464 * 2.5 \\ &\Rightarrow E_N = 1365.056 \end{aligned}$$

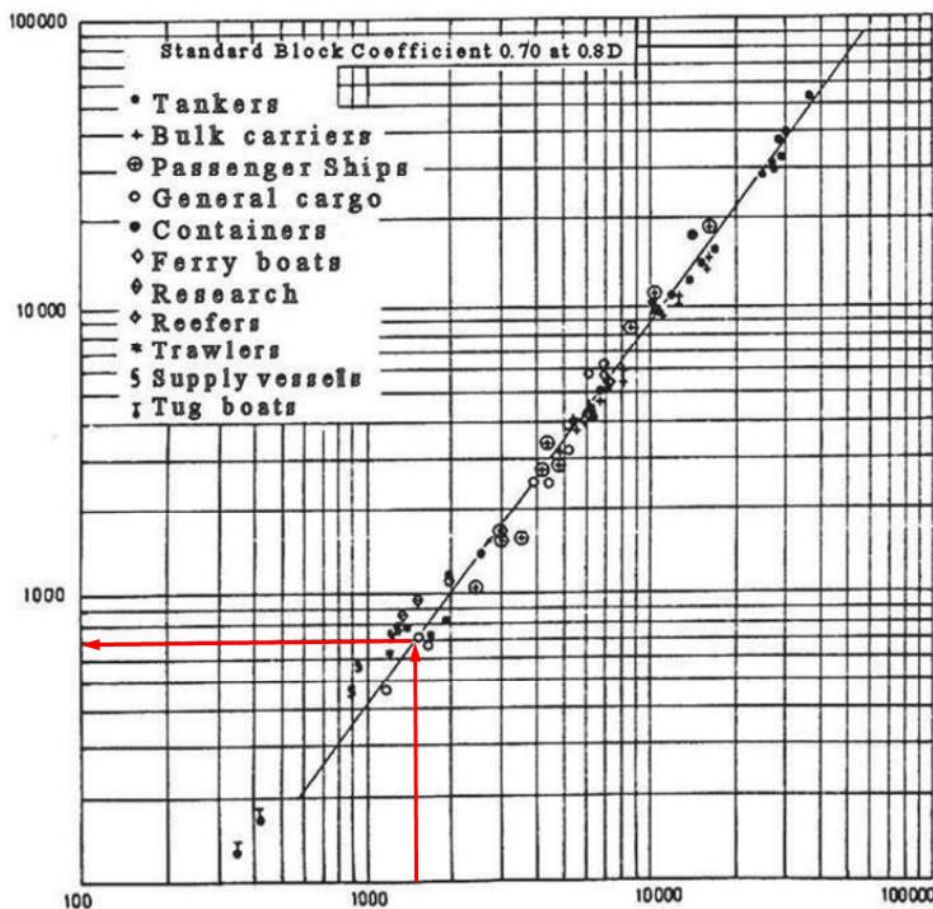
Στη συνέχεια πρέπει να υπολογίσουμε το κυβικό συντελεστή για  $T = 0.8 * D$ . Από το κεφάλαιο δημιουργίας του τρισδιάστατου μοντέλου και υπολογισμού των υδροστατικών μεγεθών Κεφάλαιο 10, 13, μπορούμε να λάβουμε τη τιμή αυτή με άριστη ακρίβεια. Ο κυβικός συντελεστής για βύθισμα  $0.8 * D$  είναι:

$$C_B^{0.8 * D} = 0.629$$

Όταν το  $C_B^{0.8 * D} \neq 0.7$  το βάρος της μεταλλικής κατασκευής υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$(W_{ST}) = (W_{ST}^*) * (1 + 0.5 * (C_B^{0.8 * D} - 0.7))$$

Όπου το  $(W_{ST}^*) = f(E_N)$  από το διάγραμμα 12.



Διάγραμμα 12: Βάρος μεταλλικής κατασκευής  $W_{ST}$  συναρτήσει του δείκτη εξοπλισμού  $E_N$  κατά Watson. Πηγή: [6]

Συνεπώς λαμβάνουμε τη πληροφορία ότι  $(W_{ST}^*) = 700 (t)$ . Έτσι έχουμε:

$$\begin{aligned}\Rightarrow (W_{ST}) &= (W_{ST}^*) * (1 + 0.5 * (C_B^{0.8 * D} - 0.7)) \\ \Rightarrow (W_{ST}) &= 700 * (1 + 0.5 * (0.629 - 0.7)) \\ \Rightarrow W_{ST} &= 675.008 (t)\end{aligned}$$

## 5.2 Υπολογισμός βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού

### Βάρος εξαρτισμού

Το βάρος εξαρτισμού χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των συστημάτων αγκύρωσης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης. Γνωρίζοντας λοιπόν ποια εξαρτήματα απαιτούνται μπορούμε κατ' ακολουθίαν να υπολογίσουμε το βάρος τους. [15]

Σύμφωνα με τον 'IACS 2005-Requirements concerning MOORING, ANCHORING AND TOWING-Paragraph A1.2' [25], ο δείκτης εξαρτισμού δίνεται από τη σχέση:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 * B * H + 0.1 * A^{SIDE}$$

Όπου:

- $\Delta = 1590.642 (t)$ : Το εκτόπισμα του πλοίου
- $B = 14.6 (m)$ : Το μέγιστο πλάτος του πλοίου
- $H$ : Το ενεργό ύψος από την ίσαλο σχεδίασης έως το μέγιστο ύψος της υψηλότερης υπερκατασκευής.
- $A^{SIDE}$ : Η πλευρική επιφάνεια εξάλων και υπερκατασκευών στο βύθισμα θέρους

Ο υπολογισμός του  $H$ ,  $A$  θα γίνει μέσω του σχεδίου γενικής διάταξης (Κεφάλαιο 11)

Από το σχέδιο γενικής διάταξης υπολογίζουμε:

$$H = 8.689 (m)$$

Αντίστοιχα με το ύψος  $H$ , μπορούμε να υπολογίσουμε από το σχέδιο γενικής διάταξης την πλευρική επιφάνεια του πλοίου. Η πλάγια όψη του πλοίου έχει παρουσιασθεί στο (Κεφάλαιο 11)

$$A_{SIDE} = 454.670 m^2$$

Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τον δείκτη εξαρτισμού:

$$\begin{aligned}EN &= 1590.642^{2/3} + 2 * 14.6 * 8.689 + 0.1 * 454.670 \\ \Rightarrow EN &= 435.413\end{aligned}$$

Για τον υπολογισμό του βάρους του εξαρτισμού θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος από τη διδακτορική διατριβή [9].

$$\begin{aligned}W_{EN} &= 6.549 * 10^{-2} * EN + 4.101 \\ \Rightarrow W_{EN} &= 32.619 (t)\end{aligned}$$

### Βάρος κλιματισμού

Το βάρος της εγκατάστασης του κλιματισμού διακρίνεται σε:

- Κλιματισμός καμπινών πληρώματος
- Κλιματισμός σαλονιού επιβατών
- Κλιματισμός χώρου εργασίας πληρώματος

Οι τύποι για κάθε ένα από τα διαμερίσματα είναι από τη διδακτορική διατριβή του Σωτήριου Σκούπα [27].

#### Κλιματισμός καμπινών πληρώματος

Ο τύπος που υπολογίζει το βάρος της εγκατάστασης κλιματισμού στο χώρο των καμπινών του πληρώματος είναι:

$$W_A = 0.000434 * F_A + 0.946$$

Όπου  $F_A$  η παροχή αέρα ανά άτομο. Για χαμηλό επίπεδο άνεσης ο συντελεστής  $F_A$  λαμβάνει τη τιμή:  $F_A = 7 \frac{lt}{s*people}$ . Υποθέτουμε ότι το πλοίο θα διαθέτει 5 καμπίνες πληρώματος για 7 άτομα (μία καμπίνα παραπάνω από το πατρικό). Συνεπώς μπορούμε να εκτιμήσουμε το βάρος της εγκατάστασης κλιματισμού στις καμπίνες του πληρώματος.

$$\begin{aligned} W_A &= 0.000434 * 7 * 10 + 0.946 \\ &\Rightarrow W_A = 0.976 (t) \end{aligned}$$

#### Κλιματισμός σαλονιού επιβατών

Ο τύπος που υπολογίζει το βάρος της εγκατάστασης κλιματισμού στο χώρο του σαλονιού των επιβατών είναι:

$$W_B = 0.000399 * F_B + 0.824$$

Γνωρίζουμε ότι στο σαλόνι των επιβατών θα φιλοξενούνται έως 350 άτομα. Επιπρόσθετα επιλέγεται χαμηλό επίπεδο άνεσης. Συνεπώς αντίστοιχα με  $F_A$ , έχουμε:

$$\begin{aligned} \Rightarrow W_B &= 0.000399 * 350 * 7 + 0.824 \\ &\Rightarrow W_B = 1.801 (t) \end{aligned}$$

#### Κλιματισμός χώρου εργασίας πληρώματος

Ο τύπος που υπολογίζει το βάρος της εγκατάστασης κλιματισμού στο χώρο εργασίας του πληρώματος είναι:

$$W_C = 0.000208 * F_C + 0.507$$

Υποθέτουμε ότι ο χώρος εργασίας του πληρώματος φιλοξενεί συνολικά 10 άτομα. Επιπρόσθετα επιλέγουμε χαμηλό επίπεδο άνεσης, έτσι:

$$\begin{aligned} \Rightarrow W_C &= 0.000208 * 7 * 10 + 0.507 \\ &\Rightarrow W_C = 0.522 (t) \end{aligned}$$



Συνοψίζοντας το βάρος εγκατάστασης του κλιματισμού

$$W_{HVAC} = W_A + W_B + W_C$$
$$\Rightarrow W_{HVAC} = 3.299 (t)$$

Βάρος σωληνώσεων

Ο τύπος που υπολογίζει το βάρος των σωληνώσεων δίνεται από τη διδακτορική διατριβή [9].

$$W_{PIPING} = 0.03 * A_{ACC} + 0.02 * A_{GAR}$$

Όπου:

- $A_{ACC}$ : Η επιφάνεια καταστρωμάτων επιβατών
- $A_{GAR}$ : Η επιφάνεια του χώρου στάθμευσης των οχημάτων

Το  $A_{GAR}$  είναι γνωστό από τη προκαταρκτική σχεδίαση του χώρου στάθμευσης των οχημάτων, έτσι γνωρίζουμε:

$$A_{GAR} = 927.892 m^2$$

Το  $A_{ACC}$  είναι γνωστό από τη σχεδίαση του χώρου ενδιαίτησης των επιβατών (Κεφάλαιο 11), έτσι γνωρίζουμε:

$$A_{ACC} = 940.736 m^2$$

Άρα:

$$W_{PIPING} = 0.03 * A_{ACC} + 0.02 * A_{GAR}$$
$$\Rightarrow W_{PIPING} = 0.03 * 940.736 + 0.02 * 927.892$$
$$\Rightarrow W_{PIPING} = 46.78 (t)$$

Βάρος ηλεκτρικού δικτύου

Ο τύπος που μπορεί να προσεγγίσει το βάρος του ηλεκτρικού δικτύου δίνεται από τη διπλωματική εργασία [15].

$$W_{EL} = 0.02 * A_{ACC} + 0.01 * A_{GAR}$$

Με δεδομένα τα  $A_{ACC}$ ,  $A_{GAR}$  λαμβάνουμε:

$$\Rightarrow W_{EL} = 28.094 (t)$$

Τελικός υπολογισμός του βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού

Ο πίνακας που εμπεριέχει όλες τις υποομάδες βαρών της ενδιαίτησης και εξοπλισμού είναι:

Βάρος εξαρτισμού	32.619 (t)
βάρος εγκατάστασης του κλιματισμού	3.299 (t)
Βάρος σωληνώσεων	46.78 (t)
Βάρος ηλεκτρικού δικτύου	28.094 (t)
<i>Πίνακας 3: Το βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού διακριτοποιημένο σε τέσσερις κατηγορίες</i>	

Το βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού είναι:

$$W_{OUTFIT} = 32.619 + 3.299 + 46.78 + 28.094$$
$$\Rightarrow W_{OUTFIT} = 110.792 (t)$$

### 5.3 Υπολογισμός βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης

#### Βάρος κύριας μηχανής και μειωτήρα στροφών

Για τον υπολογισμό του βάρους της κύριας μηχανής θα πρέπει να συμβουλευθούμε την συνολική ισχύ που υπολογίσαμε στο Κεφάλαιο 3.7, η οποία είναι:

$$P_{ENG(OVERALL)} = 1997.130 \text{ KW}$$

Επειδή πρόκειται για πλοίο επιβατηγό οχηματογωγό, σχεδιάζεται όπως το πατρικό, δηλαδή, με δύο έλικες και δύο προωστήριες εγκαταστάσεις. Συνεπώς η ισχύς της κάθε κύριας μηχανής είναι:

$$P_{ENG} = P_{ENG(OVERALL)} / 2 = 998.565 \text{ KW}$$
$$\Rightarrow P_{ENG} = 998.565 \text{ KW}$$

Έπειτα από αναζήτηση σε ιστοσελίδες κατασκευαστών, καταλήξαμε στη χρήση δύο μονάδων της YANMAR και ειδικότερα το μοντέλο 6EY22AW με τον συνοδευόμενο εξοπλισμό YXH-2000. Επρόκειτο για ένα εξακύλινδρο σε σειρά κινητήρα, DIESEL με μέγιστη συνεχόμενη ισχύ τα 1030 KW. Ο κινητήρας αυτός έχει βάρος 12.721 τόνους. Συνεπώς έχουμε:

$$W_{ME+R.G.} = 2 * 12.721$$
$$\Rightarrow W_{ME+R.G.} = 25.442 (t)$$

#### Βάρος έλικας

Από τη διδακτορική διατριβή [9], μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο υπολογισμού του βάρους της έλικας ως εξής:

$W_{propeler} = 0.127 * D_{PROPELER}^{2.852}$ , Υποθέτουμε ότι διατηρείται το μέγεθος της προπέλας από το πατρικό πλοίο. Συνεπώς:  $D_{propeler} = 1.6 (m)$

$$\Rightarrow W_{propeler} = 0.127 * 1.6^{2.852}$$
$$\Rightarrow W_{propeler} = 0.485 (t)$$
$$\Rightarrow W_{propeler}^{OVERALL} = 0.97 (t)$$

#### Βάρος άξονα

Το βάρος του ελικοφόρου άξονα μπορεί να υπολογισθεί με τη σχέση υπολογισμού από τη διδακτορική διατριβή [9], ως εξής:

$$W_{SHAFT} = (0.096 * SHP - 33.79) * L_{SHAFT} * 10^{-3}$$

Όπου:

- $L_{SHAFT}$ : Το μήκος του ελικοφόρου άξονα (λαμβάνουμε το ίδιο μήκος με πατρικό πλοίο), δηλαδή,  $L_{SHAFT} = 6 \text{ (m)}$
- $SHP = 998.565 \text{ (KW)}$ : Η ισχύς στον άξονα της κάθε μηχανής

$$\Rightarrow W_{SHAFT} = (0.096 * 998.565 - 33.79) * 6 * 10^{-3}$$

$$\Rightarrow W_{SHAFT}^{PER\ ENG.} = 0.372 \text{ (t)}$$

$$\Rightarrow W_{SHAFT} = 0.744 \text{ (t)}$$

### Βάρος ηλεκτρογεννητριών

Για το προσδιορισμό του βάρους των ηλεκτρογεννητριών, πρέπει να υπολογίσουμε προκαταρκτικά τη ηλεκτρική ισχύ που απαιτείται για τη λειτουργία του πλοίου. Η ηλεκτρική ισχύς μπορεί να προσεγγισθεί με ικανοποιητική ακρίβεια από τον τύπο που δίδεται στη διδακτορική διατριβή του Σωτήριου Σκούπα [27], εναλλακτικά πρέπει να γίνει ηλεκτρικός ισολογισμός. Συνεπώς χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$P_{EL} = 0.175 * P_{ENG\_OVERALL}^{0.831}$$

Γνωρίζουμε ότι:

$$P_{ENG(OVERALL)} = 1997.130 \text{ KW}$$

Έτσι έχουμε:

$$\Rightarrow P_{EL} = 0.175 * 1997.130^{0.831}$$

$$\Rightarrow P_{EL} = 96.756 \text{ KW}$$

Σύμφωνα με την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ θα αναζητήσουμε 2 γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες θα μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες του πλοίου με τη μία εκ' αυτών ανενεργή. Συνεπώς χρειαζόμαστε δύο γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας με ελάχιστη παραγόμενη ισχύ τα ~100 KW εκάστη.

Από την ιστοσελίδα της *Cummins* [16], επιλέξαμε την *ONAN MARINE QD 40-110 KW GENERATOR*, η οποία έχει συνολική μάζα 1337 κιλά. Σημειώνεται ότι επιλέχθηκε η έκδοση χωρίς περίβλημα προστασίας. Συνεπώς το συνολικό βάρος των ηλεκτρογεννητριών είναι:

$$W_{ELECTRIC\ GEN} = 2 * 1.337 \text{ (t)}$$

$$\Rightarrow W_{ELECTRIC\ GEN} = 2.674 \text{ (t)}$$

### Βάρος ηλεκτρογεννήτριας εκτάκτου ανάγκης (emergency generator)

Η ηλεκτρογεννήτρια εκτάκτου ανάγκης πρέπει να έχει τη μισή ισχύ από αυτές που υπολογίσθηκαν από τον ηλεκτρολογικό ισολογισμό του πλοίου, ή αλλιώς σε αυτή τη περίπτωση αυτή που υπολογίσθηκε από εμπειρικούς τύπους. Έτσι έχουμε:

$$P_{EM-GEN} = 0.5 * P_{EL}$$

$$\Rightarrow P_{EM-GEN} = 0.5 * 96.756$$

$$\Rightarrow P_{EM-GEN} = 48.378 \text{ KW}$$

Από την ιστοσελίδα της *Cummins* επιλέξαμε τη γεννήτρια *ONAN MARINE QD 40-110 KW GENERATOR*. Ειδικότερα επιλέχθηκε η υπενδεδυμένη έκδοση καθώς η γεννήτρια αυτή θα είναι εκτεθειμένη στις καιρικές συνθήκες στο κατάστρωμα. Η μάζα της είναι:

$$W_{EM-GEN} = 1.156 \text{ (t)}$$

#### Βάρος βοηθητικών μηχανημάτων

Το βάρος των λοιπών (auxiliary) μηχανημάτων μπορεί να υπολογισθεί με τη σχέση υπολογισμού από τη διδακτορική διατριβή του Σωτήριου Σκούπα [27].

$$W_{A.M.} = 0,002 * (P_{ENG} + P_{EL})$$

Τα  $P_{ENG}$ ,  $P_{EL}$  είναι γνωστά από τον υπολογισμό του βάρους της κύριας μηχανής, ηλεκτρογεννητριών.

$$\Rightarrow W_{A.M.} = 0,002 * (1997.130 + 96.756 )$$

$$\Rightarrow W_{A.M.} = 4.188 \text{ (t)}$$

#### Τελικός προσδιορισμός βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης

Ο χωρισμός του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης του πλοίου σε επιμέρους τομείς παρουσιάζεται στον πίνακα 2.

Βάρος κύριας μηχανής και μειωτήρα στροφών	25.442 (t)
Βάρος έλικας	0.97 (t)
Βάρος άξονα	0.744 (t)
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	2.674 (t)
Βάρος ηλεκτρογεννήτριας εκτάκτου ανάγκης ( <i>emergency generator</i> )	1.156 (t)
Βάρος βοηθητικών μηχανημάτων	4.188 (t)
<i>Πίνακας 2: Το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης αναλυτικά</i>	

$$W_M = 25.442 + 0.97 + 0.744 + 2.674 + 1.156 + 4.188$$

$$\Rightarrow W_M = 35.172 \text{ (t)}$$

#### 5.4 Τελικός υπολογισμός βάρους άφορτου σκάφους

Από τα κεφάλαια 5.1, 5.2, 5.3 γνωρίζουμε ότι  $W_{ST} = 675.008 \text{ (t)}$ ,  $W_{OUTFIT} = 110.792 \text{ (t)}$ ,  $W_M = 35.172 \text{ (t)}$ .

Συνεπώς μπορούμε να υπολογίσουμε το βάρος του άφορτου σκάφους.

$$W_{LIGHTSHIP} = W_{STEEL} + W_{OUT} + W_M$$

$$\Rightarrow W_{LIGHTSHIP} = 675.008 + 110.792 + 35.172$$

$$\Rightarrow W_{LIGHTSHIP} = 820.972 (t)$$

Ωστόσο οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν δεν είναι αποκλειστικά κατασκευασμένοι για αναλυτικό υπολογισμό των επιμέρους βαρών σε επιβατηγό οχηματαγωγό πλοίο ανοικτού τύπου. Επιπρόσθετα η μέθοδος εύρεσης του βάρους της μεταλλικής κατασκευής του *Watson* (Κεφάλαιο 5.1), παρόλο που εμπεριέχει πλοία ανοικτού τύπου είναι του 1976 και δεν αντιπροσωπεύει το βάρος της μεταλλικής κατασκευής ενός σύγχρονου πλοίου.

Συνεπώς για να επαληθεύσουμε την ακρίβεια των υπολογισμών και ενδεχόμενος να διορθώσουμε το σφάλμα αυτό, επαναλαμβάνουμε όλη την αναλυτική διαδικασία υπολογισμού του βάρους του άφορτου σκάφους, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που πραγματοποιήθηκε για το υπό πατρικό πλοίο. Το πραγματικό βάρος του άφορτου πατρικού σκάφους διαιρεμένο με το αποτέλεσμα από την αναλυτική μέθοδο είναι:

$$\frac{W_{LS}^{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ}}{W_{LS}^{ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ}} = \frac{618.09}{578.083} = 1.069$$

Έτσι η απόκλιση αυτή θα χρησιμοποιηθεί για να προσανξήσουμε το βάρος του άφορτου σκάφους που υπολογίσαμε στην αρχή του παρόν κεφαλαίου (5.4).

$$W_{LIGHTSHIP} = 820.972 * 1.069$$

$$\Rightarrow W_{LIGHTSHIP} = 877.788 (t)$$

## Κεφάλαιο 6: Ανάλυση πρόσθετου βάρους

Το πρόσθετο βάρος του πλοίου αναλύεται σε κάποιες υποκατηγορίες με απώτερο σκοπό τον υπολογισμό του ωφέλιμου φορτίου (*Payload*). Αυτές είναι:

- Το βάρος καυσίμων των κύριων μηχανών
- Το βάρος καυσίμων των ηλεκτρογεννητριών
- Το βάρος των λιπαντικών (για κύρια μηχανή και ηλεκτρογεννήτριες)
- Το βάρος του γλυκού νερού
- Το βάρος των εφοδίων
- Το βάρος των επιβατών
- Το βάρος του πληρώματος
- Το βάρος του φορτίου (οχήματα)

### Βάρος καυσίμων των κύριων μηχανών

Το βάρος του καυσίμου των κύριων μηχανών υπολογίζεται με την ειδική κατανάλωση των κυρίων μηχανών. Από την ιστοσελίδα του κατασκευαστή των κύριων μηχανών που επιλέχθηκαν γνωρίζουμε ότι:  $BSFC = 200 \frac{gr}{KW \cdot h}$ . Συνεπώς το βάρος του καυσίμου των κύριων μηχανών μπορεί να υπολογισθεί από τον εξής τύπο:

$$W_{DO}^{ME} = c * P_{ME(85\%)}^{OVERALL} * BSFC * t$$

Όπου:

- $c = 1.3$  : Η προσαύξηση λόγω εφεδρείας
- $P_{ME(85\%)}^{OVERALL} = 1030 \left( \frac{KW}{eng} \right) * 2 (eng) * 0.85 = 1751 (KW)$ , στο 85% της μέγιστης ισχύος
- $t = \text{χρόνος ταξιδιού} = 150 \text{ ώρες}$
- $BSFC = 200 \frac{gr}{KW \cdot h}$

Έτσι το βάρος των καυσίμων των κύριων μηχανών είναι:

$$W_{DO}^{ME} = 1.3 * 1751 * 200 * 150 * 10^{-6}$$

$$\Rightarrow W_{DO}^{ME} = 68.289 (t)$$

### Βάρος καυσίμων ηλεκτρογεννητριών

Η διαδικασία υπολογισμού του βάρους καυσίμου των ηλεκτρογεννητριών είναι ίδια με αυτή για τον υπολογισμό των καυσίμων της κύριας μηχανής. Ωστόσο δεν μπορεί να παραληφθεί ο χρόνος αναμονής στους λυμένες. Από την ιστοσελίδα των κατασκευαστών των ηλεκτρογεννητριών που επιλέχθηκαν γνωρίζουμε ότι  $BSFC_{EL.GEN} = 200 \frac{gr}{KW \cdot h}$ . Έτσι η σχέση που δίνει το βάρος των καυσίμων για τις ηλεκτρογεννήτριες δίνεται από τη διδακτορική διατριβή [9]:

$$W_{DO}^{EL.GEN} = c * BSFC_{EL.GEN} * (P_{EL} * t + 0.5 * P_{EL} * t_{port})$$

Όπου:

- $BSFC_{EL.GEN} = 200 \frac{gr}{KW \cdot h}$
- $c = 1.3$  : Η προσαύξηση λόγω εφεδρείας
- $P_{EL} = 96.756 KW$ , η ηλεκτρική ισχύς (Κεφάλαιο 5)
- $t = 150 h$ , από απαιτήσεις σχεδίασης
- $t_{port} = 15 min/stop$ , Ο χρόνος αναμονής στον λιμένα. Σε 150 ώρες ταξιδιού θα γίνουν 149 στάσεις (1 ώρα ανα ταξίδι). Άρα  $t_{port} = 37.25 hours$

$$\Rightarrow W_{DO}^{EL.GEN.} = 1.3 * 200 * 10^{-6} * (96.756 * 150 + 0.5 * 96.756 * 37.25)$$

$$\Rightarrow W_{DO}^{EL.GEN.} = 4.215 (t)$$

### Βάρος λιπαντικών

Το βάρος των λιπαντικών μπορεί να υπολογισθεί με χρήση του τύπου από τη διδακτορική διατριβή [9], ως εξής:

$$W_{LO} = c * \{ [P_{ME(85\%)}^{OVERALL} + P_{EL}] * BSFC_{LO} * t + 0.5 * P_{EL} * BSFC_{LO} * t_p \} * 10^{-6}$$

Οπου:

- $c = 1.3$  : Η προσαύξηση λόγω εφεδρείας
- $P_{EL} = 96.756 KW$ , η ηλεκτρική ισχύς (Κεφάλαιο 5)
- $t = 150 h$ , από απαιτήσεις σχεδίασης
- $t_{port} = 15 min/stop$ , Ο χρόνος αναμονής στον λιμένα. Σε 150 ώρες ταξιδιού θα γίνουν 149 στάσεις (1 ώρα ανα ταξίδι). Άρα  $t_{port} = 37.25 hours$
- $BSFC_{LO} = 0.8 \frac{gr}{KW \cdot h}$ , η ειδική κατανάλωση λαδιού από τους ηλεκτροκινητήρες
- $P_{ME(85\%)}^{OVERALL} = 1030 \left( \frac{KW}{eng} \right) * 2 (eng) * 0.85 = 1751 (KW)$ , στο 85% της μέγιστης ισχύος

$$\Rightarrow W_{LO} = c * \{ [P_{ME(85\%)}^{OVERALL} + P_{EL}] * BSFC_{LO} * t + 0.5 * P_{EL} * BSFC_{LO} * t_p \} * 10^{-6}$$

$$\Rightarrow W_{LO} = 1.3 * \{ [1751 + 96.7568] * 0.8 * 150 + 0.5 * 96.756 * 0.8 * 15 \} * 10^{-6}$$

$$\Rightarrow W_{LO} = 0.289 (t)$$

Αυτή η ποσότητα λαδιού είναι η ελάχιστη που ανακυκλώνεται στη διάρκεια των 150 ωρών ταξιδιού και των 37.25 ωρών στο λιμάνι. Συνεπώς δεν αντιστοιχεί στη πραγματική ποσότητα λαδιού. Έτσι επιλέγουμε ως βάρος λιπαντικών:

$$\Rightarrow W_{LO} = 2 (t)$$

### Βάρος γλυκού νερού

Το βάρος του γλυκού νερού θα υπολογισθεί με ένα συντελεστή βάρους γλυκού νερού ανά επιβάτη του πατρικού πλοίου. Ο συντελεστής αυτός είναι:

$$W_{FRESH WATER} = 0.0869 t/Passenger$$

$$W_{FRESH WATER} = 0.0869 \left( \frac{t}{Passenger} \right) * 700 (Passenger) * 1.3 (30\% \text{ εφερδία})$$

$$\Rightarrow W_{FRESH WATER} = 79.079 (t)$$

### Βάρος εφοδίων

Το βάρος των εφοδίων μπορεί να υπολογισθεί με τον ίδιο τρόπο που υπολογίστηκε το βάρος του γλυκού νερού, δηλαδή, με χρήση συντελεστή από το πατρικό πλοίο, έτσι έχουμε:

$$W_{PROVISIONS} = 0.006667 \text{ t/Passenger}$$
$$\Rightarrow W_{PROVISIONS} = 0.006667 \frac{t}{Passenger} * 700 (\text{passenger})$$
$$\Rightarrow W_{PROVISIONS} = 4.667 (t)$$

### Βάρος επιβατών

Το μέσο βάρος κάθε ανθρώπου είναι 75 κιλά. Επιπρόσθετα εκτιμάται ότι σε ταξίδια μικρών αποστάσεων όπως αυτό που σχεδιάζεται το πλοίο, το βάρος των αποσκευών του κάθε επιβάτη είναι 10 κιλά. Συνεπώς μπορούμε να υπολογίσουμε το βάρος των επιβατών ως εξής:

$$W_{PASSENGER} = 700(\text{passengers}) * (0.075 \left(\frac{t}{\text{passenger}}\right) + 0.001 * \left(\frac{t}{\text{passenger}}\right))$$
$$\Rightarrow W_{PASSENGER} = 59.5 (t)$$

### Βάρος πληρώματος

Βάση κανονισμού το απαιτούμενο πλήθος πληρώματος είναι δέκα. Υποθέτοντας ότι το βάρος του κάθε μέλους του πληρώματος μαζί με τις αποσκευές του είναι 100 κιλά, έχουμε:

$$W_{CREW} = 10 (PPL) * 0.1 \left(\frac{t}{PPL}\right)$$
$$\Rightarrow W_{CREW} = 1(t)$$

### Βάρος φορτίου

Για να υπολογίσουμε το βάρος του φορτίου, πρέπει αρχικά να βρούμε το σενάριο φόρτωσης με τη μεγαλύτερη μάζα. Οι διαστάσεις και τα βάρη των φορτηγών, αυτοκινήτων παρουσιάζονται στον πίνακα 3:

	Αυτοκίνητα I.X. (ανά μονάδα)	Φορτηγά (ανά μονάδα)
Μάζα (t)	1.8	20
Μήκος (m)	4.3	12.1
Πλάτος (m)	2	2.8

*Πίνακας 3: Μέσο βάρος, μήκος, πλάτος αυτοκινήτων I.X. και φορτηγών*

Από τον πίνακα 3 μπορούμε να εξάγουμε τη πληροφορία ότι:

$$\frac{W_{CAR}}{m^2} = 1.8 / (4.3 * 2) \Rightarrow W_{CAR} = 0.209 \text{ t/m}^2$$

$$\frac{W_{truck}}{m^2} = \frac{20}{12.1 * 2.8} \Rightarrow W_{truck} = 0.590 \text{ t/m}^2$$



Συνεπώς είναι προφανές ότι η κατάσταση φόρτωσης με το μέγιστο βάρος φορτίου είναι για μέγιστη χωρητικότητα φορτηγών. Από το προκαταρκτικό σχέδιο γενικής διάταξης μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι ο μέγιστος αριθμός φορτηγών είναι 21 με 17 αυτοκίνητα. (Κεφάλαιο 8)

Έτσι το βάρος του φορτίου (οχημάτων) είναι:

$$\begin{aligned} W_{CARGO} &= W_{TRUCKS} + W_{CARS} \\ \Rightarrow W_{CARGO} &= N_{TRUCK} * W_{TRUCKS} + N_{CAR} * W_{CARS} \\ \Rightarrow W_{CARGO} &= 21 * W_{TRUCKS} + 17 * 1.8 \end{aligned}$$

Συνοψίζοντας τις ομάδες που απαρτίζουν το πρόσθετο βάρος

Το βάρος καυσίμων των κύριων μηχανών	68.289 (t)
Το βάρος καυσίμων των ηλεκτρογεννητριών	4.215 (t)
Το βάρος των λιπαντικών (για κύρια μηχανή και ηλεκτρογεννήτριες)	2 (t)
Το βάρος του γλυκού νερού	79.079 (t)
Το βάρος των εφοδίων	4.667 (t)
Το βάρος των επιβατών	59.5 (t)
Το βάρος του πληρώματος	1(t)
Το βάρος του φορτίου (οχήματα)	$21 * W_{TRUCKS} + 30.6$
<i>Πίνακας 4: Το πρόσθετο βάρος αναλυμένο στις επιμέρους κατηγορίες</i>	

Το βάρος του ωφέλιμου φορτίου είναι:

$$DWT = 68.289 + 4.215 + 2 + 79.079 + 4.667 + 59.5 + 1 + 21 * W_{TRUCKS} + 30.6$$

Γνωρίζουμε ότι το επιθυμητό πρόσθετο βάρος είναι  $DWT = 710$  (t), έτσι:

$$\Rightarrow 710 = 68.289 + 4.215 + 2 + 79.079 + 4.667 + 59.5 + 1 + 21 * W_{TRUCKS} + 30.6$$

$$\Rightarrow 710 - 68.289 - 4.215 - 2 - 79.079 - 4.667 - 59.5 - 1 - 30.6 = 21 * W_{TRUCKS}$$

$$\Rightarrow W_{TRUCKS} = 21.936 \left( \frac{t}{Truck} \right)$$

Το οποίο είναι μεγαλύτερο από το  $20 \left( \frac{t}{Truck} \right)$ , συνεπώς το πρόσθετο βάρος είναι επαρκές

## Κεφάλαιο 7: Έλεγχος εκτοπίσματος

Στα κεφάλαια 4, 5, 6 υπολογίσαμε το γεωμετρικό εκτόπισμα, το βάρος του άφορτου σκάφους και το πρόσθετο βάρος. Με χρήση των δεδομένων αυτών θα ελέγξουμε αν ο αναλυτικός υπολογισμός επαληθεύει το γεωμετρικό αποτέλεσμα. Αρχικά πρέπει να γίνει υπολογισμός του εκτοπίσματος με χρήση αναλυτικών υπολογισμών στις επιμέρους κατηγορίες. Συνεπώς έχουμε:

$$\begin{aligned}\Delta_{ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ} &= DWT + W_{LS}^{ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ} \\ \Rightarrow \Delta_{ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ} &= 710 + 877.788 \\ \Rightarrow \Delta_{ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ} &= 1587.778 \text{ (t)}\end{aligned}$$

Από το κεφάλαιο 3.1 γνωρίζουμε ότι:  $\Delta_{ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ} = 1590.642 \text{ (t)}$

Συνεπώς η απόκλιση που έχουμε είναι:

$$\begin{aligned}R[\%] &= \frac{\Delta_{ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ} - \Delta_{ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ}}{W_{LS}^{ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ}} * 100 \\ \Rightarrow R[\%] &= \frac{1590.642 - 1587.778}{877.788} * 100 \\ \Rightarrow R[\%] &= 0.326\end{aligned}$$

Η απόκλιση του 0.326% είναι πλήρως αποδεκτή διότι είναι μικρότερη του 3%.

## Κεφάλαιο 8: Μελέτη στοιβασίας οχημάτων

Η μελέτη στοιβασίας οχημάτων είναι αναπόσπαστο κομμάτι των υπολογισμών της ευστάθειας του πλοίου. Η στοιβασία των οχημάτων πρέπει να είναι τέτοια, έτσι ώστε να καλύπτει όλα τα ενδιαμέσα σενάρια φόρτωσης. Συνεπώς θα καταστρώσουμε τα εξής σενάρια φόρτωσης τα οποία εμπεριέχουν την πληροφορία ενδιάμεσων καταστάσεων φόρτωσης.

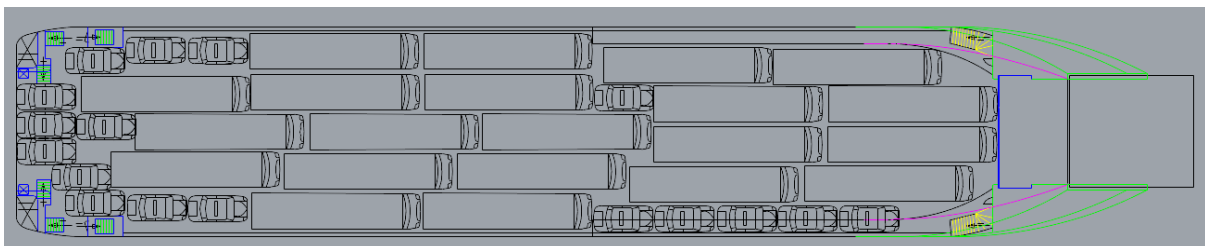
- 100% φορτίο (*Full Load*): Καθώς τα φορτηγά έχουν πολύ μεγαλύτερα μάζα ανά επιφάνεια από αυτή των αυτοκινήτων, η κατάσταση 100% θα είναι αυτή που θα φιλοξενεί μέγιστο αριθμό φορτηγών.
- ≈ 38% φορτίο (100% αυτοκίνητα): Η κατάσταση πλήρης φόρτωσης αυτοκινήτων είναι μία ενδιάμεση κατάσταση από τη πλήρη φόρτωση και την άφορτη κατάσταση.

### 8.1 Full load

Από το Κεφάλαιο 6 (Ανάλυση πρόσθετου βάρους και υπολογισμός ωφέλιμου φορτίου), γνωρίζουμε ότι το βάρος κάθε φορτηγού για την επίτευξη πλήρης φόρτωση είναι:

$$W_{TRUCKS} = 21.936 \left( \frac{t}{Truck} \right)$$

Από το προκαταρκτικό σχέδιο του χώρου στάθμευσης των οχημάτων (Κεφάλαιο 4), μπορούμε να υπολογίσουμε τη θέση του κάθε φορτηγού και κάθε αυτοκινήτου, με απώτερο σκοπό το συνολικό υπολογισμό του κέντρου βάρους των οχημάτων.



Σχέδιο 3: Κατάσταση φόρτωσης (*Full load*) 100%. Στο σχέδιο κάτοψης του χώρου στάθμευσης προσαρμόσθηκε ο μέγιστος αριθμός φορτηγών και έγινε πλήρωση με αυτοκίνητα.

Για να κάνουμε υπολογισμό του διαμήκη κέντρου βάρους σε κατάσταση πλήρης φόρτωσης, αρκεί να εφαρμόσουμε τον τύπο:

$$LCG_{CARGO} = \frac{\sum M_L^{CARS} + \sum M_L^{trucks}}{W_{CARGO}}$$

Αξιοσημείωτη είναι η υπόθεση ότι η διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του κάθε αυτοκινήτου ή φορτηγού βρίσκεται στο μέσον του μήκους του. Επιπρόσθετα η διαμήκης θέση μετρείται πάντα από το καθρέπτη της πρύμνης.

Για να κάνουμε υπολογισμό του κατακόρυφου κέντρου βάρους σε κατάσταση πλήρης φόρτωσης, αρκεί να εφαρμόσουμε τον τύπο:

$$VCG_{CARGO} = \frac{\sum M_V^{CARS} + \sum M_V^{trucks}}{W_{CARGO}}$$

Αξιοσημείωτη είναι η υπόθεση ότι ως κατακόρυφο κέντρο βάρους των αυτοκινήτων λήφθηκε τα 0.7 μέτρα και για τα φορτηγά τα 1.5 μέτρα. Για την εύρεση του VCG αρκεί να προσθέσουμε το αντίστοιχο κατακόρυφο ύψος του κέντρο βάρους κάθε οχήματος με το κοίλο του πλοίου (μηδενική σιμότητα).

Εφαρμόζοντας όλα τα παραπάνω κατασκευάζουμε τον πίνακα

A/A	Όχημα	Πλήθος	LCG(m)	W(t)	VCG(m)	$M_L$	$M_V$
1	I.X	3	2.15	1.8	4.58	11.61	8.244
2	I.X	2	5.584	1.8	4.58	20.1024	8.244
3	I.X	1	4.65	1.8	4.58	8.37	8.244
4	I.X	1	6.365	1.8	4.58	11.457	8.244
5	I.X	2	14.215	1.8	4.58	51.174	8.244
6	I.X	2	9.847	1.8	4.58	35.4492	8.244
7	I.X	2	42.683	1.8	4.58	153.6588	8.244
8	I.X	1	46.916	1.8	4.58	84.4488	8.244
9	I.X	1	51.29	1.8	4.58	92.322	8.244
10	I.X	1	55.535	1.8	4.58	99.963	8.244
11	I.X	1	59.86	1.8	4.58	107.748	8.244
12	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	10.619	21.936	5.38	232.938384	118.016
13	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	12.709	21.936	5.38	278.784624	118.016
14	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	14.4	21.936	5.38	315.8784	118.016
15	ΦΟΡΤΗΓΑ	3	22.5	21.936	5.38	1480.68	118.016
16	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	26.644	21.936	5.38	584.462784	118.016
17	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	24.803	21.936	5.38	544.078608	118.016
18	ΦΟΡΤΗΓΑ	3	34.669	21.936	5.38	2281.497552	118.016
19	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	36.973	21.936	5.38	811.039728	118.016
20	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	38.738	21.936	5.38	849.756768	118.016
21	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	47.215	21.936	5.38	1035.70824	118.016
22	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	49.05	21.936	5.38	1075.9608	118.016
23	ΦΟΡΤΗΓΑ	2	50.753	21.936	5.38	2226.635616	118.016
24	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	59.038	21.936	5.38	1295.057568	118.016
25	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	61.305	21.936	5.38	1344.78648	118.016

26	ΦΟΡΤΗΓΑ	2	62.962	21.936	5.38	2762.268864	118.016
SUM		39		491.25		17795.83762	

Πίνακας 5: Διάμηκες και κατακόρυφες θέσεις των οχημάτων

$$LCG_{CARGO} = \frac{M_L}{W_{CARGO}} = 17795.83762/491.25$$

$$\Rightarrow LCG_{CARGO} = 36.226 (m)$$

Ωστόσο η θέση αυτή είναι από το καθρέπτη της πρύμνης. Έχουμε κάνει τη θεώρηση ότι ο άξονας του πηδαλίου βρίσκεται 2 μέτρα από το καθρέπτη της πρύμνης. Άρα το διάμηκες κέντρο βάρους του φορτίου σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης είναι:

$$\Rightarrow LCG_{CARGO} = 36.226 - 2 (m)$$

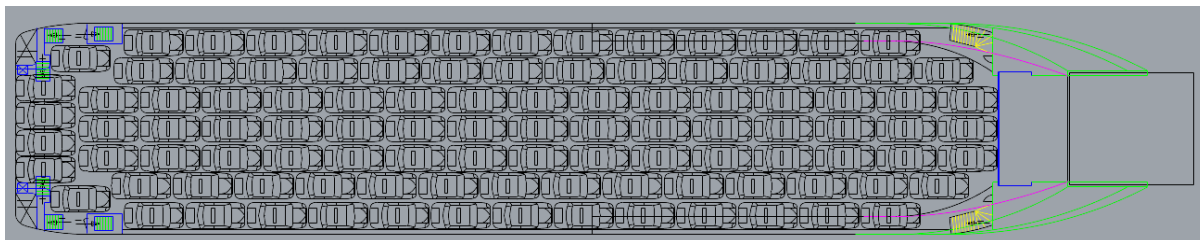
$$\Rightarrow LCG_{CARGO}^{FROM A.P.} = 34.226 (m)$$

$$VCG_{CARGO} = \frac{\sum M_V^{CARS} + \sum M_V^{trucks}}{W_{CARGO}} = \frac{2478.33 + 140.148}{491.25}$$

$$\Rightarrow VCG_{CARGO} = 5.330 (m), \text{ από τη βασική γραμμή}$$

## 8.2 Κατάσταση αποκλειστικής φόρτωσης αυτοκινήτων

Για την εύρεση της θέσης του κέντρου βάρους κατά το διάμηκες επίπεδο στη κατάσταση αποκλειστικής φόρτωσης αυτοκινήτων θα χρησιμοποιήσουμε το σχέδιο κάτοψης του κύριου καταστρώματος με αποκλειστική φόρτωση αυτοκινήτων.



