



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ & ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ

“ΜΕΛΕΤΗ & ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΓΑΣΤΡΟΥ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ-ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΟΥ
ΠΛΟΙΟΥ”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ-ΑΘΗΝΑ ΤΣΟΠΕΛΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΖΑΡΑΦΩΝΙΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΜΕΛΟΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ: ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΜΕΛΟΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ: ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2016

Πρόλογος

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του IMO, ως επιβατηγό θεωρείται το εμπορικό πλοίο που μεταφέρει περισσότερους από δώδεκα επιβάτες. Τα επιβατηγά πλοία διακρίνονται σε αμιγώς επιβατηγά (Pure Passenger) και σε επιβατηγά-οχηματαγωγά (ROPAX), με τα δεύτερα να αποτελούν το κύριο μέσο μεταφοράς μικρών ακτοπλοϊκών αποστάσεων. Ένας από τους βασικούς στόχους των επιβατηγών πλοίων είναι η εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης επιφάνειας καταστρωμάτων, ώστε να αυξηθεί η μεταφορική ικανότητα και η άνεση των επιβατών. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατασκευή πολλών καταστρωμάτων υπερκατασκευών, που μπορεί όμως να προκαλέσουν προβλήματα ευστάθειας και αντοχής. Ένας τρόπος να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα αυτά είναι η κατασκευή δίγαστρων πλοίων. Τα δίγαστρα πλοία αποτελούνται από δύο λεπτόγραμμες γάστρες που παρέχουν το σύνολο της άντωσης και της ευστάθειας, οι οποίες ενώνονται μεταξύ τους με τη βοήθεια μιας υπερυψωμένης υπερκατασκευής που παρέχει το σύνολο του εκμεταλλεύσιμου όγκου. Τα χαρακτηριστικά τους, τα καθιστούν ιδανικά για τη μεταφορά πολύ μεγάλου αριθμού επιβατών και οχημάτων. Παρόλα αυτά, η κατασκευή ενός δίγαστρου σκάφους είναι πιο δύσκολη και πιο χρονοβόρα, σε σύγκριση με ένα μονόγαστρο αλλά και πιο ακριβή.

Στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκε να γίνει μελέτη ενός δίγαστρου επιβατηγού-οχηματαγωγού σκάφους, που θα κινείται σε ταχύτητες περί τους 20 κόμβους, στη διαδρομή Πειραιάς→Σίφνος→Ίος→Σαντορίνη→Ίος→Σίφνος→Πειραιάς. Παρόλο που τα δίγαστρα σκάφη χρησιμοποιούνται κυρίως για τη δυνατότητα τους να επιτυγχάνουν υψηλές ταχύτητες ($F_n > 0.6$), στη συγκεκριμένη διπλωματική επιλέχθηκε το υπό μελέτη πλοίο να κινείται σε χαμηλές σχετικά ταχύτητες προκειμένου να υπάρξει μείωση του κόστους καυσίμων, αλλά και δυνατότητα χρήσης χάλυβα σαν υλικό κατασκευής. Επομένως, με μείωση της ταχύτητας επιτυγχάνεται μειωμένο κόστος κατασκευής και λειτουργίας που οδηγεί σε μειωμένα ναύλα, κάνοντας το πλοίο πιο ελκυστικό στον επιβάτη σε σχέση με ένα ταχύπλοο σκάφος.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Γεώργιο Ζαραφωνίτη, που μου έδωσε την ευκαιρία να συνεργαστώ μαζί του για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προσφέροντάς μου συνεχή καθοδήγηση και πολύτιμη βοήθεια.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη διδάκτορα κα Ελευθερία Ηλιοπούλου για τη σημαντική βοήθεια που μου προσέφερε στην αξιολόγηση του κειμένου της διπλωματικής. Επίσης, είμαι ευγνώμων στην υποψήφια διδάκτορα Αφροδίτη Κανελλοπούλου για το χρόνο που μου αφιέρωσε κατά την διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας.

Ένα τεράστιο ευχαριστώ οφείλω στην καλύτερη μου φίλη και συνάδελφο Ιόλη, για τη συνεχή υποστήριξη και βοήθεια, από την πρώτη κιόλας μέρα της φοίτησής μου μέχρι και σήμερα.

Επίσης, ευχαριστώ ιδιαίτερα την αδερφή μου Αλεξάνδρα, τους γονείς μου και τη θεία μου Αγγελική, για όλα τα εφόδια που μου προσέφεραν αλλά και τη στήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος.....	3
Ευχαριστίες	5
Σχήματα	9
Πίνακες.....	10
Διαγράμματα	12
Εισαγωγή	13
1 Μελέτη και Σχεδίαση Πλοίου	15
1.1 Computer-Aided Ship Design.....	18
2 Επιβατηγά/Οχηματαγωγά Πλοία	21
2.1 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή	21
2.2 Είδη Επιβατηγών Πλοίων	21
3 Πολύγαστρα Σκάφη (Multihulls)	27
3.1 Ιστορική Αναδρομή.....	27
3.2 Είδη Πολύγαστρων Σκαφών.....	29
3.2.1 Catamarans	29
3.2.2 Trimarans	31
3.2.3 SWATH	32
4 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας.....	33
5 Ανάπτυξη Προκαταρκτικού Σχεδίου Γενικής Διάταξης	39
5.1 Κατώτερα Καταστρώματα.....	40
5.2 Καταστρώματα Οχημάτων.....	47
5.3 Καταστρώματα Επιβατών.....	53
6 Υπολογισμός Μεταλλικής Κατασκευής.....	61
6.1 Υπολογισμός Ελασμάτων και Δευτερευόντων Διαμήκων Ενισχυτικών	62
6.2 Κύρια Κατασκευαστικά Στοιχεία.....	65
6.3 Συνολικό Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής	70
7 Υπολογισμός Βάρους Κενού Σκάφους	71
7.1 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής W_{ST}	71
7.2 Βάρος Προωστήριας Εγκατάστασης W_M	71
7.3 Εξοπλισμού W_{OT}	74
7.4 Βάρος Ενδιαίτησης W_{ACC}	77
7.5 Βάρος Κενού Σκάφους.....	79

8	Ανάλυση Πρόσθετου Βάρους.....	81
9	Διάφοροι Υπολογισμοί.....	87
9.1	Καταμέτρηση	87
9.2	Γραμμή Φόρτωσης.....	88
9.3	Σύνθεση Πληρώματος	90
10	Υπολογισμός Αντίστασης.....	93
10.1	Μέθοδος Hughes.....	95
10.2	Επιλογή Κύριας Μηχανής.....	98
11	Εισαγωγή στο NAPA.....	105
11.1	Εισαγωγή Υπό Μελέτη Πλοίου στο NAPA.....	106
11.2	Διαμερισματοποίηση (Compartmentation).....	110
11.3	Ship Model	111
11.4	Καταστάσεις Φόρτωσης	113
11.5	Έλεγχος Άθικτης Ευστάθειας.....	119
12	Συμπεράσματα.....	123
13	Προτάσεις για Μελέτη	125
	Βιβλιογραφία.....	127
	Παράρτημα Α.....	129
	Παράρτημα Β.....	131
	Παράρτημα Γ	147

Σχήματα

Σχήμα 1.1: Ελικοειδής Καμπύλη Μελέτης , J. Evans [7]	16
Σχήμα 1.2: Ενοποιημένη προσέγγιση της Μελέτης Πλοίου [8]	19
Σχήμα 2.1: Είδη Επιβατηγών Πλοίων [12].....	22
Σχήμα 2.2: Διάταξη πλοίου Ro-Ro με πρυμναία ράμπα [13].....	23
Σχήμα 2.3: Λειτουργίες Επιβατηγών Πλοίων [12]	25
Σχήμα 3.1: Το Invention I, σχεδιασμένο με βάση τις σημειώσεις και τα σκαριφήματα του W.Petty [11].....	28
Σχήμα 3.2: Ανάπτυξη των Ταχύπλοων Catamaran από το 1970 [12].....	29
Σχήμα 3.3: Εγκάρσια τομή Catamaran	30
Σχήμα 3.4: Το Highspeed 5 της Hellenic Seaways εν πλω [18]	30
Σχήμα 3.5: Πολύγαστρα πλοία με συμβατικές επιμέρους γάστρες: 1&2-Catamarans με συμμετρικές και μη συμμετρικές γάστρες, 3&4-Trimarans με συμμετρικές και μη συμμετρικές γάστρες, 5-Catamaran με γάστρες μετατοπισμένες κατά το διάμηκες (Staggered Catamaran), 6-Proa, 7-Trimaran [19].....	31
Σχήμα 3.6: Εγκάρσια τομή SWATH.....	32
Σχήμα 3.7: Τυπική μορφή πλοίου SWATH [11]	32
Σχήμα 4.1: Πειραματικό Πρότυπο Δοκιμών [22]	35
Σχήμα 5.1: Προκαταρκτικό Σχέδιο Μέσης Τομής	39
Σχήμα 5.2: Προκαταρκτικό Σχέδιο Προφίλ	40
Σχήμα 5.3: Double Bottom	44
Σχήμα 5.4: Deck 1	45
Σχήμα 5.5: Deck 2 (Platform)	46
Σχήμα 5.6: Αρχή Λειτουργίας Hoistable Car Deck [21].....	48
Σχήμα 5.7: First Car Deck	50
Σχήμα 5.8: Hoistable Car Deck	51
Σχήμα 5.9: Second Car Deck.....	52
Σχήμα 5.10: First Passenger Deck.....	56
Σχήμα 5.11: Second Passenger Deck	57
Σχήμα 5.12: Third Passenger Deck.....	58
Σχήμα 5.13: Weather Deck	59
Σχήμα 6.1: Διάμηκες Σύστημα Ενίσχυσης	61
Σχήμα 8.1: Επιμέρους κατηγορίες βαρών που απαρτίζουν το DWT [4]	81
Σχήμα 10.1: Κύριες Διαστάσεις Μοντέλου και Πλοίου για την Κατάσταση A ₃ [22]	94
Σχήμα 10.2: Τιμές συντελεστή k [22].....	95
Σχήμα 10.3: Διάγραμμα Υπολογισμού η _R	99
Σχήμα 11.1: Τελική Μορφή Γάστρας στο NAPA.....	107
Σχήμα 11.2: Lines Plan	108
Σχήμα 11.3: Ship Model NAPA	112

Πίνακες

Πίνακας 4.1: Κύρια Χαρακτηριστικά υπό σχεδίαση δίγαστρων ΕΓ/ΟΓ πλοίων μεσαίου & μεγάλου μεγέθους.....	34
Πίνακας 4.2: Κύρια Χαρακτηριστικά Προτύπου Δοκιμών.....	35
Πίνακας 4.3: Υδροστατικά Στοιχεία Μοντέλου Δοκιμών [22].....	36
Πίνακας 4.4: Τελικές Διαστάσεις Υπό Μελέτη Πλοίου.....	38
Πίνακας 6.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Πλοίου για MARSPEED.....	62
Πίνακας 6.2 Αποτελέσματα Εφαρμογής MARSPEED.....	64
Πίνακας 6.3: Συνολικό Βάρος Διαμήκων Ενισχυτικών.....	64
Πίνακας 6.4: Ελάχιστες Απαιτήσεις Νηογνώμονα.....	66
Πίνακας 6.5: Τελικές Τιμές Κατασκευαστικών Στοιχείων.....	67
Πίνακας 6.6: Βάρος Webs&Girders.....	68
Πίνακας 6.7: Βάρος Pillars.....	68
Πίνακας 6.8: Βάρος Floors.....	69
Πίνακας 6.9: Βάρος Bulkheads Below Bulkhead Deck.....	69
Πίνακας 6.10: Βάρος Bulkheads Above Bulkhead Deck.....	70
Πίνακας 6.11: Βάρος Brackets&Others.....	70
Πίνακας 6.12: Συνολικό Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής.....	70
Πίνακας 7.1: Ανάλυση Lightship σε υποομάδες [4].....	71
Πίνακας 7.2: Συνολικό Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης.....	73
Πίνακας 7.3: Τελικό Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης.....	73
Πίνακας 7.4: Εναλλαγές αέρα ανά επιβάτη και επίπεδο άνεσης [4].....	75
Πίνακας 7.5: Επιφάνειες Καταστρωμάτων.....	76
Πίνακας 7.6: Συνολικό Βάρος Εξοπλισμού.....	76
Πίνακας 7.7: Τελικό Βάρος Outfitting.....	77
Πίνακας 7.8: Συντελεστές Βάρους για τον προσδιορισμό του βάρους ενδιαίτησεων [4].....	77
Πίνακας 7.9: Συντελεστές Βαρών Χώρων Ενδιαίτησης.....	78
Πίνακας 7.10: Συνολικό Βάρος Ενδιαίτησεων.....	78
Πίνακας 7.11: Τελικό Βάρος Accommodation.....	79
Πίνακας 7.12: Κατηγορίες Βαρών Lightship.....	79
Πίνακας 7.13: Βάρος Lightship.....	79
Πίνακας 8.1: Αποστάσεις και Διάρκεια Δρομολογίων.....	81
Πίνακας 8.2: Βάρος και Κέντρο Βάρους Οχημάτων.....	85
Πίνακας 8.3: Βάρη Deadweight.....	85
Πίνακας 9.1: Κανονική Σιμότητα.....	89
Πίνακας 10.1: Στοιχεία Υπό Μελέτη Πλοίου.....	94
Πίνακας 10.2: Αποτελέσματα Δοκιμών Κατάστασης A ₃	94
Πίνακας 10.3: Υπολογισμός Συντελεστή C _w Μοντέλου.....	96
Πίνακας 10.4: Υπολογισμός Συντελεστή C _T Υπό Μελέτη Πλοίου.....	97
Πίνακας 10.5: Τελική Αντίσταση και Απαιτούμενη Ισχύς Ρυμούλκησης Γυμνής Γάστρας.....	97
Πίνακας 10.6: Σημεία Λειτουργίας Έλικας για Καθαρή και Ρυπασμένη Ημιγάστρα.....	101
Πίνακας 10.7: Αποτελέσματα GRID για Καθαρή Ημιγάστρα σε Όλες τις Ταχύτητες.....	102
Πίνακας 10.8: Αποτελέσματα GRID Για Ρυπασμένη Ημιγάστρα σε Όλες τις Ταχύτητες.....	102
Πίνακας 10.9: Τελική Απαίτηση Εγκατεστημένης Ισχύος.....	103
Πίνακας 11.1: Υδροστατικά Μεγέθη Υπό Μελέτη Πλοίου.....	109
Πίνακας 11.2: Full Load Departure.....	114
Πίνακας 11.3: Full Load Arrival.....	116

Πίνακας 11.4: Συνολικά Αποτελέσματα Καταστάσεων Φόρτωσης.....	118
Πίνακας 11.5: Έλεγχος Κριτηρίων Άθικτης Ευστάθειας	119
Πίνακας 12.1: Κύριες Διαστάσεις Πλοίων Σύγκρισης	123

Διαγράμματα

Διάγραμμα 4.1: Συντελεστής Υπόλοιπης Αντίστασης C_R Μοντέλου συναρτήσει του Froude [22]	37
Διάγραμμα 6.1: Κατανομή Βάρους Ελασμάτων και Δευτερευόντων Διαμήκων Κατασκευαστικών Στοιχείων.....	64
Διάγραμμα 10.1: Διάγραμμα Απαιτούμενης Ισχύος Ρυμούλκησης Γυμνής Γάστρας ως Συνάρτηση της Ταχύτητας.....	98
Διάγραμμα 10.2: Διάγραμμα Απαιτούμενης Εγκατεστημένης Ισχύος Ως Προς Την Ταχύτητα .	104
Διάγραμμα 11.1: Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°-40°"στη FLD.....	115
Διάγραμμα 11.2 : Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°-40°"στη FLA.....	117
Διάγραμμα 11.3 Cross Curves	122

Εισαγωγή

Τα Επιβατηγά-Οχηματαγωγά είναι ένας σχετικά νέος τύπος πλοίου που αναπτύχθηκε για τη μεταφορά επιβατών και οχημάτων σε μικρές και μεσαίες αποστάσεις. Η πλειονότητα των Ε/Γ-Ο/Γ αποτελείται από μονόγαστρα σκάφη, αν και τις τελευταίες δεκαετίες η ανάγκη για επίτευξη υψηλών ταχυτήτων, οδήγησε στην ανάπτυξη πλοίων μη συμβατικής σχεδίασης. Η πιο επιτυχημένη μορφή πλοίου μη συμβατικής σχεδίασης είναι το δίγαστρο σκάφος. Η μεγάλη επιφάνεια καταστρωμάτων καθώς και η ασφάλεια έναντι ανατροπής που προσφέρουν, λόγω της μορφής τους, τα έκαναν ιδανικά για μεταφορά επιβατών και οχημάτων. Τα πλοία αυτά κινούνται σε ταχύτητες που αντιστοιχούν σε αριθμούς Froude μεταξύ 0.6 και 0.75. Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, έγινε μελέτη ενός δίγαστρου επιβατηγού-οχηματαγωγού πλοίου το οποίο όμως θα κινείται σε ταχύτητες αντίστοιχες με αυτές των συμβατικών σκαφών, έτσι ώστε να περιοριστεί σημαντικά το κόστος των καυσίμων, ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα χρήσης χάλυβα αντί του αλουμινίου για τη μεταλλική κατασκευή.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία χωρίζεται σε δώδεκα κεφάλαια ως εξής:

Στο Κεφάλαιο 1, δίνεται μια περιγραφή της διαδικασίας της Μελέτης και Σχεδίασης Πλοίου και αναφέρονται οι φάσεις που ακολουθούνται μέχρι το τελικό αποτέλεσμα, μέχρι δηλαδή την εκπόνηση μιας πλήρους και ολοκληρωμένης μελέτης και σχεδίασης, στο βαθμό που να επιτρέπει την έναρξη της φάσης κατασκευής του πλοίου. Έπειτα, αναλύεται η εξέλιξη των συστημάτων CAD/CAE και περιγράφεται σύντομα η επίδρασή τους στη Μελέτη Πλοίου.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 2, γίνεται μια σύντομη περιγραφή των επιβατηγών πλοίων και της ιστορικής εξέλιξής τους μέχρι σήμερα. Ακολουθώντας, παρουσιάζονται οι κατηγορίες των επιβατηγών και εν συντομία αναλύεται ο σκοπός λειτουργίας τους.