Σχέδιο 4: Κατάσταση φόρτωσης αποκλειστικά με αυτοκίνητα Στο σχέδιο κάτοψης του χώρου στάθμευσης προσαρμόσθηκε ο μέγιστος αριθμός αυτοκινήτων (I.X.)

A/A	Όχημα	Πλήθος	LCG(m)	W(t)	VCG(m)	$M_L$	$M_V$
1	I.X.	4	4.3	1.8	4.58	30.96	8.244
2	I.X.	2	4.61	1.8	4.58	16.596	8.244
3	I.X.	2	8.887	1.8	4.58	31.9932	8.244
4	I.X.	3	6.609	1.8	4.58	35.6886	8.244
5	I.X.	2	9.75	1.8	4.58	35.1	8.244
6	I.X.	3	10.906	1.8	4.58	58.8924	8.244

7	I.X.	2	13.365	1.8	4.58	48.114	8.244
8	I.X.	2	14.064	1.8	4.58	50.6304	8.244
9	I.X.	3	15.203	1.8	4.58	82.0962	8.244
10	I.X.	3	19.503	1.8	4.58	105.316	8.244
11	I.X.	3	23.801	1.8	4.58	128.525	8.244
12	I.X.	3	28.099	1.8	4.58	151.735	8.244
13	I.X.	3	32.397	1.8	4.58	174.944	8.244
14	I.X.	3	36.695	1.8	4.58	198.153	8.244
15	I.X.	3	40.993	1.8	4.58	221.362	8.244
16	I.X.	3	45.291	1.8	4.58	244.571	8.244
17	I.X.	3	49.589	1.8	4.58	267.781	8.244
18	I.X.	3	53.887	1.8	4.58	290.99	8.244
19	I.X.	3	58.185	1.8	4.58	314.199	8.244
20	I.X.	3	62.483	1.8	4.58	337.408	8.244
21	I.X.	3	66.781	1.8	4.58	360.617	8.244
22	I.X.	2	17.675	1.8	4.58	63.63	8.244
23	I.X.	2	18.351	1.8	4.58	66.0636	8.244
24	I.X.	2	21.985	1.8	4.58	79.146	8.244
25	I.X.	2	22.651	1.8	4.58	81.5436	8.244
26	I.X.	2	26.295	1.8	4.58	94.662	8.244
27	I.X.	2	26.947	1.8	4.58	97.0092	8.244
28	I.X.	2	30.605	1.8	4.58	110.178	8.244
29	I.X.	2	31.251	1.8	4.58	112.504	8.244
30	I.X.	2	34.915	1.8	4.58	125.694	8.244
31	I.X.	2	35.551	1.8	4.58	127.984	8.244
32	I.X.	2	39.225	1.8	4.58	141.21	8.244
33	I.X.	2	39.851	1.8	4.58	143.464	8.244
34	I.X.	2	43.535	1.8	4.58	156.726	8.244
35	I.X.	2	44.151	1.8	4.58	158.944	8.244
36	I.X.	2	47.845	1.8	4.58	172.242	8.244

37	I.X.	2	48.447	1.8	4.58	174.409	8.244
38	I.X.	2	52.155	1.8	4.58	187.758	8.244
39	I.X.	2	52.751	1.8	4.58	189.904	8.244
40	I.X.	2	56.465	1.8	4.58	203.274	8.244
41	I.X.	2	57.047	1.8	4.58	205.369	8.244
42	I.X.	2	60.775	1.8	4.58	218.79	8.244
43	I.X.	2	61.347	1.8	4.58	220.849	8.244
44	I.X.	2	65.085	1.8	4.58	234.306	8.244
SUM		105				6551.3	
Πίνακας 6: Διάμηκες και κατακόρυφες θέσεις των αυτοκινήτων							

Όπως στο κεφάλαιο 8.1, αντίστοιχα εφαρμόζουμε τον ορισμό του τύπου εύρεσης του κέντρου βάρους για το διάμηκες και το κατακόρυφο σύστημα.

$$LCG_{CARS ONLY} = \frac{\sum M_L^{CARS}}{W_{CARGO}}$$

Όπου:

- $W_{CARGO} = 105 * 1.8 \Rightarrow W_{CARGO} = 189 (t)$
- $\sum M_L^{CARS} = sum(M_L^{CARS}) = 6551.3 (t * m)$

$$\begin{aligned} \Rightarrow LCG_{CARS ONLY} &= \frac{6551.3}{189} \\ \Rightarrow LCG_{CARS ONLY} &= 34.663 (m) \\ \Rightarrow LCG_{CARS ONLY}^{FROM A.P.} &= 32.663 (m) \end{aligned}$$

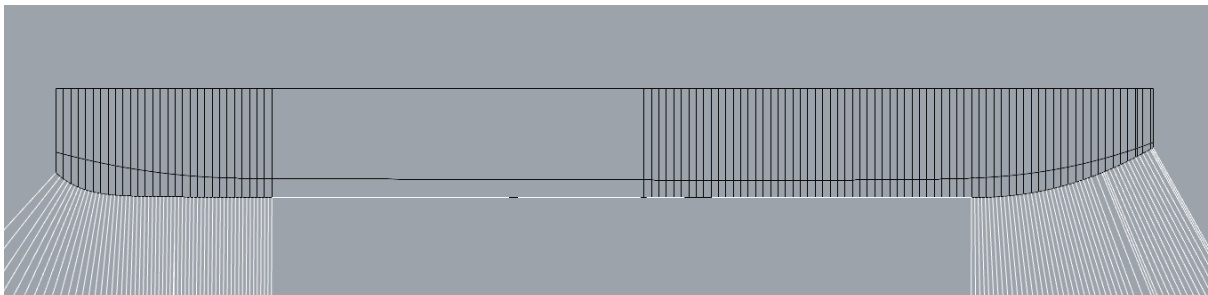
Για την εύρεση του κατακόρυφου κέντρου βάρους αρκεί να εφαρμόσουμε τον εξής τύπο:

$$\begin{aligned} VCG_{CARS} &= W_{CARS} * VCG_{car} / W_{CARS} \\ \Rightarrow VCG_{CARS} &= VCG_{car} = 3.88 + 0.7 \\ \Rightarrow VCG_{CARS} &= 4.58 (m) \end{aligned}$$

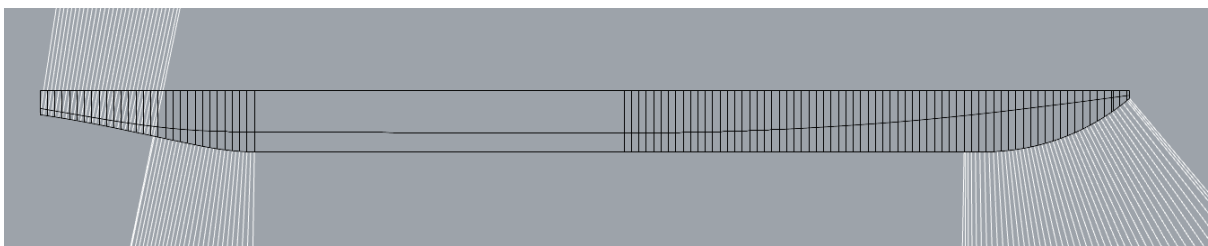
## Κεφάλαιο 9: Ανάπτυξη σχεδίου ναυπηγικών γραμμών και τρισδιάστατου μοντέλου

Για τη σχεδίαση των ναυπηγικών γραμμών του υπό μελέτη πλοίου μας, έγινε χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος *Rhinoceros*. Τα αναλυτικά σχέδια παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη σχεδίαση του πλοίου είναι η εξής:

- Με δεδομένο το σχέδιο γραμμών του πατρικού πλοίου, αδιαστατοποιήσαμε τις πατρικές γραμμές ως προς το διάμηκες σύμφωνα με την ισαπόσταση των νομέων του πατρικού.
- Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η εντολή *SCALE NU* με χρήση των λόγων των κύριων διαστάσεων  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ . Όπου  $\alpha = L_{DESIGN}/L_{\text{πατρικό}}$ ,  $\beta = B_{\text{design}}/B_{\text{πατρικό}}$ ,  $\gamma = T_{\text{Design}}/T_{\text{πατρικό}}$ .
- Με χρήση των διαστασιολογημένων νομέων κατασκευάσαμε το κατάστρωμα του πλοίου. Με χρήση διάφορων εντολών εξομάλυνσης, εξομαλύνουμε τη καμπύλη του καταστρώματος.



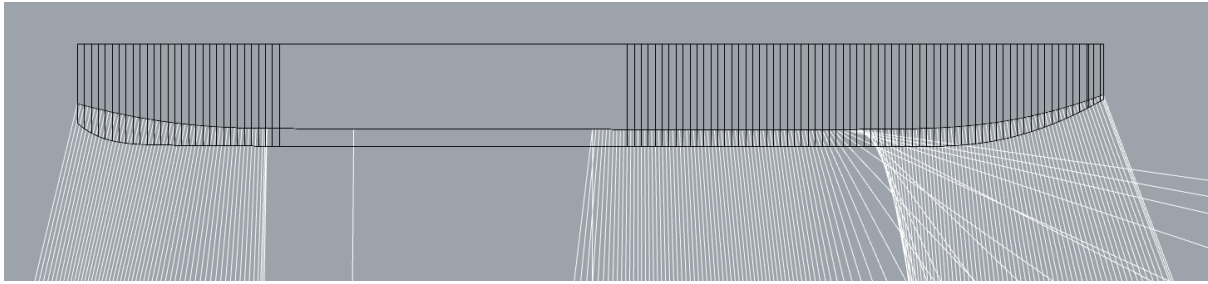
Σχέδιο 5: Εξομαλυμένη καμπύλη καταστρώματος



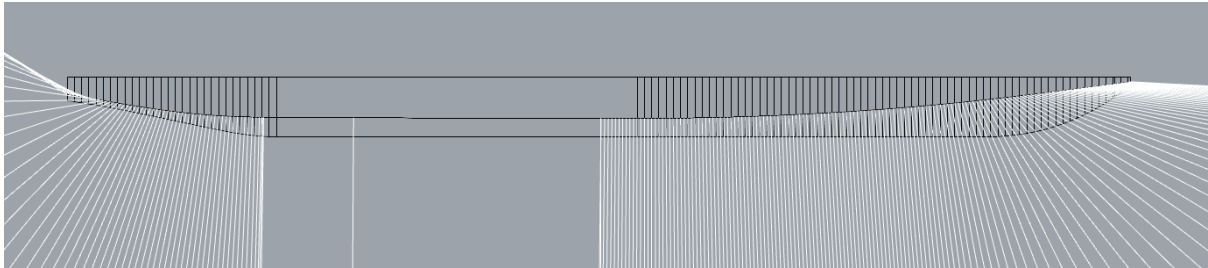
Σχέδιο 6: Εξομαλυμένη καμπύλη τρόπιδας

- Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για τη καμπύλη της τρόπιδας.



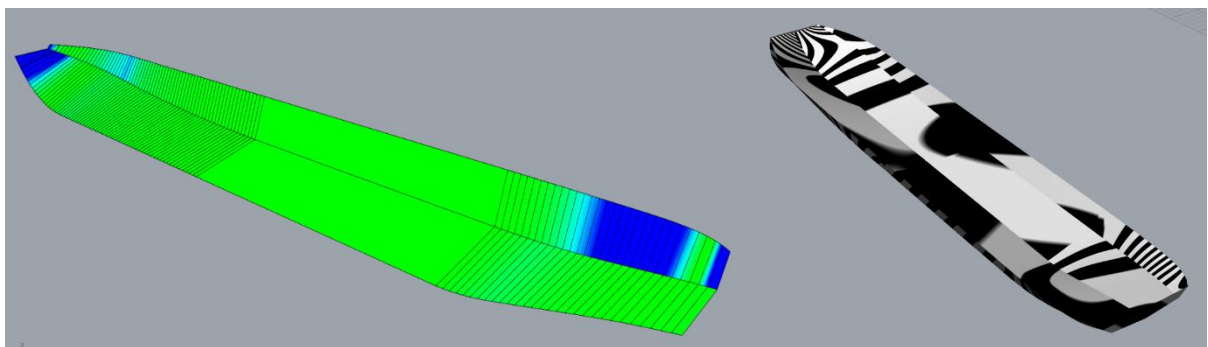


Σχέδιο 7: Η κάτωψη του πλοίου με εξομαλυμένο chine.



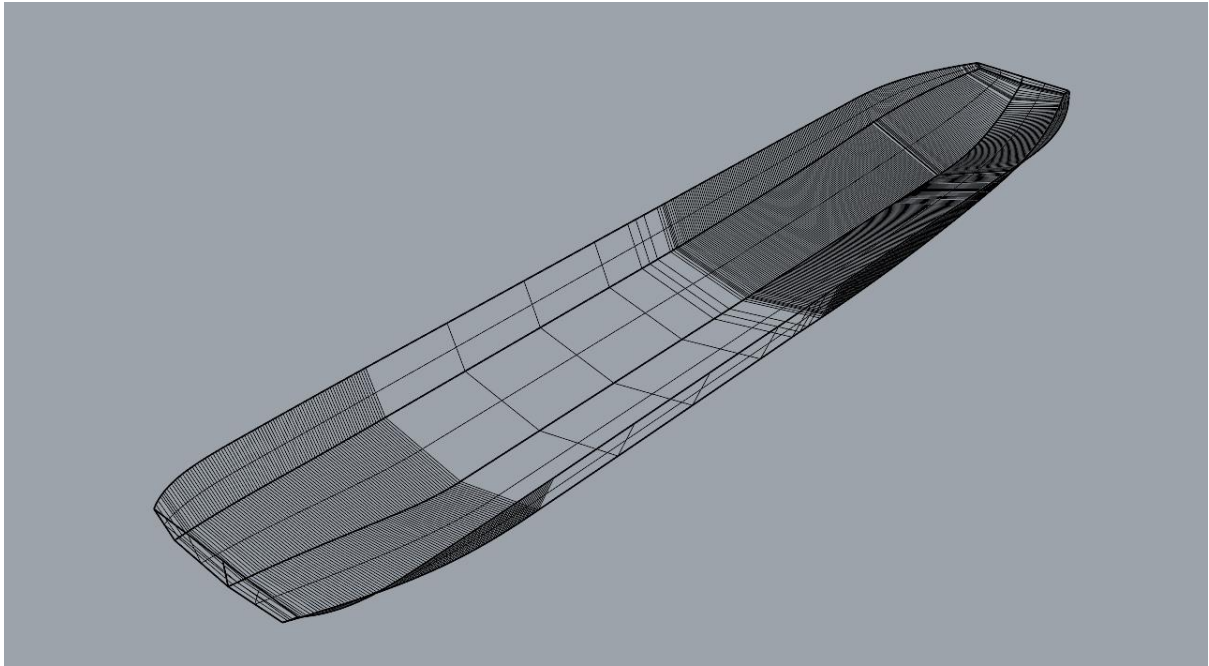
Σχέδιο 8: Η πλάγια όψη του πλοίου με εξομαλυμένο chine

- Έπειτα σχεδιάζουμε τη καμπύλη του chine και στη συνέχεια την εξομαλύνουμε. Ωστόσο η καμπύλη του chine πρέπει να ελεγχθεί ως προς δύο κατευθύνσεις καθώς έχει διπλή καμπυλότητα.



Σχέδιο 9: Η καμπυλότητα και η συνέχεια της τελικής επιφάνειας στον τρισδιάστατο χώρο.

- Τέλος για τη παραγωγή του μοντέλου, θα γίνει χρήση της εντολής *sweep two rails* και *mirror*.



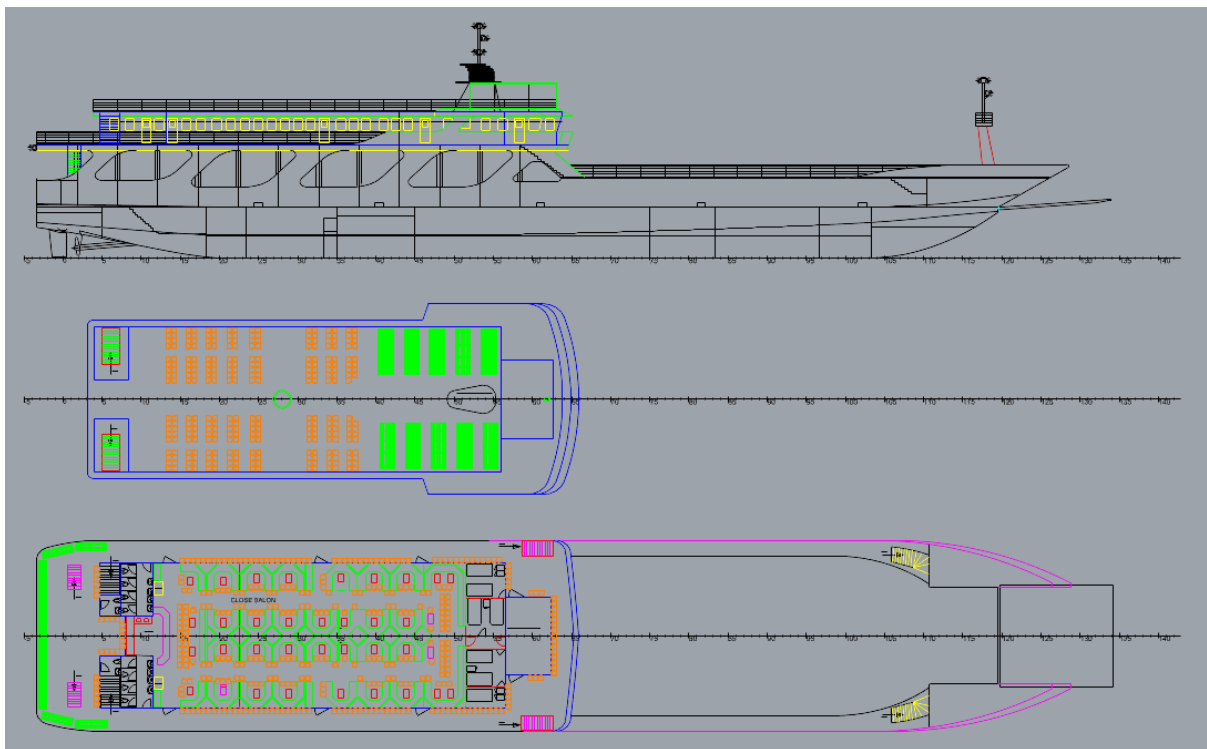
Σχέδιο 10: Τελικό τρισδιάστατο μοντέλο σχεδιασμένο έως το κοίλο

## Κεφάλαιο 10: Ανάπτυξη του σχεδίου γενικής διάταξης

### 10.1 Πλάγια όψη και κάτοψη χώρου επιβατών

Για τη σχεδίαση της πλάγιας όψης χρησιμοποιήθηκε η καμπύλη της τρόπιδας και του καταστρώματος από το τρισδιάστατο μοντέλο (Σχέδιο 10). Έπειτα από το σχέδιο γενικής διάταξης του πατρικού πλοίου, έγινε διαστασιολόγηση των χώρων άνωθεν του κύριου καταστρώματος μόνο ως προς το διάμηκες, δηλαδή, με τον λόγο των μηκών  $\alpha = L_{DESIGN}/L_{ΠΑΤΡΙΚΟ}$ .

Στη συνέχεια έγινε διαμόρφωση του σαλονιού των επιβατών σύμφωνα με τις αυξημένες ανάγκες λόγω μεγαλύτερου αριθμού επιβατών. Ειδικότερα προστέθηκαν θέσεις επιβατών, τραπέζια, χώροι αφόδευσης, και καμπίνες πληρώματος. Στο ανώτερο κατάστρωμα, διαστασιολογήσαμε με χρήση του συντελεστή  $\alpha = L_{DESIGN}/L_{ΠΑΤΡΙΚΟ}$ ,  $\beta = B_{DESIGN}/B_{ΠΑΤΡΙΚΟ}$  κατά το διάμηκες, το εγκάρσιο αντίστοιχα και προσθέσαμε θέσεις επιβατών.



Σχέδιο 11: Η πλάγια όψη του πλοίου και οι κατόψεις του ανώτερου καταστρώματος και του σαλονιού των επιβατών

Επιπρόσθετα πρέπει να γίνει έλεγχος συμμόρφωσης του χώρου ενδιαίτησης με του εθνικούς κανονισμούς. Ειδικότερα από ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ ΑΡΙΘ. 177/2000 ΦΕΚ 164/Α/14-7-2000, Κεφάλαιο 3, Άρθρο 3, μπορούμε να υπολογίσουμε την ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνεια των χώρων ενδιαίτησης επιβατών (Ε.Χ.Ε.Ε.) για Ε/Γ Ο/Γ πλοία ανοικτού τύπου τη οποία πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με αυτή που προκύπτει από την ακόλουθη σχέση του εμβαδού αυτού επί το εμβαδόν σε τετραγωνικά μέτρα της επιφάνειας του χώρου οχημάτων (Ε.Χ.Ο.) ανάλογα με τους εκτελούμενους από το πλοίο πλόες.

Ο τύπος υπολογισμού της ελάχιστης επιφάνειας χώρων ενδιαίτησης για πλοία που εκτελούν πλόες από 10 έως 30 ναυτικά μίλια είναι:

- E.X.E.E. χειμώνα  $\geq 0,280 \times E.X.O.$
- E.X.E.E. θέρους  $\geq 0,560 \times E.X.O.$

Θα μελετήσουμε τη χειρίστη περίπτωση η οποία είναι κατά τη χειμερινή περίοδο.

Από το σχέδιο γενικής διάταξης μπορούμε να υπολογίσουμε το εμβαδόν της επιφάνειας του κύριου καταστρώματος ή καταστρώματος των οχημάτων ως  $A_{GAR} = 927.892 \text{ m}^2$ .

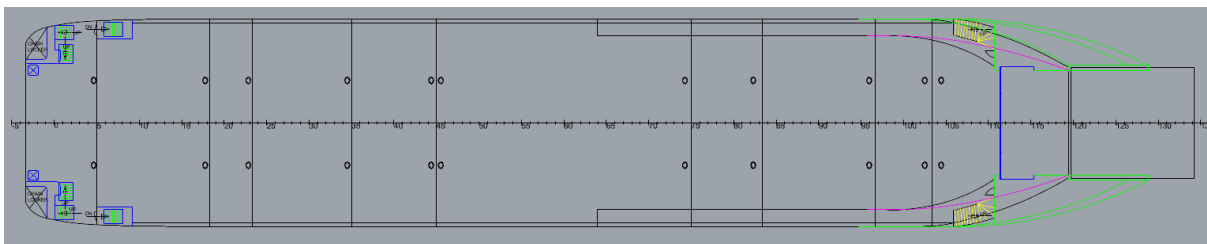
$$E.X.E.E. \text{ χειμώνα} \geq 0,280 * 927.892$$

$$\Rightarrow E.X.E.E. \text{ χειμώνα} \geq 259.81 \text{ m}^2$$

Η επιφάνεια του χώρου του σαλονιού των επιβατών μπορεί να ευρεθεί από το σχέδιο γενικής διάταξης το οποίο είναι:  $A_{sallon} = 267.047 \text{ m}^2 > 259.81 \text{ m}^2$ . Συνεπώς είμαστε σύμφωνοι με το κανονισμό. Το σχέδιο 11, παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα Β.

## 10.2 Χώρος στάθμευσης οχημάτων – Κύριο κατάστρωμα

Για τη διαστασιολόγηση του χώρου στάθμευσης των αυτοκινήτων, έγινε χρήση των γραμμών του καταστρώματος και του *chine* από το τρισδιάστατο μοντέλο που κατασκευάσαμε στο Κεφάλαιο 10. Έπειτα τοποθετήθηκαν οι σκάλες, πόρτες, υπερκατασκευές, *chain lockers*. Τέλος τοποθετήθηκαν ανθρωποθυρίδες για τη διέλευση σε χώρους κάτωθεν του κύριου καταστρώματος όπου δεν υπάρχει εναλλακτική πρόσβαση. Το σχέδιο 12 Παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα Β.



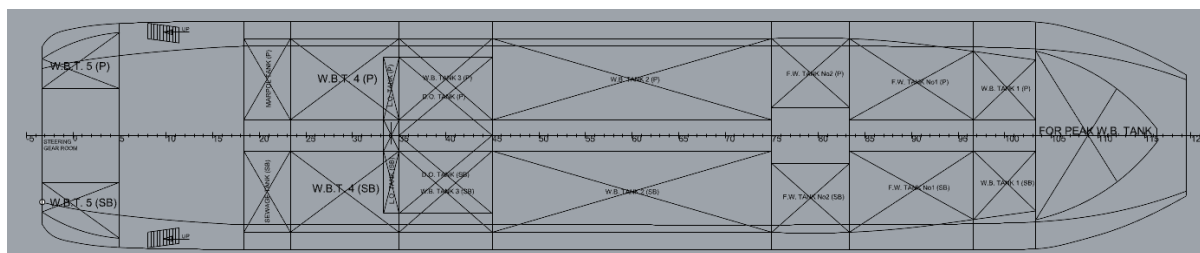
Σχέδιο 12: Κάτοψη του κύριου καταστρώματος ή χώρου στάθμευσης οχημάτων

## Κεφάλαιο 11: Ανάπτυξη Capacity Plan

Για τη σχεδίαση του Capacity plan θα πρέπει να επιλέξουμε θέση φρακτών και έπειτα δεξαμενών. Η θέση των φρακτών καθορίζεται από τη καμπύλη κατακλυσμών μηκών σε συνδυασμό με χωροταξικούς παράγοντες για τη βέλτιστη χρήση του εκμεταλλεύσιμου χώρου κάτωθεν του κύριου καταστρώματος. Βεβαίως η θέση των φρακτών είναι τέτοια ώστε να ικανοποιείται το κατακλυσμό μήκος για κατάκλιση οποιονδήποτε δύο συνεχόμενων διαμερισμάτων ταυτόχρονα. Επειδή δεν θα γίνει αναλυτική μελέτη της ευστάθειας μετά από βλάβη στη παρούσα εργασία δεν θα γίνει περεταίρω εμβάθυνση.

Οι δεξαμενές που τοποθετήθηκαν στο πλοίο είναι έρματος, καυσίμου, λιπαντικού, *marpol*, *sewage* και φρέσκου νερού. Οι δεξαμενές πετρελαίου διαρέθηκαν σε δύο επιμέρους (*port* και *starboard*) για να αποφευχθεί η δημιουργία υψηλών ροπών λόγω ελεύθερων επιφανειών. Το ίδιο ισχύει για τις δεξαμενές φρέσκου νερού. Επιπρόσθετα οι δεξαμενές καυσίμου και φρέσκου νερού τοποθετήθηκαν πλώρα και πρύμα από το κέντρο του πλοίου, έτσι ώστε να μην υπάρχουν μεγάλες κλίσεις διαγωγής. Επιπρόσθετα φροντίσαμε οι χωρητικότητες όλων των δεξαμενών να είναι όσο υπολογίσαμε και προσμετρήσαμε στην ανάλυση του πρόσθετου βάρους (Κεφάλαιο 6).

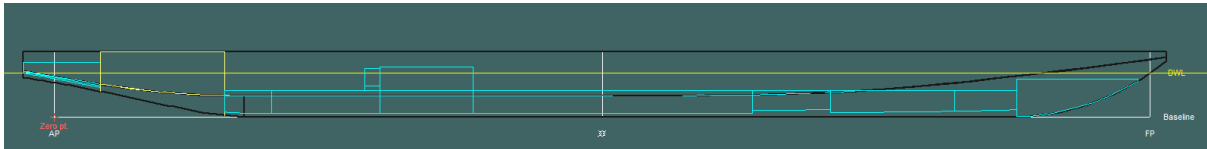
Το περίγραμμα του *capacity plan* και η καμπύλη του *chine*, λήφθηκαν από το κεφάλαιο ανάπτυξης ναυπηγικών γραμμών και τρισδιάστατου μοντέλου (Κεφάλαιο 10). Επίσης στο διτύθμενο τοποθετήθηκαν δεξαμενές έρματος καθόλο το μήκος του πλοίου όπου υπήρχε διαθέσιμος χώρος. Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι οι δεξαμενές πετρελαίου και λιπαντικού τοποθετήθηκαν πάνω από το διτύθμενο και μακριά από τα τοιχώματα του πλοίου, όπως επιβάλει ο κανονισμός. Με εφαρμογή όλων των παραπάνω τοποθετούμε τις δεξαμενές και σχεδιάζουμε το σχέδιο κάτοψης των δεξαμενών. Το σχέδιο 13 παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα Β.



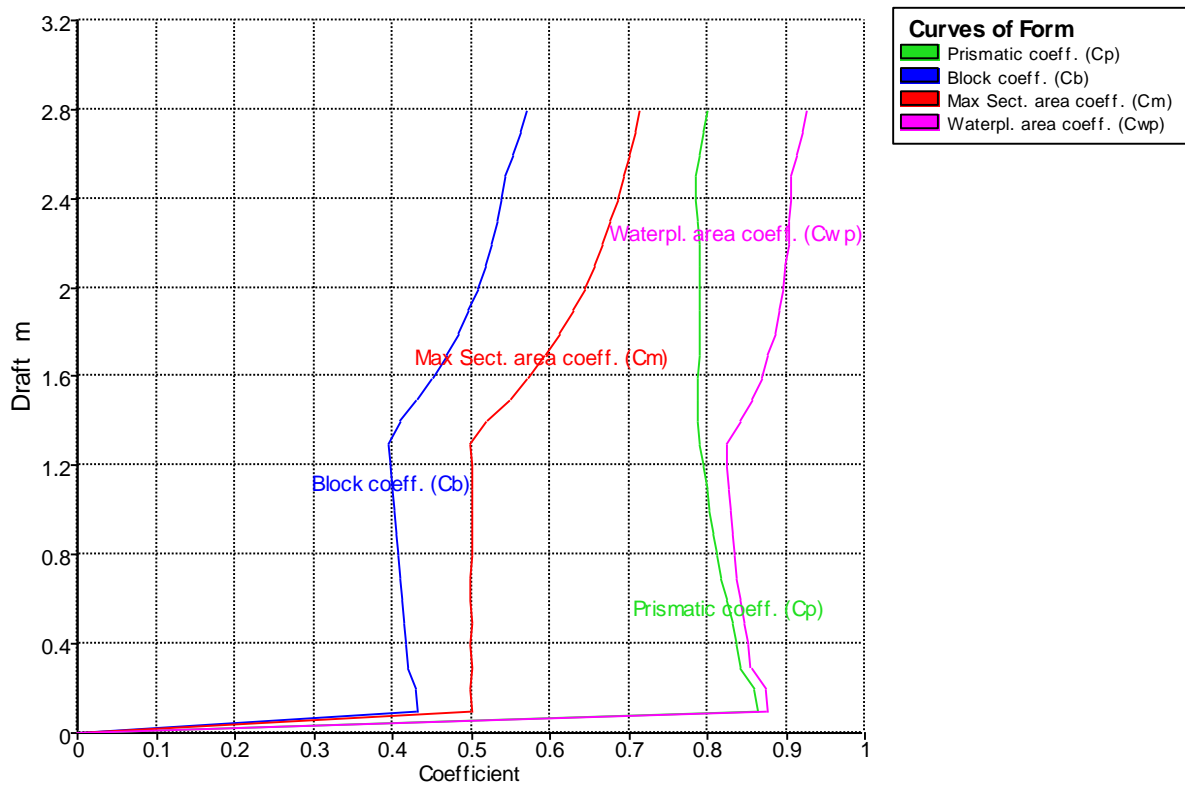
Σχέδιο 13: Capacity plan, κάτοψη των υφάλων του πλοίου.

## Κεφάλαιο 12: Υδροστατικοί υπολογισμοί και κατάστρωση καταστάσεων φόρτωσης

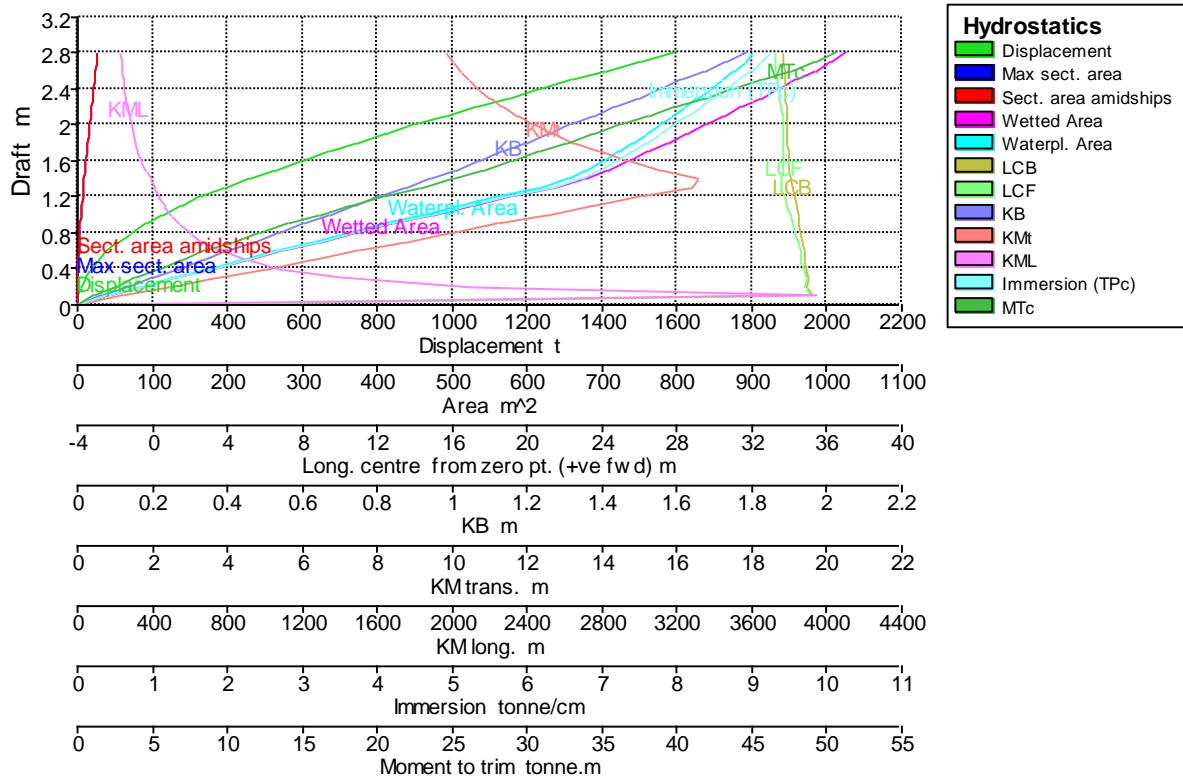
Οι υδροστατικοί υπολογισμοί του υπό μελέτη πλοίου θα πραγματοποιηθούν για βυθίσματα από μηδέν έως  $T_{L.L.}$  με βήμα 10 (cm). Όλα τα υδροστατικά διαγράμματα και υπολογισμοί παρουσιάζονται στο παράρτημα Γ. Ο υπολογισμός των υδροστατικών μεγεθών και της άθικτης ευστάθειας θα πραγματοποιηθεί με χρήση του προγράμματος *MaxSurf Stability 2025* [15]. Παρακάτω παρατίθεται η πλάγια όψη του πλοίου στο *MaxSurf*.



Εικόνα 1: Πλάγια όψη του υπό σχεδίαση πλοίου στο *MaxSurf* με τοποθετημένες τις δεξαμενές.



Εικόνα 2: Καμπύλες συντελεστών για διάφορα βυθίσματα



Εικόνα 3: Υδροστατικά μεγέθη για κάθε βύθισμα.

<b>Draft Amidships m</b>	<b>2.791</b>
Displacement t	1588
Heel deg	0
Draft at FP m	2.791
Draft at AP m	2.791
Draft at LCF m	2.791
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	72.571
Beam max extents on WL m	13.433
Wetted Area m <sup>2</sup>	1026.733
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	902.959
Prismatic coeff. (Cp)	0.799
Block coeff. (Cb)	0.569
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.713
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.926

LCB from zero pt. (+ve fwd) m	33.693
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	33.277
KB m	1.787
KG m	2.791
BMt m	8.051
BML m	225.898
GMt m	7.048
GML m	224.895
KMt m	9.839
KML m	227.686
Immersion (TPc) tonne/cm	9.255
MTc tonne.m	50.575
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	195.341
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0
Πίνακας 7: Υδροστατικά αποτελέσματα στο βύθισμα σχεδίασης	

Οι καταστάσεις φόρτωσης που απαιτείται από το κανονισμό να μελετηθούν κατά (*IMO Res.479, 3.5.1*) είναι πλήρης φόρτωση (100% φορτίο) και αποκλειστική πλήρης φόρτωση επιβατών σε κατάσταση αναχώρησης και άφιξης. Ωστόσο για λόγους πληρότητας του εγχειρίδιου φόρτωσης θα μελετηθούν άλλες δύο καταστάσεις φόρτωσης οι οποίες είναι πλήρης φόρτωση αποκλειστικά αυτοκινήτων κατά την αναχώρηση και άφιξη. Συνοψίζοντας οι καταστάσεις φόρτωσης που θα μελετηθούν είναι:

- Πλήρης φόρτωση, Αναχώρηση (100% επιβάτες και οχήματα)
- Πλήρης φόρτωση, Άφιξη (100% επιβάτες και οχήματα)
- Αποκλειστικά αυτοκίνητα, Αναχώρηση ( $\approx 38.5\%$  φορτίο και 100% επιβάτες)
- Αποκλειστικά αυτοκίνητα, Άφιξη ( $\approx 38.5\%$  φορτίο και 100% επιβάτες)
- Αποκλειστικά επιβάτες, Αναχώρηση (100% επιβάτες)
- Αποκλειστικά επιβάτες, Άφιξη (100% επιβάτες)

Αξιοσημείωτο είναι να αναφέρουμε ότι η μελέτη των ενδιάμεσων καταστάσεων εν πλω, δεν κρίθηκε απαραίτητη. Για να βεβαιωθούμε ωστόσο ότι δεν θα είναι λανθασμένη η πρόβλεψη αυτή, χρησιμοποιήθηκε ως ροπή ελευθέρων επιφανειών για τις δεξαμενές πετρελαίου και φρέσκου νερού η μέγιστη δυνατή για αναχώρηση και άφιξη.



## Κεφάλαιο 13: Μελέτη άθικτης ευστάθειας

Για τη μελέτη της άθικτης ευστάθειας, αρχικά χρειαζόμαστε τις συντεταγμένες του κέντρου βάρους του άφορτου σκάφους. Καθώς δεν έχει πραγματοποιηθεί αναλυτικός υπολογισμός των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής, δεν μπορούμε να προβούμε στην εύρεση του κατακόρυφου και διάμηκες κέντρου βάρους του άφορτου πλοίου. Συνεπώς θα χρησιμοποιήσουμε το  $KG, LCG$  του πατρικού πλοίου σε αδιάστατη μορφή για να προσεγγίσουμε με ικανοποιητική ακρίβεια το κέντρο βάρους του άφορτου πλοίου.

Από το πατρικό πλοίο γνωρίζουμε ότι:

- $\frac{VCG_{LIGHTSHIP}^{FROM B.L.}}{D_{MLD}} = 1.317$
- $\frac{LCG_{LIGHTSHIP}^{FROM TRANSOM}}{L_{BP}} = 0.429$

Έτσι με χρήση των παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε τη διαμήκη και κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του άφορτου σκάφους.

$$VCG_{LIGHTSHIP} = 1.317 * D_{MLD} = 1.317 * 3.888$$

$$\Rightarrow VCG_{LIGHTSHIP} = 5.205 (m)$$

$$LCG_{LIGHTSHIP} = 0.429 * L_{BP} = 0.429 * 70.621$$

$$\Rightarrow LCG_{LIGHTSHIP}^{FROM TRANSOM} = 30.296 (m)$$

$$\Rightarrow LCG_{LIGHTSHIP}^{FROM A.P.} = 30.296 - 2 (m)$$

$$\Rightarrow LCG_{LIGHTSHIP}^{FROM A.P.} = 28.296 (m)$$

Επιπρόσθετα όπως προαναφέραμε στο κεφάλαιο 13, στις τρεις καταστάσεις φόρτωσης που αναχωρούν, θα προσθέσουμε τη μέγιστη ροπή λόγο ελευθέρων επιφανειών στις δεξαμενές του πετρελαίου και φρέσκου νερού. Αυτό το κάνουμε καθώς έπειτα από μικρό χρονικό διάστημα μετά την εκκίνηση, θα δημιουργηθούν ροπές ελευθέρων επιφανειών, οι οποίες θα παραλείπονταν εναλλακτικά.

Η κατακόρυφη θέση των επιβατών, λήφθηκε ανάλογα με το ποια θέση μελετάμε (σαλόνι ή ανώτατο κατάστρωμα) και με το μέσο ύψος του κέντρου βάρους του ανθρώπου. Γνωρίζουμε ότι το κέντρο βάρους του ανθρώπινου σώματος κατά προσέγγιση, βρίσκεται στο 56% του ύψους του ανθρώπου. Επίσης γνωρίζουμε ότι το μέσο ύψος του ανθρώπου είναι 1.65 (m). Δηλαδή το κατακόρυφο κέντρο βάρους του ανθρώπου είναι:

$$VCG_{HUMAN} = 1.65 * 0.56 = 0.924 (m).$$

Για να υπολογίσουμε το κατακόρυφο κέντρο βάρους των ανθρώπου από τη *baseline*, αρκεί να μετρήσουμε το ύψος του καταστρώματος του σαλονιού και του ανώτατου καταστρώματος από το σχέδιο γενικής διάταξης (Κεφάλαιο 11.1). Αθροίζοντας τις δύο αυτές μετρήσεις με το  $VCG_{HUMAN}$  έχουμε:

$$VCG_{HUMAN}^{UPPER DECK} = 11.18 + 0.924$$

$$\Rightarrow VCG_{HUMAN}^{UPPER DECK} = 12.104 (m)$$

$$\Rightarrow VCG_{HUMAN}^{saloon\ deck} = 8.68 + 0.56 * 1.65$$

$$\Rightarrow VCG_{HUMAN}^{saloon\ deck} = 9.604 (m)$$

Όσο αφορά τη διαμήκη θέση του κέντρου βάρους των επιβατών, θα ληφθεί ως το κέντρο επιφάνειας κατά το διάμηκες, των εκμεταλλεύσιμων από τους επιβάτες χώρους. Συνεπώς από το σχέδιο γενικής διάταξης (κεφάλαιο 11.1) έχουμε:

$$LCG_{HUMAN}^{UPPER\ DECK} = 22.859 (m)$$

$$LCG_{HUMAN}^{SALOON\ DECK} = 16.926 (m)$$

Οι συντεταγμένες του κέντρου βάρους του πληρώματος, λαμβάνονται αντίστοιχα με αυτές των επιβατών στο κατάστρωμα του σαλονιού. Το κέντρο βάρους των προμηθειών θα τοποθετηθεί καθ' ύψος και μήκος στο αναψυκτήριο του πλοίου. Οι συντεταγμένες αυτού, λαμβάνονται από το σχέδιο γενικής διάταξης (Κεφάλαιο 11.1).

Το κέντρο βάρους του φορτίου για τις δύο περιπτώσεις φόρτωσης που θα μελετήσουμε λαμβάνεται από το Κεφάλαιο 8.

Για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα της ευστάθειας αρχικά πρέπει να προσδιορίσουμε τη κατηγορία στην οποία εντάσσεται το πλοίο. Από Φ.Ε.Κ. 110, Π.Δ. 44, Μέρος Α, άρθρο 3, πλοία που διανύουν συνολική διαδρομή μέχρι 30 ναυτικά μίλια, είναι κατηγορίας V.

Για το προσδιορισμό της κατανομής των ανθρώπων στο ανώτατο κατάστρωμα και στο κατάστρωμα του σαλονιού, θα αναζητήσουμε το χειρότερο σενάριο φόρτωσης. Αυτό είναι όταν το ανώτερο κατάστρωμα πληρώνεται και το κατάστρωμα του σαλονιού συμπληρώνει τον αριθμό των μέγιστων επιβατών. Αν θεωρήσουμε ότι παρέχεται ικανοποιητική άνεση με 1.154 ανθρώπους ανά τετραγωνικό μέτρο, μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό των επιβατών στο ανώτατο κατάστρωμα και στη συνέχεια στο κατάστρωμα του σαλονιού.

Από το σχέδιο γενικής διάταξης (Κεφάλαιο 11.1) υπολογίζουμε την ωφέλιμη για του επιβάτες επιφάνεια ως:

$$A_{UPPER\ DECK} \approx 318 m^2$$

$$N_{PEOPLE}^{UPPER\ DECK} = 1.154 \frac{PPL}{m^2} * A_{UPPER\ DECK}$$

$$\Rightarrow N_{PEOPLE}^{UPPER\ DECK} = 1.154 \frac{PPL}{m^2} * 318 m^2$$

$$\Rightarrow N_{PEOPLE}^{UPPER\ DECK} \approx 367 \text{ ανθρώπους}$$

Συνεπώς ο αριθμός των επιβατών στο κατάστρωμα του σαλονιού είναι:

$$\Rightarrow N_{PEOPLE}^{SALOON\ DECK} = 700 - 367 \text{ ανθρώπους}$$

$$\Rightarrow N_{PEOPLE}^{SALOON\ DECK} = 333 \text{ ανθρώπους}$$

Τέλος πρέπει να τοποθετηθούν τα εξαιρετικά των δεξαμενών καθώς είναι καθοριστικό χαρακτηριστικό στη πρόβλεψη της ευστάθειας. Επιλέγεται να τοποθετηθούν δύο εξαιρετικά

σε ύψος 6 μέτρα από τη βασική γραμμή και κατά το εγκάρσιο επίπεδο  $\pm 7.3$  (m) από τη κεντρική γραμμή.

Σύμφωνα με το Β.Δ. 740/69 & Π.Δ. 177/2000 για πλοία κατηγορίας V που μελετάμε απαιτείται:

- $\theta_{max} = 12$  (deg)  $> \theta_p$
- $0.6 * \theta_F > \theta_p$ , για πλοία κατηγορίας V (Β.Δ. 740/69)

Όπου:

- $\theta_p = \theta_{passenger} = \tan^{-1}\left(\frac{M_p}{\Delta * GM}\right)$ 
  - $M_p = M_{passenger}$ : Μέγιστη ροπή λόγω μετακίνησης επιβατών
- $\theta_F = \tan^{-1}(F.B.) * \frac{2}{B}$ 
  - $F.B. = Freeboard$

Όπως προαναφέραμε, το χειρότερο σενάριο φόρτωσης (όσο αφορά την ευστάθεια) είναι αυτό το οποίο έχουμε 367 ανθρώπους στο ανώτατο κατάστρωμα. Οι υπόλοιποι επιβάτες βρίσκονται στο κατάστρωμα του σαλονιού. Από αυτούς, θεωρούμε ότι οι 101 είναι εντός του χώρου του σαλονιού και οι υπόλοιποι 232 βρίσκονται έξω από το σαλόνι στο ίδιο κατάστρωμα (διαδρόμους). Το χειρίστο σενάριο φόρτωσης είναι αυτό που οι επιβάτες βρίσκονται όσο πιο απομακρυσμένοι από τη κεντρική γραμμή.

Οι μέγιστες αυτές αποστάσεις μπορούν να ληφθούν από το σχέδιο γενικής διάταξης ως το μέγιστο ημιπλάτος σε κάθε σενάριο που προαναφέρεται. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέγιστη ροπή λόγω μετακίνησης των επιβατών.

<i>PASSENGER HEELING MOMENT</i>	<i>W(t)/(Passenger + Luggage)</i>	<i>Pieces</i>	<i>W(t)</i>	<i>T.C.G (From C.L.) (m)</i>	<i>M<sub>t</sub> (t * m)</i>
<i>UPPER DECK</i>	0.085	367	31.195	6.062	189.104
<i>SALOON</i>	0.085	101	8.585	5.557	47.7068
<i>PASSWAY (Saloon deck)</i>	0.085	232	19.72	7.325	144.449
<i>SUM</i>			59.5		<i>M<sub>p</sub> = 381.26</i>

Πίνακας 8: Υπολογισμός ροπής λόγω μετακίνησης των επιβατών ως προς τον άξονα X.

Από ότι παρατηρούμε από το Πίνακα 8, το υπό σχεδίαση πλοίο εναρμονίζεται πλήρως με τους κανονισμούς Β.Δ. 740/69 & Π.Δ. 177/2000 για πλοία κατηγορίας V. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί άθικτης ευστάθειας παρουσιάζεται στο Παράρτημα Δ.

	<i>Full load departure</i>	<i>Full load arrival</i>	<i>100% cars departure</i>	<i>100% arrival</i>	<i>Passenger only departure</i>	<i>Passenger only arrival</i>
<i>Freeboard (m)</i>	1.131	1.275	1.481	1.609	1.707	1.877
<i>GM<sub>corrected</sub> (m)</i>	4.403	4.359	5.197	5.198	5.717	5.746
<i>θ<sub>passenger</sub> (degrees)</i>	3.115	3.400	3.260	3.492	3.473	3.869
<i>θ<sub>f</sub> (degrees)</i>	8.807	9.907	11.468	12.430	13.161	14.420
<i>0.6 * θ<sub>f</sub> (Κατηγορία V)</i>	5.284	5.944	6.881	7.458	7.897	8.652
<i>1) θ<sub>max</sub> &gt; θ<sub>p</sub></i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>
<i>2) 0.6 * θ<sub>f</sub> &gt; θ<sub>p</sub> (Κατηγορία V)</i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>	<i>PASS</i>
Πίνακας 9: Αποτελέσματα υπολογισμών ευστάθειας και συμμόρφωση με κανονισμούς						

## Κεφάλαιο 14: Διαστασιολόγηση και έλεγχος αντοχής μέσης τομής

### 14.1 Διαστασιολόγηση

Για τη διαστασιολόγηση και τον έλεγχο αντοχής των ελασμάτων και των ενισχυτικών της μέσης τομής του υπό μελέτη πλοίου, θα χρησιμοποιήσουμε τους κανονισμούς του νηογνώμονα ABS και ειδικότερα το 3<sup>ο</sup> μέρος, κατασκευή γάστρας και εξοπλισμός [1].

#### Κανονισμός 3.3.1/ 3.1

Το  $L$  ή μήκος του πλοίου είναι το μήκος μεταξύ καθέτων στο βύθισμα αντοχής. Ως βύθισμα αντοχής λαμβάνουμε το βύθισμα σύμφωνα με τη γραμμή φόρτωσης  $T_{SC} = d_{sc} = 2.799$  (m) (3.1.1/ 9.3). Επιπρόσθετα για το μήκος μεταξύ καθέτων πρέπει να ισχύει:

$$L_{EXTREME} * 0.96 < L_{BP}^{T_{SC}} < L_{EXTREME} * 0.97$$

Το  $L_{EXTREME}$  όπως και το  $L_{BP}^{T_{SC}}$  μπορεί να βρεθεί με χρήση του σχεδίου γενικής διάταξης, έτσι έχουμε:

$$L_{EXTREME} = 72.582 \text{ m}, L_{BP}^{T_{SC}} = 70.582 \text{ m}$$

$$\begin{cases} L_{EXTREME} * 0.96 = 69.679 \\ L_{EXTREME} * 0.97 = 70.405 \end{cases}$$

Επειδή δεν ισχύει ο περιορισμός για το μήκος μεταξύ καθέτων, λαμβάνουμε για μήκος κανονισμών:

$$L = 70.405 \text{ (m)}$$

#### Κανονισμός 3.2.5/ 1.7

Η ισαπόσταση των νομέων για πλοία μικρότερα των 270 μέτρων είναι:

$$S = 2.08 * L + 438 \text{ (mm)}$$

Για  $L = 70.405$  (m), έχουμε:

$$S = 584.442 \text{ (mm)} \text{ (Μέγιστο)}$$

Επιλέγουμε για ισαπόσταση εγκάρσιων και διαμήκων ενισχυτικών  $S = 500$  (mm)

#### Κανονισμός 3.2.2/ 3.9.2

Το πάχος του ελάσματος της πλευράς (Άνωθεν του chine έως κύριο κατάστρωμα), για πλοία μικρότερα των 90 μέτρων, δίνεται από την εξής σχέση:

$$t = s * \frac{\sqrt{h}}{268} + 2.5 \text{ (mm)}$$

Όπου:

- $S = 500$  mm, η ισαπόσταση των ενισχυτικών
- $h = \max \left\{ \max \left\{ \begin{array}{l} 0.1 * L \\ 1.18 * d_s \end{array} \right\}, D_s \right\} = \max \left\{ \max \left\{ \begin{array}{l} 7.0405 \\ 3.303 \end{array} \right\}, 3.888 \right\} = 7.041 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\Rightarrow t &= 500 * \frac{\sqrt{7.041}}{268} + 2.5 \text{ (mm)} \\ \Rightarrow t_{SIDE SHELL} &= 7.451 \text{ mm} \\ \Rightarrow t_{SIDE SHELL} &= 8 \text{ mm}\end{aligned}$$

### Κανονισμός 3.2.2/ 3.15.1

Το πάχος του ελάσματος του πυθμένα (από chine έως τρόπιδα), δίνεται από την εξής σχέση για πλοία με διαμήκης σύστημα ενίσχυσης και μήκος μικρότερο των 122 μέτρων:

$$t_{BOTTOM SHELL} = \frac{S}{671} * \sqrt{(L - 18.3) * \left(\frac{d_s}{D_s}\right)} + 2.5, \text{ όπου:}$$

$$\bullet \left(\frac{d_s}{D_s}\right) = \max \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{d_s}{D_s}\right) \\ 0.0433 * \frac{L}{D_s} \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.72 \\ 0.784 \end{array} \right. = 0.784$$

$$\Rightarrow t_{BOTTOM SHELL} = \frac{500}{671} * \sqrt{(70.405 - 18.3) * 0.784} + 2.5$$

$$\Rightarrow t_{BOTTOM SHELL} = 7.263 \text{ (mm)}$$

### Κανονισμός 3.2.2./ 3.15.2

Το ελάχιστο πάχος του πυθμένα κάτωθεν του chine για διάμηκες σύστημα ενίσχυσης, δίδεται από τη σχέση:

$$t_{BOTTOM SHELL}^{MIN} = S * \frac{L - 18.3}{42 * L + 1070} \text{ (mm)}$$

Όπου:

$$\bullet S = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.88 * S \\ 813 \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} 514 \\ 813 \end{array} \right. = 514$$

$$\bullet L = 70.405$$

$$\Rightarrow t_{BOTTOM SHELL}^{MIN} = 6.651 \text{ (mm)}$$

Από τους κανονισμούς 3.2.2./ 3.15.2, 3.2.2./ 3.15.1 έχουμε ότι  $t_{BOTTOM SHELL} = 8 \text{ (mm)}$

### Κανονισμός 3.2.2./ 5.1

Ο κανονισμός 3.2.2/ 3.15.1, απαιτεί ότι το αποτέλεσμα του  $t_{BOTTOM SHELL}$  πρέπει να είναι μεγαλύτερο από αυτό που προκύπτει από τον 3.2.2/ 5.1 όπου  $S = 610 \text{ mm}$ . Για διάμηκες σύστημα ενίσχυση ή σχέση είναι η εξής:

$$t = 0.0455 * L + 0.009 * S$$

$$\Rightarrow t = 8.693 \text{ mm}$$

Συνεπώς το έλασμα του πυθμένα λαμβάνεται ως  $t_{BOTTOM SHELL} = 8.693 \text{ mm}$

Έτσι από ελάσματα του εμπορίου έχουμε:

$$t_{BOTTOM SHELL} = 10 \text{ mm}$$

### Κανονισμός 3.2.3/ 5.17

Ο κανονισμός αυτός χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ελάσματος του καταστρώματος, όταν αυτό εκτίθεται σε φορτία λόγω φόρτισης οχημάτων. Το πάχος δίνεται από τον εξής τύπο:

$$t_{M.D.} = kKn\sqrt{CW} \text{ (mm)}$$

Όπου:

- $k = 8.05$
- $K$ : Από καμπύλες 3.2.3/ 5.17 *FIGURE 2*
- $n = \begin{cases} 1 \text{ για } \frac{l}{s} \geq 2 \\ 0.85 \text{ για } \frac{l}{s} = 1 \\ 0.85 + 0.15 * \left(\frac{l}{s} - 1\right) \text{ for } 1 < \frac{l}{s} < 2 \end{cases}$
- $C = 1.5$  για υπολογισμούς σε κατάσταση εν πλω
- $W$ : Στατικό φορτίο σε  $[KN]$
- $a$ : Το μήκος του αποτυπώματος του ελαστικού κατά το διάμηκες του πλοίου  $[mm]$
- $\beta$ : Το μήκος του αποτυπώματος του ελαστικού κατά το εγκάρσιο  $[mm]$
- $l$ : *Web spacing*

Όταν το κατάστρωμα υπό μελέτη είναι το κύριο κατάστρωμα το πάχος του ελάσματος πρέπει να προσαυξηθεί κατά 10%.

Από ανάλυση πρόσθετου βάρους (Κεφάλαιο 6), γνωρίζουμε ότι το μέγιστο στατικό φορτίο είναι  $W = 21.936 t$ , για φορτηγά. Ένα φορτηγό με τέτοιο βάρος έχει κατ' ελάχιστον 18 ελαστικά. Συνεπώς το βάρος ανά ελαστικό είναι:

$$\frac{W}{tire} = \frac{21.936}{18}(t) = 11.955 \text{ (KN)}$$

Τα ελάσματα του εμπορείου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν έχουν πλάτος  $l \approx 2.5 m$ , έτσι:

$$\Rightarrow \frac{l}{s} = \frac{3000}{500} = 6 > 2, \text{ άρα } n = 1$$

Ένα τυπικό λάστιχο για φορτηγό τέτοιου φορτίου έχουν πλάτος 40 εκατοστά. Συνεπώς το μήκος τους θα είναι σαφώς μεγαλύτερο και θεωρούμε ότι:

- $\alpha = 0.65 m \Rightarrow \frac{\alpha}{s} = 1.3$
- $\beta = 0.4 m \Rightarrow \frac{\beta}{s} = 0.8$

Από καμπύλες 3.2.3/ 5.17 *FIGURE 2*, έχουμε ότι:  $K = 0.115$ , συνεπώς:

$$\begin{aligned} \Rightarrow t_{M.D.} &= 1.1 * 8.05 * 0.115 * 1 * \sqrt{1.5 * 11.955} \text{ (mm)} \\ &\Rightarrow t_{M.D.} = 4.212 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

### Κανονισμός 3.2.3/ 5.1

Επιπρόσθετα το πάχος του ελάσματος του κύριου καταστρώματος πρέπει να είναι μεγαλύτερο από:

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{254} + 1.5$$

Όπου:

- $s = 500 \text{ mm}$ , η ισαπόσταση των ενισχυτικών
- $h$ : εξαρτάται από το φορτίο που εφαρμόζεται στο κατάστρωμα

Η σημειακή πίεση μπορεί να βρεθεί ως εξής:

$$P = \frac{W}{AREA} = \frac{11.955}{0.65 * 0.4} = 45.98 \frac{KN}{m^2} > 25.66 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Άρα το } h = \frac{P}{7.01} = \frac{45.98}{7.01} = 6.559 \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow t_{M.D.} = 6.541 \text{ (mm)}$$

Από τους κανονισμούς 3.2.3/5.1, 3.2.3/5.17 το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος ελάσματος του κύριου καταστρώματος είναι  $t_{M.D.} = 6.541 \text{ (mm)}$ . Ωστόσο επιλέγουμε για έλασμα κύριου καταστρώματος:

$$t_{M.D.} = 10 \text{ (mm)}$$

#### Κανονισμός 3.2.4/ 5.1

Το πάχος του ελάσματος των εδρών, δίνεται από τη σχέση:

$$t_{FLOOR} = 0.036 * L + 4.7 + c$$

Όπου:

- $L$ : Μήκος κανονισμού
- $c = 1.5 \text{ mm}$  για πλοία με διάμηκες ενίσχυση στο πυθμένα

$$\Rightarrow t_{FLOOR} = 8.735 \text{ mm}$$

Από τα ελάσματα του εμπορείου επιλέγουμε:

$$\Rightarrow t_{FLOOR} = 10 \text{ mm}$$

#### Κανονισμός 3.2.8/ 5.3

Ο τύπος που εκτιμάει τη ροπή αντίστασης των κύριων διαμηκών ενισχυτικών του κύριου καταστρώματος με το συνεργαζόμενο έλασμα είναι:

$$SM = 4.74 * c * b * h * l^2$$

Όπου:

- $c = 1$
- $b$ : το ανυποστήρικτο πλάτος = 3.5 (m) (Θεωρούμε απόσταση κεντρικού και πλευρικού girder τα 3.5 μέτρα)
- $h = 6.559 \text{ (m)}$  από κανονισμό 3.2.3/5.1
- $S = 500 \text{ (mm)}$ , ισαπόσταση διάμηκων ενισχυτικών
- $l = 3 \text{ (m)}$ : Το ανυποστήρικτο μήκος, αν θεωρήσουμε ότι το *web spacing* είναι 3 μέτρα



Έτσι:

$$\Rightarrow SM = 979.324 \text{ cm}^3$$

Με χρήση επαναληπτικής διαδικασίας και με πλάτος συνεργαζόμενου ελάσματος 600 χιλιοστά, λαμβάνουμε ως βέλτιστη λύση τη χρήση ενισχυτικού τύπου 'T' ( $400 * 10 + F.B.150 * 10$ ) [mm], το οποίο έχει ελάχιστη ροπή αντίστασης  $SM_{MIN} = 1015.042 \text{ cm}^3$ . (Παράρτημα Ε)

#### Κανονισμός 3.2.8/ 5.5

Ο τύπος υπολογισμού της ελάχιστης ροπής αντίστασης των κύριων εγκάρσιων ενισχυτικών του καταστρώματος είναι ο ίδιος με αυτόν για τον υπολογισμό των κύριων διαμήκων του καταστρώματος (Κανονισμός 3.2.8/ 5.3), με την παραλλαγή ότι:

- $b = 3 \text{ m}$ , η ισαπόσταση των *web*
- $l = 3.5 \text{ m}$ , το ανυποστήρικτο πλάτος, δηλαδή, η ισαπόσταση των *girders* του κύριου καταστρώματος

$$SM = 1142.545 \text{ cm}^3$$

Με επαναληπτική διαδικασία για την εύρεση του βέλτιστου ενισχυτικού, καταλήξαμε ότι θα χρησιμοποιηθεί ενισχυτικό τύπου 'T' ( $400 * 12 + F.B.150 * 12$ ) [mm], το οποίο έχει ελάχιστη ροπή αντίστασης  $SM_{MIN} = 1192.107 \text{ cm}^3$ . (Παράρτημα Ε)

#### Κανονισμός 3.2.4/ 3.1

Για τη διαστασιολόγηση των ενισχυτικών του διπυθμένου γνωρίζουμε ότι το ύψος του είναι  $h_{D.B.} = 1.707 \text{ (m)}$ , το οποίο υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις από τον κανονισμό. Επιλέγεται το διάμηκες σύστημα ενίσχυσης στον πυθμένα με χρήση τριών διαμήκων σταθμίδων και έδρα σε κάθε ενισχυμένο νομέα. Η κεντρική σταθμίδα έχει πάχος:

$$t_{\text{Κεντρική}}^{\text{Σταθμίδα}} = 0.056 * L + 5.5 \text{ (mm)}$$
$$\Rightarrow t_{\text{Κεντρική}}^{\text{Σταθμίδα}} = 9.443 \text{ (mm)}$$

Επιλέγεται:  $t_{\text{Κεντρική}}^{\text{Σταθμίδα}} = 10 \text{ (mm)}$

#### Κανονισμός 3.2.4/ 3.7

Οι πλευρικές σταθμίδες πρέπει να διαστασιολογούνται με βάση το πάχος των εδρών Κανονισμό 3.2.4/ 5.1. με τη διαφορά ότι για συντελεστή  $c$ , λαμβάνουμε τη τιμή μηδέν. Έτσι:

$$t_{\text{ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ}}^{\text{ΣΤΑΘΜΙΔΕΣ}} = 0.036 * L + 4.7$$
$$\Rightarrow t_{\text{ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ}}^{\text{ΣΤΑΘΜΙΔΕΣ}} = 7.234 \text{ (mm)}$$

επιλέγεται:  $t_{\text{ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ}}^{\text{ΣΤΑΘΜΙΔΕΣ}} = 8 \text{ (mm)}$

#### Κανονισμός 3.2.4/ 9.1

Το πάχος του ελάσματος του διπύθμενου δίνεται από την εξής σχέση:

$$t_{I.B.P.} = 0.037 * L + 0.009 * S - c \text{ (mm)}$$

Όπου:

- $c = c_1$  (για πλοία με  $L < 90$  (m)) = 0.5 (εκτός μηχανοστασίου)
- $S = 500$  (mm), ισαπόσταση ενισχυτικών
- $L$ : μήκος κανονισμού

$$\Rightarrow t_{I.B.P.} = 6.605 \text{ (mm)}$$

Επιλέγεται:

$$t_{I.B.P.} = 8 \text{ (mm)}$$

### Κανονισμός 3.2.4/ 11.3

Τόσο για τα δευτερεύον διαμήκη ενισχυτικά του πυθμένα όσο και για τα δευτερεύον διαμήκη του διπύθμενου, χρησιμοποιείται ο εξής τύπος:

$$SM = 7.8 * c * h * s * l^2 \text{ cm}^3$$

Όπου:

- $C = 1.3$  (χωρίς υποσιλόματα)
- $h = \max \left\{ \begin{array}{l} d_s \\ 0.67 * D_s \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 2.799 \\ 2.605 \end{array} \right. = 2.799$
- $s = 500$  mm ή 0.5 m
- $l = 3$  (m) το ανυποστήρικτο μήκος, (web spacing)

$$\Rightarrow SM = 127.718 \text{ cm}^3$$

Με χρήση επαναληπτικής διαδικασίας για την εύρεση του βέλτιστου ενισχυτικού με συνεργαζόμενο έλασμα πλάτους 500 χιλιοστά, καταλήξαμε στη χρήση γωνιάς 'Γ' (100X100X12)[mm], με ελάχιστη ροπή αντίστασης  $SM_{MIN} = 131.622 \text{ cm}^3$ . (Παράρτημα Ε)

### Κανονισμός 3.2.7/ 3.1

Τα δευτερεύον διαμήκη ενισχυτικά του καταστρώματος διαστασιοποιούνται με χρήση του τύπου:

$$SM = 7.8 * c * h * s * l^2$$

Όπου:

- $c = c_1 = 1/(1.709 - 0.651 * k)$
- $s = 0.5$  (m)
- $h = \frac{P}{7.01} = 6.559$  (m)
- $l = 3$  (m), web spacing

Έστω ότι  $k = 1.1$ ,  $\Rightarrow c = c_1 = 1.007$

$$\Rightarrow SM = 231.832 \text{ cm}^3$$

Με χρήση επαναληπτικής διαδικασίας, επιλέγονται γωνίες 'Γ' (120X120X15)[mm], με ελάχιστη ροπή αντίστασης  $SM_{MIN} = 232.608 \text{ cm}^3$ . (Παράρτημα Ε)

Η ίδια σχέση θα εφαρμοσθεί για τα δευτερεύον διαμήκη ενισχυτικά την πλευράς, έτσι:

- $c = c_1 = 0.7$
- $s = 0.5 \text{ (m)}$
- $h = 3.66 \text{ (m)}$
- $l = 3 \text{ (m)}$

$$SM = 179.853 \text{ cm}^3$$

Με χρήση επαναληπτικής διαδικασίας, επιλέγεται γωνιά 'Γ' (120X120X12)[mm] με ελάχιστη ροπή αντίστασης  $SM_{MIN} = 191.647 \text{ cm}^3$ . (Παράρτημα Ε)

#### Κανονισμός 3.2.5/ 3.15

Σύμφωνα με το 3.15, τα μπρακέτα που συνδέουν πλευρικούς νομείς και διπύθμενο, πρέπει να ενισχύονται με φλάντζα πάχους 2mm περισσότερο από αυτό του *web*. Επιπρόσθετα το πάχος δεν πρέπει να είναι λιγότερο από αυτό που δίνεται στο πίνακα 1Α, 1Β στο 3.2.9. Επιπρόσθετα επειδή το διπύθμενο είναι διαμήκως ενισχυμένο, πρέπει στους μη ενισχυμένους νομείς να τοποθετείται μπρακέτο εσωτερικά του διπύθμενου και να εκτείνεται έως τα διαμήκη στοιχεία.

Σύμφωνα με το πίνακα 1Β που αφορά πλοία με μήκος κανονισμού μικρότερο των 90 μέτρων, για μήκος ακμής από 455 έως 660 mm, το πάχος της φλάντζας πρέπει να είναι τουλάχιστον 6.5 mm και πλάτος 50 mm.

#### Κανονισμός 3.2.4/ 3.1.1

Η κεντρική και η πλευρική σταθμίδα πρέπει να ενισχύονται μεταξύ εδρών σύμφωνα με 3.2.4/ 3.5. Όταν η ισαπόσταση των εδρών είναι μεγαλύτερη από 2.4 μέτρα επιβάλλεται η ενίσχυση των σταθμίδων εκτός αν αποδειχθεί ότι δεν είναι απαραίτητη. Επιπρόσθετα η ενίσχυση αυτή θα πρέπει να γίνεται σε συνδυασμό με μπρακέτα όταν η ισαπόσταση των εδρών είναι μεγαλύτερη από 2.4 μέτρα. Συνεπώς τοποθετούμε γωνίες (100X100X12)[mm] στην κεντρική και πλευρική σταθμίδα σε όλους τους νομείς όπου δεν είναι ενισχυμένοι. Οι γωνίες αυτές μεταφέρουν τις τάσεις μέσω μπρακέτων που προσδένονται στα διαμήκη ενισχυτικά με πάχος 10 (mm).

#### Κανονισμός 3.2.4/ 5.5

Οι έδρες πρέπει να ενισχύονται και τα ενισχυτικά αυτά πρέπει να ισαπέχουν λιγότερο από 1.53 μέτρα. Το πάχος του ενισχυτικού πρέπει να είναι τουλάχιστον όσο αυτό της έδρας. Συνεπώς θα χρησιμοποιηθεί *flat bar* 100X10 (mm). Επιπρόσθετα θα γίνει *snipe* στα άκρα για αποφυγή συγκέντρωσης τάσεων.

#### Κανονισμός 3.2.8/ 3.3

Επιλέγουμε να τοποθετήσουμε 3 υποστυλώματα σε κάθε ενισχυμένο νομέα τα οποία θα στηρίζουν τα *girders*. Η σχέση που δίνει το υπολογιστικό φορτίο στα υποστυλώματα είναι:

$$W_{calc} = nbhs \text{ (KN)}$$

- $n = 7.01$
- $b = 3.5 \text{ m}$ , ανυποστήρικτο πλάτος

- $s = 3 \text{ m}$ , ανυποστύρικτο μήκος
- $h = \max \begin{Bmatrix} 2.12 \\ 2.16 \end{Bmatrix} = 2.16 \text{ m}$  (Από πίνακα 2, στήλη Α, 3.2.7/ 3.1), όπου το φορτίο ξεπερνά τα  $h * 7.01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$ , προσαυξάνουμε το  $h$  με:

$$h' = h * \frac{p}{7.01 * h} = 6.562 \text{ m}$$

$$W_{calc} = 483 \text{ KN}$$

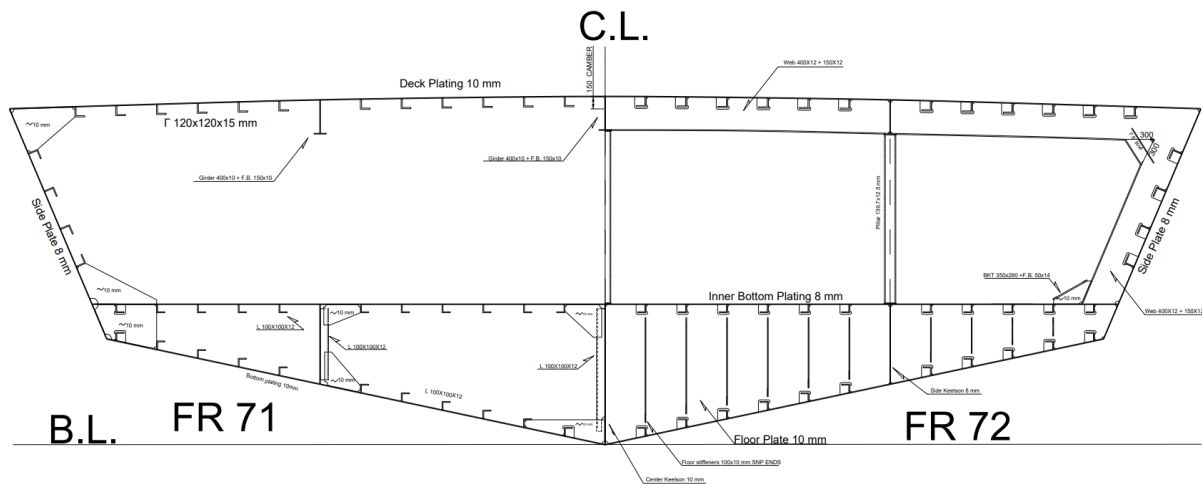
### Κανονισμός 3.2.8/ 3.1

Επιλέγουμε υποστύλωμα με διάμετρο 139.7 mm και πάχος 12.5 mm. Συνεπώς έχουμε  $r = 6.985 \text{ mm}$  και  $r_{minimum} = 5.735 \text{ mm}$ .  $A = \pi * (r^2 - r_{minimum}^2) = 49.951 \text{ cm}^2$

$$W_{MIN} = \left( 12.09 - 4.44 * \frac{2.12}{5.735} \right) * 49.95$$

$$\Rightarrow W_{MIN} = 521.923 \text{ KN} > W_{calc}, \text{ αποδεκτό.}$$

Με χρήση όλων των διαστάσεων που υπολογίσαμε, σχεδιάζουμε τη μέση τομή και λαμβάνουμε:



Σχέδιο 14: Διαστασιολογημένη μέση τομή του πλοίου. Ονομάς 72 είναι ο ενισχυμένος και ο 71 ο απλός

## 14.2 Έλεγχος τάσεων

Απομονώνουμε τα διαμήκη στοιχεία έτσι ώστε να υπολογίσουμε τη ροπή αδράνειας της μέσης τομής. Με χρήση του προγράμματος *Rhinoceros 3D*, μετατρέπουμε τις καμπύλες που περιγράφουν τα ελάσματα και τα ενισχυτικά σε επιφάνειες. Τέλος με χρήση της εντολής *Analyze*  $\Rightarrow$  *Mass properties*  $\Rightarrow$  *Area moments*, λαμβάνουμε την ροπή αδράνειας ως προς τον οριζόντιο άξονα της υπό μελέτη διατομής. Η τιμή αυτή είναι:

$$I_{ACTUAL} = 1.49891094 * 10^{12} \text{ mm}^4$$
$$\Rightarrow I_{ACTUAL} = 1.49891094 * 10^8 \text{ cm}^4$$

Έπειτα με χρήση της εντολής *Analyze*  $\Rightarrow$  *Mass properties*  $\Rightarrow$  *Area centroid*, βρίσκουμε το ύψος που βρίσκεται ο ουδέτερος άξονας και υπολογίζουμε τη μέγιστη απόσταση του ουδέτερου άξονα από τη ακραία ίνα του πλοίου που βρίσκεται στο πυθμένα και απέχει 2.422 μέτρα. Συνεπώς μπορούμε να υπολογίσουμε την ελάχιστη ροπή αντίστασης της μέσης τομής ως εξής:

$$SM_{MIN}^{ACTUAL} = \frac{I}{DISTANCE_{MAX}} = \frac{1.49891094 * 10^8}{24.22}$$
$$\Rightarrow SM_{MIN}^{ACTUAL} = 6.1887 * 10^6 \text{ cm}^3$$

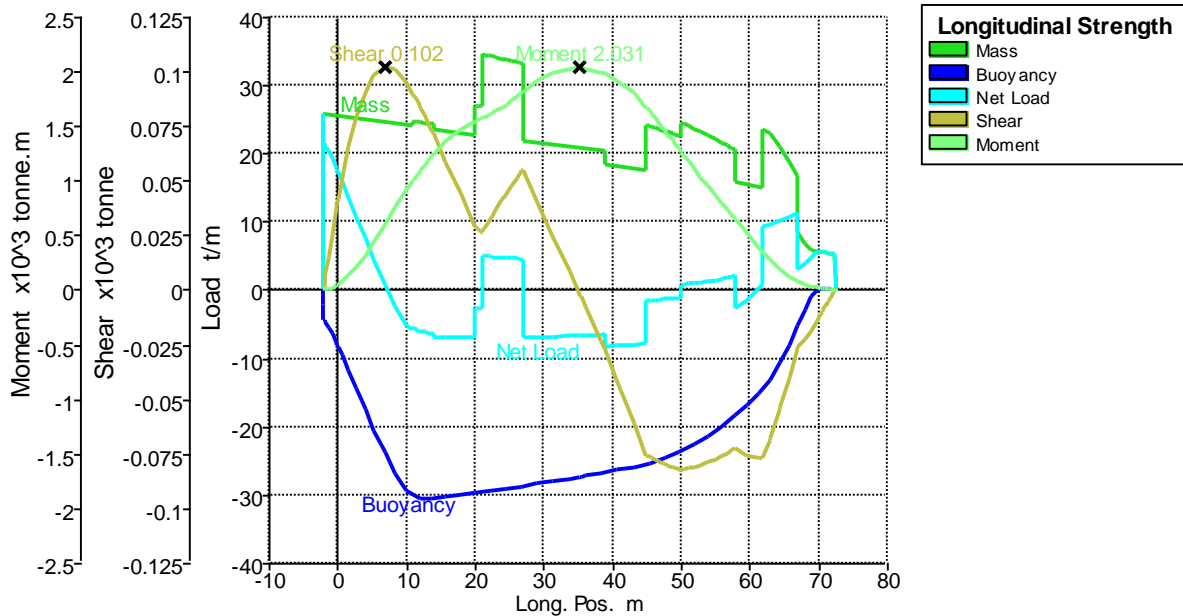
Για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε το αποτέλεσμα αυτό πρέπει αρχικά να υπολογίσουμε τη μέγιστη καμπτική ροπή που δέχεται το πλοίο από το σύνολο των φορτίσεων των βαρών και της άντωσης σε ήρεμο νερό (στατική). Σύμφωνα με το κανονισμό 3.2.1/3.3.3(d), απαιτείται η μελέτη σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις:

- Πλήρης φόρτωση (βύθισμα αντοχής)
- Άδειο
- Μερική φόρτωση

Με δεδομένο τις εν λόγω απαιτήσεις, με χρήση του προγράμματος *MaxSurf Stability* μπορούμε να πραγματοποιήσουμε τον υπολογισμό της καμπτικής ροπής και διατμητικής δύναμης σε κάθε θέση του πλοίου. Το *MaxSurf stability* χρησιμοποιεί τη θεώρηση ότι η κατανομή του βάρους είναι τραπεζοειδής όταν το κέντρο βάρους της εκάστοτε υποκατηγορίας του βάρους δεν είναι έκκεντρο στο μήκος που εκτείνεται. Η θεώρηση αυτή είναι πλήρως αποδεκτή και ως τραπεζοειδή κατανομή λαμβάνει μόνο αυτή των δεξαμενών.