Το Κεφάλαιο 3, αναφέρεται στα πολύγαστρα σκάφη γενικά και στους λόγους που οδήγησαν στη δημιουργία και εξέλιξη τους.

Έπειτα, στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάζεται ο στόχος της διπλωματικής εργασίας και ένας πρώτος καθορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών του υπό μελέτη πλοίου. Σε αυτό το στάδιο και σύμφωνα με τις πρώτες απαιτήσεις, υπολογίζονται οι κύριες διαστάσεις του υπό μελέτη πλοίου.

Αφού γίνει ο καθορισμός των κύριων διαστάσεων, στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζεται αναλυτικά η εκπόνηση του σχεδίου Γενικής Διάταξης. Στο στάδιο αυτό, περιγράφονται λεπτομερώς όλοι οι χώροι του πλοίου στα Κατώτερα Καταστρώματα, στα Καταστρώματα Οχημάτων και στα Καταστρώματα Επιβατών.

Στο επόμενο στάδιο της μελέτης, Κεφάλαιο 6, γίνεται η εκτίμηση του Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής του υπό μελέτη πλοίου. Επομένως, παρουσιάζονται οι υπολογισμοί βαρών των κύριων κατασκευαστικών στοιχείων της γάστρας, όπως πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα MARSPEED και σύμφωνα με τους κανονισμούς των νηογνομώνων.

Στο Κεφάλαιο 7, υπολογίζεται το βάρος κενού σκάφους. Θα πρέπει πρώτα να υπολογιστούν οι επιμέρους κατηγορίες που το συνθέτουν δηλαδή τα βάρη εξοπλισμού, τα βάρη ενδιαίτησης και τα βάρη μηχανολογικής εγκατάστασης. Σε αυτά προστίθεται και το βάρος της μεταλλικής κατασκευής που υπολογίστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο ώστε να προκύψει το τελικό βάρος Lightship καθώς και το διάμηκες και εγκάρσιο κέντρο βάρους του.

Έπειτα στο Κεφάλαιο 8, γίνεται αναλυτικός υπολογισμός όλων των αναλώσιμων και σταθερών βαρών του υπό μελέτη πλοίου, προκειμένου να προκύψει το βάρος του πρόσθετου φορτίου (Deadweight).

Το Κεφάλαιο 9, αποτελείται από διάφορους υπολογισμούς, απαραίτητους για τη πορεία της μελέτης. Αρχικά, υπολογίζεται η ολική (*GT*) και η καθαρή χωρητικότητα (*NT*) σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς και επομένως μπορεί να γίνει ο καθορισμός του πληρώματος. Έπειτα, πραγματοποιείται η μελέτη για τη γραμμή φόρτωσης και το ελάχιστο ύψος πλώρας.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 10 γίνεται η μελέτη της αντίστασης του σκάφους. Αφού επιλεγεί η κατάλληλη διάμετρος έλικας, χρησιμοποιείται το πρόγραμμα GRID το οποίο υπολογίζει τα σημεία λειτουργίας της έλικας για καθαρή και ρυπασμένη γάστρα, που οδηγεί στην επιλογή της κύριας μηχανής.

Στο Κεφάλαιο 11, περιγράφεται η εισαγωγή της μορφής της γάστρας στο ναυπηγικό πρόγραμμα NAPA όπου πραγματοποιείται η διαμερισματοποίηση του υπό μελέτη πλοίου, όπως παρουσιάζεται στο σχέδιο Γενικής Διάταξης. Έπειτα παρουσιάζεται η μελέτη δέκα πιθανών καταστάσεων φόρτωσης και ο έλεγχος άθικτης ευστάθειας.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 12 πραγματοποιείται μια σύντομη σύγκριση μεταξύ του υπό μελέτη πλοίου δύο δίγαστρων και δύο μονόγαστρων σκαφών, παρόμοιας μεταφορικής ικανότητας, προκειμένου να γίνει αξιολόγηση και εξαγωγή συμπερασμάτων για την βιωσιμότητα του πλοίου.

1 Μελέτη και Σχεδίαση Πλοίου

Η Μελέτη και Σχεδίαση Πλοίου δεν αποτελεί μόνο επιστήμη, αλλά συνδυάζει την τέχνη με την ειδικευμένη επιστημονική γνώση καθώς και την πρακτική εμπειρία [1]. Μέχρι και σήμερα, η Μελέτη Πλοίου αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία κατά την οποία ο μελετητής πρέπει να πάρει σημαντικές αποφάσεις για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών του πλοίου, έχοντας στη διάθεση του περιορισμένες πληροφορίες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο μελετητής βασίζεται στις γνώσεις του ενώ κάποιες φορές χρειάζεται να ανατρέξει σε σχετικά στοιχεία από ήδη ολοκληρωμένες και επιτυχημένες σχεδιάσεις. Μια ολοκληρωμένη και σωστά δομημένη μεθοδολογία σχεδιασμού, διευκολύνει τον σχεδιαστή στην εξέταση όλων των πιθανών εναλλακτικών λύσεων και τελικά την επιλογή της βέλτιστης [2].

Βασική προϋπόθεση στο σχεδιασμό ενός νέου πλοίου είναι η επίτευξη εμπορικού κέρδους σε βάθος χρόνου, επομένως ο μελετητής στοχεύει σε αυτό σε όλα τα στάδια της μελέτης. Λαμβάνοντας υπόψιν τις κύριες απαιτήσεις του πλοιοκτήτη και σύμφωνα πάντα με τους ισχύοντες κανονισμούς, ένα υπό σχεδίαση πλοίο πρέπει να έχει τις καλύτερες δυνατές επιδόσεις με γνώμονα το αρχικό κόστος επένδυσης, το κόστος λειτουργίας και τα εκτιμώμενα έσοδα [3]. Αφού διαπιστωθεί η εφικτότητα της κατασκευής, σε συμφωνία με τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη και τους κανονισμούς, θα ακολουθήσουν λεπτομερείς υπολογισμοί, ώστε να προκύψουν όλες οι προδιαγραφές κατασκευής και λειτουργίας του πλοίου [4]. Είναι προφανές ότι το βέλτιστο πλοίο είναι το αποτέλεσμα μιας ολιστικής βελτιστοποίησης του πλοίου για τη συνολική διάρκεια ζωής του.

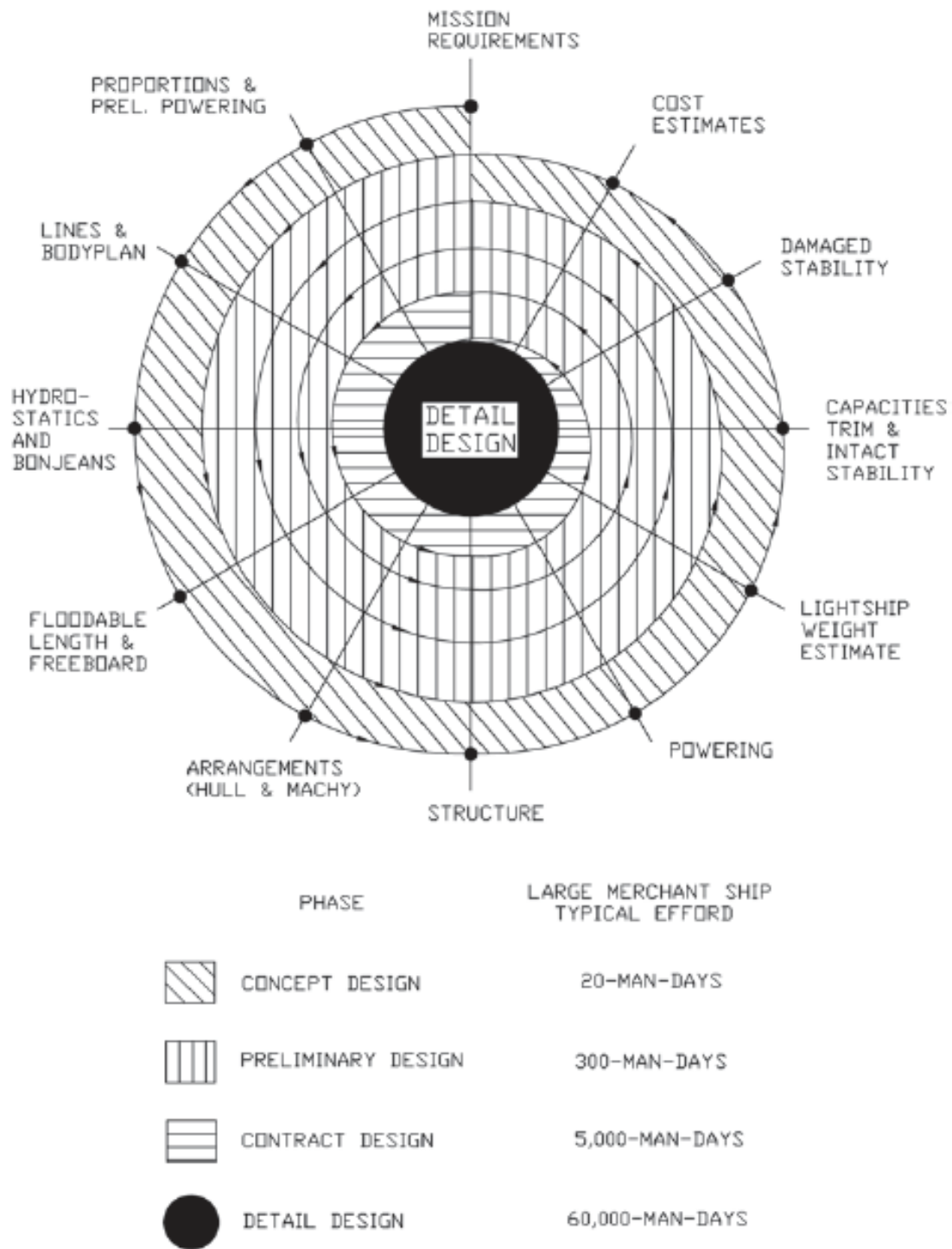
Η διαδικασία της μελέτης και σχεδίασης ενός πλοίου χωρίζεται συνήθως στις τέσσερις ακόλουθες φάσεις:

- Μελέτη Εφεκτικότητας ή Αρχικού Σχεδιασμού (Concept Design-Feasibility Study)
- Προμελέτη (Preliminary Design)
- Συμβατική Μελέτη ή Μελέτη Προδιαγραφών Συμβολαίου (Contract Design)
- Μελέτη Λεπτομερούς Σχεδιασμού (Detailed Design)

Οι δύο πρώτες φάσεις είναι γνωστές σαν Βασική Μελέτη, αλλά συγχωνεύονται στον γενικό ορισμό της Προμελέτης, που έχει σαν στόχο τον αρχικό προσδιορισμό των κύριων χαρακτηριστικών του πλοίου και επιτρέπει την προεκτίμηση του αρχικού κόστους. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της Συμβατικής Μελέτης ή Μελέτης Προδιαγραφών Συμβολαίου, αναπτύσσονται τα σχέδια και οι προδιαγραφές που απαιτούνται για τη σύναψη του συμβολαίου ναυπήγησης, ενώ η Μελέτη Λεπτομερούς Σχεδιασμού που ακολουθεί, αποτελεί ευθύνη του ναυπηγείου που αναλαμβάνει τη λεπτομερή σχεδίαση όλων των κατασκευαστικών στοιχείων και των στοιχείων εξοπλισμού του πλοίου.

Η συνολική διαδικασία της Μελέτης, αναπαρίσταται κατάλληλα από τη γνωστή Ελικοειδή Καμπύλη Μελέτης (Design Spiral), η οποία αρχικά αναπτύχθηκε και παρουσιάστηκε από τον J. H. Evans το 1959 και φαίνεται στο Σχήμα 1.1. Η Ελικοειδής Καμπύλη Μελέτης απεικονίζει αφενός τη διαδοχική διέλευση από τα διάφορα στάδια

μελέτης, την επαναληπτική διαδικασία προσδιορισμού των διαφόρων στοιχείων μελέτης του πλοίου και αφετέρου τη βαθμιαία προσέγγιση της τελικής φάσης της μελέτης του πλοίου. Το σχήμα επίσης δείχνει την ενδεικτική προσπάθεια σε ανθρωπομέρες για την ολοκλήρωση της κάθε διαδικασίας της μελέτης ενός εμπορικού πλοίου της δεκαετίας του '50 [5], [6].



Σχήμα 1.1: Ελικοειδής Καμπύλη Μελέτης, J. Evans [7]

Σύμφωνα λοιπόν με την ελικοειδή καμπύλη και την διαδικασία της μελέτης οι παραπάνω φάσεις αναλύονται ως εξής [5], [7]:

- *Μελέτη Εφικτότητας ή Αρχικού Σχεδιασμού (Concept Design-Feasibility Study)- 1η Σπείρα*

Είναι η αρχική προσπάθεια των μελετητών να μετατρέψουν τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη σε τεχνικά χαρακτηριστικά, ναυπηγικά και μηχανολογικά. Γίνεται επομένως ένας αρχικός καθορισμός του μήκους, του πλάτους, του κοίλου, του βυθίσματος, του συντελεστή γάστρας με βασικό στόχο την ισορροπία μεταξύ δυνατοτήτων του πλοίου και ενός προσιτού κόστους κατασκευής. Περιλαμβάνει επίσης, προκαταρκτική εκτίμηση του βάρους του άφορτου σκάφους που συνήθως λαμβάνεται από διαγράμματα και εμπειρικές σχέσεις. Σε αυτή τη φάση της μελέτης, ο μελετητής καλείται να διακρίνει εάν οι απαιτήσεις του πλοιοκτήτη είναι οικονομικά συμφέρουσες, διαφορετικά θα πρέπει να τις προσαρμόσει ανάλογα σε μια βιώσιμη λύση. Η διαδικασία αυτή συχνά αναφέρεται σαν μελέτη εφικτότητας.

- *Προμελέτη (Preliminary Design)- 2η έως 4η Σπείρα*

Κατά τη διάρκεια της Προμελέτης, διορθώνονται τα κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου που προεκτιμήθηκαν στην προηγούμενη φάση και οριστικοποιούνται έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις και να ανταποκρίνονται σε μια οικονομικά βέλτιστη λύση. Ο μελετητής όμως, αντιμετωπίζει βασικές δυσκολίες σε αυτή τη φάση, που προέρχονται από την περιπλοκή κυρίως τεχνικο-οικονομικών απαιτήσεων. Δεδομένου ότι το τελικό κόστος και η απόδοση του νέου πλοίου θα καθοριστεί σε μεγάλο βαθμό κατά τη διάρκεια της προμελέτης, είναι επόμενο η δουλειά που γίνεται εδώ να είναι ιδιαίτερα σημαντική. Το πλοίο και το φυσικό περιβάλλον μέσα στο οποίο λειτουργεί, αποτελεί ένα δυναμικό σύστημα μέσα στο οποίο το πρώτο καλείται να ανταπεξέλθει με επιτυχία, όχι μόνο σε ό,τι αφορά την αντοχή της μεταλλικής του κατασκευής, αλλά την ευστάθεια και την ασφάλεια, ακόμη και σε καταστάσεις που έχει υποστεί κάποιο ρήγμα ή βλάβη. Εάν στο σύστημα περιβάλλον-πλοίο προστεθεί και η αγορά στην οποία αυτό καλείται να λειτουργήσει, τότε το πρόβλημα της μελέτης και σχεδίασης γίνεται ακόμη πιο περίπλοκο για τον σχεδιαστή. Τα αποτελέσματα της Προμελέτης, εν τέλει, αποτελούν τη βάση για την σύνταξη του συμβολαίου με το πλοιοκτήτη και τις επιμέρους τεχνικές προδιαγραφές.

- *Συμβατική Μελέτη ή Μελέτη Προδιαγραφών Συμβολαίου (Contract Design)- 5η Σπείρα*

Στη φάση αυτή βασικός στόχος είναι η εκπόνηση των τελικών μελετών, σχεδίων και προδιαγραφών που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα του επίσημου συμβολαίου μεταξύ πλοιοκτήτη και Ναυπηγείου. Το στάδιο αυτό περιγράφει με μεγαλύτερη ακρίβεια τα χαρακτηριστικά του πλοίου όπως τη μορφή της γάστρας μέσα από τις εξομαλυμένες ναυπηγικές γραμμές, τον ακριβή υπολογισμό της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος, τον λεπτομερή καθορισμό της μεταλλικής κατασκευής, τον αναλυτικό υπολογισμό των επιμέρους βαρών, του ολικού βάρους και των αντίστοιχων κέντρων

βαρών, καθώς και την εκπόνηση των τελικών σχεδίων, όπως το τελικό σχέδιο γενικής διάταξης.