- Κατάσταση πλήρους φόρτωσης

Για τη κατάσταση πλήρους φόρτισης χρησιμοποιήθηκε η κατάσταση *100% Departure*, αλλά προστέθηκε έρμα στη πωραία δεξαμενή έως ότου να λάβουμε βύθισμα στο κέντρο του πλοίου το βύθισμα αντοχής. Όσο αφορά τη κατανομή του βάρους των οχημάτων θεωρήθηκε τραπέζιο από το νομέα -4 έως το νομέα 134 όπου και οριοθετείτε ο χώρος στάθμευσης. Η διαμήκης κατανομής του βάρους των επιβατών, πληρώματος τοποθετήθηκε από το νομέα -4 έως και το νομέα 78, όπου παύει να ισχύει το κατάστρωμα του σαλονιού των επιβατών. Οι προμήθειες τοποθετήθηκαν από το νομέα -4 έως 28. Με τα παραπάνω δεδομένα λαμβάνουμε τη γραφική παράσταση βάρους, άντωσης, φορτίου, καμπτικής ροπής και διατμητικής δύναμης. (Παράρτημα ΣΤ)



Διάγραμμα 13: Διάγραμμα βάρους, άντωσης, καμπτικής ροπής και διατμητικής δύναμης για τη κατάσταση πλήρους φόρτωσης

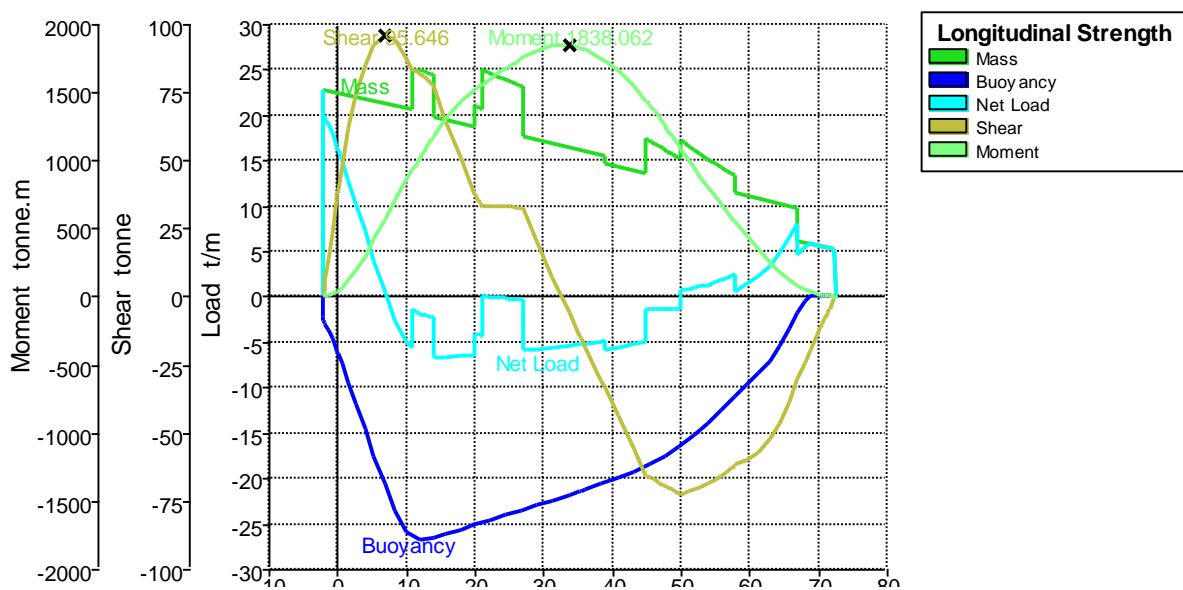
Από το διάγραμμα 13, μπορούμε να εξάγουμε τη πληροφορία ότι η μέγιστη καμπτική ροπή και η μέγιστη διατμητική δύναμη σε ήρεμο νερό είναι:

$$M_{SW}^{MAX,100\%} = 2.031 * 10^3 (t * m) \Rightarrow M_{SW}^{MAX,100\%} = 19924 (KN * m)$$

$$F_{SW}^{MAX,100\%} = 1000.62 (KN)$$

- Κατάσταση μερικής φόρτωσης

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με τη πλήρη κατάσταση φόρτωσης, θεωρούμε βάρος φορτίου (οχημάτων) το 50% του συνολικού. Το ίδιο κάνουμε και για το βάρος των επιβατών



Διάγραμμα 14: Διάγραμμα βάρους, άντωσης, καμπτικής ροπής και διατμητικής δύναμης για τη κατάσταση μερικής φόρτωσης

και όλων των δεξαμενών (όχι έρματος). Το διάγραμμα που λαμβάνουμε είναι (Παράρτημα ΣΤ):

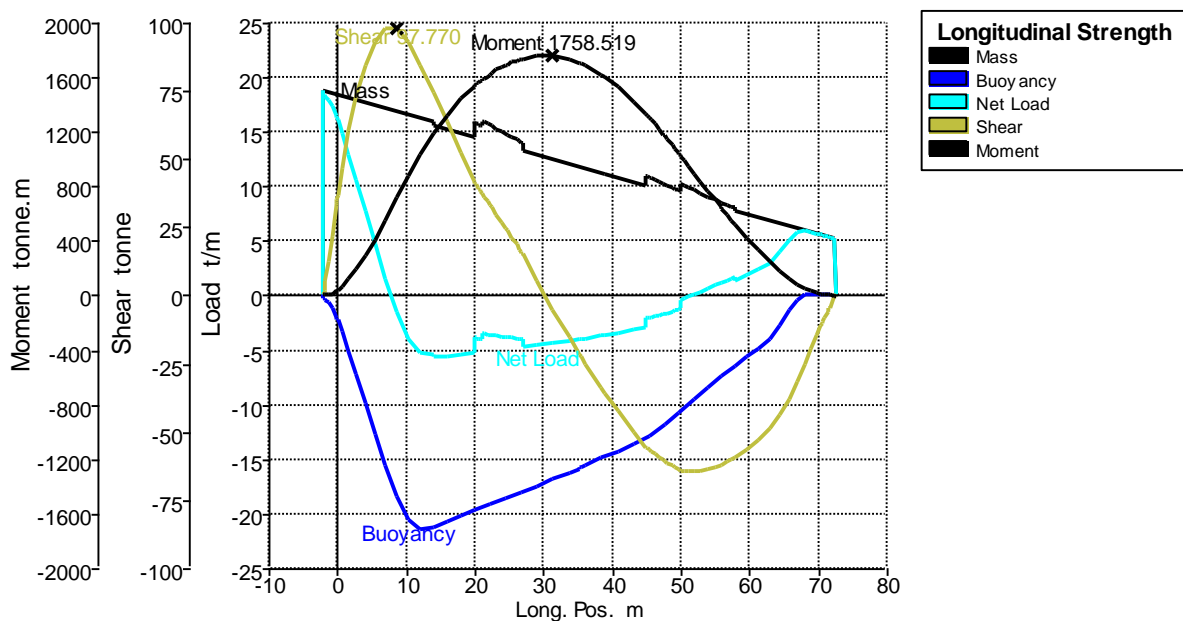
Από το διάγραμμα 14 εξάγουμε τις εξής πληροφορίες:

$$M_{SW}^{MAX,50\%} = 1838.062 (t * m) \Rightarrow M_{SW}^{MAX,50\%} = 18030.78 (KN * m)$$

$$F_{SW}^{MAX,50\%} = 95.646 (t) \Rightarrow F_{SW}^{MAX,50\%} = 938.287 (KN)$$

- Κατάσταση άφορτου πλοίου

Στη κατάσταση άφορτου πλοίου, θεωρούμε το βάρος του φορτίου και των επιβατών μηδενικό. Επιπρόσθετα η πληρότητα των δεξαμενών θεωρείται ελάχιστη. Το διάγραμμα βάρους, άντωσης, καμπτικής ροπής και διατμητικής δύναμης είναι (Παράρτημα ΣΤ):



Διάγραμμα 15: Διάγραμμα βάρους, άντωσης, καμπτικής ροπής και διατμητικής δύναμης για τη άφορτη κατάσταση

Από το διάγραμμα 15 λαμβάνουμε την εξής πληροφορία:

$$M_{SW}^{MAX,0\%} = 1758.519 (t * m) \Rightarrow M_{SW}^{MAX,0\%} = 17251.071 (KN * m)$$

$$F_{SW}^{MAX,0\%} = 97.77 (t) \Rightarrow F_{SW}^{MAX,0\%} = 959.124 (KN)$$

### Κανονισμός 3.2.1/ 3.5.1

Η δύναμη λόγω δυναμικής καταπόνησης του πλοίου από κυματισμούς για *Hogging* είναι θετική και για *Sagging* αρνητική. Η σχέση που υπολογίζει τη καμπτική ροπή λόγω φορτίσεων από κυματισμού στη *hogging* κατάσταση είναι:

$$M_{WH} = k_2 * C_1 * L^2 * B * C_B * 10^{-3}$$

Όπου:

- $L = 70.405 (m)$ , το μήκος κανονισμού
- $C_1 = 0.044 * L + 3.75$
- $K_2 = 190$

- $B = 14.6$  (m), το μέγιστο πλάτος του πλοίου σύμφωνα με 3.1.1/5
- $C_B = 0.557$ , σύμφωνα με 3.1.1/13.3

$$\Rightarrow M_{WH} = 52447.041 \text{ (KN * m)}$$

Η σχέση που υπολογίζει τη καμπτική ροπή λόγω φορτίσεων από κυματισμού στη *sagging* κατάσταση είναι:

$$M_{WS} = -K_1 C_1 L^2 B (C_B + 0.7) * 10^{-3}$$

- $L = 70.405$  (m), το μήκος κανονισμού
- $C_1 = 0.044 * L + 3.75$
- $K_1 = 110$
- $B = 14.6$  (m), το μέγιστο πλάτος του πλοίου σύμφωνα με 3.1.1/5
- $C_B = 0.557$ , σύμφωνα με 3.1.1/13.3

$$\Rightarrow M_{WS} = -68523.598 \text{ (KN * m)}$$

### Κανονισμός 3.2.1/ 3.7.1

Η απαιτούμενη ροπή αντίστασης δίνεται από την εξής σχέση:

$$SM_{REQ} = \frac{M_t}{f_p} \text{ (cm}^2 * \text{m)}$$

Όπου:

- $M_t = M_{WH} + M_{SW}$
- $f_p = 17.5 \text{ KN/cm}^2$

Άρα για την κατάσταση:

- Πλήρης φόρτωση:

$$M_t^{100\%} = M_{WH} + M_{SW}^{MAX,100\%} = 19924 + 52447.041$$

$$\Rightarrow M_t^{100\%} = 72371.041 \text{ (KN * m)}$$

$$SM_{REQ}^{100\%} = \frac{M_t^{100\%}}{f_p} = \frac{72371.041}{17.5} = 4135.488 \text{ (m * cm}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow SM_{REQ}^{100\%} = 413548.8 \text{ (cm}^3\text{)} < SM_{MIN}^{ACTUAL} = 6.1887 * 10^6 \text{ cm}^3$$

Άρα στη κατάσταση πλήρης κατάσταση φόρτωσης είμαστε σύμφωνοι με τους κανονισμούς

- Κατάσταση μερικής φόρτωσης:

$$M_t^{50\%} = M_{WS} + M_{SW}^{MAX,50\%} = 18030.78 + 52447.041$$

$$\Rightarrow M_t^{50\%} = 70477.821 \text{ (KN * m)}$$

$$SM_{REQ}^{50\%} = \frac{M_t^{50\%}}{f_p} = \frac{70477.821}{17.5} = 4027.304 \text{ (m * cm}^2\text{)}$$



$$\Rightarrow SM_{REQ}^{50\%} = 402730.4 \text{ (cm}^3\text{)} < SM_{MIN}^{ACTUAL} = 6.1887 * 10^6 \text{ cm}^3$$

Άρα στη κατάσταση μερικής φόρτωσης είμαστε σύμφωνοι με τους κανονισμούς

- Άφορτη κατάσταση:

$$M_t^{0\%} = M_{WS} + M_{SW}^{MAX,0\%} = 17251.071 + 52447.041$$

$$\Rightarrow M_t^{50\%} = 69698.112 \text{ (KN * m)}$$

$$SM_{REQ}^{0\%} = \frac{M_t^{0\%}}{f_p} = \frac{69698.112}{17.5} = 3982.749 \text{ (m * cm}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow SM_{REQ}^{0\%} = 398274.9 \text{ (cm}^3\text{)} < SM_{MIN}^{ACTUAL} = 6.1887 * 10^6 \text{ cm}^3$$

Άρα στη κατάσταση μερικής φόρτωσης είμαστε σύμφωνοι με τους κανονισμούς

Επιπρόσθετα πρέπει το  $SM_{MIN}^{ACTUAL}$  να είναι μεγαλύτερο από την ελάχιστη ροπή αντίστασης η οποία δίνεται από την σχέση 3.2.1/3.7.1(b):

$$SM_{MIN} = C_1 * C_2 * L^2 * B * (C_B + 0.7) \text{ (cm}^2 * m\text{)}$$

Όπου:

- $C_2 = 0.01$ , κανονισμός 3.2.1/3.1
- $L = 70.405 \text{ (m)}$ , το μήκος κανονισμού
- $C_1 = 0.044 * L + 3.75 = 6.847$
- $B = 14.6 \text{ (m)}$ , το μέγιστο πλάτος του πλοίου σύμφωνα με 3.1.1/5
- $C_B = 0.557$ , σύμφωνα με 3.1.1/13.3

$$\Rightarrow SM_{MIN} = 6128.672 \text{ (m * cm}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow SM_{MIN} = 612867.2 \text{ (cm}^3\text{)} < SM_{MIN}^{ACTUAL} = 6.1887 * 10^6 \text{ cm}^3$$

#### Κανονισμός 3.2.1/3.7.2

Η ροπή αδράνειας της μέσης τομής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

$$I = L * \frac{SM_{REQ}^{MAX}}{33.3} \text{ (cm}^2 * m^2\text{)}$$

Παρόλο που ο κανονισμός χρησιμοποιεί το  $SM_{REQ}^{MAX}$  για τον υπολογισμό του  $I_{MIN}$ , θα χρησιμοποιηθεί το  $SM_{MIN}$ , καθώς είναι μεγαλύτερο.

$$I_{MIN} = 129.57633 * 10^6 \text{ cm}^4 < I_{ACTUAL} = 149.891094 * 10^6 \text{ cm}^4, \text{ Αποδεκτό}$$

Συνεπώς η διαμόρφωση της μέσης τομής είναι πλήρως αποδεκτή από το κανονισμό ως προς τη διαρροή.

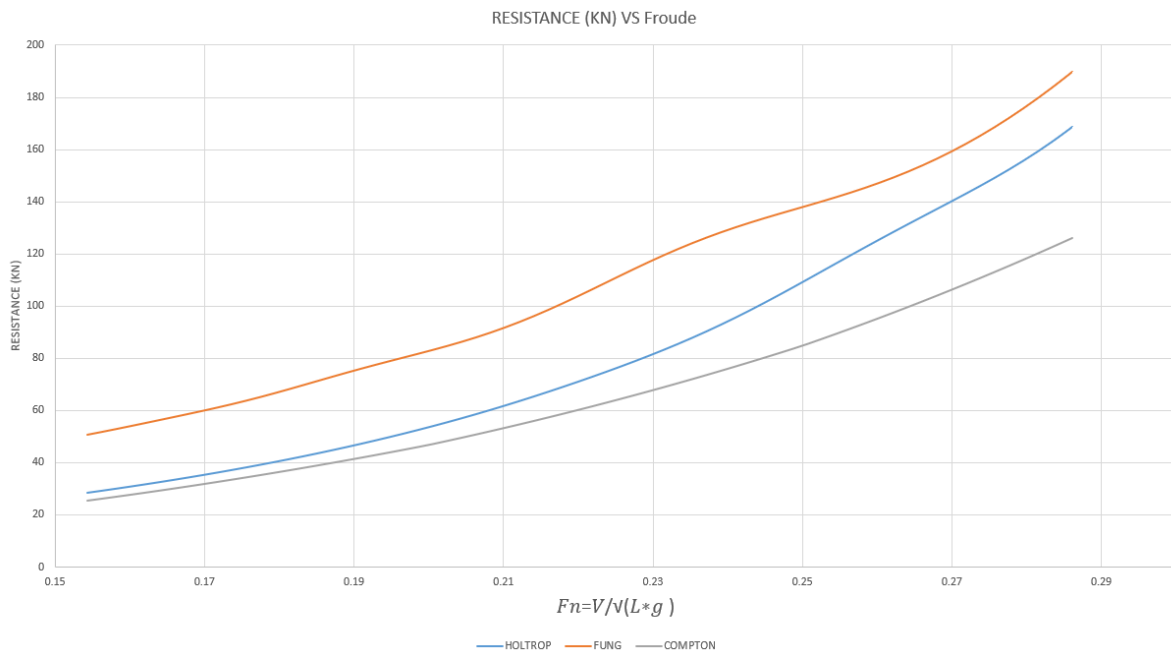
## Κεφάλαιο 15: Υπολογισμός αντίστασης

Ο υπολογισμός της αντίστασης του πλοίου μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους διαφορετικής ακρίβειας και δυσκολίας. Στη παρούσα διπλωματική θα γίνει χρήση συστηματικών σειρών για τον υπολογισμό της αντίστασης του πλοίου. Η χρήση των συστηματικών σειρών θα γίνει με χρήση του προγράμματος *MaxSurf Resistance*. Επειδή η μορφή του πλοίου δεν μπορεί να αντιστοιχηθεί άμεσα με μία διαθέσιμη συστηματική σειρά πλοίων, τα οποία έχουν ίδια η παρόμοια χαρακτηριστικά, αποφασίστηκε η χρήση παραπάνω από μίας. Η καταλληλότητα της εκάστοτε συστηματικής σειράς μπορεί να αξιολογηθεί με χρήση των συντελεστών ακρίβειας του *MaxSurf*, οι οποίοι αξιολογούν τα δεδομένα που εισάγονται και αναδεικνύουν εάν τα χαρακτηριστικά του πλοίου είναι μέσα στο φάσμα των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν στην εκάστοτε σειρά ή όχι.

Item	Value	Units	Holtrop	Van Oortmerssen	Series60	Compton	Fung
LWL	72.571	m	72.571	72.571	72.571 (high)	72.571 (high)	72.571
Beam	13.434	m	13.434 (high)	13.434 (high)	13.434 (high)	13.434 (low)	13.434
Draft	2.791	m	2.791 (low)	2.791 (high)	2.791 (high)	2.791	2.791
Displaced volume	1550.331	m <sup>3</sup>	1550.331	1550.331	1550.331 (low)	1550.331	1550.331
Wetted area	1027.106	m <sup>2</sup>	1027.106	1027.106	1027.106	1027.106	1027.106
Prismatic coeff. (Cp)	0.799		0.799	0.799 (high)	--	--	0.799 (high)
Waterpt. area coeff. (Cwp)	0.927		0.927	--	--	--	--
1/2 angle of entrance	29.6	deg.	29.6	29.6	--	--	29.6 (high)
LCG from midships(+ve fwd)	-1.619	m	-1.619	-1.619	--	-1.619	--
Transom area	0.778	m <sup>2</sup>	0.778	--	--	--	0.778
Transom w/ beam	5.625	m	--	--	--	--	5.625
Transom draft	0.276	m	--	--	--	--	0.276
Max sectional area	26.729	m <sup>2</sup>	--	26.729 (low)	--	--	26.729
Bulb transverse area	0	m <sup>2</sup>	0	--	--	--	0
Bulb height from keel	0	m	0	--	--	--	--
Draft at FP	2.791	m	2.791	--	--	--	--
Deadrise at 50% LWL	12.4	deg.	--	--	--	--	--
Hard chine or Round bilge	Hard chine		--	--	--	Hard chine	--
Frontal Area	0	m <sup>2</sup>					
Headwind	0	kn					
Drag Coefficient	0						
Air density	0.001	tonne/					
Appendage Area	0	m <sup>2</sup>					
Nominal App. length	0	m					
Appendage Factor	1						
Correlation allowance	use 19th ITT		Calculated by method	use 19th ITTC formulati	use 19th ITTC formulation	use 19th ITTC formulation	Fixed at 0.0005
Kinematic viscosity	0.00000118	m <sup>2</sup> /s					
Water Density	1.0259	tonne/					

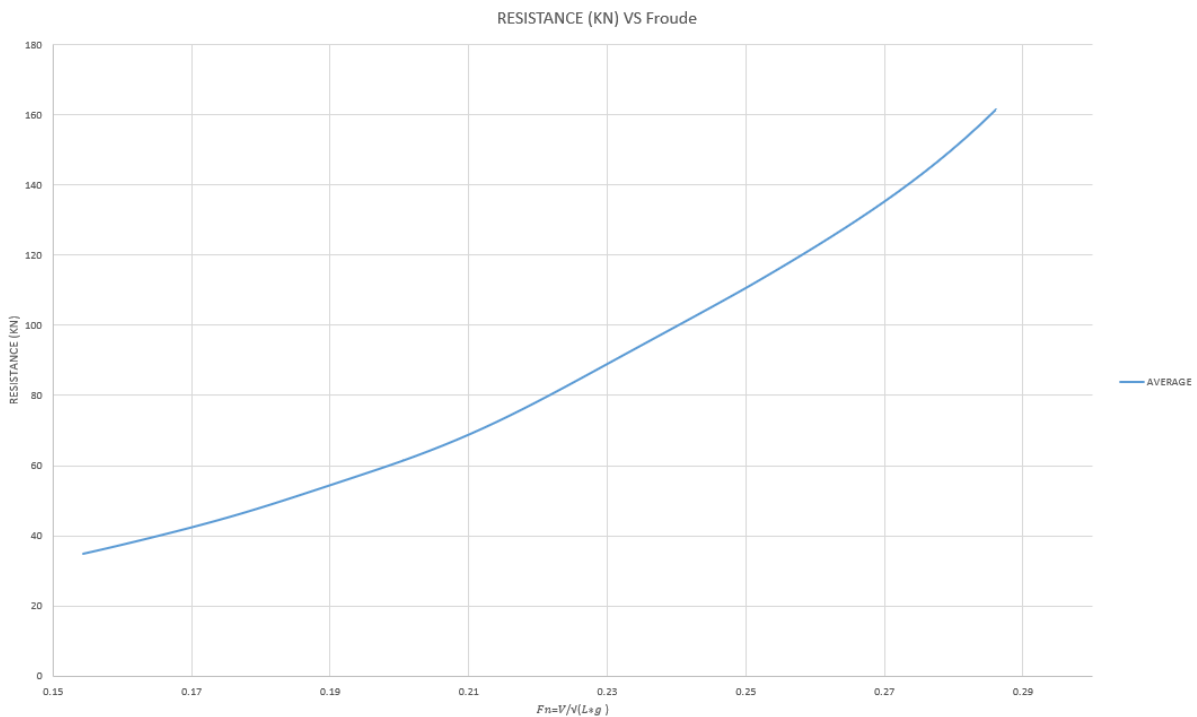
Πίνακας 10: Οι συστηματικές σειρές και η καταλληλότητα τους. Με πορτοκαλί χρώμα συμβολίζεται η μικρή απόκλιση και με κόκκινο η μεγάλη.

Με χρήση του Πίνακα 10, μπορούμε να εξάγουμε ότι οι συστηματικές σειρές *Series60* και *Van Oortmerssen* είναι ακατάλληλες. Οι συστηματικές σειρές *Holtrop*, *Compton* και *Fung*, έχουν δύο χαρακτηριστικά εκτός του επιθυμητού βεληνεκούς. Συνεπώς θα γίνει υπολογισμός της αντίστασης με χρήση των τριών αυτών μεθόδων και στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε τον μέσο όρο τους. Η διαδικασία χρήσης του προγράμματος είναι απλή και αρκεί να εισάγουμε το μοντέλο στο *MaxSurf*. Με χρήση του μοντέλου το πρόγραμμα υπολογίζει χαρακτηριστικά του πλοίου όπως το μήκος πλάτος κ.ο.κ. Τέλος επιλέγουμε τις ταχύτητες για τις οποίες θα υπολογισθεί η αντίσταση.



Διάγραμμα 16: Η αντίσταση του πλοίου συναρτήσει της ταχύτητας. Συστηματική σειρά Holtrop, Fung και Compton.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε το μέσο όρο των τριών συστηματικών σειρών και εξάγουμε το διάγραμμα που ακολουθεί.



Διάγραμμα 17: Η αντίσταση του πλοίου συναρτήσει της ταχύτητας. Η αντίσταση υπολογίσθηκε με εύρεση του μέσου όρου των συστηματικών σειρών Holtrop, Compton και Fung.

V (Kn), Ταχύτητα πλοίου	Froude	R (KN), Αντίσταση του πλοίου
8	0.154	34.869
10	0.193	56.282
12	0.231	90.462
$V_{SERVICE} = 14$	0.27	135.133
$V_{TRIALS} = V_{SERVICE} * 1.06 = 14.8$	0.286	161.462
Πίνακας 10: Η αντίσταση του πλοίου για πέντε διάφορες ταχύτητες		

Όλες οι τιμές της αντίστασης που εξήχθησαν από το *MaxSurf Resistance* παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ζ.

## Κεφάλαιο 16: Επιλογή έλικας

Για την επιλογή της βέλτιστης έλικας θα γίνει μια επαναληπτική διαδικασία για διάφορες τιμές του λόγου βήμα προς διάμετρο έλικας και του λόγου εκτεταμένης επιφάνειας (εκτεταμένη επιφάνεια έλικας διαιρεμένη με την επιφάνεια δίσκου ίδιας διαμέτρου). Οι έλικες που θα εξετασθούν είναι της σειράς *Wageningen B - series*. Στη συνέχεια θα χαράξουμε τις ισοταχείς και ισοβηματικές καμπύλες για διάφορους λόγους εκτεταμένης επιφάνειας με σκοπό να οπτικοποιήσουμε το πρόβλημα εύρεσης της βέλτιστης έλικας. Τέλος θα γίνει έλεγχος σπηλαίωσης της έλικας σύμφωνα με το διάγραμμα του *Burill*.

Για να γίνει προσδιορισμός της απαιτούμενης ισχύος στον άξονα του πλοίου θα χρειαστούμε αρχικά το συντελεστή ομόρου, μείωσης όσης και σχετικής περιστροφής. Από τη διπλωματική εργασία [13], μπορούμε να λάβουμε τις εξής εμπειρικές σχέσεις:

- Συντελεστής ομόρου

$$\text{Κατά Hecksche: } w = 0.7 * C_p - 0.18$$

$$\text{Κατά Troost: } w = 0.25 + 2.5 * (C_B - 0.6)^2$$

Από το Κεφάλαιο 13 των υδροστατικών υπολογισμών έχουμε:  $C_B = 0.569, C_p = 0.799$ , έπειτα βρίσκουμε τον μέσο όρο.

$$w_{HECKSCHE} = 0.379, w_{TROOST} = 0.252$$

$$\Rightarrow w_{AVERAGE} = 0.316$$

Αντίστοιχα πράττουμε για τον υπολογισμό του συντελεστή μείωσης όσης. Από τη διπλωματική [13] λαμβάνουμε εμπειρικούς τύπους υπολογισμού του συντελεστή μείωσης όσης.

- Συντελεστής μείωσης όσης

$$\text{Κατά Hecksche: } t = 0.5 * C_p - 0.18$$

$$\text{Κατά Holtrop: } t = 0.325 * C_B - 0.1885 * \frac{D_{PROP}}{\sqrt{B * T}}$$

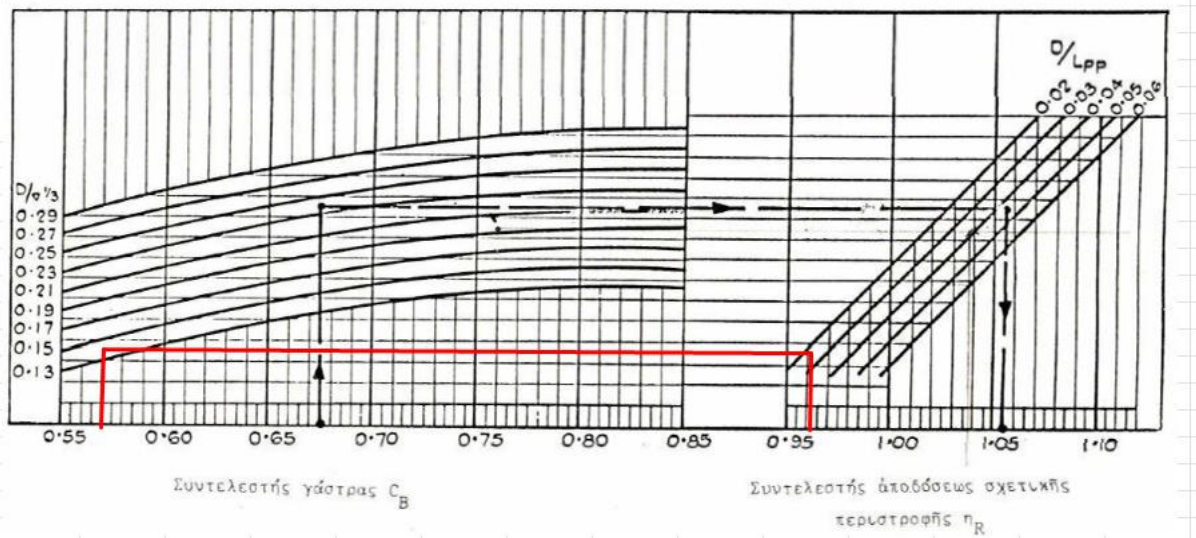
Από το κεφάλαιο 13 λαμβάνουμε τα  $B, T$  και υπολογίζουμε τον μέσο όρο των δύο τιμών.

$$t_{HECKSCHE} = 0.219, t_{HOLTROP} = 0.136$$

$$\Rightarrow t_{AVERAGE} = 0.177$$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή σχετικής περιστροφής, θα χρησιμοποιηθεί το διάγραμμα της μεθόδου BSRA [7]. Προϋποτίθεται να γνωρίζουμε:

- $\frac{D_{PROP}}{L_{BP}}$ , Διατηρούμε τη διάμετρο έλικας του πατρικού ( $D_{PROP} = 1.6 (m)$ ) και λαμβάνουμε το μήκος από κεφάλαιο 13 ως  $L_{BP} = 70.183 (m)$
- $C_B = 0.799$
- $\frac{D_{PROP}}{V^{1/3}}$ , Ο όγκος εκτοπίσματος λαμβάνεται από το κεφάλαιο 13 ως  $V = 1557.073 (m^3)$ .



Διάγραμμα 17: Ο συντελεστής απόδοσης σχετικής περιστροφής κατά BSRA, συνάρτησι του  $D_{PROP}/L_{BP}$ ,  $D_{PROP}/V^{1/3}$  και  $C_B$ . [7]

$$\Rightarrow \frac{D_{PROP}}{L_{BP}} = 0.023, \Rightarrow \frac{D_{PROP}}{V^{1/3}} = 11.59$$

Από το διάγραμμα 17 λαμβάνουμε ότι:

$$\eta_R = 0.962$$

Όπως προαναφέρθηκε, θα χρησιμοποιήσουμε ως διάμετρο έλικας αυτή του πατρικού  $D_{PROP} = 1.6 (m)$ . Επιπρόσθετα θα θεωρήσουμε τις απώλειες λόγο ύπαρξης μειωτήρα στροφών στο 1%, δηλαδή,  $\eta_g = 0.99$ . Τέλος οι έλικες που θα χρησιμοποιηθούν έχουν τέσσερα πτερύγια ( $z = 4$ ).

Η διαδικασία υπολογισμού της βέλτιστης έλικας είναι η εξής:

- Υπολογισμός της ώσης με χρήση της σχέσης  $T = \frac{R}{2} * (1 - t)$  για κάθε μία από τις 5 ταχύτητες
- Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις που υπολογίζουν τον αδιάστατο συντελεστή της ώσης, τον συντελεστή προχώρησης και διαιρώντας τους μεταξύ τους, λαμβάνουμε τη σχέση:  $\frac{K_T}{j^2} = \frac{T}{\rho * V^2 * D^2}$ , όπου  $\rho$  η πυκνότητα του θαλασσινού νερού  $V$  η ταχύτητα προχώρησης ( $V = (1 - w) * V_{SHIP}$ ),  $D$  η διάμετρος της έλικας και  $T$  η ώση. (Η αδιαστατοποίηση έχει αρχικά πραγματοποιηθεί με το θεώρημα του Buckingham).

- Στη συνέχεια χαράζουμε τη καμπύλη της μορφής  $K_T = C * J^2$  σε κάθε διάγραμμα ελεύθερης ροής (για κάθε λόγο εκτεταμένης επιφάνειας) και υπολογίζουμε τις τιμές των  $J, K_T, K_Q, \eta_0$  για κάθε τιμή του λόγου βήμα προς διάμετρο.
- Με χρήση του συντελεστή προχώρησης μπορούμε να υπολογίσουμε τις στροφές της έλικας/ κινητήρα.
- Υπολογίζουμε το συντελεστή απόδοσης γάστρας  $\eta_H = \frac{1-t}{1-w}$ .
- Με χρήση της αντίστασης και της ταχύτητας υπολογίζουμε την ισχύ ρυμούγκισης του πλοίου  $EHP = R * V$ .
- Υπολογίζουμε το συνολικό βαθμό απόδοσης με χρήση του βαθμού απόδοσης της έλικας, μειωτήρα στροφών, σχετικής περιστροφής, γάστρας,  $PC = \eta_H * \eta_0 * \eta_R * \eta_S$ .
- Υπολογίζουμε την ισχύ στον άξονα με χρήση του τύπου  $SHP = \frac{EHP}{PC}$ .
- Τέλος κάνουμε έλεγχο σπηλαιώσης με χρήση του διαγράμματος του *Burill* σε κάθε έλικα. Η έλικα με τον μέγιστο βαθμό απόδοσης και αποδεκτά επίπεδα σπηλαιώσης είναι η βέλτιστη.

Για τον έλεγχο σπηλαιώσης πρέπει να υπολογίσουμε:

- $\sigma_{0.7R} = P_{PROP} / q_{0.7R}$ 
  - $P_{ATM} = 10200 \text{ Kp/m}^2$
  - $\rho = 104.613 \text{ Kp} * \text{s}^2 / \text{m}^4$ , η πυκνότητα του νερού στους 15 βαθμούς κελσίου
  - $h = 2.157 \text{ m}$ , Το βάθος της έλικας από την ίσαλο σχεδίασης
  - $P_V = 173.35 \frac{\text{Kp}}{\text{m}^2}$ , Η πίεση ατμοποίησης του νερού στους 15 βαθμούς κελσίου
  - $P_{PROP} = P_{ATM} + \rho * g * h - P_V, \Rightarrow P_{PROP} = 12237.87 \text{ Kp/m}^2$
  - $q_{0.7R} = 0.5 * \rho * V_R^2$ 
    - $V_R^2 = V_o^2 + (0.7 * \pi * n * D)^2$ ,  $V_o$ : Ταχύτητα προχώρησης,  $n$ : Στροφές του κινητήρα,  $D$ : διάμετρος της έλικας.
- $\tau_C = T / (A_P * q_{0.7R})$ 
  - $T$ : Η ώση της έλικας
  - Θεωρώντας ότι  $A_D \approx A_E, \Rightarrow A_P = A_D * (1.067 - 0.229 * \frac{P}{D})$ 
    - $A_D$ : Εμβαδό δίσκου διαμέτρου ίσου με αυτό της έλικας
    - $\frac{P}{D}$ : Ο λόγος βήματος προς διάμετρο έλικας

Οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται για  $P/D = 0.7 \div 1.4$  και  $A_E/A_O = 0.3 \div 1$ . Από ότι παρατηρείται από τα διαγράμματα του παραρτήματος Z, η μόνη τιμή του  $A_E/A_O$  που επιτυγχάνεται σπηλαιώση μικρότερη από 5% στο πίσω μέρος της έλικας στην υπηρεσιακή ταχύτητα είναι για  $\frac{A_E}{A_O} = 1$  και  $\frac{A_E}{A_O} = 0.9$ . Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους πίνακες που ακολουθούν.

$V_{SERVICE} = 14 Kn, \quad A_E/A_0 = 0.9$									
RPM	P/D	T(KN)	Q(KN*m)	Dhp(KW)	Shp(KW)	PC	$\sigma_{0.7R}$	$\tau_C$	Back Cavitation < 5%
506.8	0.70	82.10	17.55	931.53	940.94	0.517	0.261	0.107	PASS
457.8	0.80	82.10	18.87	904.44	913.58	0.533	0.318	0.134	PASS
<b>419.9</b>	<b>0.90</b>	<b>82.10</b>	<b>20.42</b>	<b>898.05</b>	<b>907.12</b>	<b>0.536</b>	<b>0.375</b>	<b>0.163</b>	<b>PASS</b>
389.8	1.00	82.10	22.12	902.93	912.05	0.533	0.432	0.193	FAIL
365.3	1.10	82.10	23.90	914.26	923.50	0.527	0.490	0.225	FAIL
344.8	1.20	82.10	25.73	929.03	938.42	0.518	0.546	0.258	FAIL
327.4	1.30	82.10	27.56	944.84	954.39	0.510	0.602	0.293	FAIL
312.1	1.40	82.10	29.36	959.35	969.04	0.502	0.659	0.330	FAIL

Πίνακας 11: Αποτελέσματα σπηλαίωσης, απαιτούμενης ισχύος και απαιτούμενων στροφών στην υπηρεσιακή ταχύτητα για  $P/D = 0.7 \div 1.4$  και  $A_E/A_0 = 0.9$

$V_{SERVICE} = 14 Kn, \quad A_E/A_0 = 1$									
RPM	P/D	T(KN)	Q(KN*m)	Dhp(KW)	Shp(KW)	PC	$\sigma_{0.7R}$	$\tau_C$	Back Cavitation < 5%
510.0	0.70	82.10	18.01	961.72	971.43	0.501	0.257	0.096	PASS
458.9	0.80	82.10	19.18	921.63	930.94	0.523	0.316	0.120	PASS
419.8	0.90	82.10	20.64	907.14	916.31	0.531	0.375	0.147	PASS
388.8	1.00	82.10	22.26	906.32	915.47	0.531	0.435	0.175	PASS
363.7	1.10	82.10	23.98	913.28	922.51	0.527	0.494	0.204	FAIL
342.7	1.20	82.10	25.76	924.56	933.90	0.521	0.552	0.235	FAIL
324.8	1.30	82.10	27.57	937.58	947.05	0.514	0.611	0.267	FAIL
309.0	1.40	82.10	29.35	949.97	959.57	0.507	0.671	0.302	FAIL

Πίνακας 12: Αποτελέσματα σπηλαίωσης, απαιτούμενης ισχύος και απαιτούμενων στροφών στην υπηρεσιακή ταχύτητα για  $P/D = 0.7 \div 1.4$  και  $A_E/A_0 = 1$

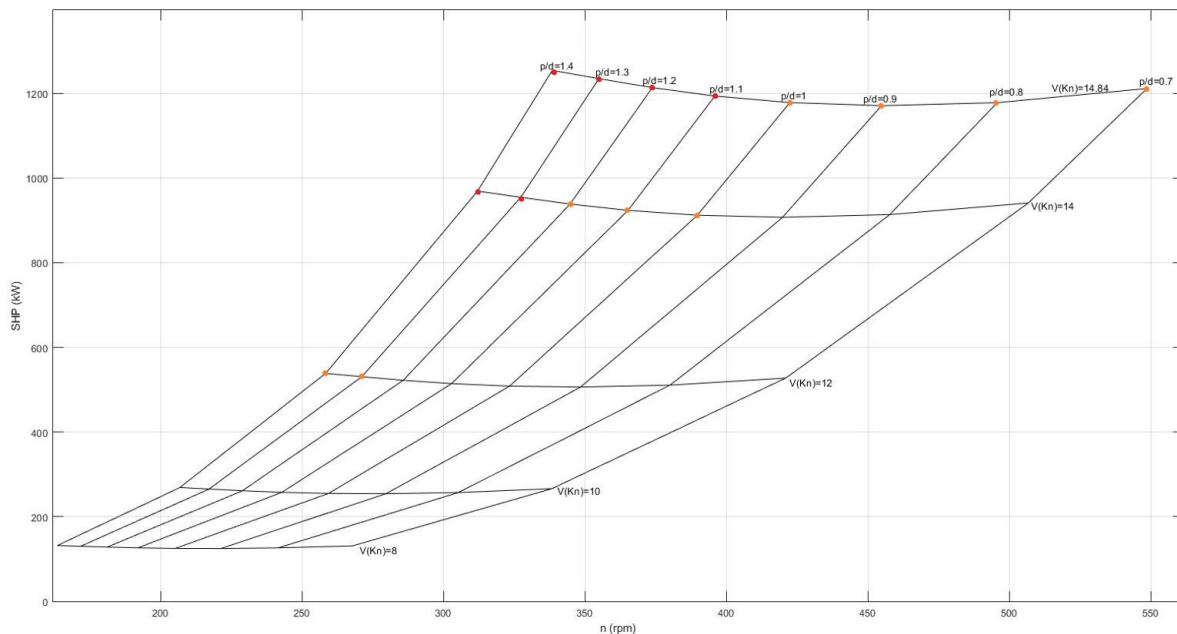
Από τους πίνακες 11, 12 μπορούμε να εξάγουμε τη πληροφορία ότι ο βέλτιστος συνολικός βαθμός απόδοσης για τον οποίο η σπηλαίωση στο πίσω μέρος της έλικας είναι μικρότερη από 5% είναι αυτός για  $P/D = 0.9$  και  $A_E/A_0 = 0.9$ .



Στο πίνακα 13 παρατίθενται οι υπολογισμοί για τη ταχύτητα δοκιμών.

$V_{TRIALS} = 14.84 \text{ Kn}, \quad A_E/A_0 = 0.9$									
RPM	P/D	T(KN)	Q(KN*m)	Dhp(KW)	Shp(KW)	PC	$\sigma_{0.7R}$	$\tau_C$	Back Cavitation < 10%
548.7	0.70	98.09	20.87	1199.24	1211.35	0.509	0.223	0.110	PASS
495.8	0.80	98.09	22.46	1166.18	1177.96	0.523	0.271	0.137	PASS
<b>454.9</b>	<b>0.90</b>	<b>98.09</b>	<b>24.33</b>	<b>1159.16</b>	<b>1170.87</b>	<b>0.526</b>	<b>0.320</b>	<b>0.166</b>	<b>PASS</b>
422.5	1.00	98.09	26.36	1166.33	1178.11	0.523	0.369	0.197	PASS
396.0	1.10	98.09	28.50	1181.66	1193.60	0.516	0.418	0.229	PASS
373.9	1.20	98.09	30.68	1201.33	1213.47	0.508	0.466	0.263	PASS
355.0	1.30	98.09	32.88	1222.30	1234.65	0.499	0.513	0.298	FAIL
338.5	1.40	98.09	35.02	1241.59	1254.13	0.491	0.561	0.336	FAIL

Πίνακας 13: Αποτελέσματα σπηλαιώσης, απαιτούμενης ισχύος και απαιτούμενων στροφών στην ταχύτητα δοκιμών για  $P/D = 0.7 \div 1.4$  και  $A_E/A_0 = 0.9$



Διάγραμμα 18: Ισοβηματικές και ισοταχείς καμπύλες. Το διάγραμμα αφορά λόγο εκτεταμένης επιφάνειας  $\frac{A_E}{A_0} = 0.9$ . Με κόκκινο χρώμα αναπαρίστανται έλικες με σπηλαιώση στο πίσω μέρος μεγαλύτερη του 10% και με πορτοκαλί αυτές που έχουν σπηλαιώση 5 ÷ 10 %.

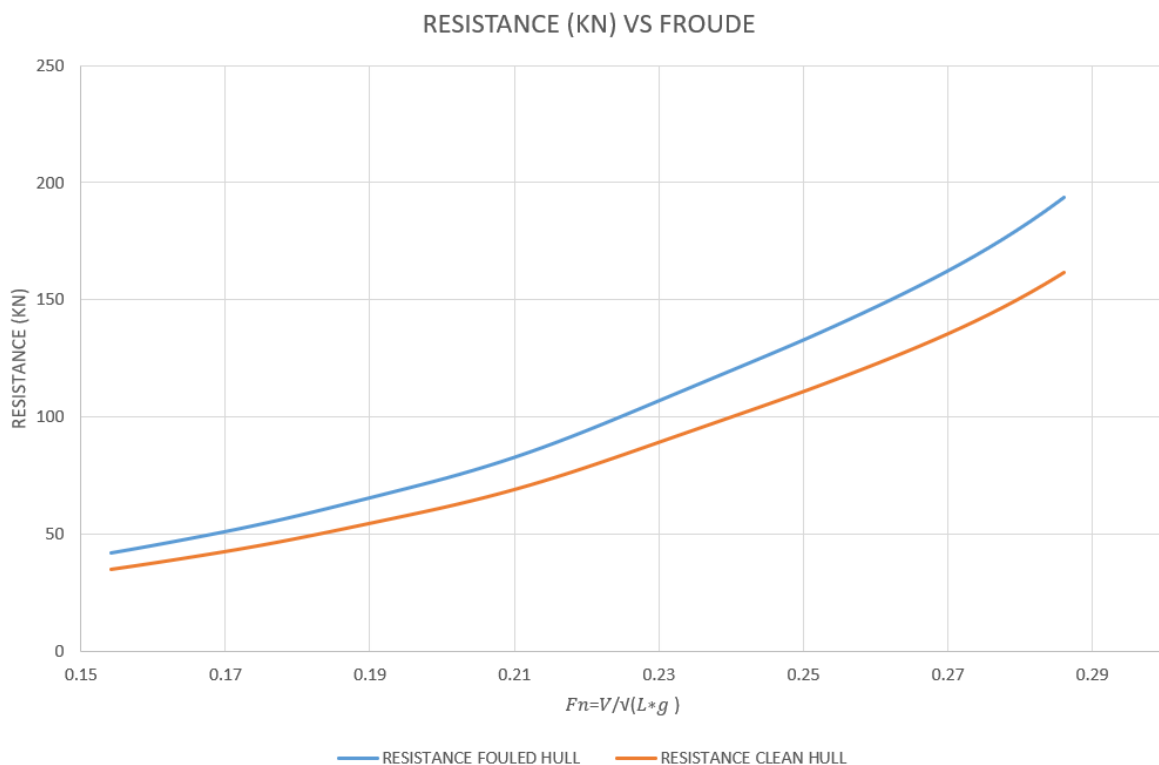
Τα πλέγματα ισοβηματικών και ισοταχών καμπυλών για διαφορετικούς λόγους  $A_E/A_0$  παρατίθενται στο παράρτημα Η.

Σύμφωνα με το βέλτιστο βήμα προς διάμετρο από τα αποτελέσματα της υπηρεσιακής ταχύτητας ( $P/D = 0.9$ ), λαμβάνουμε ότι η μέγιστη απαιτούμενη ισχύς στη ταχύτητα υπηρεσίας είναι  $SHP = 907.12 \text{ KW}$ . Συνεπώς το πλοίο για  $P/D = 0.9$  και  $A_E/A_0 = 0.9$ , έχει το βέλτιστο βαθμό απόδοσης έτσι ώστε η σπηλαιώση στο πίσω μέρος της έλικας να είναι μικρότερη από 5% στην υπηρεσιακή ταχύτητα και μικρότερη από 10% στη ταχύτητα δοκιμών.

Ωστόσο παρόλο που επιλέχθηκε η έλικα *Wageningen* με  $P/D = 0.9$  και  $A_E/A_0 = 0.9$ , πρέπει να γίνει έλεγχος για ρυπασμένη γάστρα. Η προσαύξηση αυτή θα είναι 20% επί της αντίστασης. Οι νέες τιμές τις αντίστασης προσαυξημένες κατά 20% παρουσιάζονται στο πίνακα που ακολουθεί.

V (Kn), Ταχύτητα πλοίου	R (KN),(+20%) Αντίσταση του πλοίου
8	41.843
10	67.538
12	108.554
$V_{SERVICE} = 14$ (Ταχύτητα υπηρεσίας)	162.159

Πίνακας 14: Η αντίσταση του πλοίου προσαυξημένη κατά 20%, λόγω ρυπασμένης γάστρας.



Διάγραμμα 19: Η αντίσταση του πλοίου ρυπασμένου και μη συναρτήσει της ταχύτητας.

Με χρήση των ανωτέρων αντιστάσεων για ρυπασμένη γάστρα, επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία εύρεσης της ισχύος των κινητήρων συναρτήσει των στροφών.