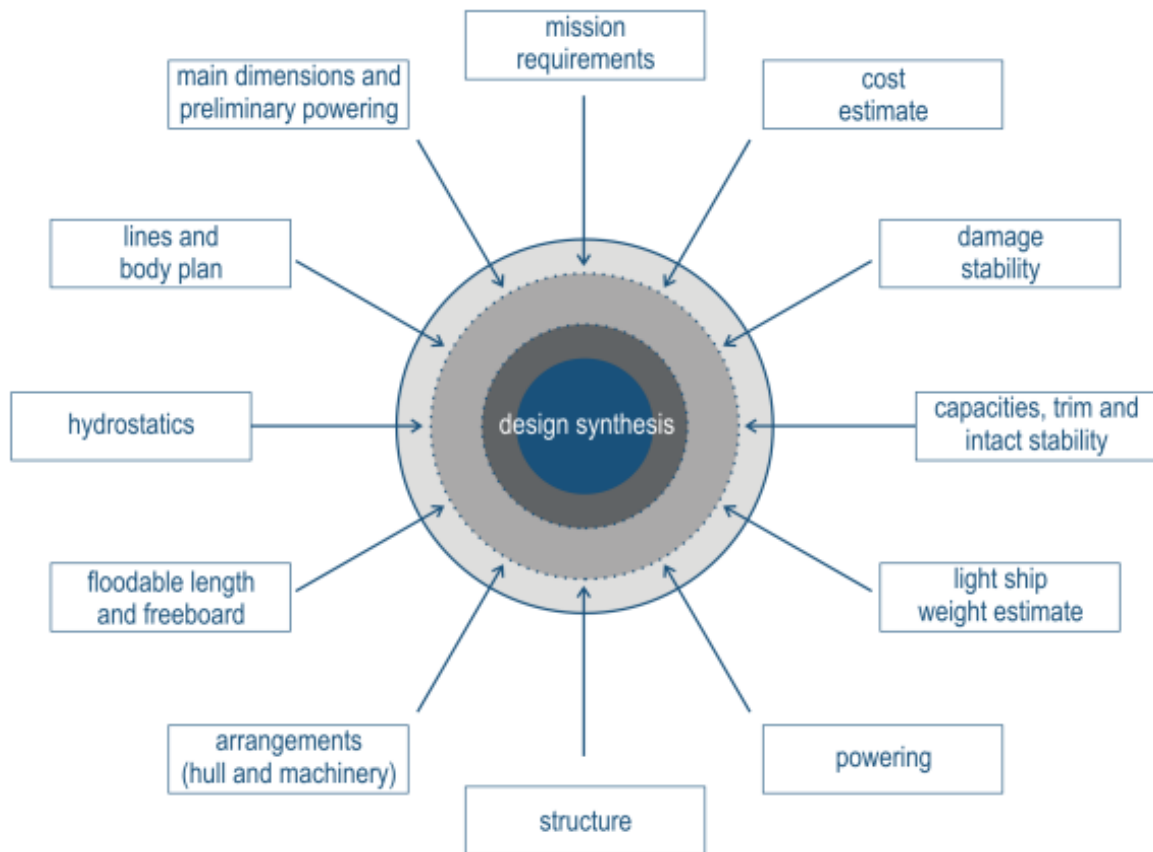
- *Μελέτη Λεπτομερούς Σχεδιασμού (Detailed Design)*

Αποτελεί το τελευταίο στάδιο της Μελέτης και Σχεδίασης κατά το οποίο αναπτύσσονται και σχεδιάζονται λεπτομερώς όλα τα κατασκευαστικά στοιχεία και τα στοιχεία εξοπλισμού. Τα σχέδια αυτά περιλαμβάνουν αναλυτικές οδηγίες για την εφαρμογή και εγκατάσταση των στοιχείων αυτών πάνω στο πλοίο. Ενώ καθόλη τη διάρκεια του σχεδιασμού, σε κάθε φάση, τα σχέδια περνούσαν από τη μια ομάδα μηχανικών στην άλλη, σε αυτό το στάδιο έχουμε ανάθεση από τον μηχανικό στον τεχνίτη, συνεπώς τα σχέδια πρέπει να έχουν την απαιτούμενη πληρότητα ώστε να εξυπηρετούν πλήρως τις ανάγκες του τμήματος παραγωγής του ναυπηγείου.

1.1 Computer-Aided Ship Design

Η Μελέτη και Σχεδίαση Πλοίου, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, θεωρούνταν μια διαδοχική διαδικασία που αναπαριστάται επιτυχώς από την κλασική Ελικοειδή Καμπύλη Μελέτης του J. Evans. Αν και αποτελεί μια εξιδανίκευση της πραγματικής διαδικασίας σχεδίασης, η παραδοσιακή ροή αποτελούνταν από πολλούς κύκλους εργασιών οι οποίοι ήταν απαραίτητοι για να επιτευχθεί το τελικό αποτέλεσμα. Σε κάθε κύκλο, ο μελετητής βήμα-βήμα μελετούσε ένα θέμα τη φορά και πραγματοποιούσε τροποποιήσεις με στόχο τη βελτίωση του μοντέλου. Σ' ένα πολύπλοκο σύστημα όμως, όπως είναι αυτό της σχεδίασης πλοίου, με πολλές σχέσεις και εξαρτήσεις, είναι πέρα των δυνατοτήτων του μελετητή να εξετάσει όλες τις δυνατές επιλογές που έχει, τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και τις συνέπειες.

Καθώς όμως η τεχνολογία εξελίχθηκε με το πέρασμα των χρόνων, η σχεδίαση με τη βοήθεια υπολογιστή επεκτάθηκε σε πολλούς τομείς ανάμεσα στους οποίους βρίσκεται και η σχεδίαση πλοίου. Η εισαγωγή των συστημάτων CAD/CAE (Computer-Aided Design and Engineering, αντίστοιχα) στη ναυπηγική βιομηχανία, δημιούργησε νέες μεθόδους και τεχνικές στη μελέτη και σχεδίαση, αλλάζοντας τις υπάρχουσες προσεγγίσεις στο πρόβλημα αυτό. Μια σύγχρονη ολοκληρωμένη προσέγγιση παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.2, κατά την οποία σε κάθε στάδιο μελέτης εξετάζονται όλες οι σχεδιαστικές παράμετροι με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του συνολικού χρόνου ολοκλήρωσης της σχεδίασης [8].



Σχήμα 1.2: Ενοποιημένη προσέγγιση της Μελέτης Πλοίου [8]

Η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών στη σχεδίαση γενικά, αλλά και των πλοίων πιο συγκεκριμένα, έχει σαν στόχο να βοηθήσει συμπληρωματικά στις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού. Η σχεδίαση ενός πλοίου αποτελεί προφανώς μια σύνθετη διαδικασία. Ο μελετητής λοιπόν παραμένει υπεύθυνος στο να θέτει λογικές και δημιουργικές διατυπώσεις, αλλά και για να κρίνει σωστά τα αποτελέσματα. Αυτόματα το πρόβλημα σχεδιασμού μετατρέπεται σε πρόβλημα βελτιστοποίησης, που θα έχει κανονικά μια μοναδική λύση ή κάποιες φορές μερικές ισότιμα ευνοϊκές λύσεις. Η Μελέτη και Σχεδίαση Πλοίου συνεχίζει και παραμένει ανθρώπινη δραστηριότητα η οποία υποστηρίζεται από τους υπολογιστές, ακόμη και αν ορισμένες τυποποιημένες υποεργασίες εκτελούνται σχεδόν αυτόματα από τον υπολογιστή. Οι ανάγκες που οδήγησαν στην πλήρη ανάπτυξη του Computer-Aided Ship Design (CASD) είναι οι ακόλουθες:

- Λόγω της αυτοματοποίησης της παραγωγής ήταν απαραίτητη η μετατροπή των σχεδίων του πλοίου σε ψηφιακά δεδομένα π.χ. ταινίες κοπής.
- Η ανάγκη για ψηφιακή αναπαράσταση του γεωμετρικού μοντέλου του πλοίου και αντικατάσταση των ναυπηγικών γραμμών, που αποτελούσαν τη γραφική απεικόνιση του πλοίου, οι οποίες συχνά είχαν λάθη.

- Οι χρονοβόροι υπολογισμοί ευστάθειας, υδροδυναμικής συμπεριφοράς και αντοχής της κατασκευής ήταν αναγκαίο να πραγματοποιούνται σε συντομότερο χρονικό διάστημα και με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η διαδικασία της μελέτης πλοίου οδηγεί σε έναν πλήρη καθορισμό της μορφής πλοίου που χρησιμεύει για να αξιολογηθούν σε επόμενα στάδια, η ασφάλεια και οι επιδόσεις, ενώ παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες που απαιτούνται για να ξεκινήσει η κατασκευή του πλοίου. Επομένως, στόχος είναι η δημιουργία ενός πλήρους μοντέλου που καθορίζει τα βασικά χαρακτηριστικά του και όλες τις ιδιότητες και που αξιοποιούνται στα επόμενα στάδια της μελέτης.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να διακρίνουμε ότι το Computer-Aided Ship Design (CASD) επηρέασε ριζικά την συνολική διαδικασία του σχεδιασμού προσφέροντας σημαντικά οφέλη, τα οποία επιγραμματικά αναφέρονται παρακάτω [9]:

- Καλύτερη ποιότητα μελέτης και σχεδίασης, σε μικρότερο χρόνο
- Οικονομικότερη και ασφαλέστερη κατασκευή
- Περισσότερες και ταχύτερες επαναλήψεις για την τελική επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού χαρακτηριστικών
- Δυνατότητες παραμετρικής σχεδίασης
- Τρισδιάστατη αναπαράσταση του πλοίου στον υπολογιστή και χρήση δυνατοτήτων εικονικής πραγματικότητας (virtual reality)

2 Επιβατηγά/Οχηματαγωγά Πλοία

Ως επιβατηγό πλοίο ορίζεται ένα εμπορικό πλοίο του οποίου η κύρια λειτουργία είναι η μεταφορά επιβατών. Ο IMO (International Maritime Organization), προσδιορίζει ως επιβατηγό πλοίο αυτό που μεταφέρει περισσότερους από 12 επιβάτες. Επιβάτες είναι όλα τα άτομα που επιβαίνουν στο πλοίο εκτός από τα μέλη του πληρώματος [10].

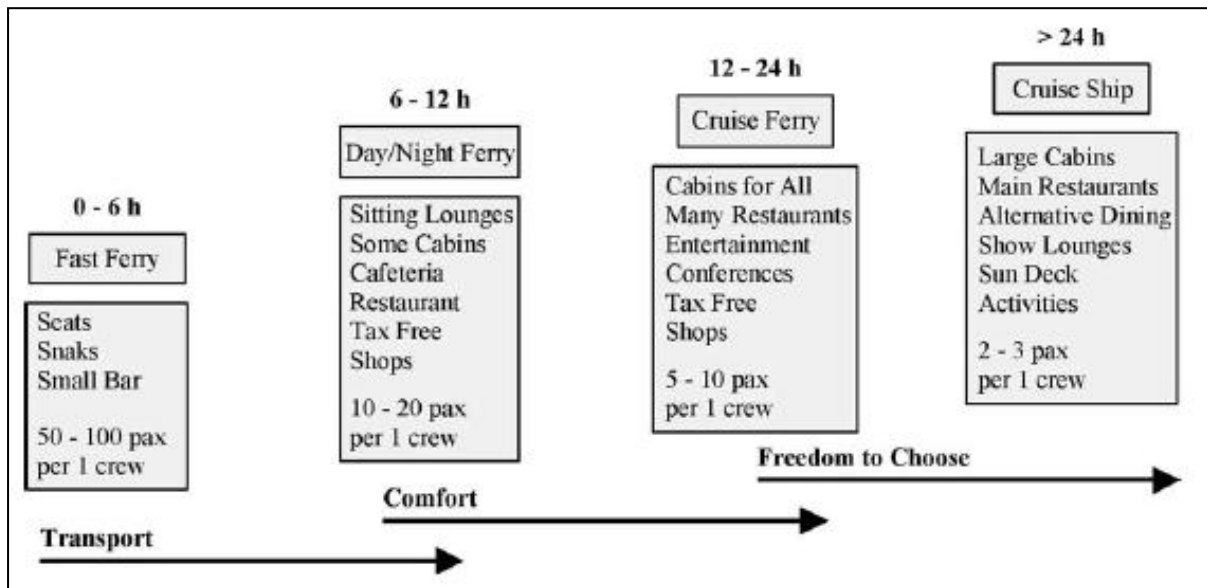
2.1 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή

Η ιστορία των επιβατηγών πλοίων είναι σχετικά σύντομη και ξεκινά στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, οπότε και για έναν αιώνα περίπου, είχαμε την κατασκευή μεγάλων υπερωκεάνιων που ήταν αναμφίβολα τα μεγαλύτερα, ταχύτερα και πιο προηγμένα πλοία της εποχής. Τα πρώτα αυτά υπερωκεάνια βέβαια, δεν ήταν αμιγώς επιβατηγά πλοία, καθώς εκτός από τους επιβάτες μπορούσαν να μεταφέρουν, στα κατάλληλα διαμορφωμένα αμπάρια τους, και σημαντικές ποσότητες φορτίου.

Με την ανάπτυξη των εναέριων συγκοινωνιών, που έκαναν τα ταξίδια ακόμη ταχύτερα και πιο άνετα αλλά και την εξάπλωση των Ι.Χ. αυτοκινήτων, υπήρξε δραστική μείωση στην κατασκευή επιβατηγών πλοίων μεγάλων αποστάσεων. Μερικά από τα μέχρι τότε υπερωκεάνια μετατράπηκαν σε κρουαζιερόπλοια, ενώ επιβατηγά πλοία εξακολουθούν και σήμερα να χρησιμοποιούνται σαν μέσο συγκοινωνίας σε μικρότερες αποστάσεις, σε συνδυασμό με την μεταφορά οχημάτων. Δημιουργήθηκε έτσι ένας νέος τύπος πλοίου, το Επιβατηγό/Οχηματαγωγό (ROPAX ή Ro-Ro Passenger Ferry), με μεγάλα καταστρώματα οχημάτων στα οποία η επιβίβαση των οχημάτων γίνεται οδηγώντας (Roll on, Roll off) χρησιμοποιώντας πρυμναίους (ή κάποιες φορές, πρωραίους ή πλευρικούς) καταπέλτες [11].

2.2 Είδη Επιβατηγών Πλοίων

Η χωρητικότητα των επιβατών και οι υπηρεσίες εν πλω είναι οι βασικές απαιτήσεις που λαμβάνονται υπόψη για την κατασκευή των επιβατηγών πλοίων. Για να γίνουν πιο ανταγωνιστικά σαν μέσα αναψυχής, δεν αρκεί να μεταφέρουν μόνο πολλούς επιβάτες αλλά πρέπει να είναι και άνετα, κυρίως όσο ο χρόνος ταξιδιού μεγαλώνει. Σε μικρές διαδρομές, για παράδειγμα, δεν απαιτούνται καμπίνες αλλά μόνο χώροι σαλονιού. Καθώς όμως η απόσταση και ο χρόνος εν πλω αυξάνονται, αυξάνονται οι απαιτήσεις των επιβατών για άνεση και δραστηριότητες, ώστε να απασχολούνται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού (Σχήμα 2.1). Σε ταξίδια που διαρκούν περισσότερο από 12 ώρες θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμες καμπίνες για ένα συγκεκριμένο αριθμό επιβατών, εστιατόρια και χώροι διασκέδασης. Επομένως, τα επιβατηγά πλοία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη διάρκεια και τον σκοπό του ταξιδιού: τα κρουαζιερόπλοια, τα πλοία μεταφοράς επιβατών και οχημάτων (E/Γ-O/Γ) και τα αμιγώς επιβατηγά πλοία (E/Γ).



Σχήμα 2.1: Είδη Επιβατηγών Πλοίων [12]

Κρουαζιερόπλοια

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, τα κρουαζιερόπλοια με τη μορφή που ξέρουμε σήμερα δημιουργήθηκαν κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα. Χρησιμοποιούνται από τους επιβάτες σαν μέσα αναψυχής τα οποία μάλιστα μπορούν ισάξια να ανταγωνιστούν το χερσαίο τουρισμό. Τα κρουαζιερόπλοια παρέχουν υπηρεσίες και δυνατότητες που σκοπό έχουν να κρατήσουν τον επιβάτη ευχάριστα απασχολημένο. Για τον λόγο αυτό τα σύγχρονα πλοία περιλαμβάνουν γυμναστήρια, χώρους μπάσκετ, τένις, πισίνες, διάφορα είδη εστιατορίων, βιβλιοθήκες, κινηματογραφικές αίθουσες, θεατρικές και μουσικές σκηνές και clubs. Συνεπώς γίνονται πιο ελκυστικά στον επιβάτη και επιλέγεται από πολλές ομάδες πληθυσμού σαν μέσο αναψυχής και διακοπών.

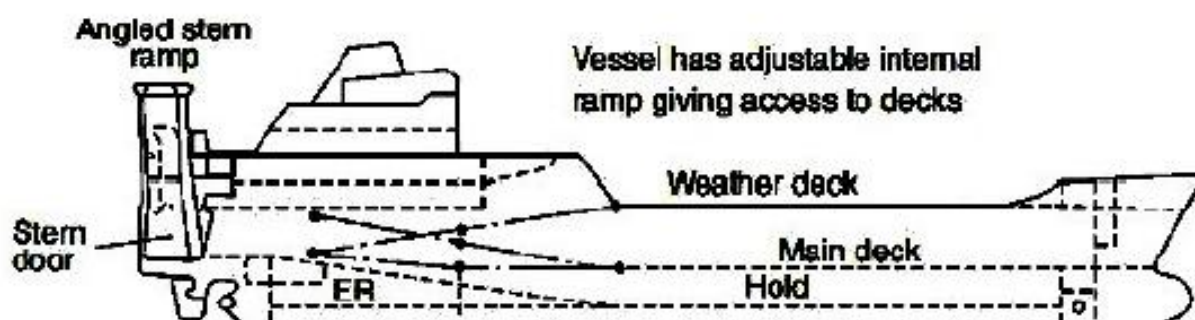
Επιβατηγά-Οχηματαγωγά Πλοία

Σκοπός των Επιβατηγών-Οχηματαγωγών πλοίων (E/Γ-O/Γ) είναι η παροχή μεταφορικού έργου, η μεταφορά δηλαδή επιβατών συμπεριλαμβανομένου των αποσκευών και των οχημάτων τους (ROPAX). Παρόλο που πολλές φορές στα σκάφη αυτά υπάρχουν δυνατότητες για ψυχαγωγία, ο ρόλος τους είναι κατά κύριο λόγο μεταφορικός και οι επιπλέον παροχές προσφέρονται προκειμένου να γίνουν πιο ελκυστικά στον επιβάτη. Μια παρεμφερής μορφή επιβατηγού-οχηματαγωγού πλοίου αποτελεί το train ferry. Τα πλοία αυτά χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που απαιτείται η μεταφορά βαγονιών τρένων από τη μια όχθη ενός ποταμού στην άλλη και από ένα λιμάνι σε ένα άλλο, όταν οι υπάρχουσες γέφυρες είναι πολύ μικρές ή δεν μπορούν να αντέξουν το βάρος των βαγονιών. Σε πιο σπάνιες περιπτώσεις συναντώνται και κάποια αμιγώς επιβατηγά πλοία, των οποίων η χρήση, περιορίζεται σε πολύ μικρές αποστάσεις π.χ μεταφορές επιβατών σε μεγάλα λιμάνια. Πολλά από αυτά λειτουργούν κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας προσφέροντας πλήρη ενδιαίτηση επιβατών και πληρώματος (night ferries) ενώ κάποια άλλα λειτουργούν σε 24ωρη βάση με περιορισμένη ενδιαίτηση, κατ' επιλογή. Τα ferries ταξιδεύουν σε

προστατευμένα νερά, ανοιχτές θάλασσες, ακόμα και σε περιοχές με πάγο. Η σχεδίασή τους υπόκειται στους κανονισμούς ασφαλείας του IMO, όπως η SOLAS (Safety of Life at Sea) ή προκειμένου για τα ταχύπλοα στον κώδικα ταχυπλόων HSCC (High Speed Craft Code). Κάποια πλοία οφείλουν να ικανοποιούν και επιπρόσθετες διατάξεις κανονισμών που ισχύουν σε συγκεκριμένες περιοχές λειτουργίας, όπως για παράδειγμα η Συνθήκη της Στοκχόλμης (Stockholm Regional Agreement) [12].

Τα πλοία αυτά λόγω του ότι μεταφέρουν μεγάλο αριθμό επιβατών ακολουθούν μια μεγάλη σειρά κανονισμών ασφαλείας που καλύπτουν όλα τα στάδια από την κατασκευή μέχρι και την λειτουργία τους. Οι κανονισμοί ασφαλείας έχουν βελτιωθεί σημαντικά και συνεχίζουν να βελτιώνονται, καθώς τις τελευταίες δεκαετίες δίνεται πολύ μεγάλη έμφαση σε θέματα ασφάλειας των επιβατών, του πλοίου αλλά και του περιβάλλοντος. Είναι λοιπόν επόμενο να προκύπτουν διαρκώς νέες προσθήκες και βελτιώσεις που πρέπει να εφαρμοστούν σε όλα τα πλοία ίδιου τύπου. Αυτοί οι κανονισμοί αφορούν μεταξύ άλλων την ασφάλεια έναντι ανατροπής σε άθικτη κατάσταση και μετά από βλάβη καθώς και κατάκλυση στεγανών διαμερισμάτων του πλοίου, την πυρασφάλεια, τα σωστικά μέσα κ.λπ. [10].

Ένα Ε/Γ-Ο/Γ πλοίο, για να έχει πιθανότητες επιτυχημένης λειτουργίας θα πρέπει να παρέχει στον επιβάτη ένα άνετο και γρήγορο ταξίδι. Για το λόγο αυτό, χρειάζεται κατά τη σχεδίαση να ληφθούν υπόψιν παράγοντες, όπως η μείωση του θορύβου στο ελάχιστο καθώς και η αποφυγή κραδασμών. Παράλληλα θα πρέπει και τα οχήματα να έχουν εύκολη πρόσβαση αλλά και εύκολο χειρισμό μέσα στο πλοίο, για την είσοδο-έξοδο (Roll on -Roll off) και την στάθμευσή τους. Για το σκοπό αυτό απαιτούνται ράμπες (Σχήμα 2.2) και σε κάποιες περιπτώσεις ανυψούμενα καταστρώματα και ανελκυστήρες οχημάτων [12].



Σχήμα 2.2: Διάταξη πλοίου Ro-Ro με πρυμναία ράμπα [13]

Ταχύπλοα επιβατηγά πλοία

Τα ταχύπλοα επιβατηγά σκάφη, είναι σχεδιασμένα για να λειτουργούν σε μικρές αποστάσεις χρησιμοποιώντας την υψηλή τους ταχύτητα ώστε να μειώσουν το χρόνο ταξιδιού, ο οποίος ενδεικτικά κυμαίνεται μέχρι τέσσερις ώρες. Για να επιτευχθεί αυτή η ταχύτητα απαιτείται σχεδιασμός όσο το δυνατόν ελαφρύτερης κατασκευής και επιλογή κατάλληλης μηχανολογικής εγκατάστασης. Ο IMO έχει αναπτύξει

εξειδικευμένους κανονισμούς για τα ταχύπλοα σκάφη που αναφέρονται στον κώδικα, "The Code of Safety for High Speed Craft".

Από τη δεκαετία του '50 άρχισαν να εμφανίζονται διάφοροι τύποι επιβατηγών και αργότερα επιβατηγών/οχηματαγωγών πλοίων μη συμβατικής σχεδίασης όπως τα υδροπτέρυγα (hydrofoils), τα αερόστρωμνα (ACV ή hovercrafts), τα SES, τα Catamaran, τα πολύγαστρα (trimaran, pentamaran), τα waveriercers, τα μονόγαστρα σκάφη ημεκτοπίσματος και άλλα. Λόγω αυτού του μη συμβατικού σχεδιασμού είναι σε θέση να αναπτύσσουν πολύ μεγάλες ταχύτητες, στην περιοχή των 40 κόμβων και σε κάποιες περιπτώσεις ακόμη και 60 κόμβους [11].

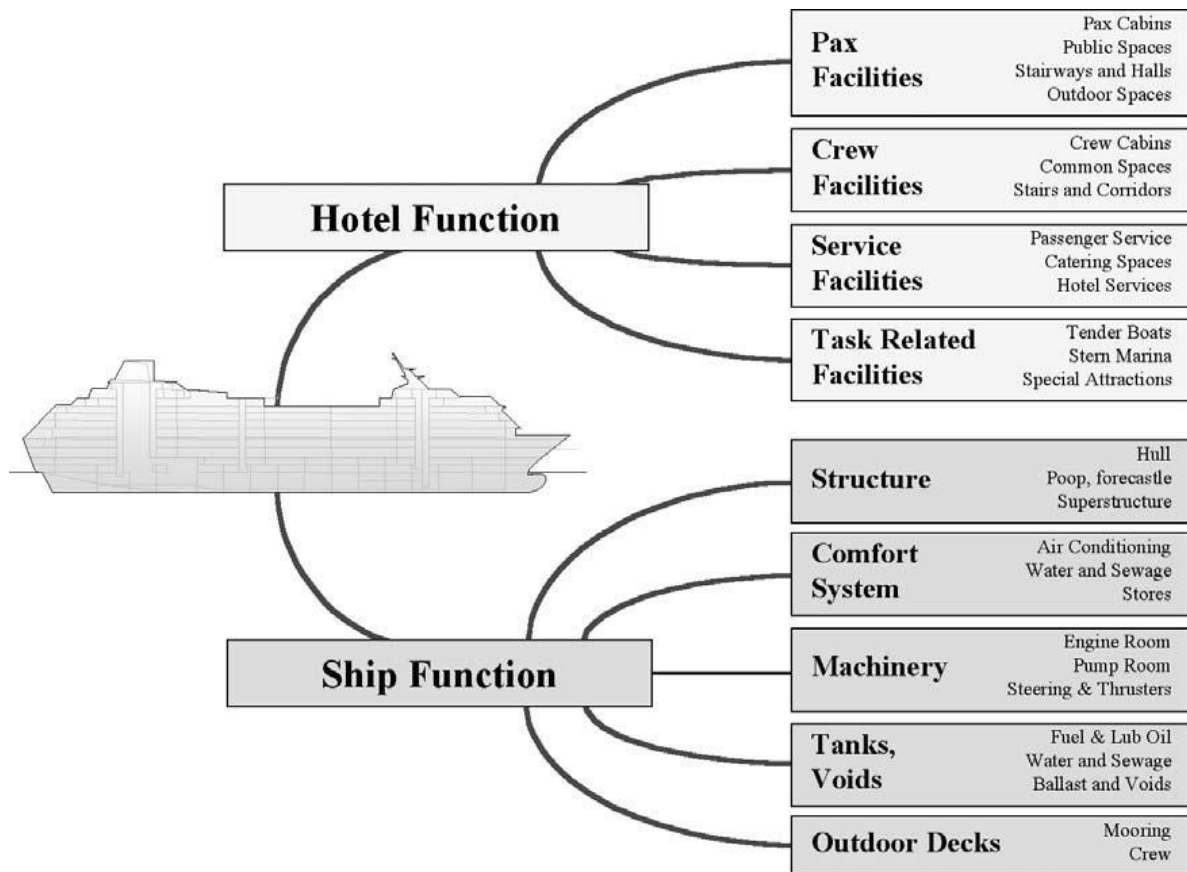
Τα μη συμβατικά σκάφη έχουν σχεδιαστεί να έχουν χαμηλή αντίσταση σε υψηλές ταχύτητες σε σύγκριση με τις συμβατικές γάστρες εκτοπίσματος. Επομένως, είναι αναγκαίο να μειωθεί η βρεχόμενη επιφάνεια που συνεπάγεται και μείωση της αντίστασης. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανύψωση της γάστρας μερικώς ή ακόμη και εξ' ολοκλήρου εκτός νερού. Στα υδροπτέρυγα επιτυγχάνεται με υδροδυναμική άντωση ενώ στα αερόστρωμνα μηχανικά με αεροστατική ανύψωση. Σε κάποια ταχύπλοα σκάφη, δεν είναι μόνο στόχος η επίτευξη υψηλής ταχύτητας αλλά και η διατήρηση της σε δύσκολες καταστάσεις θάλασσας.

Λειτουργίες Επιβατηγών Πλοίων

Οι λειτουργίες των επιβατηγών πλοίων μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες, την λειτουργία τους αυστηρά ως πλοίο και την λειτουργία τους ως ξενοδοχειακή μονάδα.

- Λειτουργία ως πλοίο: Η λειτουργία αυτή σχετίζεται με τη χρήση του πλοίου για την ενδιαίτηση και την ασφαλή μεταφορά των επιβατών από λιμάνι σε λιμάνι. Η προωστήρια εγκατάσταση και οι δεξαμενές καυσίμων είναι ζωτικής σημασίας. Το πλοίο παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, κλιματισμό, ζεστό και κρύο νερό και διαθέτει σύστημα επεξεργασίας λυμάτων και διαχείρισης αποβλήτων για να εξυπηρετήσει τις ξενοδοχειακές λειτουργίες.
- Ξενοδοχειακές λειτουργίες: Για τις λειτουργίες αυτές τα πλοία διαθέτουν καμπίνες επιβατών, εστιατόρια, σαλόνια, μπαρ, άλλους χώρους αναψυχής, αλλά και καταστήματα. Επαρκείς δίοδοι κυκλοφορίας των επιβατών (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, ανελκυστήρες) θα πρέπει να παρέχονται μεταξύ των κοινόχρηστων χώρων και των λοιπών χώρων ενδιαίτησης. Επίσης μεγάλη σημασία δίνεται και στους εξωτερικούς χώρους. Για την εξυπηρέτηση των επιβατών και τις άλλες λειτουργίες του πλοίου είναι απαραίτητα τα γραφεία, τα μαγειρεία, οι αποθήκες και τα καταστήματα. Οι καμπίνες του πληρώματος συμπεριλαμβάνονται επίσης στις ξενοδοχειακές λειτουργίες του επιβατηγού πλοίου.

Οι παραπάνω λειτουργίες μπορούν να αναλυθούν στο σχήμα που ακολουθεί [12].



Σχήμα 2.3: Λειτουργίες Επιβατηγών Πλοίων [12]

3 Πολύγαστρα Σκάφη (Multihulls)

Τα μονόγαστρα σκάφη αποτελούσαν και αποτελούν μία ασφαλή λύση στο πρόβλημα μεταφοράς επιβατών, οχημάτων και φορτίου δια θαλάσσης, στο ελάχιστο κόστος και για το λόγο αυτό αποτελούν και την συντριπτική πλειονότητα των εν ενεργεία πλοίων. Τις τελευταίες δεκαετίες, εμφανίστηκε η απαίτηση για την αύξηση της ταχύτητας των θαλασσίων μεταφορών, κυρίως επιβατών και οχημάτων, που συμβαδίζει με τον ταχύτατο σύγχρονο τρόπο ζωής.

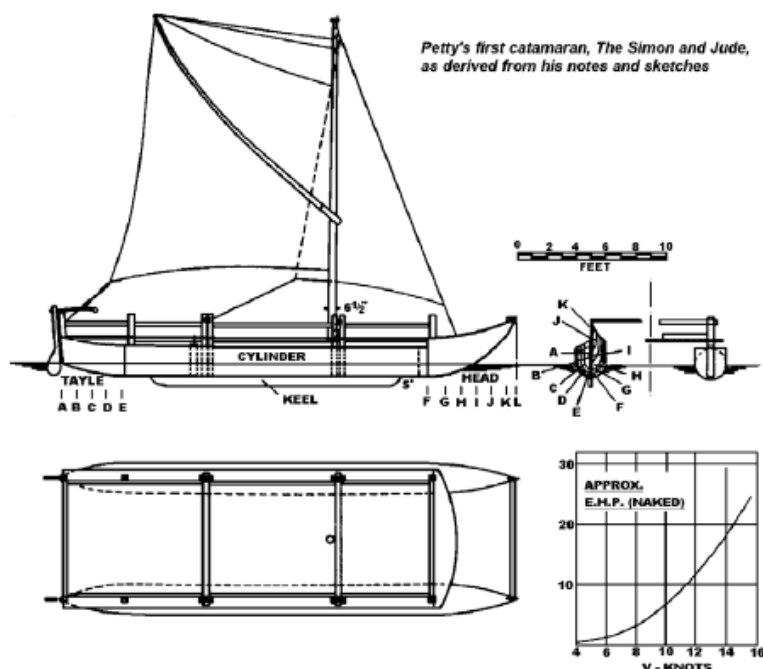
Μια αύξηση της ταχύτητας θα μπορούσε να επιτευχθεί με μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύος πρόωσης αλλά συνήθως είναι πιο αποτελεσματικό εάν ελαχιστοποιηθεί η αντίσταση. Τα βασικά χαρακτηριστικά της γάστρας που επηρεάζουν την αντίσταση για δεδομένη ταχύτητα είναι ο συντελεστής λυγηρότητας $L/V^{1/3}$ και ο λόγος L/B , όπου B είναι το πλάτος της γάστρας, ενώ όταν αναφερόμαστε σε πολύγαστρα σκάφη είναι το πλάτος της κάθε ημιγάστρας. Για να μειωθεί η αντίσταση ενός μονόγαστρου σκάφους, θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το εκτόπισμα και το πλάτος του καθώς και να επιτευχθεί το μεγαλύτερο πρακτικά μήκος. Όμως με μια ιδανική, από πλευράς αντίστασης γάστρα, προκύπτουν προβλήματα που αφορούν την ευστάθεια του πλοίου και την επιφάνεια των διαθέσιμων καταστρωμάτων. Προκειμένου να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα, έγινε δοκιμή ένωσης δύο ή περισσότερων λεπτόγραμμων γαστρών. Η δοκιμή αυτή οδήγησε στη δημιουργία των πολύγαστρων σκαφών. Τα πολύγαστρα σκάφη γνωρίζουν μεγάλη επιτυχία, αφού μπορούν και συνδυάζουν τη μειωμένη αντίσταση λόγω του σχήματός τους, με τη μεγάλη επιφάνεια καταστρωμάτων εξαιτίας της ένωσης των ημιγαστρών και την αυξημένη ευστάθεια [12].

3.1 Ιστορική Αναδρομή

Τα πρώτα δίγαστρα σκάφη αναπτύχθηκαν από τους ιθαγενείς της Πολυνησίας, γύρω στο 1500 π.Χ. και πιθανότατα αποτελούνταν από δύο ξύλινα κανό συνδεδεμένα μεταξύ τους, με ένα επίσης ξύλινο πλαίσιο, συνοδευόμενο μερικές φορές και από ένα πανί. Παρά την απλή σχεδίαση τους ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικά, επιτρέποντας στους Πολυνήσιους να ταξιδεύουν στα μακρινά νησιά του Ειρηνικού. Αρκετούς αιώνες αργότερα, κατά τον 5^ο αιώνα μ.Χ., υπάρχουν αναφορές εκτεταμένης χρήσης των δίγαστρων πλοίων από τον λαό των Ταμίλ του Ταμίλ Ναντού στη Νότια Ινδία. Η λέξη *catamaran* μάλιστα προέρχεται από την λέξη των Ταμίλ "*kattumaram*" το οποίο σημαίνει, «δεμένο ξύλο» [14].