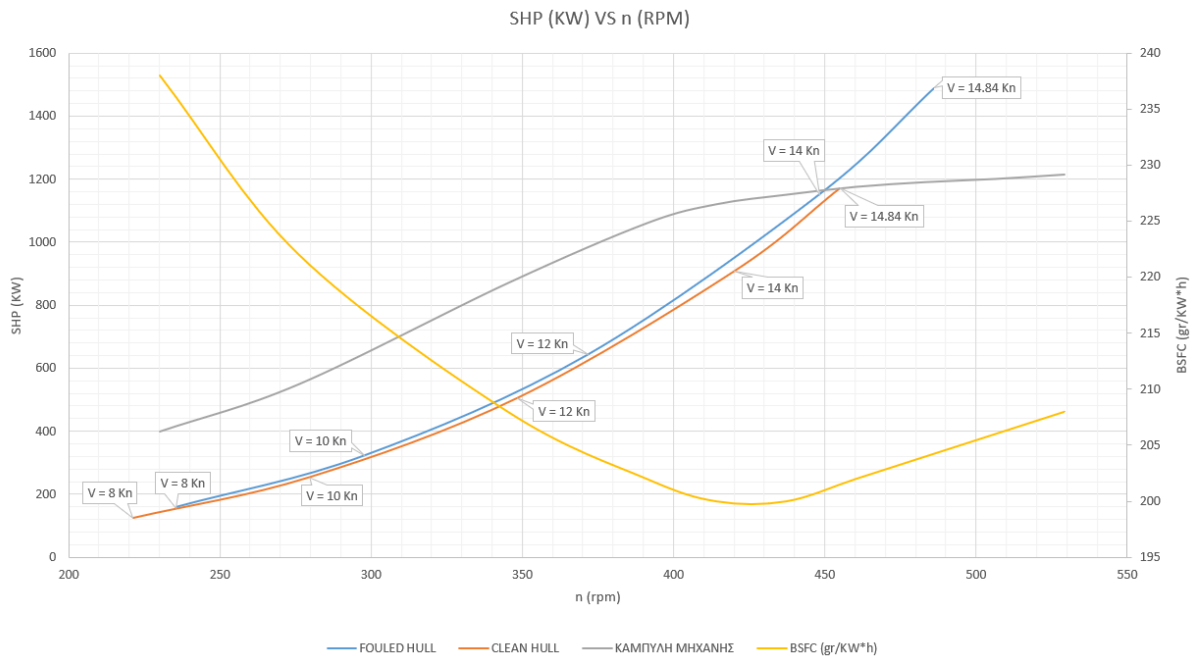


Διάγραμμα 20: Η απαιτούμενη ισχύς πρόωσης συναρτήσει των στροφών για τις περιπτώσεις ρυπασμένης και μη γάστρας μέχρι τη ταχύτητα υπηρεσίας.

<i>FOULED HULL(+20% RESISTANCE)</i> , έλικα Wageningen B-series με $A_E/A_0 = 0.9$ και $P/D = 0.9$ .		
<i>RPM (min<sup>-1</sup>)</i>	<i>V (Kn)</i>	<i>SHP (KW)</i>
235.5	8	157.97
297.8	10	321.84
371.6	12	642.07
448.3	14	1152.63
Πίνακας 15: Η απαιτούμενη ισχύς πρόωσης συναρτήσει των στροφών για ταχύτητες από 8 ÷ 14 Kn.		

Συνεπώς η μέγιστη απαιτούμενη ισχύ που θα χρειαστεί είναι αυτή για ρυπασμένη γάστρα στη ταχύτητα υπηρεσίας, η οποία είναι  $SHP_{MAX} = 1152.63 \text{ KW}$ . Έτσι επιλέγεται ο κινητήρας *Baudouin 12M26.3*, με  $MCR = 1214 \text{ KW @2300 rpm}$  για κάθε έλικα.

Στη συνέχεια θα χαραχθεί η καμπύλη έλικας – μηχανής. Οι διαθέσιμοι λόγοι μείωσης από το κατασκευαστή είναι: 3.026, 3.486, 4.032, 4.345, 5.077, 5.542, 5.913. Με επαναληπτική διαδικασία δοκιμάστηκαν όλοι οι λόγοι μείωσης μέχρι τον ιδανικό που επιλέχθηκε 4.345.



Διάγραμμα 21: Συνεργασία έλικας και μηχανής. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται η καμπύλη μηχανής, ειδικής κατανάλωσης της μηχανής, ρυπασμένης και μη γάστρας.

Από το διάγραμμα 21 εξάγουμε τη πληροφορία ότι για όλες τις ταχύτητες και για μη ρυπασμένη γάστρα τόσο η ισχύς, όσο και οι στροφές αρκούν. Επίσης στη περίπτωση της μη ρυπασμένης γάστρας παρατηρείται ότι στη ταχύτητα υπηρεσίας η κατανάλωση είναι ελάχιστη το οποίο είναι ιδανικό. Για τη περίπτωση της ρυπασμένης γάστρας, παρατηρείται ότι η ισχύς επαρκεί μέχρι τη ταχύτητα υπηρεσίας. Ωστόσο για τη περίπτωση της ρυπασμένης γάστρας δεν επαρκεί η ισχύς για τη ταχύτητα δοκιμών. Τα σχέδια της έλικας παρατίθενται στο παράρτημα Θ.

## Αποτελέσματα

- Επιλέχθηκαν εκτόπισμα, κύριες διαστάσεις και συντελεστές μορφής σύμφωνα με στατιστικά δεδομένα από όμοια πλοία.  $\nabla = 1551.846(m^3)$ ,  $L_{BP} = 70.741 (m)$ ,  $B_{MLD} = 15.544 (m)$ ,  $T_{design} = 2.867 (m)$ ,  $D_{MLD} = 3.888 (m)$ ,  $C_n = 138.684$ ,  $P = 1997.130 [KW]$
- Τα αρχικά επιλεγμένα χαρακτηριστικά του πλοίου γραμμικοποιήθηκαν σύμφωνα με το χώρο στάθμευσης των οχημάτων.  $L_{BP} = 70.621(m)$ ,  $B_{MLD} = 14.6 (m)$ ,  $T_{design} = 2.791 (m)$ ,  $D_{MLD} = 3.888 (m)$
- Έγινε ανάλυση κατηγοριών βαρών και επαληθεύθηκε η αναλυτική προσέγγιση του εκτοπίσματος συγκριτικά με τη γεωμετρική.  $W_{ST} = 675.008 (t)$ ,  $W_{OUTFIT} = 110.792 (t)$ ,  $W_M = 35.172 (t)$ ,  $R[\%] = 0.326$
- Πραγματοποιήθηκε ανάλυση του πρόσθετου βάρους  $DWT$  και επαληθεύθηκε η επάρκεια σε ωφέλιμο φορτίο.  $W_{TRUCKS}^{MAX} = 21.936 \left(\frac{t}{Truck}\right)$  για  $DWT = 710 (t)$

Με σκοπό τη κατάστρωση των καταστάσεων φόρτωσης, μελετήθηκε η στοιβασία των οχημάτων στο χώρο στάθμευσης και υπολογίστηκε το κέντρο βάρους σε κάθε περίπτωση.  $VCG_{CARGO}^{100\%} = 5.330 (m)$ ,  $LCG_{CARGO}^{100\%} = 36.226 (m)$ ,  $LCG_{CARS ONLY} = 34.663 (m)$ ,  $VCG_{CARS} = 4.58 (m)$

- Έγινε τρισδιάστατο μοντέλο του πλοίου με χρήση του σχεδίου γραμμών του πατρικού πλοίου σε πρόγραμμα *CAD*.
- Διαστασιολογήθηκε το σχέδιο γενικής διάταξης σύμφωνα με το πατρικό έτσι ώστε να έχει την επιθυμητή επιφάνεια χώρων ενδιαίτησης (σύμφωνα με το κανονισμό) σε πρόγραμμα *CAD*.
- Δημιουργήθηκε το σχέδιο χωρητικότητας (δεξαμενών) στο πρόγραμμα *MaxSurf Resistance*, έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις φρέσκου νερού, πετρελαίου, λαδιού κ.ο.κ.
- Πραγματοποιήθηκαν υδροστατικοί υπολογισμοί για βύθισμα 0 έως  $T_{design}$  με βήμα 10 εκατοστά.
- Μελετήθηκε η άθικτη ευστάθεια του πλοίου και επαληθεύθηκε η συμμόρφωση μου τους κανονισμούς.
- Διαστασιολογήθηκε η μέση τομή του πλοίου και ελέγχθηκαν οι τάσεις στο κατάστρωμα – πυθμένα. Όλα τα παραπάνω πραγματοποιήθηκαν με χρήση των κανονισμών του *ABS*.

- Υπολογίσθηκε η αντίσταση για ρυπασμένη (+20% αντίσταση) και μη γάστρα, με τρεις συστηματικές σειρές με χρήση του *MaxSurf Resistance*.
- Έγινε επιλογή έλικας και χαράχθηκε η καμπύλη έλικας – μηχανής.

## Συμπεράσματα

Η διαδικασία της μελέτης πλοίου είναι μία χρονοβόρα επαναληπτική διαδικασία. Στόχος της προκαταρκτικής μελέτης είναι να υπολογισθούν τα βασικά χαρακτηριστικά του πλοίου, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη, έτσι ώστε να μη χρειαστεί να γίνει τροποποίηση αυτών στο στάδιο της λεπτομερούς μελέτης. Γνωρίζουμε μέσω στατιστικών δεδομένων ότι η σχεδίαση είναι ικανοποιητική, ωστόσο δεν γνωρίζουμε αν είναι η βέλτιστη. Έτσι συμπεραίνουμε ότι για την εύρεση της βέλτιστης σχεδίασης, αρχικά απαιτείται η προκαταρκτική μελέτη να είναι εκτενής, δηλαδή, να υπολείπονται μόνο τα κατασκευαστικά σχέδια και στη συνέχεια να ενταχθεί όλη αυτή η προκαταρκτική μελέτη σε ένα πρόγραμμα βελτιστοποίησης, έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν επαναλήψεις για διάφορες αρχικές τιμές.

## Προτάσεις

- Προτείνεται η διαστασιολόγηση όλου του πλοίου με σκοπό τον επακριβή υπολογισμό του κέντρου βάρους για ακριβέστερα αποτελέσματα στην άθικτη ευστάθεια του πλοίου.
- Προτείνεται η μελέτη ευστάθειας μετά από βλάβη και ο έλεγχος συμμόρφωσης του πλοίου με τους κανονισμούς.
- Προτείνεται η μελέτη δυναμικής συμπεριφοράς σε κυματισμούς του πλοίου (*Seakeeping*).
- Προτείνεται η χρήση διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού της αντίστασης (*CFD, BEM METHODS*), για καλύτερη ακρίβεια.
- Προτείνεται η βελτιστοποίηση της μορφής της γάστρας με μεθόδους υπολογισμού της αντίστασης (*CFD, BEM METHODS*).
- Προτείνεται η διαστασιολόγηση ολόκληρου του πλοίου και έλεγχος έναντι διαρροής κοπώσεως και λυγισμού. (Με χρήση αυτοματοποιημένου λογισμικού).
- Προτείνεται ο αναλυτικός σχεδιασμός του συστήματος ερματισμού και πυρόσβεσης.
- Προτείνεται ο αναλυτικός υπολογισμός όλων των μηχανολογικών και μη εξαρτημάτων του πλοίου. (Συστήματα καυσίμου, λαδιού, ψύξης κ.ο.κ.).
- Με χρήση των υπολογισμών αντίστασης και την επανεπιλογή των κύριων κινητήρων προτείνεται η επανεξέταση του συνολικού βάρους του πλοίου και η σύγκριση αυτού με το γεωμετρικό εκτόπισμα.
- Προτείνεται η βασική μελέτη πηδαλίου και ενδεχομένως η διαστασιολόγηση του.
- Προτείνεται η επανάληψη όλης της διαδικασίας με αλγόριθμους που θα επικοινωνούν με τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν, για διάφορες αρχικές τιμές έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η σχεδίαση.



## Βιβλιογραφία - Αναφορές

1. Papanikolaou, A., 2014. Selection of Main Dimensions and Calculation of Basic Ship Design Values, in: Ship Design. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 69–292. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8751-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8751-2_2), (accessed 2.19.24).
2. International Maritime Organization, n.d. URL <https://www.imo.org/> (accessed 4.7.24).
3. Παλινδρόμηση (στατιστική), URL <https://shorturl.at/kDIJK> (accessed 4.7.24).
4. Μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων, Πηγή: <https://t.ly/E7UP4> (accessed 4.7.24).
5. Τζαμπίρας, Γ., Tzampiras, G., 2016. Hydrostatic and stability ship. <https://doi.org/10.57713/kallipos-908> (accessed 4.7.24).
6. ΣΟΦΙΑ ΠΕΠΠΑ -- ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ – ΠΡΩΩΣΗ – ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΛΟΙΟΥ. Ανακτήθηκε 10/4/2024- 10:39 π.μ. από <https://eclass.uniwa.gr/courses/NA200/>, (accessed 2.19.24).
7. Λουκάκης, Θ., Loukakis, T., Δόδουλας, Α., Dodoulas, A., Πολίτης, Γ., Politis, G., Τζαμπίρας, Γ., Tzabiras, G., Κουρεμένος, Δ., Kouremenos, D., Μαλιάτσος, Κ., Maliatsos, K., 2015. Πρόωση Πλοίου. <https://doi.org/10.57713/kallipos-717>, (accessed 2.19.24).
8. Lloyd’s Register trusted advice in the maritime industry | LR [WWW Document], n.d. URL <https://www.lr.org/en/> (accessed 4.7.24).
9. Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη μελέτη και σχεδίαση - βελτιστοποίηση επιβατηγών - οχηματαγωγών πλοίων νέας τεχνολογίας, n.d. URL <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/26716> (accessed 4.7.24).
10. Τσόπελα, Α.-Α., Tsopela, A.-A., 2016. Μελέτη και σχεδίαση επιβατηγού-οχηματαγωγού πλοίου. <https://doi.org/10.26240/heal.ntua.10602>, (accessed 2.19.24).
11. Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη μελέτη και σχεδίαση - βελτιστοποίηση επιβατηγών - οχηματαγωγών πλοίων νέας τεχνολογίας, n.d. URL <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/26716> (accessed 4.7.24).
12. China Classification Society, n.d. URL <https://www.ccs.org.cn/ccswzen/> (accessed 2.19.24).
13. Home | Bureau Veritas, n.d. URL <https://group.bureauveritas.com/> (accessed 2.19.24).
14. MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence | AIS Marine Traffic, n.d. URL <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:-12.0/centery:25.0/zoom:4> (accessed 2.19.24).
15. Maxsurf Naval Architecture Software -, n.d. . Maxsurf. URL <https://maxsurf.net/> (accessed 2.16.24).
16. Cummins Engine Company, URL: [Cummins | A Global Power Technology Leader](https://www.cummins.com/) accessed 4.1.24).
17. Rhino - Rhinoceros 3D, n.d. URL <https://www.rhino3d.com/> (accessed 2.16.24).
18. Π.Δ. 38/2011 - ΦΕΚ Α 96/27.04.2011, n.d. URL <https://www.kodiko.gr/nomothesia/document/375985/p.d.-38-2011> (accessed 2.13.24).

19. Προεδρικό Διάταγμα 177/2000 - ΦΕΚ 164/Α/14-7-2000, 2022. .. URL <https://www.e-nomothesia.gr/kat-naytilia-nausiploia/elegkhos-emporikon-ploion/pd-177-2000.html> (accessed 2.13.24).
20. OCP eClass | Τεχνική Νομοθεσία (Ε) [WWW Document], n.d. URL [https://ocp.teiath.gr/courses/NAFP\\_UNDER114/](https://ocp.teiath.gr/courses/NAFP_UNDER114/) (accessed 4.7.24).
21. Παναγιωτακόπουλος, Ν.Η., Panagiotakopoulos, Ν.Ι., 2014. Μελέτη και σχεδίαση Ε/Γ - Ο/Γ πλοίου κλειστού τύπου. <https://doi.org/10.26240/heal.ntua.9141>, (accessed 2.19.24).
22. Πολύμερος, Δ., Polymeros, D., 2018. Μελέτη και σχεδίαση δίγαστρου αμφίρπρωρου ΕΓ/ΟΓ πλοίου ανοιχτού τύπου. <https://doi.org/10.26240/heal.ntua.15018>, (accessed 2.19.24).
23. ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΦΙΛΙΠΠΑΣ -- **Ανωστικές Ροές και Θεωρία Ελίκων**. Ανακτήθηκε 2.19.24 - 11:20 π.μ. από <https://eclass.uniwa.gr/courses/NA228/>.
24. Μάριος Μαστρόκαλος (θεωρητικό μέρος), Βάσω Καπνοπούλου (εργαστηριακό μέρος) -- **Γεωμετρική σχεδίαση ναυπηγικών κατασκευών με τη βοήθεια Η/Υ**. Ανακτήθηκε 2.19.24 - 11:20 π.μ. από <https://eclass.uniwa.gr/courses/NA183/>.
25. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΘΕΟΔΟΥΛΙΔΗΣ -- ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΟΙΟΥ. Ανακτήθηκε 2.19.24 - 11:20 π.μ. από <https://eclass.uniwa.gr/courses/NA187/>.
26. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΟΛΙΤΗΣ -- **Ειδικά Κεφάλαια Μελέτης Πλοίου**. Ανακτήθηκε την *σήμερα* - 11:22 π.μ. από <https://eclass.uniwa.gr/courses/NA244/>, (accessed 2.19.24).
27. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΟΛΙΤΗΣ -- **ΜΕΛΕΤΗ ΠΛΟΙΟΥ**. Ανακτήθηκε 2.19.24 - 11:20 π.μ. από <https://eclass.uniwa.gr/courses/NA243/>.
28. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΧΑΤΖΗΚΩΝΣΤΑΝΤΗΣ -- **ΝΑΥΠΗΓΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ**. Ανακτήθηκε 2.19.24 - 11:20 π.μ. από <https://eclass.uniwa.gr/courses/NA180/>.
29. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΧΑΤΖΗΚΩΝΣΤΑΝΤΗΣ -- **ΝΑΥΠΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ CASD - ΘΕΩΡΙΑ**. Ανακτήθηκε 2.19.24 - 11:20 π.μ. από <https://eclass.uniwa.gr/courses/NAFP109/>.
30. ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΙΓΚΑΣ, ΘΩΜΑΣ ΜΑΖΑΡΑΚΟΣ -- **ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ**. Ανακτήθηκε 2.19.24 - 11:20 π.μ. από <https://eclass.uniwa.gr/courses/NA254/>.
31. Safer and Cleaner Shipping - IACS, n.d. URL <https://iacs.org.uk/> (accessed 4.7.24)
32. Lloyd's Register trusted advice in the maritime industry URL <https://www.lr.org/en/> (accessed 4.7.24).
33. Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη μελέτη και σχεδίαση - βελτιστοποίηση επιβατηγών - οχηματαγωγών πλοίων νέας τεχνολογίας, n.d. URL <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/26716> (accessed 4.7.24).
34. American Bureau of Shipping (ABS) Eagle.org , n.d. URL <https://ww2.eagle.org/en.html> (accessed 2.19.24).

## Παράρτημα

### 16.1 Παράρτημα Α

No	SHIP NAME	DWT (t)	$\Delta$ (t)	Lbp (m)	B (m)	D (m)	$T_d$ (m)	$V_d$ (kn)	$P_{O.A.}$ (KW)
1	TACHEK	152		45.88	14.64	4.45	2.41	13	1700
2	ST FAITH FERRY	574	1200	72.38	17.22	4.52	2.49	12	2406
3	GREEN LIPARI	540	1309	64.49	14	4.4	2.8	17.1	1920
4	MENEKRATIS	90		62.75	15.02	3.68	2.83		2000
5	NISSOS POROS	97		37.01	8.21	2.11	1.43		662
6	PANAGIA THASSOU	1274		70.21		3.4			1125
7	AGIOS PANTELEIMON	124	1139	48.58	14.2	3.3		14	746
8	QUEENOF ALBERNI	1981	5880	130.1		7.93	5.5	19	12000
9	NIKITIS	101		23.8	12.6	3.2	2.39	9.5	597
10	QUADRA QUEEN II	152		45.88	13.11	4.41	2.36	13	1700
11	RED OSPREY	771	1863	89.6	17.5	4.5	2.8	13	2400
12	AGIOS GERASIMOS	275	412	40.45	12	2.92		11	1067
13	WIGHT SKY	360	1506		16	4.5	2.3	12	
14	WIGHT LIGHT	348	1503	61	16	4.5	2.3	11	1916
15	CAPATAIN STAVROS (RAS)	200		62.5	14	1.86			840
16	NORTH BAY	46		30	9	3	1.2	10.2	488
17	KIMBIA	394		51.01		3.92	3.15	10	846
18	GELIBOLU 1	376	1460	63.4	17.7	4.7	3.7	11	849
19	EMSAMEH	700		45.48	10	2	1	9	780
20	GRAMVOUSA	350		69.3	13.45	3.69			
21	AGIA ANNA	61			8.6	2.35			
22	MA LISHA	502	1725	65.82	13.49	4.65			1425
23	QUEULAT	581	1835	63.07	15.9	3.8	2.2		970
24	ÆRØXPRESSEN	100		46.79	12.5	3.5	2.2	15	950

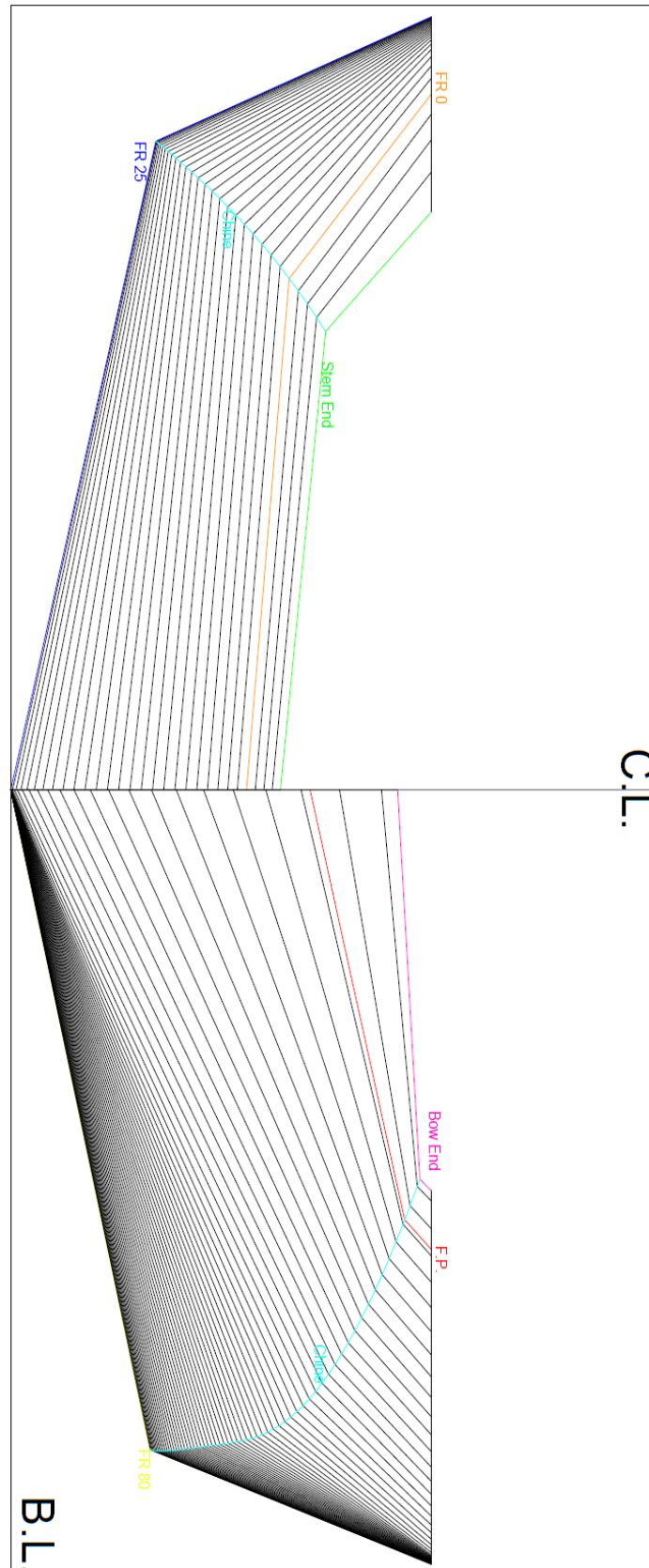
25	MICHALAKIS III	750					3	13.7	
26	DIMITRIOS P	569	1217	64.8	16	3.2	2.2	12	1152
27	PSYTALIA II	75		35.75			2.29	11	
28	NISSOS AEGINA	418	1382	73.21	12.02	6.13	2.45	14.2	1838
29	KATERINA STAR	78		43	12		2.62	7.1	500
30	ELAFONISOS	162					2.5	5.6	
31	ITHAKI DIAMOND	628		65		3.9	2.8	15	2310
32	MEGANISI II	413	836	47.5		3.1	2.1	11	
33	CAPTAIN ARISTIDIS	456				2.8	1.8	12	672
34	LEUKIMMI	486	1206	57.93		3.4	2.4	14	520
35	AGIA EIRINI	990		71.55		4.2	2.5	13	1176
36	ALKINOOS	1293		66	15.6	3.75	2.7	12	1868
37	AGIOS SPIRIDON	901		70.75	14.2	4	2.95	14.2	3280
38	ELENI	678	1424	69		3.56	2.59	12	586
39	MATE BALOTA	350		57.79	13.4	4.3	2.9	11	1190
40	PANAGIA EGGYITRIA	243		52.8	14.2	3.6	2.25	11	1560
41	CHIOS	222		37.98	11.94	2.39	1.8	11	1496
42	AGIA MARINA	750		53.5	12.5	2.44	1.59	7	610
43	MARIA T	446		57.61		3.51	3	10.5	764
44	TOURIST FERRY BOAT 3	212	590	53.25	9	1.99	1.46	12.8	1280
45	SARA D	1016		60.59	11.67	2.99	2	16	2354
46	PANAGITSA	159					1.4	7	705
47	AG.ANTONIOS	148		60.3	11.4	3.15	2.8	12	268
48	AVSA ADASI	376	1460	63.4	17.7	4.1	3.7	11	848
49	KANARIS	250		62.5	11.51	2.72	1.8	10	404
50	KMP.GERBANG SAMUDRA3	421	1502	59	14	4.3	2.95	14.6	1472
51	PANAGIA TRYPITI	86		30.99		2.24	2		514
52	DASKALOGIANNIS	391		50	15.7	3.65	2.57	14	1118

53	MARILENA	230		54		2.2	1.3		
54	ALMIRANTE FEDERICO	350	1325	66.55	14.3	3.7	2.7	19.1 2	
55	GIUSEPPINA PRIMA	205	1175	73.04	10.21	3.47	2.8		2210
56	NAMPARNOS	100		32.8	8	2.4	1.4	9	662
57	KMP SINDU TRITAMA	1807				3.59	2.66	8	2500
58	PORTLINK VII	924		71.44		3.75	2.71	12	2154
59	KMP.NUSA JAYA ABADI	100		32.5	11.6	3	2	12	1220
60	DHARMA FERRY VIII	230		67.87	12.8	4.1	3.1	13	2060
61	KMP.TRISAKTI ELFINA	1000		51.36	13.5	3.16	2.63	10	942
62	KMP KARYA MARITIM 1	1000		52.03		3.16	1.8	8	1268
63	NUSA DUA	550		39.61		3.54		8	882
64	WIRA GLORY	2225			16.8		3	8	
65	TOURIST FERRY BOAT 2	146	1175	73.04	10.2	3.47	2.65	12	2210
66	SOUND OF SOAY	270	640	48	13.5	4	2.5	11.5	
67	LOCH RANZA	65	287	30.21	10.01	2.62	1.55	9	540
68	LOCH SHIRA	245	845	50.3	13.9	3	1.8	8	1120
69	LOCH RIDDON	65	287	30.21	10.01	2.62	1.55	9	540
70	THEOTOKOS	654	1379	69.98		3.2	2.2	12	1412
71	AIAKOS	717	1378	65.2	17.12	3.2	2.2	12	1356
72	IOANNIS THIREZIA	1008	1894	71.66		3.6	2.4	12	1412
73	GLYKOFILOUSA VIII	741	1793	77.8	17.49	3.9	2.8	14.5	
74	GELIBOLU 1	376	1460	63.4	17.7	4.7	3.7	11	849
75	AZIZIYE	692	1008	84.6		3.9	2.7	9	
76	ISOLA DI S. STEFANO	469	1750	70.8	15.8	4.9	3.35	13.2	2060

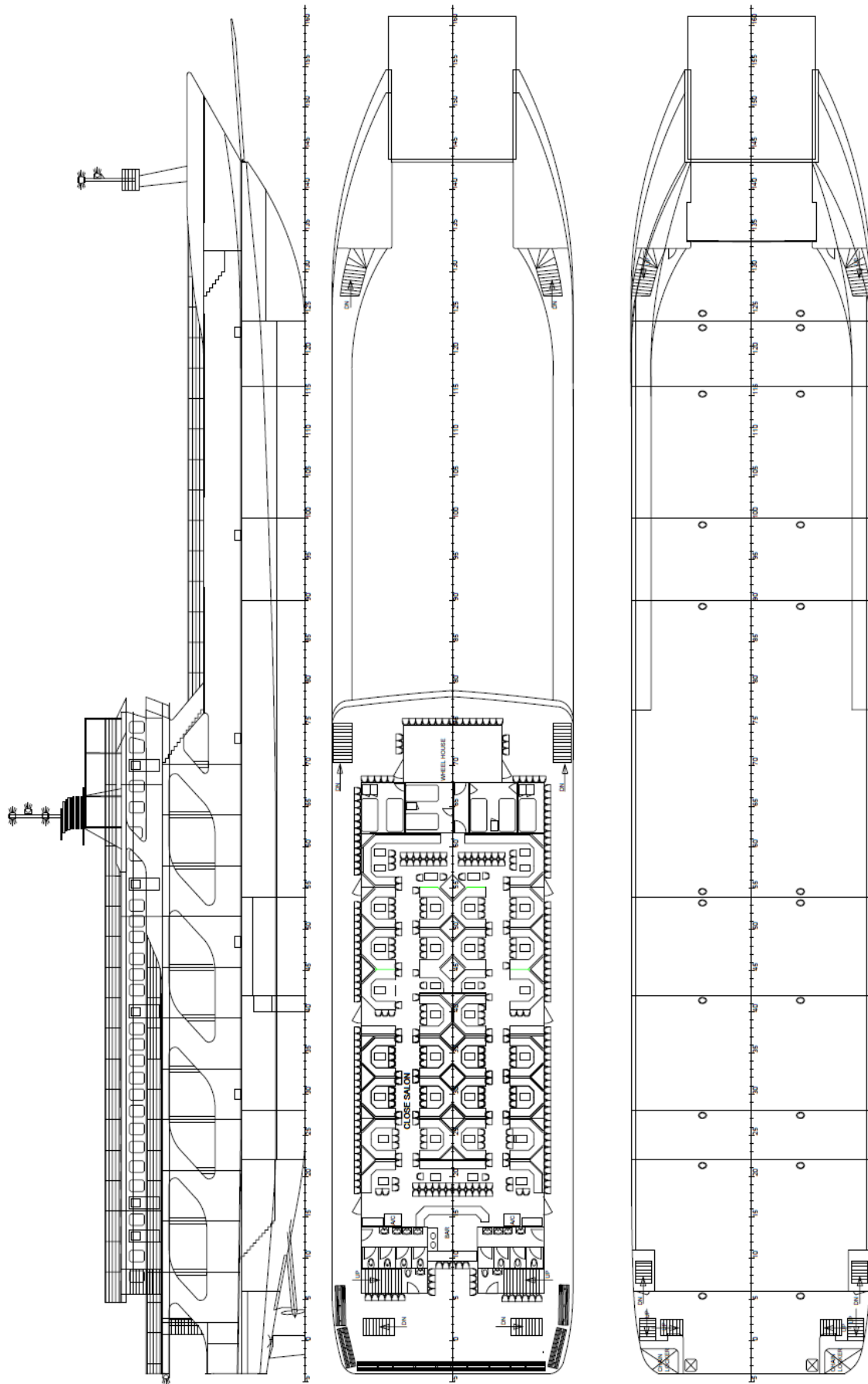
77	SVETI KRSEVAN	855	2100	80	17.5	3.7	2.4	12	1612
78	UGLJAN	879	1772	84.6		3.9	2.7	14	
79	SV.JURAJ	360	770	45.6	9.61	4.3	3.3	12	1140
80	LOSINJ	810	986	83.2		3.8	2.66	12	492
81	STRETTO MESSINA	1327	3278	105.9	17	4.95	3.24	13.8	3678
82	ZANCLE	1427	2980	106.8	17	4.9	3.38	16	3580
83	TELEPASS	2131	5616	112	19	6	4.5	14.7	5280
84	VILLA SAN GIOVANNI	2500	3494	106.8	16.98	5.04	3.38	13.8	3678
85	SEATRAN FERRY 6	394	1430	60	13.5	4.53	3.15	14	2648
86	SOUND OF SCARBA	229	640	48	13.5	3.99	2.5	10	942
87	SOUND OF SEIL	230	640	48	13.5	4	2	11	1194
88	CORUIISK	250	1200	58.9	14	5	3.2	14	2280
89	STJERNEBORG	100	511		10	3.9	3.8	12	1080
90	ORANGE MERCURY	261	1082	55	14	3.8	2.8	15.5	2500
91	SKEENA QUEEN	1012	3000	105		5.25	2.8	17.3	5576
92	M2M 1	793	1942	75.8	17.56	3.9	2.9	14.5	
93	ULTRACARGA IV	749	1818	84.6		3.9	2.73	14	

## 16.2 Παράρτημα Β

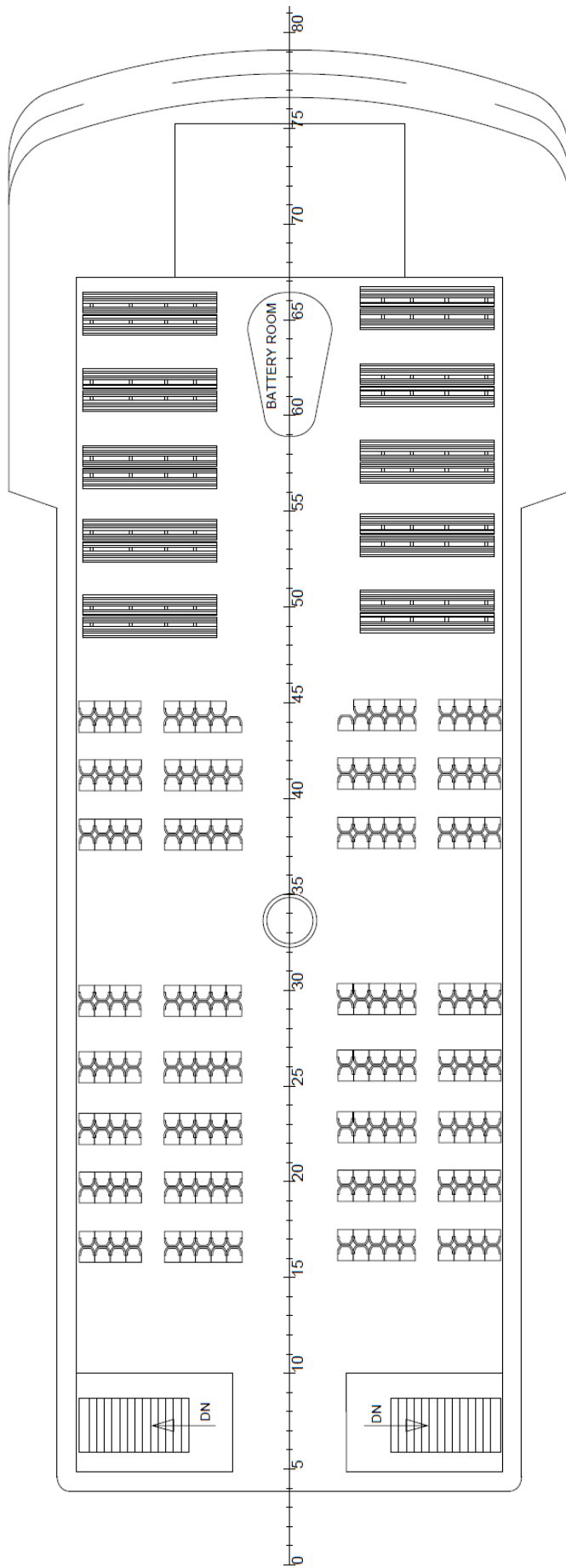
- Σχέδιο Γραμμών



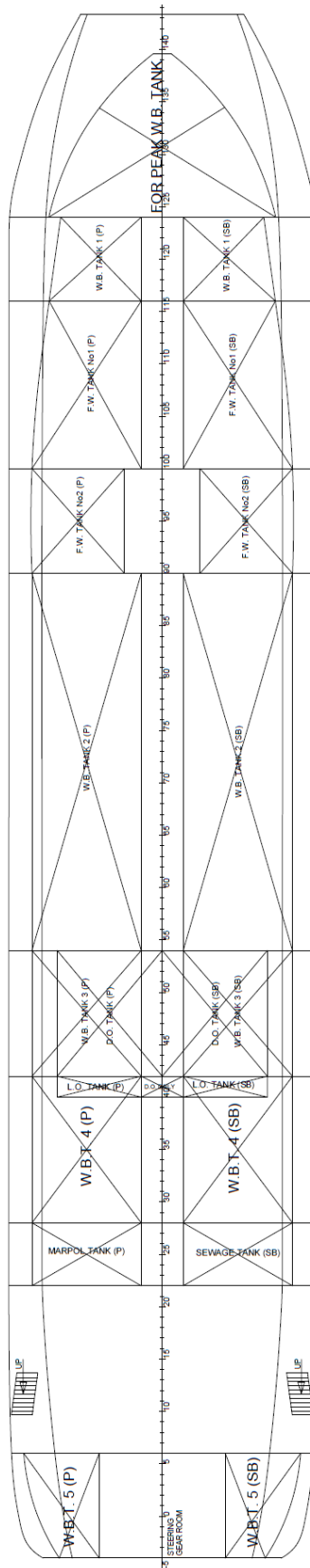
- Σχέδιο Γενικής διάταξης







- Capacity Plan



### 16.3 Παράρτημα Γ

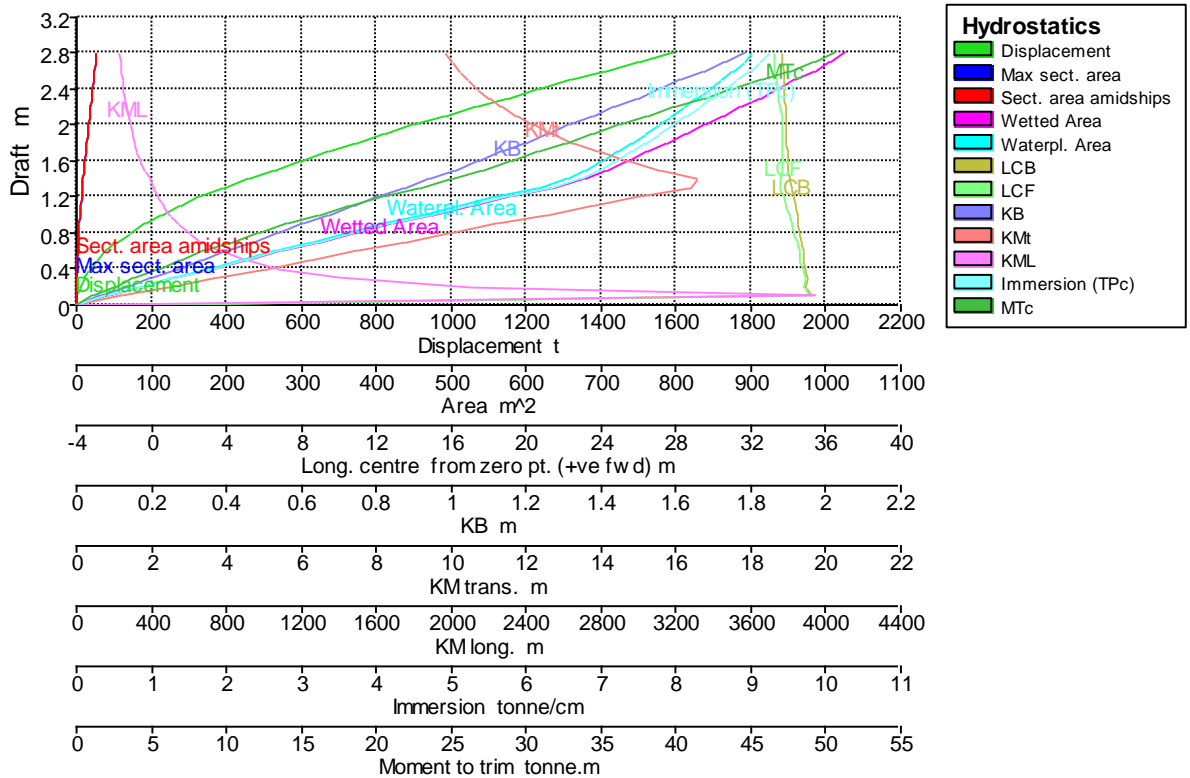
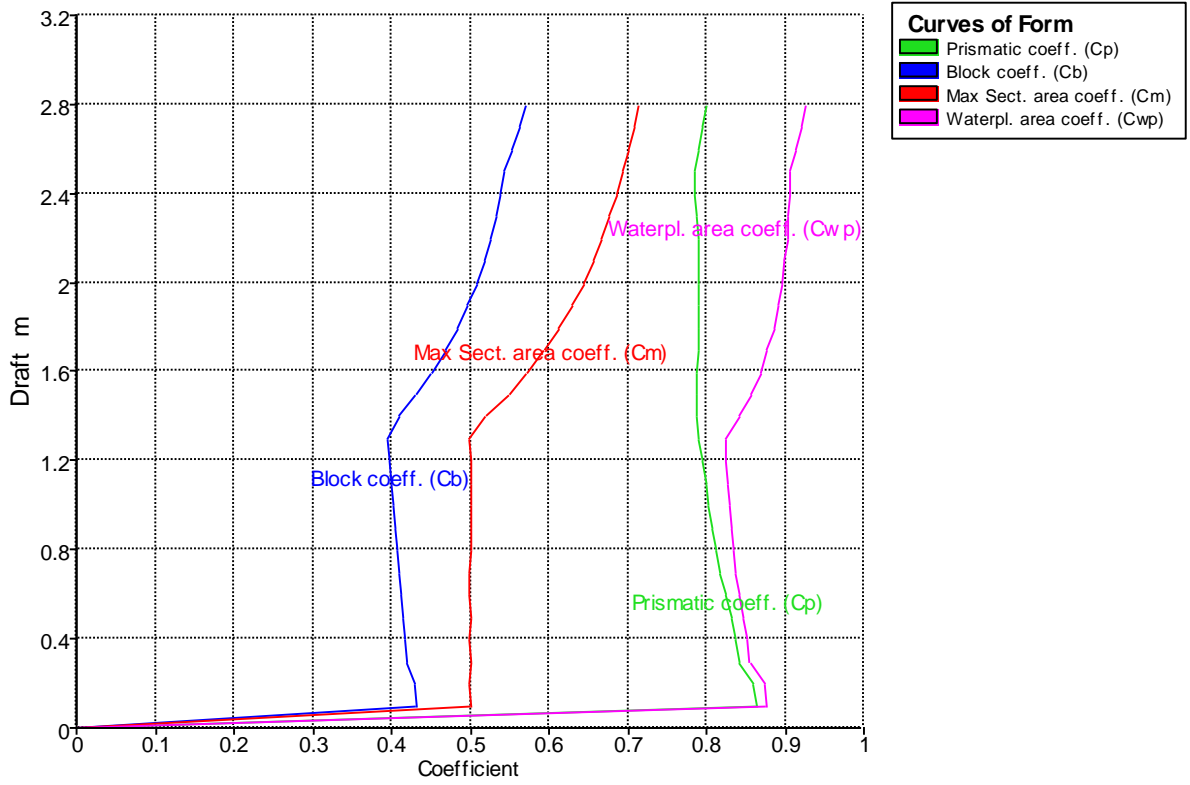
<b>Draft Amidships m</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>1</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>
Displacement t	110	144.7	184.4	229.1	279.1	334.3	394.8	460.5
Heel deg	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
Draft at AP m	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
Draft at LCF m	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	58.865	59.683	60.412	61.138	61.864	62.59	63.318	64.048
Beam max extents on WL m	6.369	7.279	8.189	9.099	10.009	10.919	11.829	12.194
Wetted Area m <sup>2</sup>	323.611	373.561	423.923	475.534	528.131	581.488	636.121	679.648
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	313.801	362.247	411.054	461.099	512.119	563.884	616.911	656.928
Prismatic coeff. (Cp)	0.818	0.812	0.808	0.804	0.8	0.795	0.791	0.788
Block coeff. (Cb)	0.409	0.406	0.404	0.402	0.4	0.398	0.396	0.411
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.521
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.837	0.834	0.831	0.829	0.827	0.825	0.824	0.841
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	34.714	34.627	34.549	34.466	34.373	34.28	34.188	34.092
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	34.46	34.323	34.213	34.063	33.911	33.764	33.596	33.561
KB m	0.47	0.538	0.605	0.673	0.741	0.808	0.876	0.944
KG m	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791
BMt m	8.302	9.487	10.679	11.875	13.08	14.295	15.521	15.588
BML m	668.813	599.614	543.893	500.979	466.177	436.879	412.97	388.646
GMt m	5.981	7.234	8.493	9.757	11.029	12.313	13.606	13.742
GML m	666.493	597.361	541.707	498.861	464.126	434.896	411.055	386.799
KMt m	8.772	10.025	11.284	12.548	13.82	15.104	16.397	16.533
KML m	669.284	600.152	544.498	501.652	466.917	437.687	413.846	389.59
Immersion (TPc) tonne/cm	3.216	3.713	4.213	4.726	5.249	5.78	6.323	6.734
MTc tonne.m	10.382	12.242	14.146	16.186	18.341	20.587	22.982	25.225

RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	11.482	18.271	27.335	39.019	53.719	71.836	93.761	110.449
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Draft Amidships m</b>	<b>1.5</b>	<b>1.6</b>	<b>1.7</b>	<b>1.8</b>	<b>1.9</b>	<b>2</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>
Displacement t	529.2	600.2	673.3	748.5	825.5	904.4	985	1067
Heel deg	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2
Draft at AP m	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2
Draft at LCF m	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	64.758	65.424	66.095	66.776	67.47	68.181	68.917	69.682
Beam max extents on WL m	12.283	12.372	12.461	12.55	12.639	12.728	12.817	12.906
Wetted Area m <sup>2</sup>	709.36	737.441	763.781	789.912	814.738	839.698	864.177	888.399
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	680.842	702.78	722.622	742.014	759.885	777.701	794.903	811.693
Prismatic coeff. (Cp)	0.788	0.788	0.789	0.79	0.79	0.79	0.79	0.789
Block coeff. (Cb)	0.433	0.452	0.469	0.484	0.497	0.508	0.518	0.526
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.549	0.574	0.595	0.613	0.629	0.643	0.656	0.667
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.856	0.868	0.877	0.885	0.891	0.896	0.9	0.903
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	34.026	33.982	33.948	33.924	33.902	33.882	33.862	33.843
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	33.643	33.675	33.716	33.715	33.696	33.676	33.633	33.592
KB m	1.01	1.074	1.137	1.198	1.259	1.319	1.379	1.439
KG m	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791
BMt m	14.543	13.604	12.751	12.034	11.383	10.83	10.329	9.887
BML m	363.92	343.559	325.346	310.39	296.624	285.107	274.983	265.913
GMt m	12.761	11.886	11.097	10.441	9.851	9.358	8.917	8.535
GML m	362.139	341.842	323.692	308.798	295.092	283.635	273.572	264.561

KMt m	15.552	14.677	13.888	13.232	12.642	12.149	11.708	11.326
KML m	364.93	344.633	326.483	311.589	297.883	286.426	276.363	267.352
Immersion (TPc) tonne/cm	6.979	7.204	7.407	7.606	7.789	7.971	8.148	8.32
MTc tonne.m	27.137	29.051	30.862	32.727	34.494	36.322	38.157	39.987
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	117.862	124.502	130.404	136.38	141.928	147.701	153.296	158.993

<b>Draft Amidships m</b>	<b>2.3</b>	<b>2.4</b>	<b>2.5</b>	<b>2.6</b>	<b>2.7</b>	<b>2.8</b>
Displacement t	1151	1237	1325	1414	1504	1596
Heel deg	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
Draft at AP m	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
Draft at LCF m	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0
WL Length m	70.476	71.294	72.081	72.311	72.447	72.183
Beam max extents on WL m	12.995	13.084	13.173	13.262	13.352	13.441
Wetted Area m <sup>2</sup>	912.721	936.653	961.1	984.873	1007.373	1028.646
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	828.469	844.648	861.312	877.09	891.37	904.096
Prismatic coeff. (Cp)	0.788	0.786	0.785	0.789	0.794	0.799
Block coeff. (Cb)	0.533	0.539	0.544	0.553	0.562	0.57
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.677	0.686	0.694	0.701	0.707	0.713
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.905	0.905	0.907	0.915	0.922	0.927
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	33.823	33.799	33.773	33.744	33.717	33.691
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	33.513	33.45	33.359	33.287	33.275	33.28
KB m	1.498	1.557	1.616	1.675	1.734	1.792
KG m	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791

BMt m	9.496	9.135	8.822	8.534	8.271	8.031
BML m	258.132	250.899	244.966	239.002	232.426	225.281
GMt m	8.203	7.901	7.647	7.418	7.214	7.032
GML m	256.84	249.666	243.791	237.886	231.369	224.282
KMt m	10.994	10.692	10.438	10.209	10.005	9.823
KML m	259.631	252.457	246.582	240.677	234.16	227.073
Immersion (TPc) tonne/cm	8.492	8.658	8.828	8.99	9.137	9.267
MTc tonne.m	41.878	43.741	45.73	47.624	49.289	50.702
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	164.851	170.615	176.793	183.029	189.402	195.94



## 16.4 Παράρτημα Δ

- Κατάσταση φόρτωσης 100%, Άφιξη

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long . Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	877.788	877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	User Specified
total c			877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	
.ballast tanks										
FP ballast	0%	50.899	0.000	49.657	0.000	62.298	0.000	0.028	0.000	Maximum
Ballast 1 SB	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 1 P	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	- 0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 2 SB	0%	80.043	0.000	80.043	0.000	31.602	0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast2 P	0%	82.044	0.000	80.043	0.000	31.602	- 0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast 3 SB	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast3 P	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	- 0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast 4 SB	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast4 P	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	- 0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast5 SB	0%	7.379	0.000	7.199	0.000	2.914	2.667	1.978	0.000	Maximum
ballast 5 P	0%	12.743	0.000	12.432	0.000	2.914	- 2.001	1.892	0.000	Maximum
total c	0%	369.016	0.000	361.967	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.misc tanks										
SEWAGE	80%	13.169	10.535	13.169	10.535	12.517	2.889	1.093	35.189	Maximum
MARPOL	80%	13.169	10.535	13.169	10.535	12.517	- 2.889	1.093	35.189	Maximum
total c	80%	26.337	21.070	26.337	21.070	12.517	0.000	1.093	70.377	
.DO tanks										
DO P	9.69%	35.742	3.463	42.551	4.123	24.000	- 2.500	1.779	52.500	Maximum
DO SB	9.69%	35.742	3.463	42.551	4.123	24.000	2.500	1.779	52.500	Maximum
DO DAILY	20%	2.223	0.445	2.647	0.529	20.500	0.000	1.846	0.560	Maximum

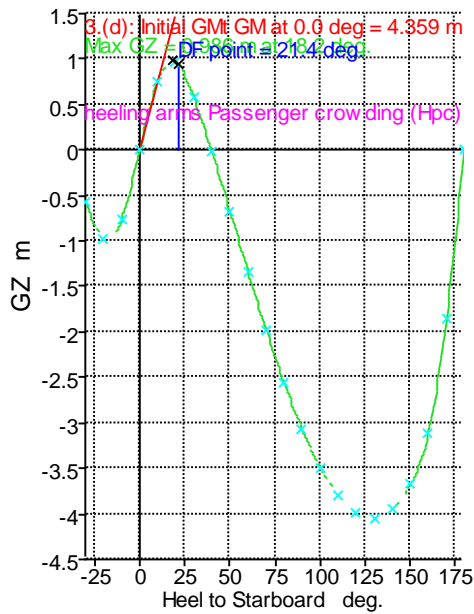


Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long . Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
total c	10%	73.708	7.372	87.748	8.776	23.789	0.000	1.783	105.560	
.FW TANKS										
FW SB	10%	25.093	2.509	25.093	2.509	53.492	1.511	0.595	68.393	Maximum
FW P	10%	25.093	2.509	25.093	2.509	53.492	- 1.511	0.595	68.393	Maximum
FW SB 2	10%	15.276	1.528	15.276	1.528	47.357	2.346	0.700	34.920	Maximum
FW P 2	10%	15.276	1.528	15.276	1.528	47.357	- 2.346	0.700	34.920	Maximum
total c	10%	80.739	8.074	80.739	8.074	51.171	0.000	0.635	206.625	
.LO TANKS										
LO SB	80%	1.024	0.819	1.113	0.891	20.500	3.000	1.824	4.907	Maximum
LO P	80%	1.024	0.819	1.113	0.891	20.500	- 3.000	1.824	4.907	Maximum
total c	80%	2.049	1.639	2.227	1.781	20.500	0.000	1.824	9.813	
.CARGO										
CARGO	1	491.250	491.250			34.226	0.000	5.330	0.000	User Specified
total c			491.250			34.226	0.000	5.330	0.000	
.PASS,LUGG, PROV,CREW										
PASS+LUGG (UPPER DECK)	0.525	59.500	31.237			22.859	0.000	12.104	0.000	User Specified
PASS+LUGG (SALLOON DECK)	0.475	59.500	28.262			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
CREW+LUGG	1	1.000	1.000			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
PROVISIONS	1	4.667	4.667			6.000	0.000	9.604	0.000	User Specified
total c			65.167			18.987	0.000	10.802	0.000	
Total Loadcase			1472.359	559.018	39.701	29.731	0.000	5.390	392.375	
FS correction								0.266		
VCG fluid								5.656		

Heel to Starboard deg	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70
	GZ m	-0.573	-0.973	-0.761	0	0.761	0.973	0.573	-0.019	-0.674	-1.337
Area under GZ curve from zero heel m.deg	21.3526	13.3116	4.067	0	4.0684	13.307	21.3739	24.2066	20.7733	10.7119	-5.8743
Displacement t	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472
Draft at FP m	0.956	1.475	1.897	1.99	1.898	1.475	0.956	0.36	-0.421	-1.596	-3.8
Draft at AP m	3.749	3.376	3.195	3.235	3.194	3.376	3.749	4.254	4.968	6.08	8.194
WL Length m	71.542	70.485	71.182	71.342	71.182	70.485	71.541	72.786	73.77	73.79	73.806
Beam max extents on WL m	7.221	9.708	13.778	13.615	13.778	9.708	7.221	6.003	5.321	4.801	4.415
Wetted Area m <sup>2</sup>	1117.401	1076.437	996.927	986.953	996.917	1076.394	1117.4	1137.635	1148.88	1154.685	1157.799
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	461.722	616.521	854.463	871.683	854.506	616.525	461.723	378.256	327.769	294.695	273.123
Prismatic coeff. (Cp)	0.699	0.704	0.685	0.682	0.685	0.704	0.699	0.69	0.683	0.684	0.686
Block coeff. (Cb)	0.591	0.572	0.504	0.493	0.504	0.572	0.591	0.584	0.571	0.579	0.556
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	29.584	29.626	29.657	29.662	29.659	29.626	29.584	29.555	29.524	29.514	29.51
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	35.241	34.573	31.882	31.544	31.882	34.573	35.241	35.563	35.661	35.496	35.193
Max deck inclination deg	30.0581	20.0503	10.053	1.0102	10.053	20.0503	30.0581	40.0608	50.0577	60.0487	70.0351
Trim angle (+ve by stern) deg	2.2652	1.5422	1.0524	1.0102	1.0518	1.5422	2.2652	3.1558	4.3641	6.2031	9.6389

<b>Heel to Starboard deg</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>
GZ m	-2.56	-3.072	-3.492	-3.803	-3.992	-4.046	-3.95	-3.671	-3.108	-1.856	0
Area under GZ curve from zero heel m.deg	28.59 91	56.83 08	89.73 58	126.3 061	165.3 88	205.6 937	245.8 129	284.0 715	318.3 748	343.8 173	353.3 854
Displacement t	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1473	1472	1472	1472
Draft at FP m	- 10.15 5	n/a	- 14.54 9	-8.217	-6.049	-4.93	-4.226	-3.738	-3.392	-3.251	-3.31
Draft at AP m	14.30 2	n/a	9.446	3.347	1.242	0.132	-0.598	-1.15	-1.626	-2.001	-2.075
WL Length m	73.81 4	73.81 6	73.80 9	73.79 7	73.77 9	73.75 9	73.73 8	73.71 8	73.70 2	72.76 2	70.65 5
Beam max extents on WL m	4.215	4.15	4.207	4.417	4.778	5.253	6.046	7.404	9.993	13.72 6	13.48 8
Wetted Area m <sup>2</sup>	1160. 02	1162. 095	1164. 273	1167. 093	1171. 343	1178. 219	1189. 281	1209. 111	1252. 808	1333. 178	1344. 098
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	260.9 38	256.5 51	259.3 18	269.5 17	288.2 3	318.5 78	368.2 87	453.0 32	611.8 88	864.1 68	875.5 74
Prismatic coeff. (Cp)	0.687	0.689	0.692	0.696	0.701	0.707	0.714	0.723	0.731	0.745	0.77
Block coeff. (Cb)	0.536	0.518	0.502	0.484	0.466	0.458	0.447	0.432	0.41	0.434	0.712
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	29.52 5	29.55 5	29.59 4	29.63 9	29.68 4	29.71 6	29.74 6	29.76 4	29.76 8	29.76 8	29.77 2
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	34.88 1	34.58	34.29 1	34.02 2	33.80 6	33.66 3	33.52 5	33.35 8	33.28 4	35.51 6	35.77 4
Max deck	80.01 82	90	99.98 25	109.9 674	119.9 56	129.9 491	139.9 472	149.9 501	159.9 566	169.9 508	178.9 983

inclination deg												
Trim angle (+ve by stern) deg	19.10 18	n/a	18.76 63	9.299 6	5.893 9	4.099 9	2.940 9	2.098 8	1.432 8	1.014 2	1.001 7	



**Stability**

- GZ
- DF point = 21.4 deg.
- 3.(d): Initial GMt GM at 0.0 deg = 4.359 m
- 3.(e): Angle of equilibrium - multiple heeling arms Passenger crowding (Hpc)
- Max GZ = 0.986 m at 18.2 deg.

Draft Amidships m	2.613
Displacement t	1472
Heel deg	0.0
Draft at FP m	1.990
Draft at AP m	3.236
Draft at LCF m	2.679
Trim (+ve by stern) m	1.246
WL Length m	71.341
Beam max extents on WL m	13.615
Wetted Area m <sup>2</sup>	986.933
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	871.664
Prismatic coeff. (Cp)	0.682
Block coeff. (Cb)	0.493
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.723
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.897
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	29.658
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	31.543
KB m	1.749
KG fluid m	5.656
BMt m	8.267
BML m	223.238

GMt corrected m	4.359
GML m	219.330
KMt m	10.014
KML m	224.952
Immersion (TPc) tonne/cm	8.935
MTc tonne.m	45.727
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	111.998
Max deck inclination deg	1.0111
Trim angle (+ve by stem) deg	1.0111

- Κατάσταση φόρτωσης 100%, Αναχώρηση

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	877.788	877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	User Specified
total c			877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	
.ballast tanks										
FP BALLAST	0%	50.899	0.000	49.657	0.000	62.298	0.000	0.028	0.000	Maximum
Ballast 1 SB	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 1 P	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	-0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 2 SB	0%	80.043	0.000	80.043	0.000	31.602	0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast2 P	0%	82.044	0.000	80.043	0.000	31.602	-0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast 3 SB	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast3 P	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	-0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast 4 SB	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast4 P	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	-0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast5 SB	0%	7.379	0.000	7.199	0.000	2.914	2.667	1.978	0.000	Maximum
ballast 5 P	0%	12.743	0.000	12.432	0.000	2.914	-2.001	1.892	0.000	Maximum
total c	0%	369.016	0.000	361.967	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.misc tanks										
SEWAGE	5%	13.169	0.658	13.169	0.658	12.601	1.485	0.452	35.189	Maximum
MARPOL	5%	13.169	0.658	13.169	0.658	12.601	-1.485	0.452	35.189	Maximum
total c	5%	26.337	1.317	26.337	1.317	12.601	0.000	0.452	70.377	
.DO tanks										
DO P	98%	35.742	35.028	42.551	41.699	24.000	-2.500	2.439	52.500	User Specified
DO SB	98%	35.742	35.028	42.551	41.699	24.000	2.500	2.439	52.500	User Specified
DO DAILY	98%	2.223	2.179	2.647	2.594	20.500	0.000	2.390	0.560	User Specified

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
total c	98%	73.708	72.234	87.748	85.993	23.894	0.000	2.437	105.560	
.FW TANKS										
FW SB	100%	25.093	25.093	25.093	25.093	53.693	2.585	1.237	68.393	User Specified
FW P	100%	25.093	25.093	25.093	25.093	53.693	-2.585	1.237	68.393	User Specified
FW SB 2	100%	15.276	15.276	15.276	15.276	47.441	3.454	1.273	34.920	User Specified
FW P 2	100%	15.276	15.276	15.276	15.276	47.441	-3.454	1.273	34.920	User Specified
total c	100%	80.739	80.739	80.739	80.739	51.327	0.000	1.251	206.626	
.LO TANKS										
LO SB	100%	1.024	1.024	1.113	1.113	20.500	3.000	1.854	4.907	User Specified
LO P	100%	1.024	1.024	1.113	1.113	20.500	-3.000	1.854	4.907	User Specified
total c	100%	2.049	2.049	2.227	2.227	20.500	0.000	1.854	9.814	
.CARGO										
CARGO	1	491.250	491.250			34.226	0.000	5.330	0.000	User Specified
total c			491.250			34.226	0.000	5.330	0.000	
.PASS,LUGG, PROV,CREW										
PASS+LUGG (UPPER DECK)	0.525	59.500	31.237			22.859	0.000	12.104	0.000	User Specified
PASS+LUGG (SALLOON DECK)	0.475	59.500	28.262			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
CREW+LUGG	1	1.000	1.000			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
PROVISIONS	1	4.667	4.667			6.000	0.000	9.604	0.000	User Specified
total c			65.167			18.987	0.000	10.802	0.000	
Total Loadcase			1590.543	559.018	170.275	30.692	0.000	5.138	392.377	
FS correction								0.247		
VCG fluid								5.385		

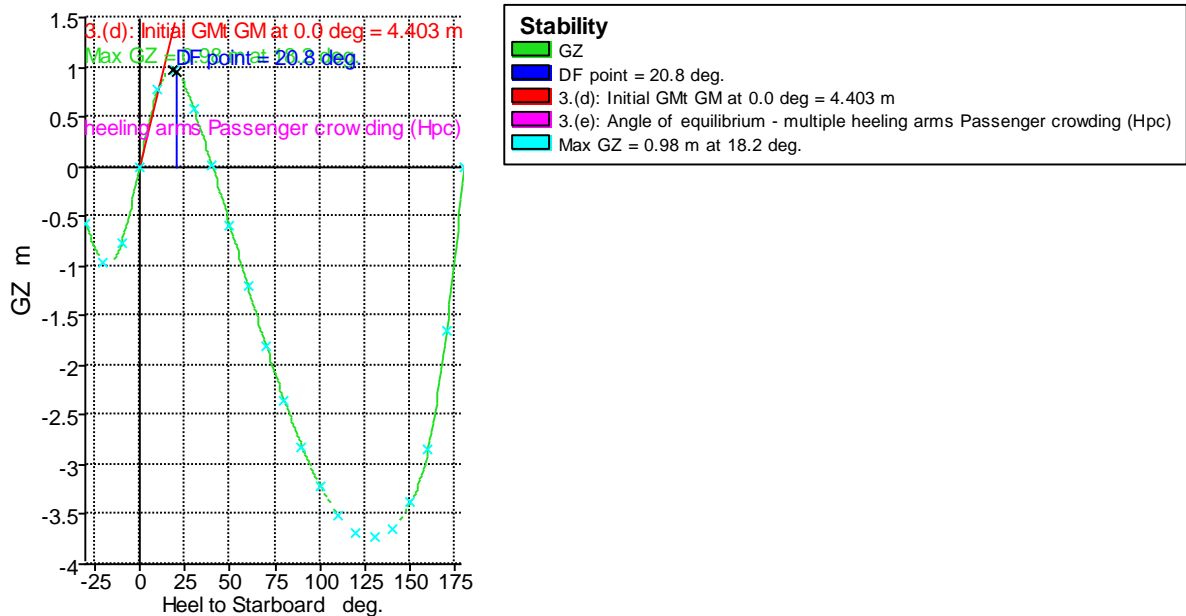
Heel to Starboard	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70
deg											
GZ m	-0.577	-0.964	-0.77	0	0.77	0.964	0.577	0.02	-0.591	-1.209	-1.802
Area under GZ curve from zero heel m.deg	21.3786	13.3852	4.1377	0	4.1392	13.3781	21.3897	24.4312	21.6028	12.5898	-2.497
Displacement t	1591	1591	1591	1591	1591	1591	1590	1591	1591	1591	1591
Draft at FP m	1.451	1.834	2.185	2.271	2.185	1.831	1.453	1.028	0.496	-0.281	-1.698
Draft at AP m	3.835	3.423	3.202	3.243	3.202	3.426	3.832	4.382	5.143	6.32	8.537
WL Length m	72.898	71.216	71.675	71.827	71.676	71.203	72.903	73.73	73.747	73.762	73.772
Beam max extents on WL m	6.998	9.413	13.774	13.664	13.774	9.414	6.998	5.734	5.039	4.659	4.407
Wetted Area m <sup>2</sup>	1182.89	1141.126	1034.263	1016.557	1034.251	1141.133	1182.851	1203.401	1214.526	1221.173	1225.131
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	454.941	609.483	871.898	891.003	871.934	609.409	454.957	372.363	323.149	293.061	274.715
Prismatic coeff. (Cp)	0.72	0.732	0.718	0.714	0.718	0.732	0.72	0.714	0.716	0.718	0.719
Block coeff. (Cb)	0.63	0.616	0.531	0.518	0.531	0.615	0.63	0.634	0.633	0.627	0.592
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	30.577	30.618	30.639	30.643	30.641	30.605	30.583	30.548	30.526	30.515	30.517
LCF from zero pt.	35.384	34.807	32.617	32.061	32.618	34.807	35.383	35.676	35.808	35.868	35.806

(+ve fwd) m												
Max deck inclination deg	30.04 23	20.03 51	10.03 26	0.788 1	10.03 26	20.03 54	30.04 22	40.04 51	50.04 29	60.03 61	70.02 56	
Trim angle (+ve by stern) deg	1.933	1.289	0.825 1	0.788 1	0.824 6	1.294 3	1.929 6	2.718 9	3.765 1	5.340 3	8.246 5	

Heel to Starboard deg	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
GZ m	- 2.347	- 2.823	- 3.213	- 3.503	- 3.679	- 3.729	- 3.638	- 3.374	- 2.836	- 1.653	0
Area under GZ curve from zero heel m.deg	- 23.28 93	- 49.20 12	- 79.46 1	- 113.1 333	- 149.1 444	- 186.2 934	- 223.2 627	- 258.4 721	- 289.9 214	- 312.9 03	- 321.3 766
Displacement t	1590	1591	1591	1591	1591	1591	1591	1591	1591	1591	1591
Draft at FP m	- 5.739	n/a	- 9.956	- 5.947	- 4.586	- 3.892	- 3.469	- 3.193	- 3.018	- 3.025	- 3.089
Draft at AP m	14.93 7	n/a	9.982	3.594	1.397	0.237	- 0.522	- 1.093	- 1.587	- 1.958	- 2.033
WL Length m	73.77 6	73.77 6	73.77	73.76	73.74 7	73.73 3	73.71 9	73.70 6	73.69 5	71.84 2	70.11 6
Beam max extents on WL m	4.209	4.155	4.222	4.425	4.791	5.311	6.111	7.48	10.09 7	13.56 8	13.33 4
Wetted Area m <sup>2</sup>	1227. 393	1229. 216	1230. 987	1233. 244	1236. 846	1243. 428	1254. 499	1274. 712	1319. 881	1376. 643	1372. 846
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	264.3 05	261.2	265.2 1	276.7 5	297.0 38	328.7 09	379.9 47	467.0 24	629.5 29	857.0 78	856.9 17



Prismatic coeff. (Cp)	0.722	0.724	0.727	0.73	0.734	0.74	0.747	0.756	0.767	0.792	0.815
Block coeff. (Cb)	0.571	0.551	0.533	0.515	0.497	0.484	0.473	0.457	0.434	0.473	0.77
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	30.53 1	30.55 5	30.58 6	30.62	30.65 5	30.68 5	30.70 9	30.71 6	30.72	30.72 1	30.72 4
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	35.58 5	35.30 9	35.00 6	34.68 9	34.39 4	34.2	34.03 3	33.83 4	33.75 2	35.77 6	35.54 5
Max deck inclination deg	80.01 3	90	99.98 79	109.9 778	119.9 704	129.9 661	139.9 651	149.9 671	159.9 715	169.9 641	179.1 433
Trim angle (+ve by stern) deg	16.31 81	n/a	15.76 5	7.694 1	4.842 1	3.346 5	2.389 9	1.703 4	1.160 9	0.865 8	0.856 7



Draft Amidships m	2.757
Displacement t	1591

Heel deg	0.0
Draft at FP m	2.271
Draft at AP m	3.243
Draft at LCF m	2.802
Trim (+ve by stern) m	0.972
WL Length m	71.826
Beam max extents on WL m	13.664
Wetted Area m <sup>2</sup>	1016.608
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	890.996
Prismatic coeff. (Cp)	0.714
Block coeff. (Cb)	0.518
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.725
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.908
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	30.642
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	32.060
KB m	1.809
KG fluid m	5.385
BMt m	7.979
BML m	216.501
GMt corrected m	4.403
GML m	212.925
KMt m	9.788
KML m	218.290
Immersion (TPc) tonne/cm	9.133
MTc tonne.m	47.955
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	122.223
Max deck inclination deg	0.7885
Trim angle (+ve by stern) deg	0.7885

- Αποκλειστική φόρτωση αυτοκινήτων, Άφιξη.

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FS M Type
Lightship	1	877.788	877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	User Specified
total c			877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	
.ballast tanks										
FP BALLAST	0%	50.899	0.000	49.657	0.000	62.298	0.000	0.028	0.000	Maximum
Ballast 1 SB	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	0.667	0.359	0.000	Maximum

Ballast 1 P	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	-0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 2 SB	0%	80.043	0.000	80.043	0.000	31.602	0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast2 P	0%	82.044	0.000	80.043	0.000	31.602	-0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast 3 SB	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast3 P	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	-0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast4 P	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	-0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast5 SB	0%	7.379	0.000	7.199	0.000	2.914	2.667	1.978	0.000	Maximum
ballast 5 P	0%	12.743	0.000	12.432	0.000	2.914	-2.001	1.892	0.000	Maximum
total c	0%	337.012	0.000	330.744	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.misc tanks										
SEWAGE	80%	13.169	10.535	13.169	10.535	12.517	2.889	1.093	35.189	Maximum
MARPOL	80%	13.169	10.535	13.169	10.535	12.517	-2.889	1.093	35.189	Maximum
total c	80%	26.337	21.070	26.337	21.070	12.517	0.000	1.093	70.377	
.DO tanks										
DO P	9.69%	35.742	3.463	42.551	4.123	24.000	-2.500	1.779	52.500	Maximum
DO SB	9.69%	35.742	3.463	42.551	4.123	24.000	2.500	1.779	52.500	Maximum
DO DAILY	20%	2.223	0.445	2.647	0.529	20.500	0.000	1.846	0.560	Maximum
total c	10%	73.708	7.372	87.748	8.776	23.789	0.000	1.783	105.560	
FW TANKS										
FW P	10%	25.093	2.509	25.093	2.509	53.492	-1.511	0.595	68.393	Maximum

FW SB	10%	25.09 3	2.509	25.093	2.509	53.49 2	1.511	0.595	68.39 3	Max imu m
FW SB 2	10%	15.27 6	1.528	15.276	1.528	47.35 7	2.346	0.700	34.92 0	Max imu m
FW P 2	10%	15.27 6	1.528	15.276	1.528	47.35 7	-2.346	0.700	34.92 0	Max imu m
total c	10%	80.73 9	8.074	80.739	8.074	51.17 1	0.000	0.635	206.6 25	
.LO TANKS										
LO SB	80%	1.024	0.819	1.113	0.891	20.50 0	3.000	1.824	4.907	Max imu m
LO P	80%	1.024	0.819	1.113	0.891	20.50 0	-3.000	1.824	4.907	Max imu m
total c	80%	2.049	1.639	2.227	1.781	20.50 0	0.000	1.824	9.813	
.CARGO										
CARGO	0.38 5	491.2 50	188.9 84			32.66 3	0.000	4.580	0.000	User Spec ified
total c			188.9 84			32.66 3	0.000	4.580	0.000	
.PASS,LUGG,PRO V,CREW										
PASS+LUGG (UPPER DECK)	0.52 5	59.50 0	31.23 7			22.85 9	0.000	12.10 4	0.000	User Spec ified
PASS+LUGG (SALLOON DECK)	0.47 5	59.50 0	28.26 2			16.92 6	0.000	9.604	0.000	User Spec ified
CREW+LUGG	1	1.000	1.000			16.92 6	0.000	9.604	0.000	User Spec ified
PROVISIONS	1	4.667	4.667			6.000	0.000	9.604	0.000	User Spec ified
total c			65.16 7			18.98 7	0.000	10.80 2	0.000	
Ballast 4 SB	100 %	32.00 4	32.00 4	31.223	31.223	17.50 3	3.035	1.191	0.000	Max imu m
Total Loadcase			1202. 097	559.01 8	70.924	28.02 9	0.081	5.175	392.3 75	
FS correction								0.326		
VCG fluid								5.501		

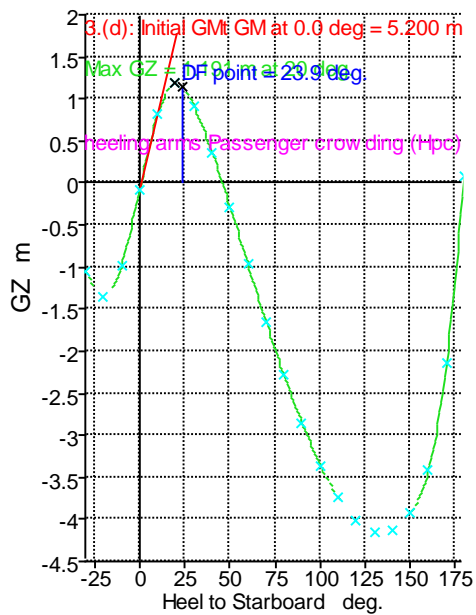
<b>Heel to Starboard</b>	<b>-30</b>	<b>-20</b>	<b>-10</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>
<b>deg</b>											
GZ m	-1.052	-1.343	-0.975	-0.081	0.815	1.191	0.912	0.367	-0.284	-0.971	-1.649
Area under GZ curve from zero heel m.deg	30.0139	17.6916	5.5173	-0.1469	3.9125	14.5141	25.4299	31.9418	32.4118	26.1469	13.0287
Displacement t	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202
Draft at FP m	0.158	0.878	1.351	1.464	1.352	0.878	0.16	-0.72	-1.94	-3.857	-7.503
Draft at AP m	3.244	3.061	3.05	3.094	3.05	3.061	3.242	3.533	3.984	4.721	6.139
WL Length m	69.106	69.158	70.215	70.447	70.216	69.159	69.112	70.4	71.733	72.594	73.272
Beam maximum extent on WL m	7.827	10.318	13.672	13.428	13.672	10.318	7.826	6.445	5.426	4.794	4.418
Wetted Area m <sup>2</sup>	969.122	932.575	905.248	917.429	905.254	932.572	969.132	986.575	992.097	995.154	997.423
Water pl. Area m <sup>2</sup>	472.579	621.865	809.617	825.685	809.638	621.889	472.623	384.532	326.127	288.519	264.669
Prismatic coeff. (Cp)	0.664	0.655	0.628	0.623	0.628	0.655	0.665	0.657	0.647	0.64	0.635
Block coeff. (Cb)	0.512	0.493	0.453	0.444	0.453	0.493	0.513	0.513	0.526	0.536	0.503

LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27.85 8	27.90 5	27.93 4	27.93 9	27.93 5	27.90 7	27.86 4	27.82 6	27.78 8	27.76 4	27.75 7
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	34.45 6	33.44 2	30.26 3	30.47 8	30.26 3	33.44 3	34.45 7	34.58 8	34.19 4	33.79 7	33.45
Max deck inclination deg	30.07 09	20.06 63	10.09 07	1.322 4	10.09 07	20.06 63	30.07 07	40.07 25	50.06 97	60.06 08	70.04 54
Trim angle (+ve by stern) deg	2.501 6	1.771 2	1.378 1	1.322 4	1.377 8	1.770 5	2.498 5	3.446	4.794 9	6.925 5	10.93 29

<b>Heel to Starboard</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>
<b>deg</b>											
GZ m	-2.289	-2.865	-3.355	-3.744	-4.013	-4.147	-4.128	-3.92	-3.413	-2.15	0.081
Area under GZ curve from zero heel m.deg	- 6.703 4	- 32.53 17	- 63.70 95	- 99.29 6	- 138.1 812	- 179.0 967	- 220.6 149	- 261.0 212	- 298.0 877	- 326.7 417	- 337.6 104
Displacement	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202	1202
Draft at FP m	- 18.05 2	n/a	- 22.94 1	- 12.39 4	-8.758	-6.846	-5.624	-4.75	-4.084	-3.647	-3.647

Draft at AP m	10.241	n/a	5.624	1.514	0.087	-0.68	-1.184	-1.569	-1.909	-2.233	-2.325
WL Length m	73.848	73.867	73.863	73.848	73.826	73.797	73.767	73.737	73.712	73.696	72.391
Beam maximums on WL m	4.205	4.155	4.22	4.334	4.592	5.05	5.813	7.118	9.605	13.787	13.788
Wetted Area m <sup>2</sup>	999.805	1002.291	1005.184	1008.939	1013.976	1020.992	1031.825	1050.762	1091.777	1211.202	1276.745
Water pl. Area m <sup>2</sup>	250.722	244.484	245.033	252.523	268.628	296.615	342.954	422.187	573.166	841.144	919.191
Prismatic coeff. (Cp)	0.632	0.634	0.638	0.644	0.649	0.656	0.662	0.668	0.675	0.679	0.698
Block coeff. (Cb)	0.479	0.459	0.441	0.434	0.426	0.417	0.406	0.392	0.37	0.374	0.628
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27.765	27.792	27.834	27.887	27.936	27.985	28.026	28.054	28.063	28.065	28.069
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	33.175	32.945	32.766	32.663	32.596	32.538	32.47	32.369	32.237	33.593	35.707
Max deck inclination deg	80.0244	90	99.9752	109.9529	119.9353	129.9245	139.921	149.9246	159.9342	169.937	178.9271
Trim angle (+ve)	21.833	n/a	22.0221	11.1411	7.1389	4.9895	3.5973	2.5795	1.7647	1.1476	1.0729

by stem)											
deg											



**Stability**

- GZ
- DF point = 23.9 deg.
- 3.(d): Initial GMt GM at 0.0 deg = 5.200 m
- 3.(e): Angle of equilibrium - multiple heeling arms Passenger crowding (Hpc)
- Max GZ = 1.191 m at 20 deg.

Draft Amidships m	2.279
Displacement t	1202
Heel deg	0.9
Draft at FP m	1.464
Draft at AP m	3.093
Draft at LCF m	2.390
Trim (+ve by stern) m	1.629
WL Length m	70.448
Beam max extents on WL m	13.429
Wetted Area m <sup>2</sup>	917.235
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	825.624
Prismatic coeff. (Cp)	0.623
Block coeff. (Cb)	0.444
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.713
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.873
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27.946
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	30.474
KB m	1.601
KG fluid m	5.501
BMt m	9.100
BML m	244.236
GMt corrected m	5.198
GML m	240.335
KMt m	10.698
KML m	245.743
Immersion (TPc) tonne/cm	8.463



MTc tonne.m	40.909
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	109.060
Max deck inclination deg	1.5941
Trim angle (+ve by stern) deg	1.3211

- Αποκλειστική φόρτωση αυτοκινήτων, Αναχώριση

• Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	877.788	877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	User Specified
total c			877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	
.ballast tanks										
FP BALLAST	0%	50.899	0.000	49.657	0.000	62.298	0.000	0.028	0.000	Maximum
Ballast 1 SB	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 1 P	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	-0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 2 SB	0%	80.043	0.000	80.043	0.000	31.602	0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast2 P	0%	82.044	0.000	80.043	0.000	31.602	-0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast 3 SB	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast3 P	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	-0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast 4 SB	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast4 P	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	-0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast5 SB	0%	7.379	0.000	7.199	0.000	2.914	2.667	1.978	0.000	Maximum
ballast 5 P	0%	12.743	0.000	12.432	0.000	2.914	-2.001	1.892	0.000	Maximum
total c	0%	369.016	0.000	361.967	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.misc tanks										
SEWAGE	5%	13.169	0.658	13.169	0.658	12.601	1.485	0.452	35.189	Maximum
MARPOL	5%	13.169	0.658	13.169	0.658	12.601	-1.485	0.452	35.189	Maximum
total c	5%	26.337	1.317	26.337	1.317	12.601	0.000	0.452	70.377	

• Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
.DO tanks										
DO P	98%	35.74 2	35.028	42.551	41.699	24.000	-2.500	2.439	52.50 0	User Specified
DO SB	98%	35.74 2	35.028	42.551	41.699	24.000	2.500	2.439	52.50 0	User Specified
DO DAILY	98%	2.223	2.179	2.647	2.594	20.500	0.000	2.390	0.560	User Specified
total c	98%	73.70 8	72.234	87.748	85.993	23.894	0.000	2.437	105.5 60	
.FW TANKS										
FW SB	100 %	25.09 3	25.093	25.093	25.093	53.693	2.585	1.237	68.39 3	User Specified
FW P	100 %	25.09 3	25.093	25.093	25.093	53.693	-2.585	1.237	68.39 3	User Specified
FW SB 2	100 %	15.27 6	15.276	15.276	15.276	47.441	3.454	1.273	34.92 0	User Specified
FW P 2	100 %	15.27 6	15.276	15.276	15.276	47.441	-3.454	1.273	34.92 0	User Specified
total c	100 %	80.73 9	80.739	80.739	80.739	51.327	0.000	1.251	206.6 26	
.LO TANKS										
LO SB	100 %	1.024	1.024	1.113	1.113	20.500	3.000	1.854	4.907	User Specified
LO P	100 %	1.024	1.024	1.113	1.113	20.500	-3.000	1.854	4.907	User Specified
total c	100 %	2.049	2.049	2.227	2.227	20.500	0.000	1.854	9.814	
.CARGO										
CARGO	0.385	491.2 50	189.13 1			32.663	0.000	4.580	0.000	User Specified
total c			189.13 1			32.663	0.000	4.580	0.000	
.PASS,LUGG,PROV,CREW										
PASS+LUGG (UPPER DECK)	0.525	59.50 0	31.237			22.859	0.000	12.10 4	0.000	User Specified
PASS+LUGG (SALLOON DECK)	0.475	59.50 0	28.262			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
CREW+LUGG	1	1.000	1.000			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
PROVISIONS	1	4.667	4.667			6.000	0.000	9.604	0.000	User Specified
total c			65.167			18.987	0.000	10.80 2	0.000	
Total Loadcase			1288.4 24	559.01 8	170.275	29.634	0.000	4.983	392.3 77	

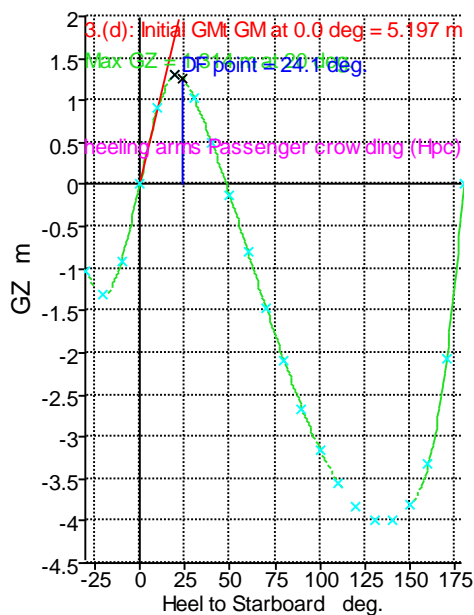
• Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
FS correction								0.305		
VCG fluid								5.288		

Heel to Starboard	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70
deg											
GZ m	-1.029	-1.313	-0.904	0	0.904	1.314	1.029	0.493	-0.138	-0.804	-1.466
Area under GZ curve from zero heel m.deg	28.4939	16.4045	4.7303	0	4.7323	16.397	28.5256	36.2321	38.0617	33.3606	21.9933
Displacement t	1288	1289	1288	1288	1288	1288	1288	1288	1289	1288	1288
Draft at FP m	0.726	1.295	1.71	1.807	1.711	1.295	0.726	0.055	-0.828	-2.201	-4.814
Draft at AP m	3.098	2.951	2.958	3.006	2.957	2.951	3.098	3.336	3.689	4.272	5.406
WL Length m	70.805	70.076	70.85	71.018	70.852	70.075	70.804	72.12	73.295	73.759	73.772
Beam max extents on WL m	7.441	10.012	13.657	13.414	13.656	10.013	7.441	6.205	5.424	4.785	4.411
Wetted Area m <sup>2</sup>	1016.692	974.755	935.775	946.932	935.805	974.682	1016.751	1036.764	1047.091	1051.275	1053.717
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	475.084	631.773	839.738	847.516	839.791	631.781	475.069	388.677	335.242	298.421	274.531
Prismatic coeff. (Cp)	0.699	0.697	0.672	0.667	0.672	0.697	0.699	0.691	0.683	0.681	0.682
Block coeff. (Cb)	0.569	0.542	0.485	0.475	0.485	0.542	0.569	0.562	0.557	0.575	0.552
LCB from zero	29.517	29.547	29.568	29.572	29.574	29.547	29.516	29.482	29.462	29.442	29.435

pt. (+ve fwd) m											
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	34.887	34.098	31.088	31.283	31.091	34.098	34.887	35.17	35.142	34.775	34.383
Max deck inclination deg	30.0419	20.0382	10.0491	0.9731	10.049	20.0382	30.042	40.0432	50.0406	60.0347	70.0255
Trim angle (+ve by stern) deg	1.9234	1.3434	1.0125	0.9731	1.0112	1.3433	1.9244	2.6605	3.66	5.2368	8.2339

Heel to Starboard	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
deg											
GZ m	-2.095	-2.665	-3.157	-3.551	-3.831	-3.982	-3.985	-3.803	-3.328	-2.077	0
Area under GZ curve from zero heel m.deg	4.1487	-19.7098	-48.893	-82.5161	-119.5253	-158.7052	-198.6803	-237.7709	-273.8555	-301.662	-312.4698
Displacement t	1288	1288	1288	1288	1288	1288	1288	1289	1288	1288	1288
Draft at FP m	-12.388	n/a	-17.104	-9.532	-6.922	-5.556	-4.694	-4.082	-3.63	-3.373	-3.418
Draft at AP m	8.703	n/a	4.098	0.786	-0.374	-0.996	-1.405	-1.723	-2.012	-2.295	-2.37
WL Length m	73.78	73.784	73.781	73.773	73.76	73.745	73.728	73.712	73.698	73.69	72.428
Beam max extents on WL m	4.22	4.15	4.221	4.327	4.584	5.041	5.804	7.109	9.595	13.77	13.644
Wetted Area m <sup>2</sup>	1055.657	1057.628	1060.056	1063.428	1068.152	1074.99	1085.699	1104.726	1146.269	1261.553	1295.28

Waterpl. Area m <sup>2</sup>	260.4 14	254.0 57	254.5 84	262.0 92	278.5 23	307.2 07	354.7 45	436.1 06	591.6 52	876.4 19	907.9 5
Prismatic coeff. (Cp)	0.684	0.687	0.691	0.696	0.701	0.707	0.714	0.723	0.731	0.737	0.756
Block coeff. (Cb)	0.526	0.506	0.485	0.477	0.468	0.458	0.445	0.428	0.404	0.408	0.7
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	29.44	29.45 9	29.48 8	29.52 5	29.56 5	29.60 3	29.62 7	29.64 8	29.65 7	29.65 7	29.66 2
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	34.04	33.75 7	33.54 9	33.43 2	33.35 1	33.27 4	33.17 8	33.04 8	32.85 4	34.24 5	35.22 8
Max deck inclination deg	80.01 36	90	99.98 63	109.9 74	119.9 645	129.9 587	139.9 566	149.9 585	159.9 635	169.9 634	179.1 498
Trim angle (+ve stern) deg	16.62 78	n/a	16.71 08	8.312 3	5.298	3.694 2	2.666 1	1.913	1.312 9	0.874 1	0.850 2



Stability	
■	GZ
■	DF point = 24.1 deg.
■	3.(d): Initial GMt GM at 0.0 deg = 5.197 m
■	3.(e): Angle of equilibrium - multiple heeling arms Passenger crowding (Hpc)
■	Max GZ = 1.314 m at 20 deg.