Παρόλο που η χρήση των δίγαστρων σκαφών αναφέρεται από πολύ παλιά, στην Ευρώπη το πρώτο καταγεγραμμένο δίγαστρο πλοίο, το *Invention I*, σχεδιάστηκε στην Ιρλανδία το 1662 από τον William Petty. Ο Petty που ήταν Άγγλος φιλόσοφος, οικονομολόγος και πολιτικός ήταν από τους πρώτους που ασχολήθηκε με την επιστημονική προσέγγιση σχεδίασης πλοίων. Μέσω πειραμάτων αντίστασης σε κατάλληλη δεξαμενή διαπίστωσε την υπεροχή των λεπτόγραμμων σκαφών σε μεγάλες ταχύτητες. Προκειμένου λοιπόν να αντιμετωπίσει το πρόβλημα έλλειψης εγκάρσιας ευστάθειας συνέλαβε την ιδέα κατασκευής δίγαστρων σκαφών και οδηγήθηκε στην κατασκευή του *Invention I* (Σχήμα 3.1). Το σκάφος αυτό, γνωστό και ως *Simon and Jude*, αποτελούνταν από δύο γάστρες κυλινδρικής διατομής, μήκους περίπου 6 μέτρων

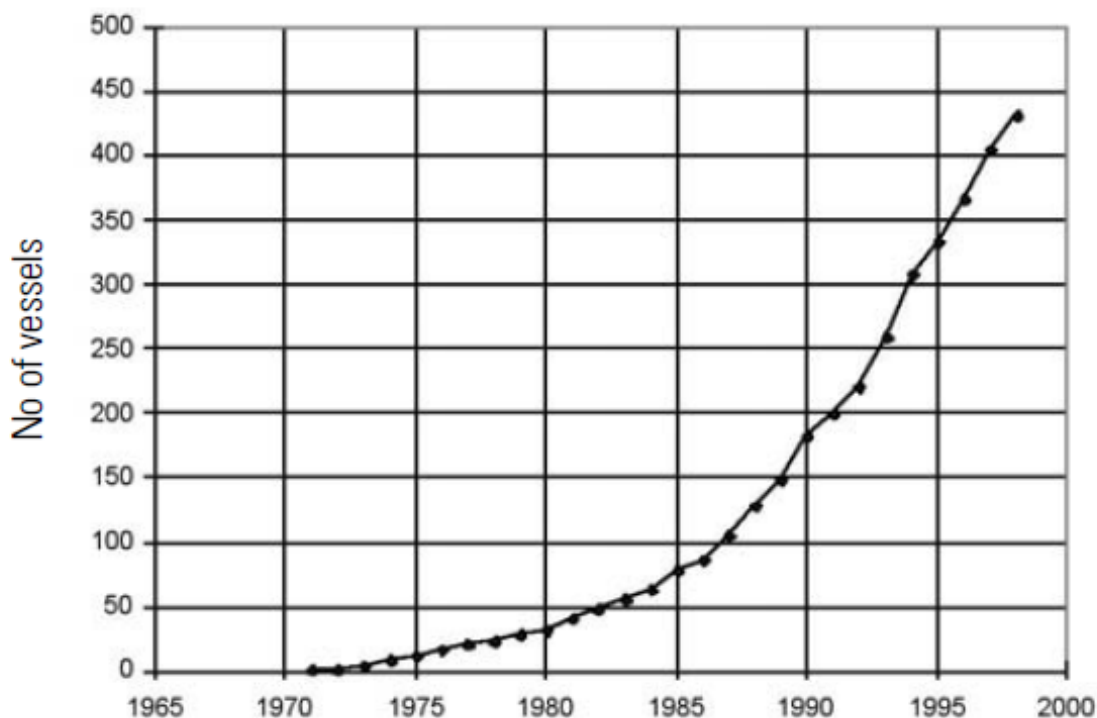
(20ft), διαμέτρου 0.6 μέτρων και πλάτους 3 μέτρων (10ft). Υπήρξε αρκετά ελπιδοφόρο και επιτυχημένο αφού κατάφερε να κερδίσει σε αγώνες ταχύτητας όλα τα μονόγαστρα σκάφη που διαγωνίστηκαν μαζί του. Κατά το πέρασμα των χρόνων κατασκευάστηκαν αρκετά ακόμη ιστιοφόρα και τροχήλατα σκάφη χωρίς να υπάρξει όμως εκτεταμένη χρήση τους ακόμη [11].



Σχήμα 3.1: Το Invention I, σχεδιασμένο με βάση τις σημειώσεις και τα σκαριφήματα του W.Petty [11]

Η σύγχρονη ιστορία των catamarans ξεκινά, κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, σε μία περίοδο διερεύνησης και μελέτης χαρακτηριστικών των μη συμβατικών πλοίων. Η επίτευξη μεγάλων ταχυτήτων, οι μεγάλες επιφάνειες καταστρωμάτων και η αυξημένη ευστάθειά τους προσέλκυσαν το ενδιαφέρον των μελετητών και έτσι έγιναν ιδιαίτερα δημοφιλή σαν ταχύπλοα μικρά επιβατηγά σκάφη μικρών αποστάσεων. Πρωτοπόρος χώρα στην κατασκευή catamaran υπήρξε η Νορβηγία. Με τις νορβηγικές πόλεις να βρίσκονται στις άκρες των φιόρδ οι οποίες χωρίζονταν από δύσβατα βουνά, κυρίως τους χειμερινούς μήνες, είναι εμφανές ότι έπρεπε να υπάρξει εξέλιξη των επικοινωνιών μέσω θάλασσας. Έτσι, τα catamarans αποδείχθηκαν η ιδανική λύση λόγω των χαρακτηριστικών τους τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω.

Τη δεκαετία του 1990, το μέγεθος των δίγαστρων σκαφών αυξήθηκε σημαντικά. Σε αυτό συνέλαβε η εξέλιξη της τεχνολογίας των μηχανών πρόωσης, ενώ οι πολυπλοκότητες της κατασκευής της γάστρας έγιναν πια κατανοητές και οι μελετητές διευκολύνονταν λόγω της χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών και συστημάτων. Με την πάροδο των χρόνων και καθώς η απαίτηση για ταχύπλοα σκάφη μεγάλωσε, η κατασκευή ταχύπλων catamaran αυξήθηκε, κυρίως για εμπορικούς σκοπούς, λόγω της μεγάλης ταχύτητας που μπορούν να αναπτύξουν αλλά και της μεγάλης χωρητικότητας επιβατών και Ι.Χ. [12].



Σχήμα 3.2: Ανάπτυξη των Ταχύπλων Catamaran από το 1970 [12]

3.2 Είδη Πολύγαστρων Σκαφών

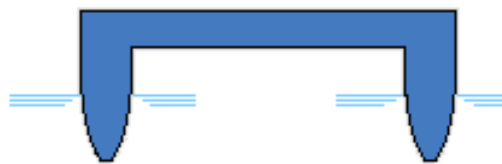
3.2.1 Catamarans

Τα σκάφη που αποτελούνται από δύο πανομοιότυπες ημιγάστρες (συμμετρικές ή ασύμμετρες) οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους από μια υπερκατασκευή ονομάζονται «Catamaran». Τα catamarans χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετές δεκαετίες τόσο σαν ταχύπλοα όσο και σαν ιστιοπλοϊκά σκάφη [15].

Βασικό χαρακτηριστικό και πλεονέκτημα των catamarans είναι η μεγάλη επιφάνεια των ανώτερων καταστρωμάτων λόγω της σύνδεσης των δύο γαστρών, έτσι ώστε να παρέχονται οι απαιτούμενοι χώροι για την ενδιαίτηση των επιβατών και την μεταφορά οχημάτων. Γενικά, η σύγκριση των μονόγαστρων με τα πολύγαστρα σκάφη είναι αρκετά δύσκολη διότι εξαρτάται από το εάν η σύγκριση αυτή γίνεται με βάση το ίδιο μήκος, εκτόπισμα ή ωφέλιμο φορτίο. Σε ένα καλά σχεδιασμένο catamaran, παρουσιάζεται αυξημένη εγκάρσια ευστάθεια, η οποία δεν οδηγεί αναγκαστικά σε κακή συμπεριφορά σε κυματισμούς.

Σε σχέση με ένα μονόγαστρο πλοίο παρόμοιου μεγέθους, ένα δίγαστρο έχει μεγαλύτερη βρεχόμενη επιφάνεια, άρα και αυξημένη αντίσταση τριβής. Επειδή όμως η κάθε ημιγάστρα είναι πολύ πιο λεπτόγραμμη, δίνεται η δυνατότητα περιορισμού της αντίστασης κυματισμού. Η αντίσταση ενός δίγαστρου σκάφους συνολικά είναι συνήθως μεγαλύτερη από το διπλάσιο της αντίστασης της μιας μόνο ημιγάστρας. Αυτό συμβαίνει γιατί εμφανίζεται μια πρόσθετη αντίσταση που οφείλεται στην

αλληλεπίδραση των γαστρών. Το πόσο αυξημένη θα είναι η αντίσταση λόγω της αλληλεπίδρασης αυτής, εξαρτάται από την ισαπόσταση των γαστρών και το εύρος του αριθμού Froude που κινείται το πλοίο. Ένα πρόβλημα που μπορεί να αντιμετωπίσουν τα πολύγαστρα είναι το σχετικά μεγάλο βάρος της κατασκευής λόγω της μεγάλης επιφάνειας καταστρωμάτων. Για να αποφευχθεί αυτό όμως και να μπορέσει να διατηρηθεί το βάρος του ωφέλιμου φορτίου το ίδιο, τα περισσότερα σκάφη κατασκευάζονται από ελαφρύτερο υλικό, το αλουμίνιο. Σε αυτό που υστερούν σημαντικά βέβαια, έναντι των μονόγαστρων, είναι το αυξημένο κόστος τους. Το γεγονός αυτό έχει επηρεάσει την διάδοση τους σαν εμπορικά πλοία και κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται ως ταχύπλοα επιβατηγά-οχηματαγωγά και λιγότερο ως πολεμικά πλοία. Μια λιγότερο διαδεδομένη μορφή δίγαστρου πλοίου που είναι γνωστή σαν «Proa», είναι ένα σκάφος που αποτελείται από μία μεγάλη γάστρα και μία μικρότερη, ενώ ένας άλλος ιδιόμορφος τύπος δίγαστρου πλοίου είναι το «Staggered Catamaran» [16], [17].



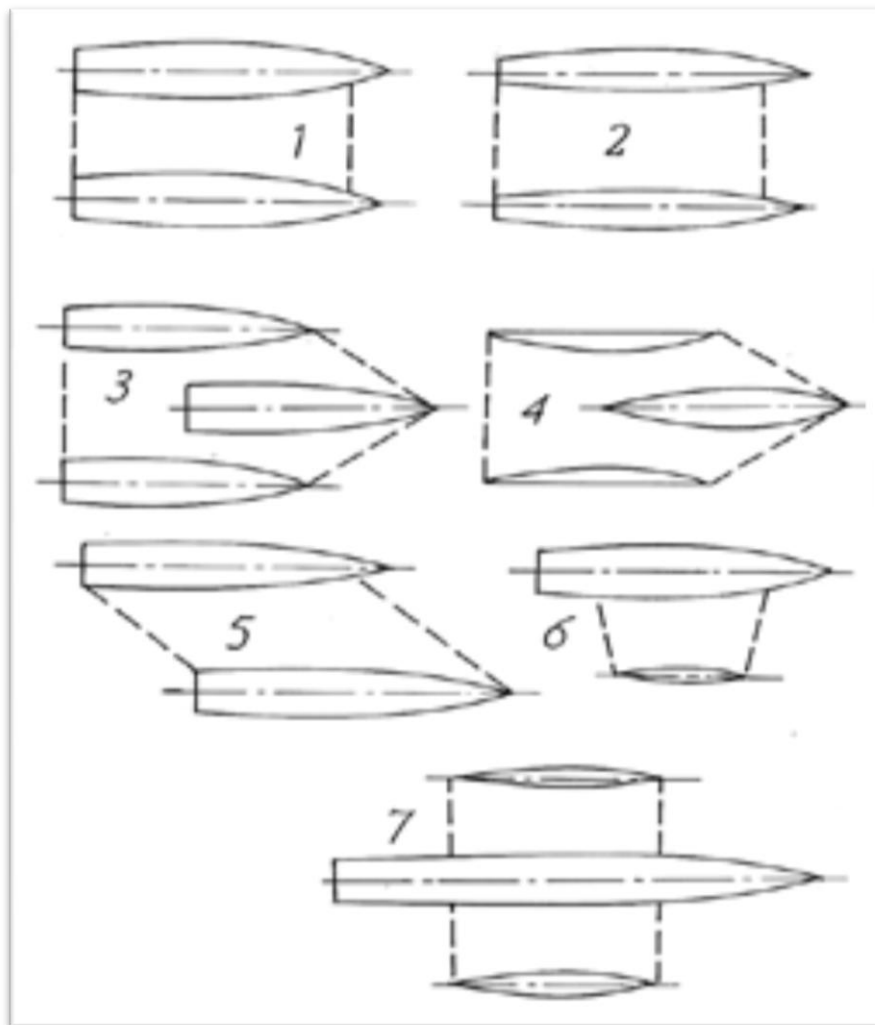
Σχήμα 3.3: Εγκάρσια τομή Catamaran



Σχήμα 3.4: Το Highspeed 5 της Hellenic Seaways εν πλω [18]

3.2.2 Trimarans

Τα trimarans είναι σκάφη που αποτελούνται από μια πολύ λεπτόγραμμη κεντρική γάστρα μεγάλου μεγέθους, που παρέχει σχεδόν το σύνολο της άντωσης και δύο μικρές πλευρικές γάστρες ή εξωτερικά στηρίγματα (outriggers) τα οποία προσφέρουν επαρκή πλευρική ευστάθεια. Η μορφή της γάστρας τους είναι ιδιαίτερα αποδοτική και επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων ή εναλλακτικά τη μείωση της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης. Τα trimarans χαρακτηρίζονται από μεγάλη ωφέλιμη επιφάνεια καταστρώματος, είναι σχετικά απλά στην κατασκευή, ενώ παρουσιάζουν πολύ καλή ευστάθεια έναντι ανατροπής.



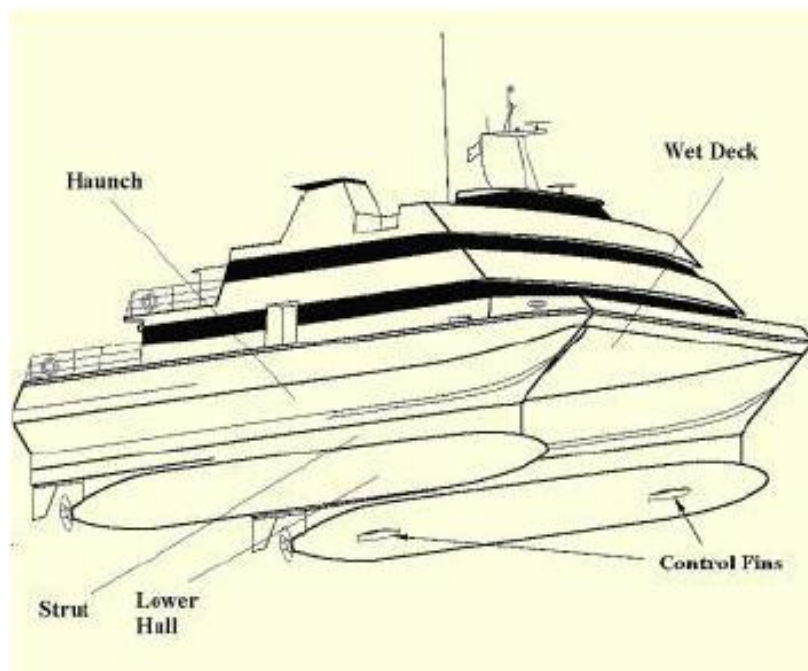
Σχήμα 3.5: Πολύγαστρα πλοία με συμβατικές επιμέρους γάστρες; 1&2-Catamarans με συμμετρικές και μη συμμετρικές γάστρες, 3&4-Trimarans με συμμετρικές και μη συμμετρικές γάστρες, 5-Catamaran με γάστρες μετατοπισμένες κατά το διάμηκες (Staggered Catamaran), 6-Proa, 7-Trimaran [19]

3.2.3 SWATH

Τα πλοία τύπου SWATH θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν σαν μία ειδική κατηγορία catamaran μιας και αποτελούνται επίσης από δύο γάστρες (Σχήμα 3.6). Σκοπός της κατασκευής τους ήταν η μείωση της επίδρασης των κυμάτων στο πλοίο με την ελαχιστοποίηση της επιφάνειας ισάλου και τη βύθιση του εκτοπίσματος μακριά από την ελεύθερη επιφάνεια, που συνεπάγεται εξαιρετική συμπεριφορά σε κυματισμούς. Η άντωση ενός SWATH συγκεντρώνεται στις δύο πλήρως βυθισμένες γάστρες, οι οποίες λόγω του βάθους τους κάτω από την επιφάνεια του νερού επηρεάζονται πολύ λιγότερο από τον κυματισμό. Παρουσιάζουν άρα πολύ μικρή αντίσταση κυματισμού, η οποία όμως αντισταθμίζεται από την αντίσταση τριβής λόγω μεγάλης βρεχόμενης επιφάνειας. Οι ταχύτητες που αναπτύσσουν τα σκάφη αυτά σε ήρεμο νερό υστερούν σε σχέση με τα υπόλοιπα ταχύπλοα. Σε κυματώδη θάλασσα όμως, εκεί που τα υπόλοιπα πλοία αναγκάζονται να μειώσουν δραστικά την ταχύτητα τους τα SWATH, λόγω της εξαιρετικής συμπεριφοράς σε κυματισμούς, μπορούν να συνεχίσουν με σχεδόν αμείωτη ταχύτητα [11].