Draft Amidships m	2.407
Displacement t	1288
Heel deg	0.0
Draft at FP m	1.807
Draft at AP m	3.006
Draft at LCF m	2.475
Trim (+ve by stern) m	1.200
WL Length m	71.018
Beam max extents on WL m	13.414
Wetted Area m <sup>2</sup>	946.631
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	847.514
Prismatic coeff. (Cp)	0.667
Block coeff. (Cb)	0.475
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.712
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.890
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	29.572
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	31.283
KB m	1.627
KG fluid m	5.288
BMt m	8.857
BML m	242.196
GMt corrected m	5.197
GML m	238.535
KMt m	10.484
KML m	243.788
Immersion (TPc) tonne/cm	8.687
MTc tonne.m	43.519
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	116.850
Max deck inclination deg	0.9731
Trim angle (+ve by stern) deg	0.9731

- Αποκλειστική φόρτωση επιβατών, Άφιξη

• Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	877.788	877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	User Specified
total c			877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	
.ballast tanks										
FP BALLAST	0%	50.899	0.000	49.657	0.000	62.298	0.000	0.028	0.000	Maximum
Ballast 1 SB	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	0.667	0.359	0.000	Maximum

• Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne. m	FSM Type
Ballast 1 P	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	-0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 2 SB	0%	80.043	0.000	80.043	0.000	31.602	0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast2 P	0%	82.044	0.000	80.043	0.000	31.602	-0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast 3 SB	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast3 P	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	-0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast 4 SB	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast4 P	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	-0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast5 SB	0%	7.379	0.000	7.199	0.000	2.914	2.667	1.978	0.000	Maximum
ballast 5 P	0%	12.743	0.000	12.432	0.000	2.914	-2.001	1.892	0.000	Maximum
total c	0%	369.016	0.000	361.967	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.misc tanks										
SEWAGE	80%	13.169	10.535	13.169	10.535	12.517	2.889	1.093	35.189	Maximum
MARPOL	80%	13.169	10.535	13.169	10.535	12.517	-2.889	1.093	35.189	Maximum
total c	80%	26.337	21.070	26.337	21.070	12.517	0.000	1.093	70.377	
.DO tanks										
DO P	9.69%	35.742	3.463	42.551	4.123	24.000	-2.500	1.779	52.500	Maximum
DO SB	9.69%	35.742	3.463	42.551	4.123	24.000	2.500	1.779	52.500	Maximum
DO DAILY	20%	2.223	0.445	2.647	0.529	20.500	0.000	1.846	0.560	Maximum
total c	10%	73.708	7.372	87.748	8.776	23.789	0.000	1.783	105.560	
.FW TANKS										
FW SB	10%	25.093	2.509	25.093	2.509	53.492	1.511	0.595	68.393	Maximum
FW P	10%	25.093	2.509	25.093	2.509	53.492	-1.511	0.595	68.393	Maximum
FW SB 2	10%	15.276	1.528	15.276	1.528	47.357	2.346	0.700	34.920	Maximum
FW P 2	10%	15.276	1.528	15.276	1.528	47.357	-2.346	0.700	34.920	Maximum

• Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
total c	10%	80.739	8.074	80.739	8.074	51.171	0.000	0.635	206.625	
.LO TANKS										
LO SB	80%	1.024	0.819	1.113	0.891	20.500	3.000	1.824	4.907	Maximum
LO P	80%	1.024	0.819	1.113	0.891	20.500	-3.000	1.824	4.907	Maximum
total c	80%	2.049	1.639	2.227	1.781	20.500	0.000	1.824	9.813	
.CARGO										
CARGO	0	491.250	0.000			30.600	0.000	5.500	0.000	User Specified
total c			0.000			0.000	0.000	0.000	0.000	
.PASS,LUGG,PROV,CREW										
PASS+LUGG (UPPER DECK)	0.525	59.500	31.237			22.859	0.000	12.104	0.000	User Specified
PASS+LUGG (SALLOON DECK)	0.475	59.500	28.262			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
CREW+LUGG	1	1.000	1.000			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
PROVISIONS	1	4.667	4.667			6.000	0.000	9.604	0.000	User Specified
total c			65.167			18.987	0.000	10.802	0.000	
Total Loadcase			981.109	559.018	39.701	27.480	0.000	5.420	392.375	
FS correction								0.400		
VCG fluid								5.819		

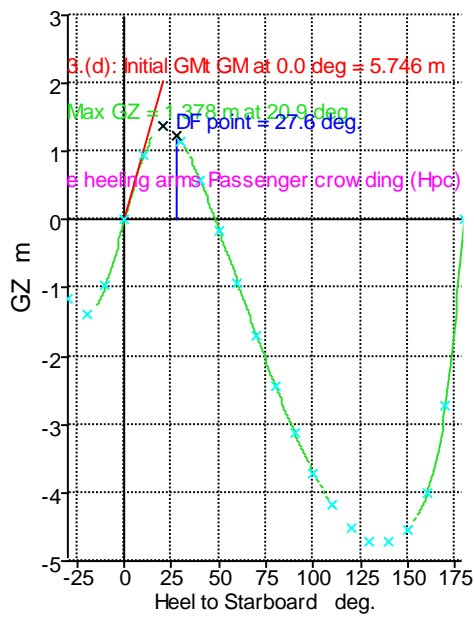
Heel to Starboard deg	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70
GZ m	1.145	1.374	0.948	0	0.948	1.374	1.146	0.573	-0.15	0.929	1.709
Area under GZ curve from zero heel m.deg	30.1198	17.1761	4.9809	0	4.9856	17.1578	30.1913	38.9638	41.1556	35.7767	22.5708
Displacement t	981.2	981	981.1	981.1	981.1	981.1	981.1	981.1	981	981.1	981.1



Draft at FP m	- 0.151	0.615	1.056	1.189	1.056	0.616	- 0.149	- 1.157	- 2.593	- 4.875	- 9.214
Draft at AP m	2.524	2.6	2.784	2.833	2.783	2.599	2.523	2.529	2.607	2.781	3.118
WL Length m	67.94	68.47 4	69.51 8	69.82 5	69.51 9	68.47 7	67.94 4	69.20 1	70.56	71.52 7	72.17 5
Beam max extents on WL m	8.135	10.46 4	13.42	13.18 9	13.42	10.46 4	8.134	6.453	5.428	4.783	4.424
Wetted Area m <sup>2</sup>	850.2 92	819.8 62	829.6 87	859.9 65	829.6 94	819.8 95	850.2 68	861.3 71	863.7 26	864.8 03	865.9 51
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	481.7 06	619.4 51	755.3 92	788.1 55	755.3 99	619.5 09	481.7 45	385.4 24	322.7 35	282.4 3	256.7 47
Prismatic coeff. (Cp)	0.652	0.632	0.599	0.59	0.599	0.632	0.652	0.646	0.636	0.63	0.627
Block coeff. (Cb)	0.473	0.456	0.423	0.411	0.423	0.456	0.473	0.494	0.509	0.522	0.485
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27.31 8	27.35 7	27.37 1	27.37 9	27.37 3	27.36 1	27.32 4	27.27 7	27.24 4	27.20 8	27.19 5
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	33.71 5	32.28 4	29.67 6	29.85 2	29.67 7	32.28 6	33.71 6	33.45 1	32.91 2	32.49 2	32.22 1
Max deck inclination deg	30.05 33	20.05 48	10.09 38	1.333 4	10.09 38	20.05 47	30.05 32	40.05 45	50.05 37	60.04 85	70.03 71
Trim angle (+ve by stern) deg	2.169 3	1.61	1.401 5	1.333 4	1.401 1	1.608 8	2.167	2.987 9	4.211 5	6.187 4	9.905 8

	<b>Heel to Starboard</b>										
	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>
<b>deg</b>											
GZ m	- 2.451	- 3.127	- 3.711	-4.183	-4.522	-4.71	- 4.727	-4.533	-4.015	-2.713	0
Area under GZ curve from zero	1.730 7	- 26.22 36	- 60.49 99	- 100.0 714	- 143.7 093	- 189.9 989	- 237.3 35	- 283.8 357	- 326.9 471	- 361.6 482	- 376.0 215

heel m.deg											
Displacement t	981.1	981.1	981.1	981.1	981.1	981	981.2	981	981.1	981	981.1
Draft at FP m	- 21.75 8	n/a	- 26.93 7	- 14.40 6	- 10.06 2	-7.78	- 6.307	-5.251	-4.431	-3.853	-3.778
Draft at AP m	4.068	n/a	- 0.563	-1.501	-1.846	-2.029	- 2.159	-2.262	-2.372	-2.549	-2.654
WL Length m	72.70 5	73.18 8	73.66 1	73.82 5	73.80 6	73.78 2	73.75 6	73.73 1	73.70 9	73.69 4	73.69 1
Beam max extents on WL m	4.183	4.031	4.007	4.11	4.355	4.79	5.514	6.753	9.116	13.75 6	13.97 2
Wetted Area m <sup>2</sup>	867.3 35	869.3 42	872.1 9	875.9 6	880.9 37	887.7 39	898.2 53	916.1 9	955.3 83	1102. 424	1220. 462
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	240.9 37	232.8 94	232.1 8	238.8 22	253.9 12	280.2 26	323.9 84	398.8 05	541.5 54	806.3 08	955.7 98
Prismatic coeff. (Cp)	0.626	0.626	0.627	0.631	0.636	0.642	0.647	0.652	0.66	0.662	0.674
Block coeff. (Cb)	0.461	0.447	0.434	0.424	0.415	0.405	0.393	0.376	0.352	0.34	0.605
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27.20 1	27.22 4	27.26 5	27.31	27.37 2	27.41 8	27.47 4	27.50 1	27.51 3	27.51	27.52 2
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	32.05 7	32.00 4	31.98 9	31.98 6	31.98 3	31.96 4	31.94 3	31.88 4	31.74 3	31.96 7	35.08 4
Max deck inclination deg	80.02 03	90	99.97 88	109.9 594	119.9 442	129.9 343	139.9 31	149.9 335	159.9 41	169.9 465	179.0 881
Trim angle (+ve by stem) deg	20.08 75	n/a	20.47 89	10.35 6	6.635 5	4.655 5	3.361 1	2.423 6	1.670 2	1.057 2	0.911 9



Stability	
■	GZ
■	DF point = 27.6 deg.
■	3.(d): Initial GMt GM at 0.0 deg = 5.746 m
■	3.(e): Angle of equilibrium - multiple heeling arms Passenger crowding (Hpc)
■	Max GZ = 1.378 m at 20.9 deg.

Draft Amidships m	2.011
Displacement t	981.1
Heel deg	0.0
Draft at FP m	1.189
Draft at AP m	2.833
Draft at LCF m	2.138
Trim (+ve by stern) m	1.644
WL Length m	69.824
Beam max extents on WL m	13.189
Wetted Area m <sup>2</sup>	859.961
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	788.149
Prismatic coeff. (Cp)	0.590
Block coeff. (Cb)	0.411
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.696
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.856
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27.378
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	29.851
KB m	1.452
KG fluid m	5.819
BMt m	10.115
BML m	273.007
GMt corrected m	5.746
GML m	268.639
KMt m	11.564
KML m	274.385
Immersion (TPc) tonne/cm	8.079
MTc tonne.m	37.321
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	98.385

Max deck inclination deg	1.3335
Trim angle (+ve by stern) deg	1.3335

- Αποκλειστική φόρτωση επιβατών, Αναχώρηση.

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne. m	FSM Type
Lightship	1	877.788	877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	User Specified
total c			877.788			28.296	0.000	5.205	0.000	
.ballast tanks										
FP BALLAST	0%	50.899	0.000	49.657	0.000	62.298	0.000	0.028	0.000	Maximum
Ballast 1 SB	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 1 P	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023	-0.667	0.359	0.000	Maximum
Ballast 2 SB	0%	80.043	0.000	80.043	0.000	31.602	0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast2 P	0%	82.044	0.000	80.043	0.000	31.602	-0.667	0.220	0.000	Maximum
Ballast 3 SB	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast3 P	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	26.696	-0.991	0.221	0.000	Maximum
Ballast 4 SB	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast4 P	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	20.692	-0.999	0.222	0.000	Maximum
Ballast5 SB	0%	7.379	0.000	7.199	0.000	2.914	2.667	1.978	0.000	Maximum
ballast 5 P	0%	12.743	0.000	12.432	0.000	2.914	-2.001	1.892	0.000	Maximum
total c	0%	369.016	0.000	361.967	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.misc tanks										
SEWAGE	5%	13.169	0.658	13.169	0.658	12.601	1.485	0.452	35.189	Maximum
MARPOL	5%	13.169	0.658	13.169	0.658	12.601	-1.485	0.452	35.189	Maximum
total c	5%	26.337	1.317	26.337	1.317	12.601	0.000	0.452	70.377	
.DO tanks										

• Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
DO P	98%	35.742	35.028	42.551	41.699	24.000	-2.500	2.439	52.500	User Specified
DO SB	98%	35.742	35.028	42.551	41.699	24.000	2.500	2.439	52.500	User Specified
DO DAILY	98%	2.223	2.179	2.647	2.594	20.500	0.000	2.390	0.560	User Specified
total c	98%	73.708	72.234	87.748	85.993	23.894	0.000	2.437	105.560	
.FW TANKS										
FW SB	100%	25.093	25.093	25.093	25.093	53.693	2.585	1.237	68.393	User Specified
FW P	100%	25.093	25.093	25.093	25.093	53.693	-2.585	1.237	68.393	User Specified
FW SB 2	100%	15.276	15.276	15.276	15.276	47.441	3.454	1.273	34.920	User Specified
FW P 2	100%	15.276	15.276	15.276	15.276	47.441	-3.454	1.273	34.920	User Specified
total c	100%	80.739	80.739	80.739	80.739	51.327	0.000	1.251	206.626	
.LO TANKS										
LO SB	100%	1.024	1.024	1.113	1.113	20.500	3.000	1.854	4.907	User Specified
LO P	100%	1.024	1.024	1.113	1.113	20.500	-3.000	1.854	4.907	User Specified
total c	100%	2.049	2.049	2.227	2.227	20.500	0.000	1.854	9.814	
.CARGO										
CARGO	0	491.250	0.000			30.600	0.000	5.500	0.000	User Specified
total c			0.000			0.000	0.000	0.000	0.000	
.PASS,LUGG,P ROV,CREW										
PASS+LUGG (UPPER DECK)	0.525	59.500	31.237			22.859	0.000	12.104	0.000	User Specified

• Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
PASS+LUGG (SALLOON DECK)	0.475	59.500	28.262			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
CREW+LUGG	1	1.000	1.000			16.926	0.000	9.604	0.000	User Specified
PROVISIONS	1	4.667	4.667			6.000	0.000	9.604	0.000	User Specified
total c			65.167			18.987	0.000	10.802	0.000	
Total Loadcase			1099.293	559.018	170.275	29.113	0.000	5.053	392.377	
FS correction								0.357		
VCG fluid								5.410		

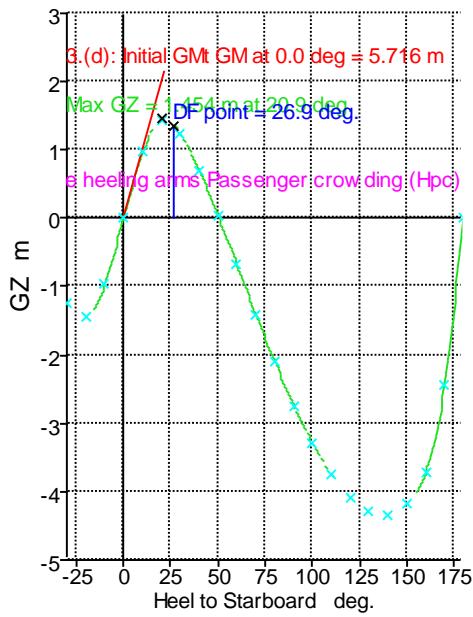
Heel to Starboard	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70
deg											
GZ m	-1.23	-1.448	-0.968	0	0.968	1.448	1.23	0.697	0.034	-0.684	-1.407
Area under GZ curve from zero heel m.deg	31.4893	17.7177	5.0489	0	5.0524	17.704	31.5446	41.3244	45.0498	41.8219	31.358
Displacement t	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099
Draft at FP m	0.376	1.025	1.435	1.546	1.435	1.026	0.375	-0.416	-1.499	-3.218	-6.511
Draft at AP m	2.565	2.607	2.765	2.816	2.765	2.606	2.565	2.582	2.654	2.818	3.161
WL Length m	69.665	69.426	70.373	70.564	70.373	69.426	69.662	70.99	72.296	73.172	73.762
Beam max extents on WL m	7.743	10.356	13.464	13.23	13.464	10.356	7.743	6.444	5.425	4.792	4.415
Wetted Area m <sup>2</sup>	915.612	876.541	875.8	899.378	875.803	876.492	915.557	934.179	939.874	941.986	943.567

Waterpl. Area m <sup>2</sup>	485.05	638.309	793.521	817.608	793.523	638.331	485.037	395.354	335.123	295.032	269.055
Prismatic coeff. (C <sub>p</sub> )	0.688	0.677	0.645	0.638	0.645	0.677	0.688	0.682	0.673	0.667	0.664
Block coeff. (C <sub>b</sub> )	0.529	0.498	0.457	0.446	0.457	0.498	0.529	0.526	0.542	0.557	0.528
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	28.997	29.023	29.039	29.043	29.039	29.025	28.994	28.959	28.936	28.915	28.904
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	34.413	33.378	30.646	30.8	30.646	33.378	34.412	34.589	34.18	33.721	33.372
Max deck inclination deg	30.0357	20.0348	10.0557	1.0302	10.0557	20.0348	30.0358	40.0361	50.0343	60.0302	70.0228
Trim angle (+ve by stem) deg	1.7754	1.283	1.0788	1.0302	1.0788	1.2823	1.7765	2.4305	3.3657	4.8858	7.7987

Heel to Starboard	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
deg											
GZ m	-2.102	-2.741	-3.299	-3.757	-4.095	-4.295	-4.336	-4.181	-3.717	-2.445	0
Area under GZ curve from zero heel m.deg	13.7774	-10.4923	-40.7672	-76.1395	-115.5043	-157.574	-200.8772	-243.64	-283.5376	-315.3089	-328.1809
Displacement t	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099	1099
Draft at FP m	-16.061	n/a	-21.069	-11.514	-8.212	-6.475	-5.369	-4.575	-3.971	-3.57	-3.576
Draft at AP m	4.158	n/a	-0.418	-1.422	-1.783	-1.982	-2.116	-2.23	-2.35	-2.529	-2.612

WL Length m	73.772	73.777	73.776	73.769	73.758	73.743	73.727	73.712	73.698	73.689	73.664
Beam max extents on WL m	4.214	4.076	4.052	4.154	4.402	4.842	5.576	6.831	9.222	13.775	13.819
Wetted Area m <sup>2</sup>	945.087	946.91	949.442	952.869	957.537	964.206	974.499	992.724	1032.486	1175.541	1246.783
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	252.924	244.49	243.447	250.102	265.616	292.905	338.228	415.862	564.561	852.558	940.214
Prismatic coeff. (Cp)	0.667	0.672	0.676	0.681	0.687	0.693	0.699	0.706	0.714	0.72	0.729
Block coeff. (Cb)	0.501	0.486	0.476	0.466	0.456	0.445	0.431	0.413	0.386	0.377	0.669
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	28.907	28.922	28.951	28.988	29.03	29.071	29.099	29.123	29.135	29.132	29.14
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	33.12	32.988	32.92	32.868	32.823	32.776	32.711	32.615	32.447	32.969	34.871
Max deck inclination deg	80.0125	90	99.987	109.9751	119.9658	129.9599	139.9576	149.959	159.9634	169.9658	179.2179
Trim angle (+ve by stern) deg	15.9769	n/a	16.3	8.1329	5.2019	3.6406	2.637	1.9019	1.315	0.8448	0.7821





Stability	
■	GZ
■	DF point = 26.9 deg.
■	3.(d): Initial GMt GM at 0.0 deg = 5.716 m
■	3.(e): Angle of equilibrium - multiple heeling arms Passenger crowding (Hpc)
■	Max GZ = 1.454 m at 20.9 deg.

Draft Amidships m	2.181
Displacement t	1099
Heel deg	0.0
Draft at FP m	1.547
Draft at AP m	2.815
Draft at LCF m	2.262
Trim (+ve by stern) m	1.269
WL Length m	70.565
Beam max extents on WL m	13.230
Wetted Area m <sup>2</sup>	899.381
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	817.623
Prismatic coeff. (Cp)	0.638
Block coeff. (Cb)	0.446
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.699
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.876
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	29.048
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	30.802
KB m	1.504
KG fluid m	5.410
BMt m	9.622
BML m	264.419
GMt corrected m	5.717
GML m	260.513
KMt m	11.125
KML m	265.881
Immersion (TPc) tonne/cm	8.381

MTc tonne.m	40.550
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	109.672
Max deck inclination deg	1.0291
Trim angle (+ve by stern) deg	1.0291

## 16.5 Παράρτημα Ε

SM ΓΩΝΙΑ bottom/double bottom									
CM	A/A	PLATOS	ΥΨΟΣ	A	ΥΨΟΣ Κ.Β.	A*ΥΨΟΣ Κ.Β.	I ως προς ίδιο	Steiner ως προς ο.Α	I ως προς ίδιο+
Συνερ. Ελ	1	50	0.8	40	10.4	416	2.133333333	289.4495039	291.5828
κατακ (Ο/οριζ	2	1.2	10	12	5	60	100	88.12753658	188.1275
	3	8.8	1.2	10.56	0.6	6.336	1.2672	533.8263355	535.0935
				62.56		482.336			1014.804
		Y(NA)=	7.709974	cm	Ifinal=	1014.803909	cm4		
					Smbot=	131.6222147	cm3	SM MIN=	131.6222
					Smtop=	236.5496176	cm3		

SM T GIRDER DECK									
CM	A/A	PLATOS	ΥΨΟΣ	A	ΥΨΟΣ Κ.Β.	A*ΥΨΟΣ Κ.Β.	I ως προς ίδιο	Steiner ως προς ο.Α	I ως προς ίδιο+
Συνερ. Ελ	1	60	1	60	41.5	2490	5	9342.41966	9347.42
κατακ (Ο/οριζ	2	1	40	40	21	840	5333.333333	2573.931947	7907.265
	3	15	1	15	0.5	7.5	1.25	12202.34405	12203.59
					Ifinal=	29458.27899	cm4		
		yna=	29.02174		Smbot=	1015.041823	cm3	SM MIN=	1015.042
					Smtop=	2269.817141	cm3		

SM T WEB/BEAM DECK									
CM	A/A	PLATOS	ΥΨΟΣ	A	ΥΨΟΣ Κ.Β.	A*ΥΨΟΣ Κ.Β.	I ως προς ίδιο	Steiner ως προς ο.Α	I ως προς ίδιο+
Συνερ. Ελ	1	60	1	60	41.7	2502	5	11230.10748	11235.11
κατακ (Ο/οριζ	2	1.2	40	48	21.2	1017.6	6400	2231.971701	8631.972
	3	15	1.2	18	0.6	10.8	2.16	13532.4751	13534.64
					Ifinal=	33401.71429	cm4		
		yna=	28.01905		Smbot=	1192.10741	cm3	SM MIN=	1192.107
					Smtop=	2355.392881	cm3		

SM Γ ΠΛΕΥΡΑΣ									
DECK									
CM	A/A	PLATOS	ΥΨΟΣ	A	ΥΨΟΣ Κ.Β.	A*ΥΨΟΣ Κ.Β.	I ως προς ίδιο	Steiner ως προς ο.Α	I ως προς ίδιο+
Συνερ. Ελ	1	50	0.8	40	12.4	496	2.133333333	529.5414131	531.6747
κατακ (Ο/οριζ	2	1.2	12	14.4	6	86.4	172.8	109.8143101	282.6143
	3	10.8	1.2	12.96	0.6	7.776	1.5552	863.2709371	864.8261
				67.36		590.176			1679.115
		Y(NA)=	8.76152	cm	Ifinal=	1679.115194	cm4		
					Smbot=	191.6465587	cm3	SM MIN=	191.6466
					Smtop=	320.534822	cm3		

SM ΓΩΝΙΑ DECK									
CM	A/A	PLATOS	ΥΨΟΣ	A	ΥΨΟΣ Κ.Β.	A*ΥΨΟΣ Κ.Β.	I ως προς ίδιο	Steiner ως προς ο.Α	I ως προς ίδιο+
Συνερ. Ελ	1	50	1	50	12.5	625	4.166667	650.4202	654.5868
κατακ (Ο/οριζ	2	1.5	12	18	6	108	216	150.6796	366.6796
	3	10.5	1.5	15.75	0.75	11.8125	2.953125	1044.431	1047.384
				83.75		744.8125			2068.65
		Y(NA)=	8.893284	cm	Ifinal=	2068.65	cm4		
					Smbot=	232.6082	cm3	SM MIN=	232.6082
					Smtop=	368.9593	cm3		

## 16.6 Παράρτημα ΣΤ

### Loadcase - 100% DEPARTURE

#### Damage Case - Intact

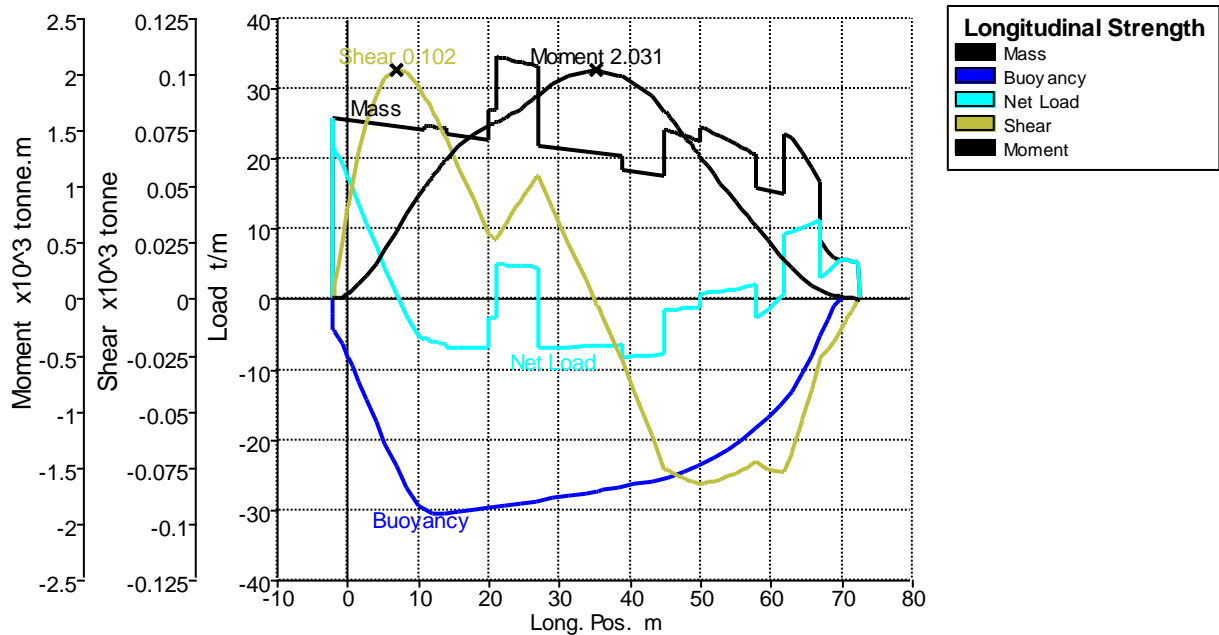
Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Simulate fluid movement

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1	877.788	877.788			28.296	-2.000	72.500	0.000	5.205
total c			877.788			28.296			0.000	5.205
.ballast tanks										
FP BALLAST	60%	50.899	30.539	49.657	29.794	64.252			0.000	1.419
Ballast 1 SB	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023			0.667	0.359
Ballast 1 P	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023			-0.667	0.359
Ballast 2 SB	0%	80.043	0.000	80.043	0.000	27.102			0.667	0.220
Ballast2 P	0%	82.044	0.000	80.043	0.000	27.102			-0.667	0.220
Ballast 3 SB	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	21.034			0.667	0.221
Ballast3 P	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	21.034			-0.667	0.221
Ballast 4 SB	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	14.040			0.667	0.222
Ballast4 P	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	14.040			-0.667	0.222
Ballast5 SB	0%	7.379	0.000	7.199	0.000	2.914			2.667	1.978
ballast 5 P	0%	12.743	0.000	12.432	0.000	2.914			-2.001	1.892
total c	8.28%	369.016	30.539	361.967	29.794	64.252			0.000	1.419
.misc tanks										
SEWAGE	5%	13.169	0.658	13.169	0.658	12.552			1.484	0.452
MARPOL	5%	13.169	0.658	13.169	0.658	12.552			-1.484	0.452
total c	5%	26.337	1.317	26.337	1.317	12.552			0.000	0.452
.DO tanks										
DO P	98%	35.742	35.028	42.551	41.699	23.978			-2.500	2.439
DO SB	98%	35.742	35.028	42.551	41.699	23.978			2.500	2.439
DO DAILY	98%	2.223	2.179	2.647	2.594	20.499			0.000	2.390
total c	98%	73.708	72.234	87.748	85.993	23.873			0.000	2.437
.FW TANKS										
FW SB	100%	25.093	25.093	25.093	25.093	53.693			2.585	1.237
FW P	100%	25.093	25.093	25.093	25.093	53.693			-2.585	1.237
FW SB 2	100%	15.276	15.276	15.276	15.276	47.441			3.454	1.273
FW P 2	100%	15.276	15.276	15.276	15.276	47.441			-3.454	1.273
total c	100%	80.739	80.739	80.739	80.739	51.327			0.000	1.251
.LO TANKS										
LO SB	100%	1.024	1.024	1.113	1.113	20.500			3.000	1.854
LO P	100%	1.024	1.024	1.113	1.113	20.500			-3.000	1.854
total c	100%	2.049	2.049	2.227	2.227	20.500			0.000	1.854
.CARGO										
CARGO	1	491.250	491.250			34.226	-2.000	67.000	0.000	5.330
total c			491.250			34.226			0.000	5.330
.PASS,LUGG,PROV,CREW										

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
PASS+LUGG (UPPER DECK)	0.525	59.500	31.237			22.859	-2.000	39.000	0.000	12.104
PASS+LUGG (SALLOON DECK)	0.475	59.500	28.262			16.926	-2.000	39.000	0.000	9.604
CREW+LUGG	1	1.000	1.000			16.926	-2.000	39.000	0.000	9.604
PROVISIONS	1	4.667	4.667			6.000	-2.000	14.000	0.000	9.604
total c			65.167			18.987			0.000	10.802
Total Loadcase			1621.082	559.018	200.069	31.324			0.000	5.068



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 <sup>3</sup> tonne	Moment x10 <sup>3</sup> tonne.m
HMS1	-2.000	25.878	-0.023	0.000	0.000	25.855	0.000	0.000
HMS2	-1.999	25.878	-0.825	0.000	0.000	25.053	0.000	0.000
HMS3	-1.926	25.868	-4.423	0.000	0.000	21.446	0.002	0.000
HMS4	-1.924	25.868	-4.427	0.000	0.000	21.441	0.002	0.000
HMS5	-1.697	25.838	-4.796	0.000	0.000	21.043	0.006	0.001
HMS6	-1.320	25.789	-5.464	0.000	0.000	20.325	0.014	0.005
HMS7	-0.795	25.721	-6.452	0.000	0.000	19.268	0.025	0.015
HMS8	-0.123	25.633	-7.823	0.000	0.000	17.810	0.037	0.036
HMS9	-0.074	25.626	-7.975	0.000	0.000	17.652	0.038	0.038
HMS10	-0.074	25.626	-7.975	0.000	0.000	17.652	0.038	0.038
HMS11	0.000	25.617	-8.136	0.000	0.000	17.481	0.039	0.041
HMS12	0.000	25.617	-8.136	0.000	0.000	17.481	0.039	0.041
HMS13	0.074	25.607	-8.246	0.000	0.000	17.361	0.041	0.044
HMS14	0.693	25.526	-9.567	0.000	0.000	15.960	0.051	0.072
HMS15	1.649	25.402	-11.756	0.000	0.000	13.645	0.065	0.128
HMS16	2.741	25.259	-14.393	0.000	0.000	10.866	0.078	0.206
HMS17	3.965	25.099	-17.336	0.000	0.000	7.764	0.090	0.309
HMS18	5.317	24.923	-20.493	0.000	0.000	4.430	0.098	0.436

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 <sup>3</sup> tonne	Moment x10 <sup>3</sup> tonne.m
HMS19	6.789	24.731	-23.743	0.000	0.000	0.988	0.102	0.583
HMS20	8.377	24.524	-26.816	0.000	0.000	-2.292	0.101	0.744
HMS21	10.073	24.302	-29.299	0.000	0.000	-4.997	0.095	0.910
HMS22	11.871	24.510	-30.584	0.000	0.000	-6.075	0.085	1.072
HMS23	13.764	24.264	-30.598	0.000	0.000	-6.334	0.073	1.222
HMS24	15.743	23.271	-30.328	0.000	0.000	-7.057	0.059	1.352
HMS25	17.801	23.002	-30.034	0.000	0.000	-7.032	0.045	1.459
HMS26	19.929	22.725	-29.731	0.000	0.000	-7.006	0.030	1.538
HMS27	22.118	34.279	-29.420	0.000	0.000	4.860	0.032	1.601
HMS28	24.359	33.792	-29.101	0.000	0.000	4.691	0.043	1.685
HMS29	26.643	33.295	-28.777	0.000	0.000	4.518	0.053	1.794
HMS30	28.961	21.546	-28.449	0.000	0.000	-6.903	0.041	1.907
HMS31	31.304	21.240	-28.118	0.000	0.000	-6.877	0.025	1.985
HMS32	33.660	20.933	-27.756	0.000	0.000	-6.823	0.009	2.025
HMS33	35.237	20.727	-27.478	0.000	0.000	-6.750	-0.002	2.031
HMS34	35.310	20.718	-27.465	0.000	0.000	-6.747	-0.002	2.031
HMS35	35.384	20.708	-27.451	0.000	0.000	-6.743	-0.003	2.031
HMS36	36.022	20.625	-27.333	0.000	0.000	-6.708	-0.007	2.028
HMS37	38.379	20.317	-26.884	0.000	0.000	-6.566	-0.023	1.992
HMS38	40.721	18.187	-26.434	0.000	0.000	-8.247	-0.041	1.918
HMS39	43.039	17.849	-25.982	0.000	0.000	-8.134	-0.060	1.801
HMS40	45.323	23.954	-25.450	0.000	0.000	-1.496	-0.076	1.644
HMS41	47.565	23.323	-24.734	0.000	0.000	-1.411	-0.080	1.470
HMS42	49.754	22.541	-23.819	0.000	0.000	-1.278	-0.082	1.292
HMS43	51.881	23.617	-22.703	0.000	0.000	0.914	-0.081	1.118
HMS44	53.939	22.564	-21.427	0.000	0.000	1.138	-0.079	0.953
HMS45	55.918	21.539	-20.024	0.000	0.000	1.515	-0.076	0.799
HMS46	57.811	20.572	-18.512	0.000	0.000	2.060	-0.073	0.657
HMS47	59.609	15.426	-16.892	0.000	0.000	-1.465	-0.076	0.524
HMS48	61.306	15.178	-15.172	0.000	0.000	0.006	-0.077	0.394
HMS49	62.893	22.830	-13.335	0.000	0.000	9.496	-0.069	0.276
HMS50	64.366	20.831	-10.855	0.000	0.000	9.976	-0.054	0.185
HMS51	65.717	18.648	-8.095	0.000	0.000	10.553	-0.040	0.121
HMS52	66.941	16.639	-5.426	0.000	0.000	11.213	-0.027	0.080
HMS53	68.033	6.775	-2.984	0.000	0.000	3.790	-0.023	0.053
HMS54	68.989	5.830	-1.053	0.000	0.000	4.777	-0.019	0.033
HMS55	69.805	5.661	-0.076	0.000	0.000	5.585	-0.015	0.019
HMS56	70.477	5.542	0.000	0.000	0.000	5.542	-0.011	0.011
HMS57	70.498	5.538	0.000	0.000	0.000	5.538	-0.011	0.011
HMS58	70.547	5.530	0.000	0.000	0.000	5.530	-0.010	0.010
HMS59	70.571	5.525	0.000	0.000	0.000	5.525	-0.010	0.010
HMS60	70.621	5.516	0.000	0.000	0.000	5.516	-0.010	0.009
HMS61	70.645	5.512	0.000	0.000	0.000	5.512	-0.010	0.009
HMS62	70.695	5.503	0.000	0.000	0.000	5.503	-0.010	0.009
HMS63	71.002	5.449	0.000	0.000	0.000	5.449	-0.008	0.006
HMS64	71.379	5.382	0.000	0.000	0.000	5.382	-0.006	0.003
HMS65	71.606	5.342	0.000	0.000	0.000	5.342	-0.005	0.002
HMS66	71.682	5.329	0.000	0.000	0.000	5.329	0	0

**Loadcase - Partially filled**

**Damage Case - Intact**

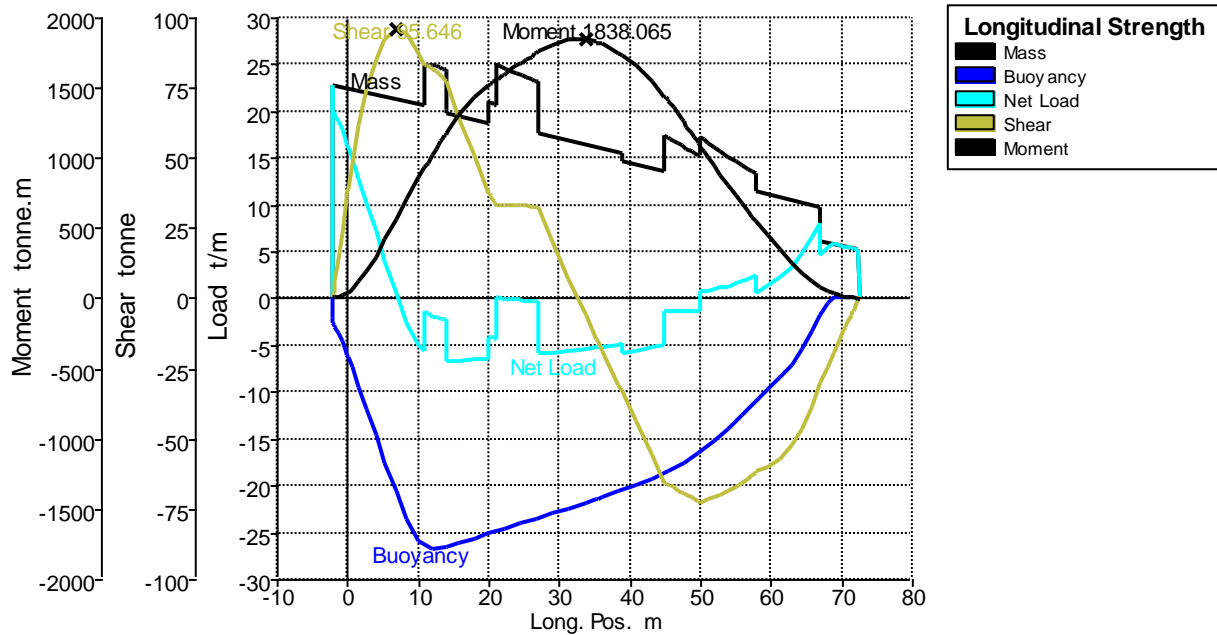
Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Simulate fluid movement

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1	877.788	877.788			28.296	-2.000	72.500	0.000	5.205
total c			877.788			28.296			0.000	5.205
.ballast tanks										
FP BALLAST	0%	50.899	0.000	49.657	0.000	62.298			0.000	0.028
Ballast 1 SB	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023			0.667	0.359
Ballast 1 P	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023			-0.667	0.359
Ballast 2 SB	0%	80.043	0.000	80.043	0.000	27.102			0.667	0.220
Ballast2 P	0%	82.044	0.000	80.043	0.000	27.102			-0.667	0.220
Ballast 3 SB	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	21.034			0.667	0.221
Ballast3 P	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	21.034			-0.667	0.221
Ballast 4 SB	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	14.040			0.667	0.222
Ballast4 P	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	14.040			-0.667	0.222
Ballast5 SB	0%	7.379	0.000	7.199	0.000	2.914			2.667	1.978
ballast 5 P	0%	12.743	0.000	12.432	0.000	2.914			-2.001	1.892
total c	0%	369.016	0.000	361.967	0.000	0.000			0.000	0.000
.misc tanks										
SEWAGE	50%	13.169	6.584	13.169	6.584	12.498			2.525	0.914
MARPOL	50%	13.169	6.584	13.169	6.584	12.498			-2.525	0.914
total c	50%	26.337	13.169	26.337	13.169	12.498			0.000	0.914
.DO tanks										
DO P	50%	35.742	17.871	42.551	21.275	23.927			-2.500	2.081
DO SB	50%	35.742	17.871	42.551	21.275	23.927			2.500	2.081
DO DAILY	50%	2.223	1.112	2.647	1.323	20.498			0.000	2.055
total c	50%	73.708	36.854	87.748	43.874	23.824			0.000	2.080
.FW TANKS										
FW SB	50%	25.093	12.546	25.093	12.546	53.461			2.146	0.964
FW P	50%	25.093	12.546	25.093	12.546	53.461			-2.146	0.964
FW SB 2	50%	15.276	7.638	15.276	7.638	47.327			3.022	1.027
FW P 2	50%	15.276	7.638	15.276	7.638	47.327			-3.022	1.027
total c	50%	80.739	40.369	80.739	40.369	51.140			0.000	0.988
.LO TANKS										
LO SB	50%	1.024	0.512	1.113	0.557	20.490			3.000	1.780
LO P	50%	1.024	0.512	1.113	0.557	20.490			-3.000	1.780
total c	50%	2.049	1.024	2.227	1.113	20.490			0.000	1.780
.CARGO										
CARGO	0.5	491.250	245.625			32.663	-2.000	67.000	0.000	4.580
total c			245.625			32.663			0.000	4.580
.PASS,LUGG,PROV,CREW										
PASS+LUGG (UPPER DECK)	0.25	59.500	14.875			22.859	-2.000	39.000	0.000	12.104

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
PASS+LUGG (SALLOON DECK)	0.25	59.500	14.875			16.926	-2.000	39.000	0.000	9.604
CREW+LUGG	1	1.000	1.000			16.926	-2.000	39.000	0.000	9.604
PROVISIONS	1	4.667	4.667			6.000	-2.000	14.000	0.000	9.604
total c			35.417			17.978			0.000	10.654
Total Loadcase			1250.246	559.018	98.525	29.295			0.000	4.960



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
HMS1	-2.000	22.790	-0.014	0.000	0.000	22.776	0	0.000
HMS2	-1.999	22.790	-0.496	0.000	0.000	22.294	0.012	0.000
HMS3	-1.926	22.777	-2.833	0.000	0.000	19.944	1.491	0.058
HMS4	-1.924	22.777	-2.837	0.000	0.000	19.940	1.532	0.060
HMS5	-1.697	22.739	-3.151	0.000	0.000	19.587	6.013	0.957
HMS6	-1.320	22.675	-3.731	0.000	0.000	18.944	13.271	4.636
HMS7	-0.795	22.587	-4.590	0.000	0.000	17.997	22.972	14.220
HMS8	-0.123	22.473	-5.786	0.000	0.000	16.688	34.617	33.653
HMS9	-0.074	22.465	-5.938	0.000	0.000	16.527	35.453	35.181
HMS10	-0.074	22.465	-5.938	0.000	0.000	16.527	35.453	35.181
HMS11	0.000	22.452	-6.080	0.000	0.000	16.372	36.668	37.839
HMS12	0.000	22.452	-6.080	0.000	0.000	16.372	36.668	37.839
HMS13	0.074	22.440	-6.155	0.000	0.000	16.285	37.871	40.598
HMS14	0.693	22.335	-7.346	0.000	0.000	14.989	47.529	67.242
HMS15	1.649	22.174	-9.336	0.000	0.000	12.838	60.803	119.220
HMS16	2.741	21.990	-11.757	0.000	0.000	10.233	73.378	192.653
HMS17	3.965	21.783	-14.486	0.000	0.000	7.297	84.077	289.178
HMS18	5.317	21.555	-17.427	0.000	0.000	4.128	91.758	408.085
HMS19	6.789	21.307	-20.464	0.000	0.000	0.842	95.378	545.936
HMS20	8.377	21.039	-23.342	0.000	0.000	-2.303	94.182	696.444



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
HMSst21	10.073	20.753	-25.651	0.000	0.000	-4.898	88.046	850.994
HMSst22	11.871	24.900	-26.793	0.000	0.000	-1.892	81.802	1002.879
HMSst23	13.764	24.426	-26.665	0.000	0.000	-2.240	77.896	1154.139
HMSst24	15.743	19.504	-26.210	0.000	0.000	-6.706	65.576	1296.191
HMSst25	17.801	19.157	-25.718	0.000	0.000	-6.561	51.927	1417.048
HMSst26	19.929	18.798	-25.210	0.000	0.000	-6.412	38.120	1513.339
HMSst27	22.118	24.658	-24.688	0.000	0.000	-0.030	33.434	1589.448
HMSst28	24.359	23.955	-24.156	0.000	0.000	-0.200	33.175	1664.192
HMSst29	26.643	23.239	-23.614	0.000	0.000	-0.375	32.520	1739.339
HMSst30	28.961	17.274	-23.067	0.000	0.000	-5.793	20.898	1802.433
HMSst31	31.304	16.878	-22.514	0.000	0.000	-5.636	7.515	1835.666
HMSst32	33.660	16.481	-21.932	0.000	0.000	-5.452	-5.551	1838.030
HMSst33	35.237	16.215	-21.498	0.000	0.000	-5.283	-14.020	1823.103
HMSst34	35.310	16.202	-21.477	0.000	0.000	-5.275	-14.415	1822.342
HMSst35	35.384	16.190	-21.457	0.000	0.000	-5.267	-14.804	1821.271
HMSst36	36.022	16.082	-21.293	0.000	0.000	-5.211	-18.145	1810.608
HMSst37	38.379	15.684	-20.629	0.000	0.000	-4.945	-30.100	1753.259
HMSst38	40.721	14.385	-19.967	0.000	0.000	-5.582	-42.920	1668.279
HMSst39	43.039	13.978	-19.307	0.000	0.000	-5.329	-55.564	1554.033
HMSst40	45.323	17.169	-18.575	0.000	0.000	-1.406	-66.204	1414.422
HMSst41	47.565	16.232	-17.674	0.000	0.000	-1.443	-69.389	1262.516
HMSst42	49.754	15.271	-16.593	0.000	0.000	-1.321	-72.425	1107.285
HMSst43	51.881	16.232	-15.332	0.000	0.000	0.901	-71.187	954.032
HMSst44	53.939	15.183	-13.937	0.000	0.000	1.246	-68.990	809.745
HMSst45	55.918	14.228	-12.450	0.000	0.000	1.779	-66.006	676.052
HMSst46	57.811	13.375	-11.006	0.000	0.000	2.369	-62.095	554.661
HMSst47	59.609	11.067	-9.713	0.000	0.000	1.353	-60.143	445.023
HMSst48	61.306	10.769	-8.513	0.000	0.000	2.255	-57.085	345.602
HMSst49	62.893	10.490	-7.261	0.000	0.000	3.229	-52.737	258.423
HMSst50	64.366	10.231	-5.463	0.000	0.000	4.768	-46.859	185.085
HMSst51	65.717	9.994	-3.493	0.000	0.000	6.501	-39.258	126.879
HMSst52	66.941	9.779	-1.738	0.000	0.000	8.041	-30.366	84.228
HMSst53	68.033	5.975	-0.434	0.000	0.000	5.540	-24.712	54.215
HMSst54	68.989	5.806	0.000	0.000	0.000	5.806	-19.289	33.190
HMSst55	69.805	5.661	0.000	0.000	0.000	5.661	-14.613	19.377
HMSst56	70.477	5.542	0.000	0.000	0.000	5.542	-10.849	10.832
HMSst57	70.498	5.538	0.000	0.000	0.000	5.538	-10.735	10.610
HMSst58	70.547	5.530	0.000	0.000	0.000	5.530	-10.460	10.083
HMSst59	70.571	5.525	0.000	0.000	0.000	5.525	-10.328	9.835
HMSst60	70.621	5.516	0.000	0.000	0.000	5.516	-10.053	9.328
HMSst61	70.645	5.512	0.000	0.000	0.000	5.512	-9.921	9.090
HMSst62	70.695	5.503	0.000	0.000	0.000	5.503	-9.647	8.603
HMSst63	71.002	5.449	0.000	0.000	0.000	5.449	-7.962	5.899
HMSst64	71.379	5.382	0.000	0.000	0.000	5.382	-5.920	3.288
HMSst65	71.606	5.342	0.000	0.000	0.000	5.342	-4.704	2.087
HMSst66	71.682	5.329	0.000	0.000	0.000	5.329	0	0

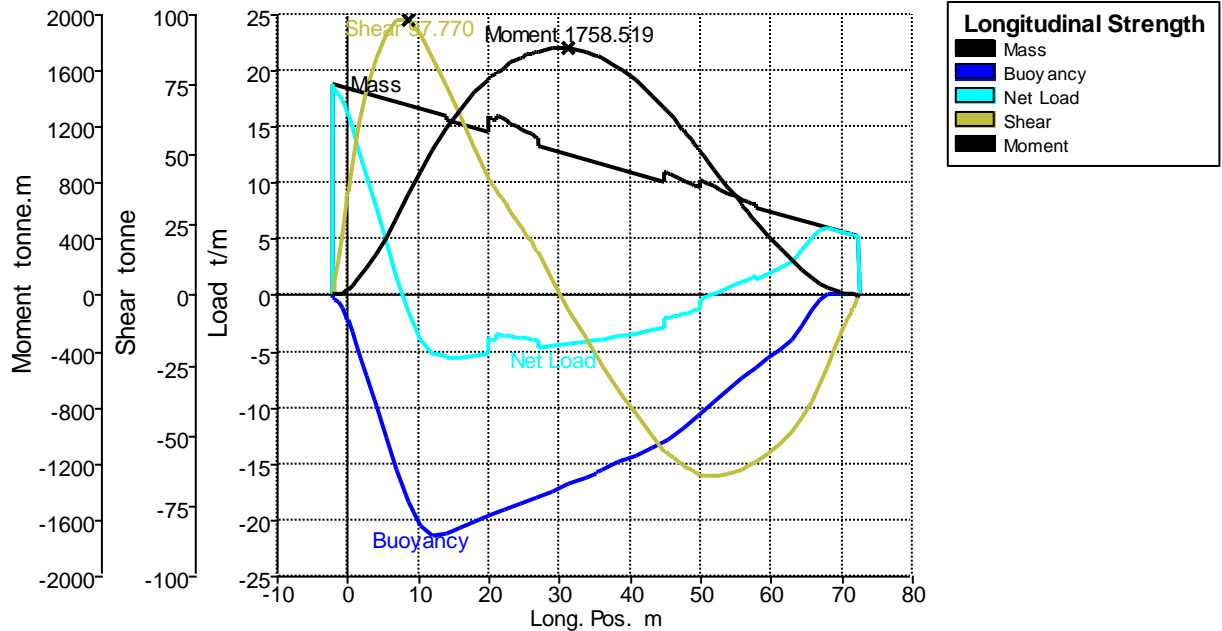
**Loadcase - Empty**  
**Damage Case - Intact**  
Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Simulate fluid movement

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1	877.788	877.788			28.296	-2.000	72.500	0.000	5.205
total c			877.788			28.296			0.000	5.205
.ballast tanks										
FP BALLAST	0%	50.899	0.000	49.657	0.000	62.298			0.000	0.028
Ballast 1 SB	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023			0.667	0.359
Ballast 1 P	0%	8.382	0.000	8.178	0.000	58.023			-0.667	0.359
Ballast 2 SB	0%	80.043	0.000	80.043	0.000	27.102			0.667	0.220
Ballast2 P	0%	82.044	0.000	80.043	0.000	27.102			-0.667	0.220
Ballast 3 SB	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	21.034			0.667	0.221
Ballast3 P	0%	27.568	0.000	26.896	0.000	21.034			-0.667	0.221
Ballast 4 SB	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	14.040			0.667	0.222
Ballast4 P	0%	32.004	0.000	31.223	0.000	14.040			-0.667	0.222
Ballast5 SB	0%	7.379	0.000	7.199	0.000	2.914			2.667	1.978
ballast 5 P	0%	12.743	0.000	12.432	0.000	2.914			-2.001	1.892
total c	0%	369.016	0.000	361.967	0.000	0.000			0.000	0.000
.misc tanks										
SEWAGE	0%	13.169	0.000	13.169	0.000	12.500			0.667	0.223
MARPOL	0%	13.169	0.000	13.169	0.000	12.500			-0.667	0.223
total c	0%	26.337	0.000	26.337	0.000	0.000			0.000	0.000
.DO tanks										
DO P	10%	35.742	3.574	42.551	4.255	23.608			-2.500	1.785
DO SB	10%	35.742	3.574	42.551	4.255	23.608			2.500	1.785
DO DAILY	10%	2.223	0.222	2.647	0.265	20.488			0.000	1.777
total c	10%	73.708	7.371	87.748	8.775	23.514			0.000	1.785
.FW TANKS										
FW SB	10%	25.093	2.509	25.093	2.509	53.048			1.540	0.599
FW P	10%	25.093	2.509	25.093	2.509	53.048			-1.540	0.599
FW SB 2	10%	15.276	1.528	15.276	1.528	47.156			2.357	0.702
FW P 2	10%	15.276	1.528	15.276	1.528	47.156			-2.357	0.702
total c	10%	80.739	8.074	80.739	8.074	50.818			0.000	0.638
.LO TANKS										
LO SB	50%	1.024	0.512	1.113	0.557	20.489			3.000	1.780
LO P	50%	1.024	0.512	1.113	0.557	20.489			-3.000	1.780
total c	50%	2.049	1.024	2.227	1.113	20.489			0.000	1.780
.CARGO										
CARGO	0	491.250	0.000			30.600	30.600	30.600	0.000	5.500
total c			0.000			0.000			0.000	0.000
.PASS,LUGG,PROV,CREW										
PASS+LUGG (UPPER DECK)	0	59.500	0.000			22.859	22.859	22.859	0.000	12.104
PASS+LUGG (SALLOON DECK)	0	59.500	0.000			16.926	16.926	16.926	0.000	9.604
CREW+LUGG	1	1.000	1.000			16.926	-2.000	39.000	0.000	9.604
PROVISIONS	1	4.667	4.667			6.000	-2.000	14.000	0.000	9.604

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
total c			5.667			7.928			0.000	9.604
Total Loadcase			899.924	559.018	17.962	28.322			0.000	5.160



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
HMS1	-2.000	18.703	-0.005	0.000	0.000	18.697	0	0
HMS2	-1.999	18.703	-0.191	0.000	0.000	18.512	0.010	0.000
HMS3	-1.926	18.690	-0.244	0.000	0.000	18.446	1.370	0.054
HMS4	-1.924	18.689	-0.245	0.000	0.000	18.445	1.408	0.056
HMS5	-1.697	18.649	-0.360	0.000	0.000	18.289	5.573	0.860
HMS6	-1.320	18.582	-0.607	0.000	0.000	17.975	12.406	4.270
HMS7	-0.795	18.489	-1.080	0.000	0.000	17.409	21.702	13.272
HMS8	-0.123	18.370	-1.938	0.000	0.000	16.431	33.067	31.746
HMS9	-0.074	18.361	-2.037	0.000	0.000	16.324	33.878	33.288
HMS10	-0.074	18.361	-2.037	0.000	0.000	16.324	33.878	33.288
HMS11	0.000	18.348	-2.151	0.000	0.000	16.197	35.077	35.831
HMS12	0.000	18.348	-2.151	0.000	0.000	16.197	35.077	35.831
HMS13	0.074	18.335	-2.236	0.000	0.000	16.099	36.266	38.470
HMS14	0.693	18.225	-3.248	0.000	0.000	14.977	45.874	64.052
HMS15	1.649	18.055	-4.986	0.000	0.000	13.070	59.256	114.503
HMS16	2.741	17.862	-7.158	0.000	0.000	10.704	72.212	186.495
HMS17	3.965	17.644	-9.670	0.000	0.000	7.975	83.608	282.073
HMS18	5.317	17.405	-12.420	0.000	0.000	4.985	92.318	401.097
HMS19	6.789	17.143	-15.296	0.000	0.000	1.848	97.298	540.823
HMS20	8.377	16.862	-18.059	0.000	0.000	-1.198	97.767	695.737
HMS21	10.073	16.561	-20.295	0.000	0.000	-3.734	93.549	858.018
HMS22	11.871	16.242	-21.409	0.000	0.000	-5.168	85.529	1019.021
HMS23	13.764	15.906	-21.279	0.000	0.000	-5.373	75.548	1171.470
HMS24	15.743	15.263	-20.803	0.000	0.000	-5.540	64.528	1310.151
HMS25	17.801	14.898	-20.286	0.000	0.000	-5.388	53.286	1431.374

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
HMS26	19.929	14.521	-19.752	0.000	0.000	-5.232	41.980	1533.311
HMS27	22.118	15.616	-19.205	0.000	0.000	-3.589	33.698	1616.166
HMS28	24.359	14.870	-18.646	0.000	0.000	-3.776	25.444	1682.537
HMS29	26.643	14.109	-18.078	0.000	0.000	-3.969	16.600	1730.798
HMS30	28.961	12.918	-17.503	0.000	0.000	-4.586	6.061	1756.655
HMS31	31.304	12.502	-16.924	0.000	0.000	-4.422	-4.486	1758.503
HMS32	33.660	12.084	-16.317	0.000	0.000	-4.233	-14.685	1735.992
HMS33	35.237	11.805	-15.862	0.000	0.000	-4.057	-21.229	1708.181
HMS34	35.310	11.791	-15.840	0.000	0.000	-4.049	-21.534	1706.826
HMS35	35.384	11.778	-15.819	0.000	0.000	-4.041	-21.832	1705.231
HMS36	36.022	11.665	-15.655	0.000	0.000	-3.990	-24.394	1690.366
HMS37	38.379	11.247	-14.970	0.000	0.000	-3.723	-33.469	1621.785
HMS38	40.721	10.813	-14.287	0.000	0.000	-3.474	-41.912	1533.659
HMS39	43.039	10.403	-13.607	0.000	0.000	-3.204	-49.649	1427.512
HMS40	45.323	10.830	-12.859	0.000	0.000	-2.029	-56.322	1306.615
HMS41	47.565	10.203	-11.953	0.000	0.000	-1.750	-60.565	1175.567
HMS42	49.754	9.602	-10.879	0.000	0.000	-1.277	-63.892	1039.222
HMS43	51.881	9.698	-9.655	0.000	0.000	0.043	-64.579	902.227
HMS44	53.939	9.078	-8.466	0.000	0.000	0.612	-63.910	769.927
HMS45	55.918	8.524	-7.389	0.000	0.000	1.135	-62.185	645.064
HMS46	57.811	8.033	-6.439	0.000	0.000	1.594	-59.610	529.713
HMS47	59.609	7.467	-5.604	0.000	0.000	1.863	-56.667	425.258
HMS48	61.306	7.167	-4.831	0.000	0.000	2.336	-53.107	332.178
HMS49	62.893	6.885	-3.998	0.000	0.000	2.888	-48.963	251.170
HMS50	64.366	6.625	-2.722	0.000	0.000	3.903	-43.970	182.756
HMS51	65.717	6.385	-1.381	0.000	0.000	5.005	-37.960	127.403
HMS52	66.941	6.168	-0.369	0.000	0.000	5.800	-31.351	84.975
HMS53	68.033	5.975	0.000	0.000	0.000	5.975	-24.920	54.259
HMS54	68.989	5.806	0.000	0.000	0.000	5.806	-19.289	33.152
HMS55	69.805	5.661	0.000	0.000	0.000	5.661	-14.613	19.347
HMS56	70.477	5.542	0.000	0.000	0.000	5.542	-10.849	10.810
HMS57	70.498	5.538	0.000	0.000	0.000	5.538	-10.735	10.588
HMS58	70.547	5.530	0.000	0.000	0.000	5.530	-10.460	10.062
HMS59	70.571	5.525	0.000	0.000	0.000	5.525	-10.328	9.814
HMS60	70.621	5.516	0.000	0.000	0.000	5.516	-10.053	9.308
HMS61	70.645	5.512	0.000	0.000	0.000	5.512	-9.921	9.070
HMS62	70.695	5.503	0.000	0.000	0.000	5.503	-9.647	8.584
HMS63	71.002	5.449	0.000	0.000	0.000	5.449	-7.962	5.883
HMS64	71.379	5.382	0.000	0.000	0.000	5.382	-5.920	3.276
HMS65	71.606	5.342	0.000	0.000	0.000	5.342	-4.704	2.077
HMS66	71.682	5.329	0.000	0.000	0.000	5.329	0	0

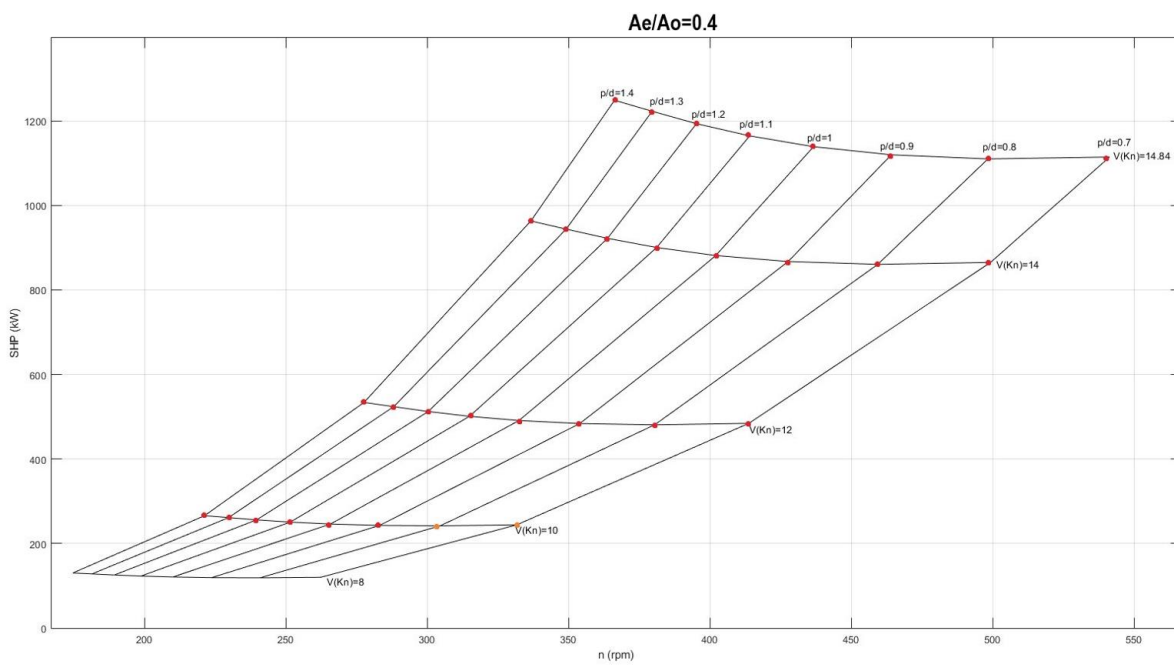
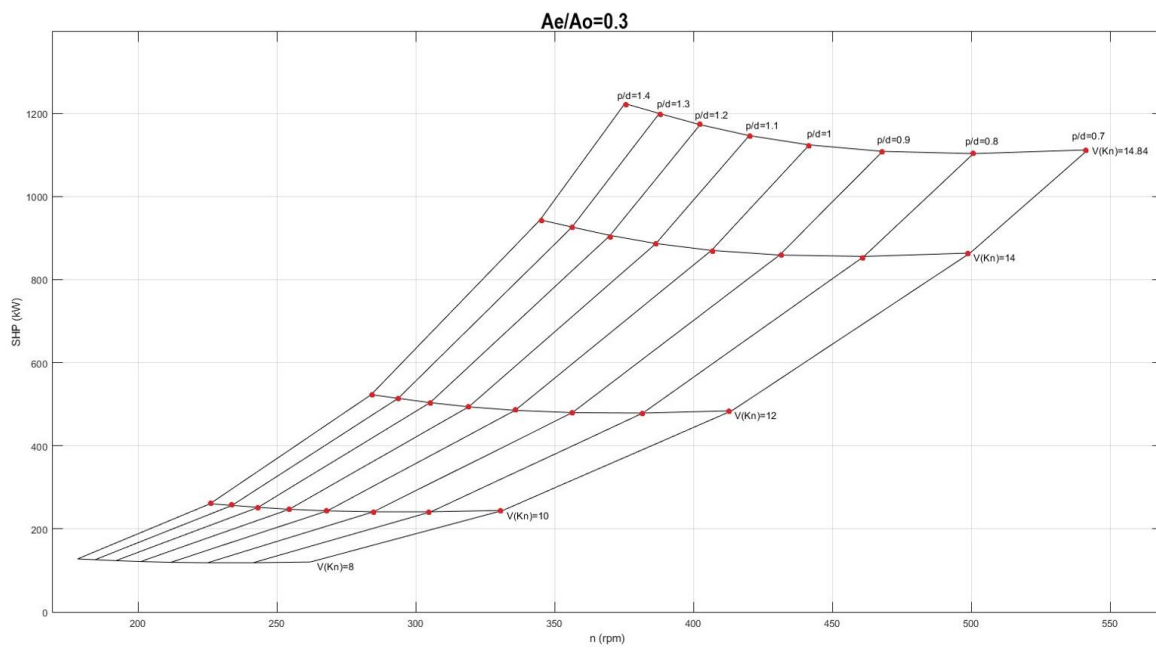
## 16.7 Παράρτημα Ζ

Fn	V(m/s)	V(Kn)	HOLTROP (KN)	FUNG (KN)	COMPTON (KN)	AVG (KN)	AVG+20% (KN)
0.154258	4.1152	8	28.58039	50.70837	25.31916	34.86931	41.84317
0.156187	4.16664	8.1	29.35481	51.77679	26.05781	35.7298	42.87576
0.158115	4.21808	8.2	30.14799	52.88101	26.80984	36.61295	43.93554
0.160043	4.26952	8.3	30.9607	54.01225	27.57538	37.51611	45.01933
0.161971	4.32096	8.4	31.79372	55.16017	28.35454	38.43614	46.12337
0.1639	4.3724	8.5	32.64788	56.31662	29.14743	39.37064	47.24477
0.165828	4.42384	8.6	33.52401	57.47898	29.95417	40.31905	48.38286
0.167756	4.47528	8.7	34.42299	58.65175	30.77485	41.2832	49.53984
0.169684	4.52672	8.8	35.34569	59.84603	31.60961	42.26711	50.72053
0.171613	4.57816	8.9	36.29302	61.0769	32.45855	43.27616	51.93139
0.173541	4.6296	9	37.26589	62.35981	33.32179	44.31583	53.17899
0.175469	4.68104	9.1	38.26525	63.70672	34.19944	45.39047	54.46856
0.177397	4.73248	9.2	39.29207	65.1231	35.09161	46.50226	55.80271
0.179325	4.78392	9.3	40.34737	66.60619	35.99841	47.65066	57.18079
0.181254	4.83536	9.4	41.43221	68.14495	36.91997	48.83237	58.59885
0.183182	4.8868	9.5	42.54765	69.72151	37.85639	50.04185	60.05022
0.18511	4.93824	9.6	43.69473	71.31395	38.80778	51.27216	61.52659
0.187038	4.98968	9.7	44.87442	72.89987	39.77427	52.51619	63.01942
0.188967	5.04112	9.8	46.08759	74.46016	40.75596	53.7679	64.52148
0.190895	5.09256	9.9	47.33505	75.98232	41.75297	55.02345	66.02813
0.192823	5.144001	10	48.61767	77.46264	42.76541	56.2819	67.53828
0.194751	5.195441	10.1	49.93643	78.90703	43.79339	57.54562	69.05474
0.19668	5.246881	10.2	51.29261	80.33035	44.83704	58.82	70.584
0.198608	5.298321	10.3	52.68783	81.75453	45.89646	60.11294	72.13553

0.200536	5.349761	10.4	54.124	83.20604	47.00232	61.44412	73.73294
0.202464	5.401201	10.5	55.6032	84.71296	48.20265	62.8396	75.40752
0.204393	5.452641	10.6	57.12737	86.30238	49.42325	64.28434	77.1412
0.206321	5.504081	10.7	58.6981	87.99807	50.6643	65.78682	78.94419
0.208249	5.555521	10.8	60.3162	89.8188	51.92597	67.35366	80.82439
0.210177	5.606961	10.9	61.98164	91.77708	53.20843	68.98905	82.78686
0.212105	5.658401	11	63.69341	93.87851	54.51186	70.69459	84.83351
0.214034	5.709841	11.1	65.4498	96.12138	55.83643	72.4692	86.96304
0.215962	5.761281	11.2	67.24878	98.49671	57.18231	74.30927	89.17112
0.21789	5.812721	11.3	69.08858	100.9886	58.54968	76.20895	91.45074
0.219818	5.864161	11.4	70.96833	103.5749	59.93871	78.16064	93.79277
0.221747	5.915601	11.5	72.8887	106.2283	61.34957	80.15552	96.18663
0.223675	5.967041	11.6	74.85233	108.9177	62.78244	82.18417	98.621
0.225603	6.018481	11.7	76.864	111.6101	64.23749	84.2372	101.0846
0.227531	6.069921	11.8	78.93057	114.2722	65.7149	86.3059	103.5671
0.22946	6.121361	11.9	81.06049	116.873	67.21483	88.38276	106.0593
0.231388	6.172801	12	83.2632	119.3851	68.73747	90.46191	108.5543
0.233316	6.224241	12.1	85.5482	121.7871	70.28299	92.53942	111.0473
0.235244	6.275681	12.2	87.92414	124.0644	71.85155	94.61337	113.536
0.237172	6.327121	12.3	90.39778	126.2102	73.44335	96.68378	116.0205
0.239101	6.378561	12.4	92.97311	128.2255	75.05854	98.75239	118.5029
0.241029	6.430001	12.5	95.65054	130.1188	76.6973	100.8222	120.9866
0.242957	6.481441	12.6	98.42646	131.9049	78.35981	102.897	123.4765
0.244885	6.532881	12.7	101.2929	133.6042	80.04625	104.9811	125.9773
0.246814	6.584321	12.8	104.2379	135.2409	81.75677	107.0785	128.4942
0.248742	6.635761	12.9	107.2457	136.8416	83.49157	109.193	131.0316
0.25067	6.687201	13	110.298	138.4343	85.30557	111.346	133.6152

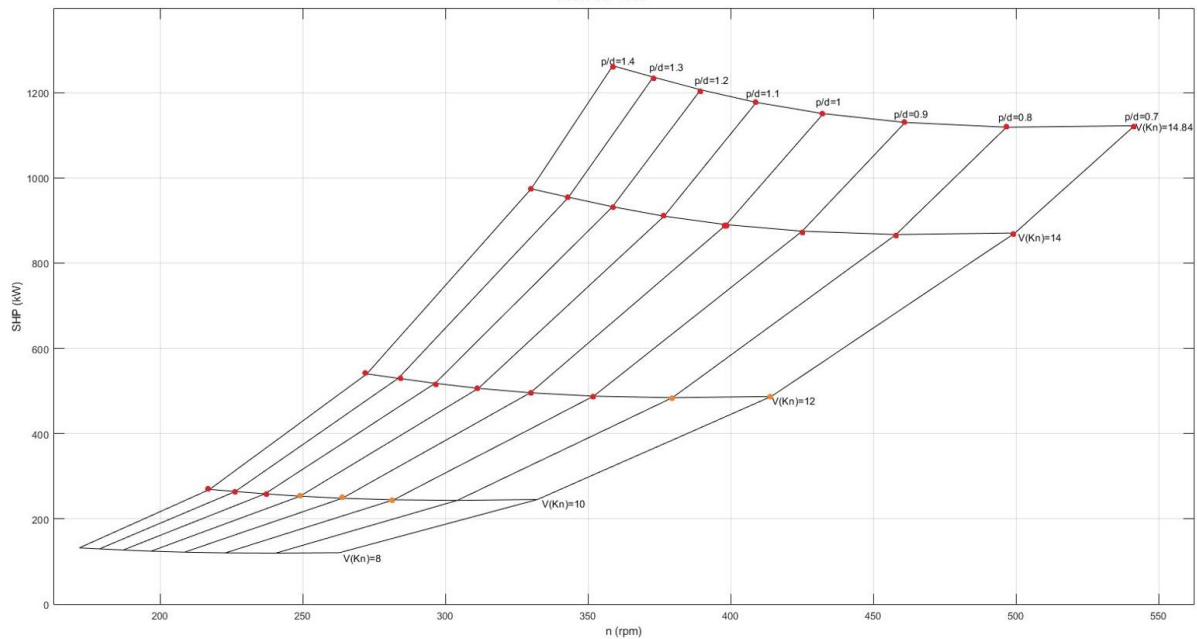
0.252598	6.738641	13.1	113.3754	140.0466	87.24518	113.5557	136.2668
0.254527	6.790081	13.2	116.4582	141.7052	89.21434	115.7926	138.9511
0.256455	6.841521	13.3	119.529	143.4353	91.21327	118.0592	141.671
0.258383	6.892961	13.4	122.5737	145.2596	93.24221	120.3585	144.4302
0.260311	6.944401	13.5	125.5828	147.1987	95.30138	122.6943	147.2331
0.262239	6.995841	13.6	128.5526	149.2704	97.39101	125.0713	150.0856
0.264168	7.047281	13.7	131.4857	151.4902	99.51133	127.4957	152.9949
0.266096	7.098721	13.8	134.391	153.8709	101.6626	129.9748	155.9698
0.268024	7.150161	13.9	137.2834	156.4233	103.845	132.5172	159.0206
0.269952	7.201601	14	140.1832	159.1559	106.0587	135.1326	162.1591
0.271881	7.253041	14.1	143.1151	162.0754	108.3041	137.8315	165.3979
0.273809	7.304481	14.2	146.1072	165.1867	110.5813	140.6251	168.7501
0.275737	7.355921	14.3	149.1897	168.493	112.8905	143.5244	172.2293
0.277665	7.407361	14.4	152.3944	171.9959	115.2321	146.5408	175.8489
0.279594	7.458801	14.5	155.7533	175.6956	117.6062	149.685	179.622
0.281522	7.510241	14.6	159.2983	179.5907	120.013	152.9673	183.5608
0.28345	7.561681	14.7	163.0598	183.6786	122.4528	156.3971	187.6765
0.285378	7.613121	14.8	167.0668	187.955	124.9258	159.9825	191.979
0.286149	7.633696	14.84	168.7443	189.7171	125.9243	161.4619	193.7543

## 16.8 Παράρτημα Η

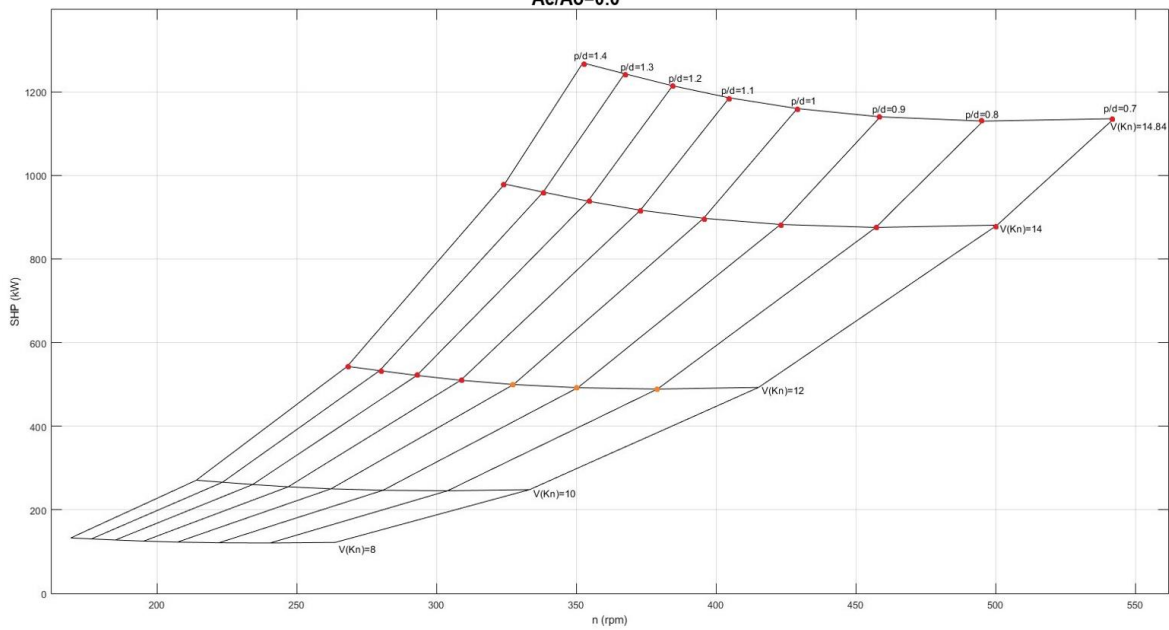


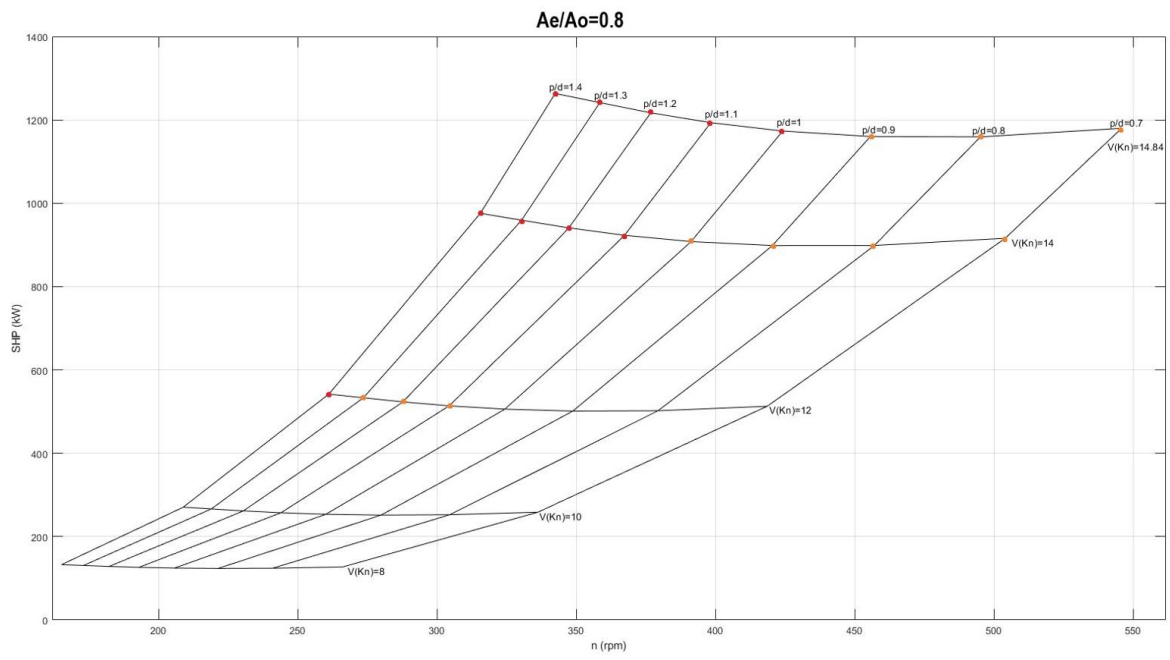
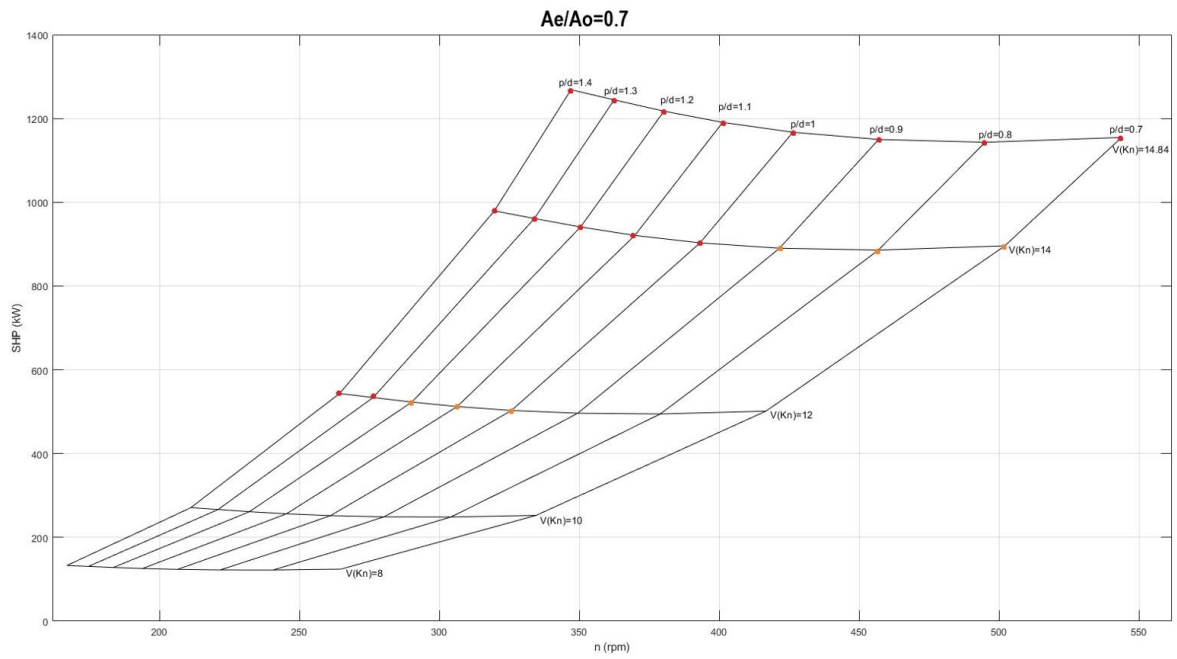


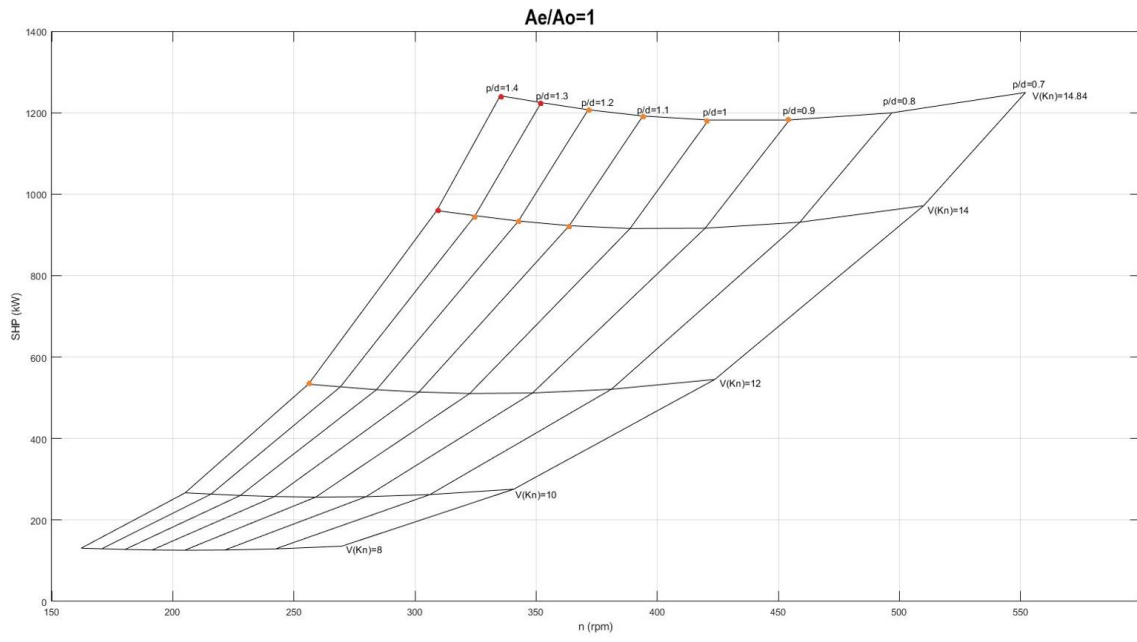
**Ae/Ao=0.5**



**Ae/Ao=0.6**







## 16.9 Παράρτημα Θ