Σχήμα 3.6: Εγκάρσια τομή SWATH



Σχήμα 3.7: Τυπική μορφή πλοίου SWATH [11]

4 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η προκαταρκτική μελέτη ενός δίγαστρου Επιβατηγού-Οχηματαγωγού πλοίου, το οποίο δεν θα κινείται στις συνηθισμένες υψηλές ταχύτητες των μη συμβατικών σκαφών, αλλά σε μία περιοχή ταχυτήτων αντίστοιχη με αυτή των συμβατικών πλοίων, παρόμοιου μεγέθους. Βασικός στόχος αυτής της μελέτης είναι το υπό μελέτη πλοίο να έχει όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος κατασκευής και λειτουργίας. Αυτό επιτυγχάνεται άμεσα με τη μείωση της ταχύτητας, καθώς μειώνεται δραστικά η κατανάλωση καυσίμου και επομένως το κόστος. Επίσης, σαν υλικό κατασκευής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο απλός ναυπηγικός χάλυβας που είναι σαφώς πιο φθηνός από το αλουμίνιο, που συνήθως χρησιμοποιείται στα ταχύπλοα. Το γεγονός αυτό κάνει το υπό μελέτη πλοίο οικονομικά πιο ανταγωνιστικό έναντι ενός ταχύπλοου, παρόμοιας μεταφορικής ικανότητας.

Η απαίτηση για μεταφορική ικανότητα επιβατών και οχημάτων, πρόσθετο βάρος και ταχύτητα του υπό μελέτη πλοίου είναι:

Μεταφορική Ικανότητα Επιβατών

- Επιβάτες Θέρους: 1600-1800 άτομα
- Επιβάτες Χειμώνα: 1200-1400 άτομα (περίπου το 75% των Επιβατών Θέρους)
- Κλίνες: 130-150

Μεταφορική Ικανότητα Οχημάτων

- Φορτηγά Οχήματα: 450-500 m lanes
- Ι.Χ. Αυτοκίνητα: 95-110

Πρόσθετο Βάρος

- Deadweight: 1800-2200 t

Ταχύτητα

- Περί τους 20 με 21 κόμβους

Σε δύο παλαιότερες διπλωματικές εργασίες, είχε γίνει μελέτη δύο δίγαστρων πλοίων, που κινούνταν σε ταχύτητες συμβατικών σκαφών. Πιο συγκεκριμένα, η διπλωματική εργασία με τίτλο «Μελέτη και Σχεδίαση Επιβατηγού-Οχηματαγωγού Πλοίου Μεσαίου μεγέθους, τύπου Catamaran», από τον Γ. Μιχαλάκο [20] και η διπλωματική εργασία με τίτλο «Μελέτη και Σχεδίαση Δίγαστρου Επιβατηγού-Οχηματαγωγού Πλοίου Μεγάλου Μεγέθους» [21] από τον Σ. Κιουσόπουλο. Τα κύρια χαρακτηριστικά των δύο αυτών πλοίων παρουσιάζονται στη συνέχεια (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1: Κύρια Χαρακτηριστικά υπό σχεδίαση δίγαστρων ΕΓ/ΟΓ πλοίων μεσαίου & μεγάλου μεγέθους

NAME OF VESSEL	ΚΙΟΥΣΟΠΟΥΛΟΣ [21]	ΜΙΧΑΛΑΚΟΣ [20]
NAME	Twin Hull 1	Twin Hull 2
TYPE OF VESSEL	ROPAX	ROPAX
LENGTH OVER ALL (m)	103.94	84.43
LENGTH P.P. (m)	91.72	74.1
MAX BREADTH (m)	32.2	26
DEPTH (MAIN DECK) (m)	9.57	8.125
MAX SUMMER DRAUGHT (m)	5.469	4.5
GROSS TONNAGE (INTERNATIONAL)	17096	8872
TOTAL BREAK HORSE POWER (kW)	16000	8160
LIGHT SHIP (t)	3478.7	1863
DISPLACEMENT - FLD(t)	5129.2	2779
DWT - FLD(t)	1650.5	915
LANE METERS CAPACITY (m) (TRAILERS)	568+122cars	344
CARS CAPACITY	328	87
NUMBER OF PASSENGERS (SUMMER)	2225	1175
NUMBER OF PASSENGERS (WINTER)	1475	799
PASSENGER BERTH	92	28
SERVICE SPEED (Knots)	21	19

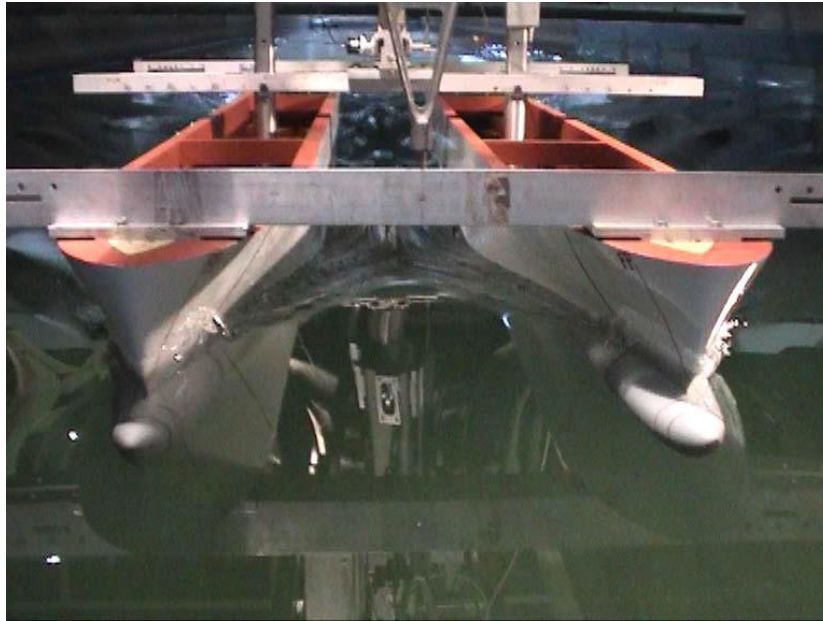
Παρατηρώντας τα στοιχεία των πλοίων φαίνεται ότι η απαίτηση του υπό μελέτη πλοίου για μεταφορά οχημάτων και επιβατών, είναι μεγαλύτερη από το πλοίο που μελέτησε ο Γ. Μιχαλάκος και μικρότερη από το πλοίο που μελέτησε ο Σ. Κιουσόπουλος. Είναι λογικό άρα και οι κύριες διαστάσεις του υπό μελέτη πλοίου να είναι κάπου ενδιάμεσα από τα παραπάνω πλοία.

Ως μια πρώτη προσέγγιση των κύριων διαστάσεων, επιλέγεται το πλάτος να διατηρηθεί ίδιο με το Twin Hull 2 και το μήκος ίδιο με το Twin Hull 1, δηλαδή:

$$L_{BP} = 91.72\text{m}$$

$$B = 26.00\text{m}$$

Πριν οριστικοποιηθούν οι διαστάσεις του υπό μελέτη πλοίου, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι υπολογισμοί της αντίστασης. Στα πλαίσια ενός ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος (CARGOXPRESS 2011) πραγματοποιήθηκαν στη δεξαμενή του Εργαστηρίου Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής του ΕΜΠ, μια σειρά δοκιμών αντίστασης σε ένα πειραματικό πρότυπο δίγαστρου πλοίου (Σχήμα 4.1). Η μελέτη της αντίστασης του προτύπου συνεχίστηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας «Πειραματική και Αριθμητική Διερεύνηση Αντίστασης Δίγαστρου Πλοίου» από τον Κ. Νίκα, το 2012 [22].



Σχήμα 4.1: Πειραματικό Πρότυπο Δοκιμών [22]

Τα πειράματα αυτά έγιναν με μεταβλητές την ισαπόσταση S των ημιγαστρών (απόσταση από C.L σε C.L) και το βύθισμα T για κάθε κατάσταση φόρτωσης. Πιο αναλυτικά, μελετήθηκαν τρεις ισαποστάσεις γαστρών σε κλίμακα προτύπου: οι $S_1= 578$ mm, $S_2= 800$ mm και $S_3= 1000$ mm και πέντε καταστάσεις φόρτωσης οι A_1, A_2, A_3, B_3, C_2 . Οι τρεις πρώτες καταστάσεις είναι ισοβύθιστες με τα αντίστοιχα βυθίσματα T_{A1}, T_{A2}, T_{A3} να παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1. Η κατάσταση B_3 μελετήθηκε με διαγωγή 1m πρύμνηθεν και εκτόπισμα ίδιο με την A_3 , ενώ η κατάσταση C_2 με διαγωγή 0.5m πρύμνηθεν και εκτόπισμα ίδιο με την A_2 . Τα κύρια χαρακτηριστικά του προτύπου είναι:

Πίνακας 4.2: Κύρια Χαρακτηριστικά Προτύπου Δοκιμών

MODEL	
L_{BP}	3.125 m
$B_{Demihull}$	0.297 m
$L_{BP}/ B_{Demihull}$	10.522
T_{A1}	0.146 m
T_{A2}	0.161 m
T_{A3}	0.186 m
S_1	578 mm
S_2	800 mm
S_3	1000 mm

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα υδροστατικά στοιχεία των καταστάσεων φόρτωσης που μελετήθηκαν στα πειράματα:

Πίνακας 4.3: Υδροστατικά Στοιχεία Μοντέλου Δοκιμών [22]

A/A	TRIM	L _{wl} [m]	T [m]	DISP [t]	VOL [m ³]	WSA [m ²]
A1	0	3,309	0,146	0,143	0,146	3,049
A2	0	3,248	0,161	0,164	0,162	2,719
A3	0	3,233	0,186	0,198	0,197	3,061
B3	-0,5	3,233	0,186	0,198	0,197	3,059
C2	-1	3,329	0,161	0,164	0,162	2,703

Για να είναι δυνατή η χρήση των αποτελεσμάτων αντίστασης του μοντέλου δοκιμών, ο λόγος L/B του υπό μελέτη πλοίου πρέπει να ισούται με του προτύπου.

Για τον υπολογισμό του λόγου, είναι γνωστό το μήκος του προτύπου και ίσο $L_{BP}=3.125\text{m}$ (Πίνακας 4.2). Επομένως, πρέπει να καθοριστεί το συνολικό πλάτος του μοντέλου, επιλέγοντας μια από τις τρεις ισαποστάσεις γαστρών που μελετήθηκαν. Στην παρούσα διπλωματική επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί η μικρότερη ισαπόσταση γαστρών, $S_1= 578 \text{ mm}$. Άρα, για το πρότυπο ισχύει:

$$B_{MODEL} = B_{DEMIHULL} + S_1 = 0.297 + 0.578 = 0.875 \text{ m},$$

όπου $B_{DEMIHULL}= 0.297\text{m}$ και $S_1= 0.578\text{m}$ (Πίνακας 4.2)

Ο λόγος του προτύπου L/B θα ισούται με:

$$\frac{L_{BP,MODEL}}{B_{MODEL}} = \frac{3.125}{0.875} = 3.57$$

Το πλάτος θεωρείται $B= 26\text{m}$, όπως είχε προεκτιμηθεί στο προηγούμενο στάδιο. Σύμφωνα με αυτό το πλάτος και το λόγο L/B , προκύπτει το τελικό μήκος του υπό μελέτη πλοίου:

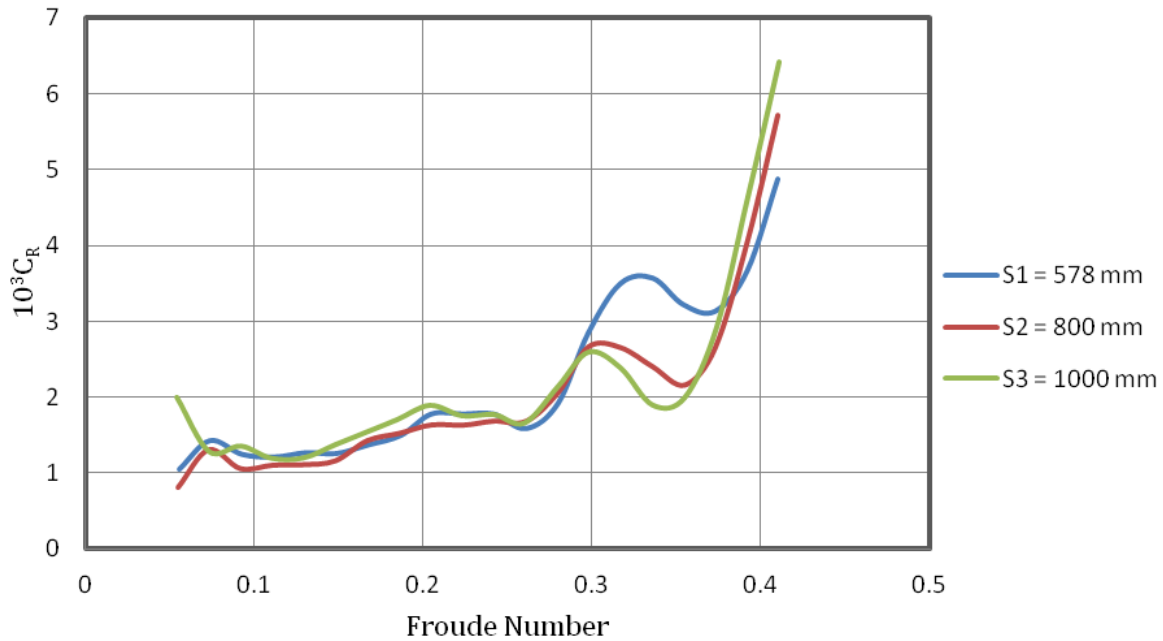
$$\frac{L_{BP,SHIP}}{B_{SHIP}} = 3.57 \Rightarrow L_{BP,SHIP} = 26 \cdot 3.57 \Rightarrow L_{BP,SHIP} = 92.80\text{m}$$

Με βάση την επιλογή αυτή, το υπό μελέτη πλοίο θα έχει πλάτος ίσο με αυτό του Twin Hull 2 και μήκος αυξημένο κατά 1.08m από το μήκος του Twin Hull 1, δηλαδή:

$$L_{BP} = 92.80\text{m}$$

$$B = 26.00\text{m}$$

Από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο προέκυψε το παρακάτω Διάγραμμα 4.1, για το συντελεστή υπόλοιπης αντίστασης C_R . Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζονται τρεις καμπύλες που αντιστοιχούν στις ισαποστάσεις που εξετάστηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, ως συνάρτηση της ταχύτητας, εκφραζόμενη μέσω του αριθμού Froude. Το διάγραμμα αυτό αντιστοιχεί στην ισοβύθιστη κατάσταση A_3 η οποία είναι και η πιο βαριά κατάσταση. Μπορεί να παρατηρηθεί πως ο συντελεστής C_R του προτύπου παρουσιάζει τοπικό ελάχιστο για αριθμούς Froude ίσους με 0.33 και 0.37 για τις δύο μεγαλύτερες ισαποστάσεις S_2 και S_3 , ενώ στην ισαπόσταση S_1 την οποία και μελετάμε, η μείωση του συντελεστή επιτυγχάνεται για Froude 0.34 έως 0.38.



Διάγραμμα 4.1: Συντελεστής Υπόλοιπης Αντίστασης C_R Μοντέλου συναρτήσει του Froude [22]

Για το υπό μελέτη πλοίο αρχικά επιλέγεται υπηρεσιακή ταχύτητα στους 21 κόμβους, μια ικανοποιητική ταχύτητα για τα επιβατηγά-οχηματαγωγά πλοία. Ο αριθμός Froude για την ταχύτητα αυτή υπολογίζεται ως εξής:

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \Rightarrow Fn = \frac{10.81}{\sqrt{9.81 \cdot 92.8}} \Rightarrow Fn = 0.358$$

Βρίσκεται επομένως εντός των ορίων μείωσης του συντελεστή υπόλοιπης αντίστασης C_R .

Στη συνέχεια επιλέγεται ως βύθισμα σχεδίασης T_{DESIGN} αυτό που αντιστοιχεί στην ισοβύθιστη κατάσταση δοκιμών A_2 και ως βύθισμα αντοχής T_{SCANT} αυτό που αντιστοιχεί στην κατάσταση A_3 , (το μεγαλύτερο βύθισμα δοκιμών).

Αρχικά θα πρέπει να υπολογιστεί ο λόγος ομοιότητας λ μοντέλου-πλοίου, ως εξής:

$$\lambda = \frac{B_{SHIP}}{B_{MODEL}} = \frac{26}{0.875} = 29.71$$

$$\text{Άρα } T_{DESIGN,SHIP} = \lambda \cdot T_{A2-Model} = 29.71 \cdot 0.161 = 4.783 \text{ m}$$

$$T_{SCANT,SHIP} = \lambda \cdot T_{A3-Model} = 29.71 \cdot 0.186 = 5.524 \text{ m}$$

Από τον λόγο ομοιότητας υπολογίζεται το πλάτος της κάθε ημιγιάστρας και η μεταξύ τους ισαπόσταση από C.L σε C.L:

$$B_{DEMIHULL,SHIP} = \lambda \cdot B_{DEMIHULL,MODEL} = 29.71 \cdot 0.297 = 8.83 \text{ m}$$

$$S_{SHIP} = \lambda \cdot S_{MODEL} = 29.71 \cdot 0.578 = 17.17 \text{ m}$$

Οι τελικές κύριες διαστάσεις του υπό μελέτη πλοίου φαίνονται στον Πίνακα 4.4:

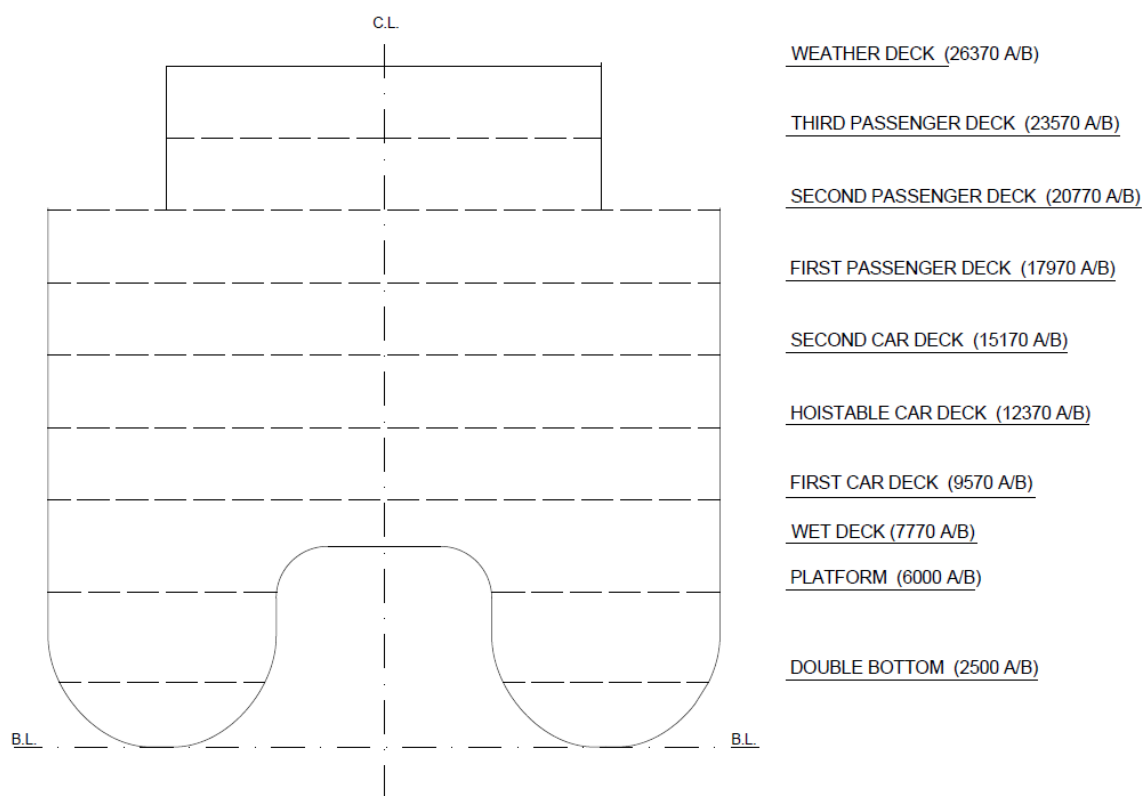
Πίνακας 4.4: Τελικές Διαστάσεις Υπό Μελέτη Πλοίου

SHIP PARTICULARS	
L_{BP} (m)	92.8
B_{SHIP} (m)	26
L_{BP}/B_{SHIP}	3.57
$B_{DEMIHULL}$ (m)	8.83
S (m)	17.17
T_{DESIGN} (m)	4.783
T_{SCANT} (m)	5.524
V_S (kn)	21

5 Ανάπτυξη Προκαταρκτικού Σχεδίου Γενικής Διάταξης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε ο υπολογισμός των βασικών χαρακτηριστικών του υπό μελέτη πλοίου και επομένως τώρα μπορεί να γίνει η εκπόνηση του σχεδίου Γενικής Διάταξης. Κατά την εκπόνηση του σχεδίου, βασικός παράγοντας υπήρξε η τήρηση των απαιτούμενων κανονισμών ενώ στόχος ήταν η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση των χώρων με γνώμονα πάντα την ασφάλεια και την άνεση των επιβατών. Ως βοηθητικά, χρησιμοποιήθηκαν σχέδια Γενικής Διάταξης από ήδη υπάρχοντα πλοία, καθώς και σχέδια που εκπονήθηκαν κατά τη διάρκεια άλλων διπλωματικών εργασιών (Σ. Κιουσόπουλος και Γ. Μιχαλάκος [21], [20]). Πολλά χαρακτηριστικά παρέμειναν ίδια με τα σχέδια αναφοράς, ενώ άλλα μορφοποιήθηκαν σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τις προσωπικές σχεδιαστικές επιλογές.

Οι κύριες διαστάσεις σύμφωνα με τις οποίες θα ξεκινήσει η σχεδίαση δίνονται στο προηγούμενο κεφάλαιο (Πίνακας 4.4). Αρχικά, έγινε ένα προκαταρκτικό σχέδιο της μέσης τομής (Midship Section) ώστε να οριστούν τα ύψη των καταστρωμάτων που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1:



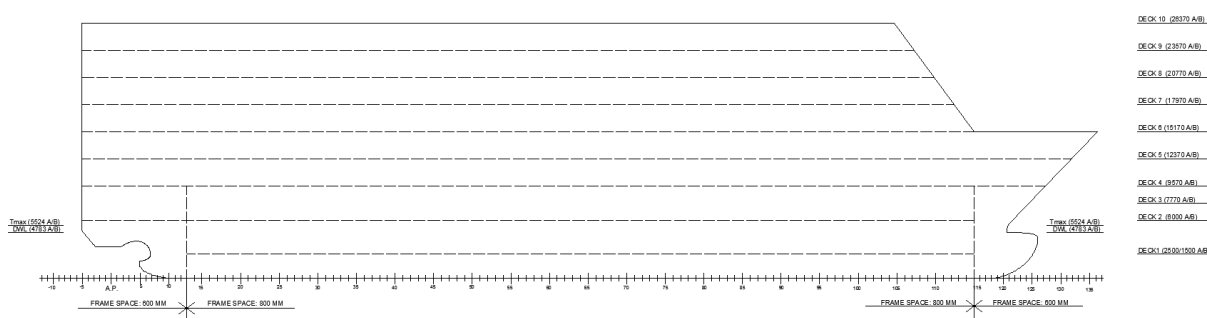
Σχήμα 5.1: Προκαταρκτικό Σχέδιο Μέσης Τομής

Το διπύθμενο (double bottom) τοποθετείται στις δύο ημιγάστρες σε ύψος $h_{DB}= 2.5\text{m}$, καθώς και ένα κατάστρωμα σε ύψος $h= 6\text{m}$. Στη συνέχεια τοποθετείται το Wet Deck, το οποίο θα πρέπει να είναι τοποθετημένο περίπου 3m ψηλότερα από το βύθισμα σχεδίασης T_{DESIGN} για τον περιορισμό της σφυρόκρουσης (slamming) της γάστρας. Άρα το ύψος του Wet Deck ορίζεται στο $h_{WD} = 7.77\text{m}$. Στη συνέχεια, σχεδιάζεται το πρώτο κατάστρωμα αυτοκινήτων (First Car Deck), το οποίο είναι και το κατάστρωμα

στεγανών φρακτών. Το ύψος του ορίστηκε στα 9.57m και η απόστασή του από την ίσαλο σχεδίασης είναι 4.787m. Λόγω του ότι η απόσταση αυτή είναι μεγάλη και πιθανώς να δημιουργήσει πρόβλημα στην επιβίβαση και αποβίβαση των επιβατών και των οχημάτων στα λιμάνια παραμονής, προτείνεται η δημιουργία ενός πρυμναίου καταπέλτη μεγάλου μήκους. Έπειτα, τα υπόλοιπα καταστρώματα που τοποθετούνται μετά το First Car Deck θα έχουν απόσταση μεταξύ τους 2.8m. Τα καταστρώματα αυτά είναι:

- Ανυψούμενο Κατάστρωμα Αυτοκινήτων (Hoistable Car Deck)
- Δεύτερο Κατάστρωμα Αυτοκινήτων (Second Car Deck)
- Τρία Καταστρώματα Επιβατών (Passenger Decks)

Στο Σχήμα 5.2 παρουσιάζεται μια προκαταρκτική σχεδίαση του προφίλ (Profile) του υπό μελέτη πλοίου.



Σχήμα 5.2: Προκαταρκτικό Σχέδιο Προφίλ

Το επόμενο βήμα της μελέτης είναι η σχεδίαση της κάτοψης όλως των καταστρωμάτων σύμφωνα με τους κατάλληλους κανονισμούς και τις σχεδιαστικές επιλογές που έγιναν. Όλα αυτά θα αναλυθούν στη συνέχεια αφού πρώτα γίνει ένας διαχωρισμός στους χώρους που αφορούν τα καταστρώματα κάτω από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών, τα καταστρώματα οχημάτων και τους χώρους ενδιαίτησεως.

5.1 Κατώτερα Καταστρώματα

Ως κατάστρωμα στεγανών φρακτών, όπως αναφέρθηκε και πριν, θεωρήθηκε το πρώτο κατάστρωμα οχημάτων που βρίσκεται σε ύψος $h = 9.57\text{m}$. Κάτω από αυτό και σε κάθε ημιγιάστρα (lower hull), τοποθετήθηκαν δύο καταστρώματα σε ύψος 2.5m (double bottom) και 6m (platform deck). Το Double Bottom επιλέχθηκε να τοποθετηθεί στα 2.5m καθώς θα πρέπει να ικανοποιείται ο κανονισμός της *SOLAS- Ch.II-1- Part B-2 - Regulation 9* που ορίζει ως ελάχιστο ύψος διπλοβόθρου του $h = B/20$. Στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $h = 26/20 = 1.3\text{m}$ και επομένως ο κανονισμός καλύπτεται. Το ύψος που επιλέχθηκε είναι πολύ μεγαλύτερο από το απαιτούμενο, για λόγους ευκολίας στην κατασκευή και συντήρηση και για αυξημένη προστασία σε περίπτωση προσάραξης.

Έπειτα, καθορίζονται οι εγκάρσιοι κατασκευαστικοί νομείς (frames) οι οποίοι επιλέγεται να έχουν ισαπόσταση (frame spacing) 600mm έως το νομέα (frame) 13, από το νομέα 13 μέχρι το νομέα 115 ισαπόσταση 800mm και από το νομέα 115 και πέραθεν 600mm. Ορίζονται επίσης και οι ενισχυμένοι νομείς (web frames), οι οποίοι

τοποθετούνται μέχρι το νομέα 13 κάθε 4 κατασκευαστικούς νομείς ($4 \cdot 0.6 = 2.4\text{m}$), από το νομέα 13 μέχρι το νομέα 115 κάθε 3 κατασκευαστικούς νομείς ($3 \cdot 0.8 = 2.4\text{m}$) και από το νομέα 115 και πλώραθεν πάλι κάθε 4 κατασκευαστικούς νομείς ($4 \cdot 0.6 = 2.4\text{m}$). Άρα η ισαπόσταση των web frames σε όλο το μήκος του πλοίου επιλέγεται να είναι 2.4m. Για τα διαμήκη δευτερεύοντα κατασκευαστικά στοιχεία επιλέχθηκε απόσταση 600mm. Αφού ολοκληρώθηκε ο ορισμός των παραπάνω στοιχείων, ακολουθεί η τοποθέτηση των στεγανών φρακτών, οι οποίες εκτείνονται έως και το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων. Αρχικά ορίζεται η θέση της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης (collision bulkhead) όπως προβλέπουν οι κανονισμοί. Σύμφωνα με την *SOLAS-Ch.II-1-Part B-2-Regulation 12* θα πρέπει η πρωραία φρακτή να είναι υδατοστεγής και να τοποθετηθεί σε απόσταση α , η οποία δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το $0.05L$ ή 10m , όποια απόσταση είναι μικρότερη, και δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $0.08L$ ή $0.05L+3\text{m}$, όποια απόσταση είναι μεγαλύτερη. Σύμφωνα με τον κανονισμό γραμμής φόρτωσης *ILLC (1996)*, που παρατίθεται αναλυτικά σε μετέπειτα κεφάλαιο, υπολογίστηκε το αντίστοιχο μήκος πλοίου που χρησιμοποιείται στους συγκεκριμένους υπολογισμούς $L=94.53\text{m}$ Έτσι έχουμε:

- $\alpha_{\min} = \min(0.05 \cdot L; 10\text{m}) = \min(0.05 \cdot 94.53; 10\text{m}) = \min(4.73\text{m}; 10\text{m}) = 4.73\text{m}$
- $\alpha_{\max} = \max(0.08 \cdot L; 0.05 \cdot L + 3\text{m}) = \max(0.08 \cdot 94.53; 0.05 \cdot 94.53 + 3) = \max(7.56\text{m}; 7.73\text{m}) = 7.73\text{m}$

Ο κανονισμός όμως, λόγω της ύπαρξης βολβοειδούς πλώρης, προβλέπει ότι η μέγιστη και ελάχιστη απόσταση α που υπολογίστηκε, δεν μετράται από την πρωραία κάθετο F.P, αλλά από ένα σημείο πλώραθεν της πρωραίας καθέτου σε απόσταση από αυτή ίση με την μικρότερη απόσταση που προκύπτει από τις ακόλουθες θεωρήσεις:

- Το μέσον της απόστασης από την F.P μέχρι το ακραίο σημείο του βολβού. Για το υπό μελέτη πλοίο, η απόσταση αυτή ισούται με 1.6m.
- Σε απόσταση $0.05L$ μπροστά από την πρωραία κάθετο. Για το υπό μελέτη πλοίο είναι 1.42m από την F.P.
- Σε απόσταση 3m από την πρωραία κάθετο.

Η μικρότερη από αυτές τις αποστάσεις, η οποία είναι 1.42m μπροστά από την πρωραία κάθετο, λαμβάνεται υπόψιν για τον προσδιορισμό της θέσης της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης. Η πρωραία φρακτή σύγκρουσης τοποθετήθηκε στο νομέα 115 και η απόστασή της από το παραπάνω σημείο είναι $\alpha_{coll.b} = 4.82\text{m}$. Παρατηρούμε λοιπόν ότι $\alpha_{\min} \leq \alpha_{cb} \leq \alpha_{\max}$ και επομένως ικανοποιείται ο κανονισμός της SOLAS (2009). Σύμφωνα με τον κανονισμό επίσης, η collision bulkhead θα πρέπει να εκτείνεται μέχρι το επόμενο κατάστρωμα από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών το οποίο είναι το Second Car Deck. Χώροι εργασίας, ανάμεσα σε αυτά τα καταστρώματα και πλώραθεν της συγκεκριμένης φρακτής, επιτρέπεται να κατασκευαστούν μόνο εάν προβλέπονται υδατοστεγείς θύρες.

Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν 9 υδατοστεγείς φρακτές, χωρίζοντας τη κάθε ημιγιάστρα σε 10 διαμερίσματα.

- Διπύθμενο (Double Bottom)

Το διπύθμενο σχεδιάστηκε σε ύψος 2.5m από την baseline και εκτείνεται σε όλο το μήκος των δύο ημιγαστρών από το frame 13 έως και το frame 115 (πρωραία φρακτή σύγκρουσης). Κάτω από το διπύθμενο μεταξύ των νομέων 43-76, κοντά στους χώρους μηχανοστασίου, τοποθετούνται οι δεξαμενές που αφορούν τη μηχανολογική εγκατάσταση, όπως δεξαμενές λιπαντικών και καυσίμων. Οι δεξαμενές στην πλειονότητα τους είναι συμμετρικές στις δύο ημιγαστρες, ως προς τον διαμήκη άξονα συμμετρίας του υπό μελέτη πλοίου. Στην πλώρη τοποθετούνται, η πρωραία δεξαμενή ζυγοστάθμισης Fore Peak Tank (1^ο στεγανό διαμέρισμα) και το σύστημα των bow thrusters (2^ο στεγανό διαμέρισμα), ενώ στη συνέχεια υπάρχουν οι δύο δεξαμενές έρματος No.1 και No.2 Water Ballast Tank (3^ο & 4^ο στεγανό διαμέρισμα). Στο πρυμναίο τμήμα αφήνεται κενός χώρος για να εγκατασταθεί το αξονικό σύστημα της προπέλας.

- Deck 1

Αφού ολοκληρώθηκε το διπύθμενο, στη συνέχεια σχεδιάζονται οι δεξαμενές και τα συστήματα που τοποθετούνται πάνω από αυτό. Στην πλώρη υπάρχουν η fore peak tank και τα bow thrusters, που αποτελούν τη συνέχεια των αντίστοιχων χώρων κάτω από το διπύθμενο. Έπειτα, στο 3^ο στεγανό διαμέρισμα τοποθετούνται τα συστήματα επεξεργασίας πόσιμου νερού, ενώ στο 4^ο στεγανό διαμέρισμα οι δεξαμενές πόσιμου νερού (fresh water tanks) και οι δεξαμενές έρματος ελέγχου της εγκάρσιας κλίσης (heeling tank). Στο 5^ο στεγανό διαμέρισμα, μεταξύ των frames 60-76 τοποθετείται το αντλιοστάσιο (rump room) καθώς και οι δεξαμενές μεταφοράς καυσίμου (HFO Tanks). Το μηχανοστάσιο βρίσκεται στο 6^ο στεγανό διαμέρισμα, όπου τοποθετούνται οι κύριες μηχανές του υπό μελέτη πλοίου μαζί με τους μειωτήρες, ενώ στο επόμενο, 7^ο στεγανό διαμέρισμα, βρίσκεται το σύστημα διαχείρισης λιπαντικών (Lubricating Oil Treatment Room). Τα δύο επόμενα διαμερίσματα προς την πρύμνη διατίθενται για την τοποθέτηση του λοιπού μηχανολογικού εξοπλισμού.

- Platform (Deck 2)

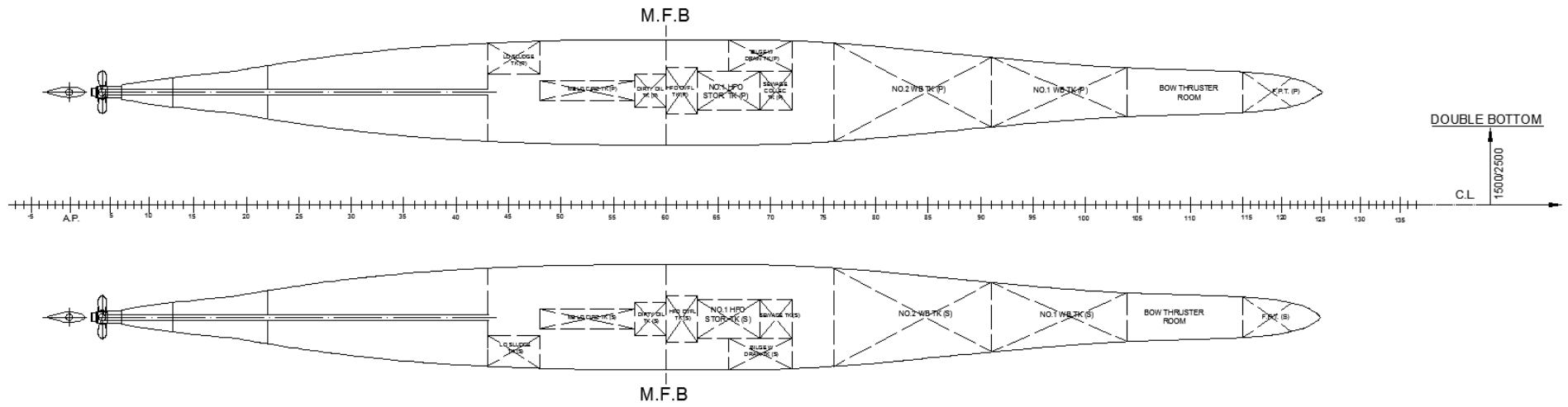
Το κατάστρωμα αυτό τοποθετείται με σκοπό τη διευκόλυνση των εργασιών του πληρώματος και τη δημιουργία χώρων που απαιτούνται για την καλή λειτουργία και συντήρηση της μηχανολογικής εγκατάστασης. Όπως και στο προηγούμενο κατάστρωμα, στην πλώρη βρίσκεται η πρωραία δεξαμενή ζυγοστάθμισης (F.P. tank) και τα bow thrusters που εκτείνονται καθ' ύψος μέχρι και αυτό το κατάστρωμα. Στο επόμενο διαμέρισμα (3^ο) τοποθετείται το σύστημα διαχείρισης κλιματισμού του πλοίου. Στη συνέχεια προβλέπονται δύο διαμερίσματα, από τα οποία το ένα περιέχει τους απαραίτητους βοηθητικούς χώρους όπως το δωμάτιο ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού και ανταλλακτικών, ενώ το άλλο διαμέρισμα περιλαμβάνει τα βοηθητικά μηχανήματα (auxiliary machinery). Η μηχανή λόγω του μεγέθους της φτάνει και ξεπερνάει αυτό το κατάστρωμα επομένως στην περιοχή του μηχανοστασίου, το κατάστρωμα διακόπτεται. Στα διαμερίσματα που βρίσκονται πρύμνηθεν της μηχανής τοποθετούνται οι τρεις ηλεκτρογεννήτριες του πλοίου, δύο εκ των οποίων στη δεξιά (starboard) ημιγαστέρα και μια στην αριστερή (port), διάφορες βοηθητικές δεξαμενές και μια δεξαμενή έρματος. Η πρόσβαση στην πλατφόρμα για το

πλήρωμα γίνεται μέσω κλιμακοστασίων (frame 70, αριστερά και δεξιά) και ενός ανελκυστήρα (αριστερή ημιγιάστρα, frame 82) ενώ τα κλιμακοστάσια οδηγούν και στο Deck 1. Για την περίπτωση ατυχήματος, θα τοποθετηθούν και έξοδοι ανάγκης με κατακόρυφες κλίμακες που οδηγούν από τα στεγανά διαμερίσματα μέχρι το ύψος του hoistable deck. Όπως αναφέρει και ο κανονισμός, εφόσον τα καταστρώματα αυτά βρίσκονται κάτω από το κύριο κατάστρωμα στεγανών φρακτών, όλες οι θύρες επί των στεγανών φρακτών είναι υδατοστεγείς.

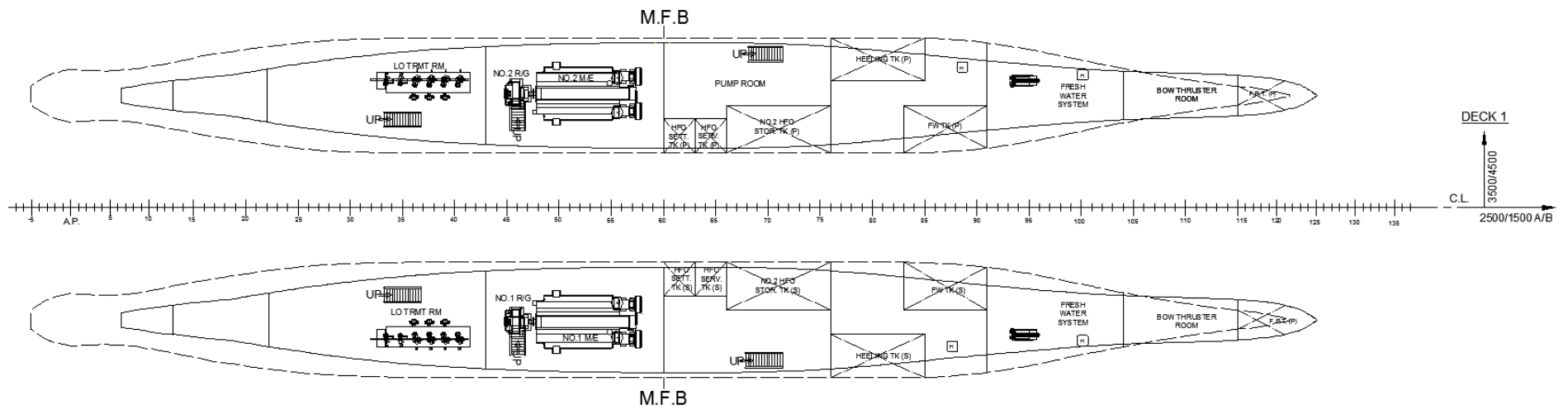
- Wet Deck (Deck3)

Το κατώτερο (εξωτερικό) κατάστρωμα της υπερκατασκευής ονομάζεται wet deck και βρίσκεται σε ύψος $h_{wet.dk}=7.77m$ ενώ απέχει 1.8m από το πρώτο κατάστρωμα οχημάτων. Χωρίζεται από τους χώρους της πλατφόρμας με δύο girders τα οποία έχουν τοποθετηθεί συμμετρικά του διαμήκου άξονα συμμετρίας του υπό μελέτη πλοίου. Καθώς τα διαμερίσματα του wet deck έχουν αφαιρεθεί κενά, δεν υπάρχει και κάτοψή του στο σχέδιο γενικής διάταξης.

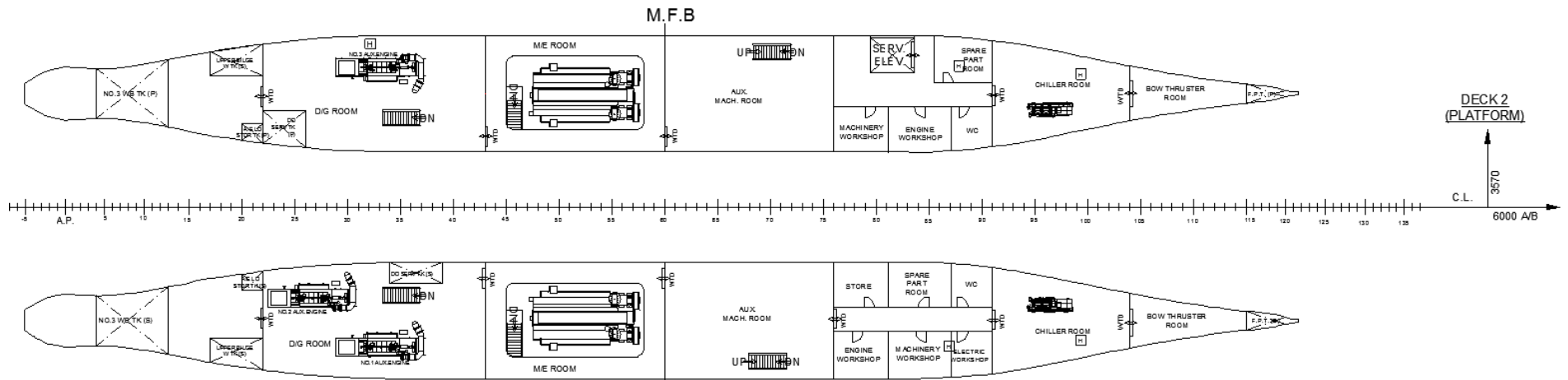
Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κατόψεις των παραπάνω καταστρωμάτων όπως σχεδιάστηκαν στο πρόγραμμα AutoCad:



Σχήμα 5.3: Double Bottom



Σχήμα 5.4: Deck 1



M.F.B
 Σχήμα 5.5: Deck 2 (Platform)

5.2 Καταστρώματα Οχημάτων

Στο επόμενο στάδιο σχεδιάζονται τα καταστρώματα οχημάτων τα οποία είναι το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (First Car Deck), το Ανυψούμενο Κατάστρωμα (Hoistable Deck) και το Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων (Second Car Deck). Στις δύο πλευρές του πλοίου και πάνω από τα διαμερίσματα των μηχανών, έχουν τοποθετηθεί τα Casings. Τα Casings, τα οποία έχουν πλάτος 2.8m και εκτείνονται μέχρι και το Weather Deck (Deck 10), περιλαμβάνουν καπνοδόχους για τα καυσαέρια της κύριας μηχανής και των ηλεκτρογεννητριών, αεραγωγούς για την παροχή αέρα στους χώρους της κύριας μηχανής και των ηλεκτρογεννητριών, κλιμακοστάσια, καθώς και χώρους για τη δίοδο σωληνώσεων και καλωδιώσεων. Κάτι ακόμη που χρειάζεται να σημειωθεί είναι ότι το πλάτος του διαδρόμου που δημιουργείται ανάμεσα στις λωρίδες φόρτωσης (lanes) των φορτηγών και στα casings, σχεδιάστηκε στα 0.7m και θεωρείται ικανοποιητικό για την άνετη κίνηση των οδηγών.

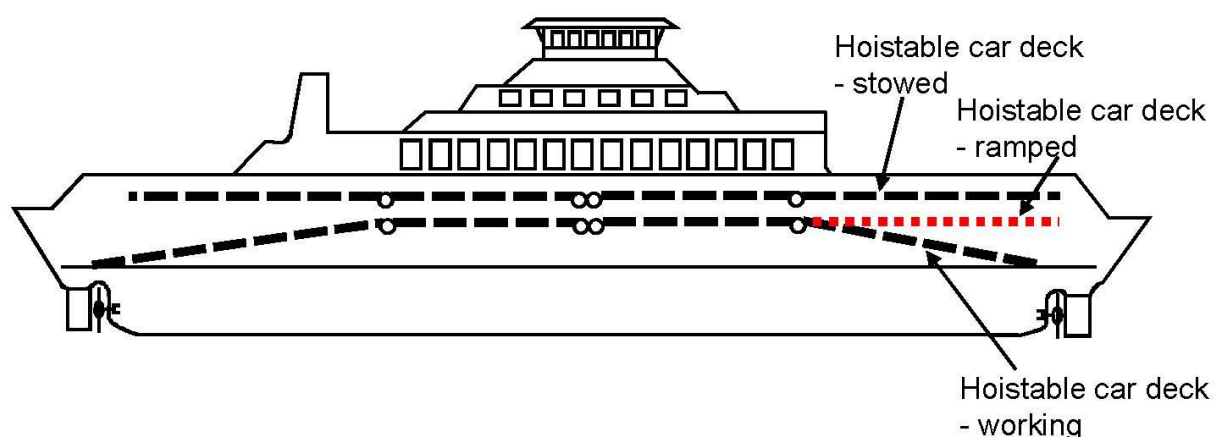
• Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (Deck 4)

Το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων που αποτελεί και το κατάστρωμα στεγανών φρακτών (Watertight Bulkhead Deck), όπως έχει αναφερθεί, τοποθετείται στα 9.57m από τη βασική γραμμή αναφοράς (baseline) και είναι το κατάστρωμα από το οποίο εισέρχονται πρύμνηθεν τα αυτοκίνητα και οι επιβάτες. Στο κατάστρωμα αυτό σχεδιάζονται 6 λωρίδες φορτηγών πλάτους 3m και συνολικού μήκους 464m ανάμεσα στις οποίες έχει αφεθεί χώρος για την τοποθέτηση των υποστυλωμάτων (pillars), που στηρίζουν τα υπερκείμενα καταστρώματα. Ο τρόπος με τον οποίο φορτώνεται το κατάστρωμα εξαρτάται από το εάν χρησιμοποιείται ή όχι το ανυψούμενο κατάστρωμα. Στο προωαίο τμήμα μπορούν να τοποθετηθούν φορτηγά αν δεν χρησιμοποιείται το Hoistable Car Deck (ελεύθερο ύψος περί τα 4.5m) ή Ι.Χ. αν χρησιμοποιείται (ελεύθερο ύψος περί τα 2.8m). Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται το ανυψούμενο κατάστρωμα έχουν προβλεφθεί λωρίδες φορτηγών 176m και 55 Ι.Χ.

Στην περιοχή των Casings, καθώς και στην πλώρη, πώραθεν του νομέα 110 σχεδιάστηκαν χώροι εργασίας του πληρώματος όπως δωμάτια αποθήκευσης, δωμάτια ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, δωμάτια αποθήκευσης απορριμμάτων, τουαλέτες, χώροι συγκέντρωσης αποσκευών κ.α. Στο κατάστρωμα αυτό αρχίζει και η σχεδίαση των μέσων διακίνησης των επιβατών στα καταστρώματα, με κλιμακοστάσια και ανελκυστήρες. Στη πρύμνη του υπό μελέτη πλοίου, που γίνεται η επιβίβαση, σχεδιάστηκαν κλιμακοστάσια που συνδέουν το πρώτο κατάστρωμα οχημάτων με το δεύτερο και στη συνέχεια με το πρώτο κατάστρωμα επιβατών. Στην αριστερή πλευρά έχουν τοποθετηθεί και ηλεκτρικές κυλιόμενες κλίμακες. Τέλος, διατίθεται και ανελκυστήρας για το πλήρωμα, που όπως αναφέρθηκε ξεκινάει από το Deck 2.

- Ανυψούμενο Κατάστρωμα Οχημάτων (Deck 5)

Το Hoistable Deck αποτελεί μια πλατφόρμα οχημάτων που σχεδιάστηκε στο μισό προωαίο τμήμα του πλοίου, από το νομέα 54 μέχρι το νομέα 111 και όταν βρίσκεται σε λειτουργία μπορεί να μεταφέρει έως 56 αυτοκίνητα. Τοποθετείται σε ύψος 12.37m από τη βασική γραμμή αναφοράς και απέχει 2.8m από το first car deck. Η επιβίβαση των οχημάτων στο ανυψούμενο κατάστρωμα γίνεται από μια ράμπα που βρίσκεται στο πρυμναίο άκρο του καταστρώματος, ενώ όταν δεν χρησιμοποιείται ανυψώνεται με κατάλληλο μηχανισμό επιτρέποντας τη χρήση του πρώτου καταστρώματος οχημάτων μόνο για μεταφορά φορτηγών. Ο τρόπος λειτουργίας του φαίνεται στο Σχήμα 5.6:



Σχήμα 5.6: Αρχή Λειτουργίας Hoistable Car Deck [21]

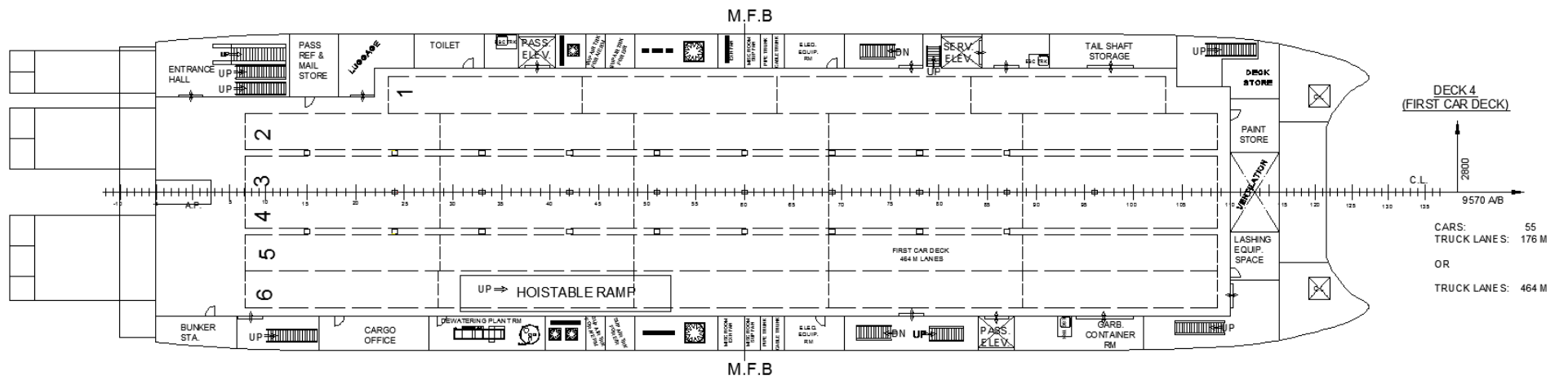
Όταν το κατάστρωμα αυτό βρίσκεται σε λειτουργία, η διακίνηση των επιβατών γίνεται πάλι με κλιμακοστάσια που βρίσκονται στην πλώρη, τα οποία συνεχίζονται από το πρώτο κατάστρωμα οχημάτων και οδηγούν στο δεύτερο, αλλά και από έναν ανελκυστήρα. Στην πλώρη και μπροστά από την φρακτή σύγκρουσης έχουν τοποθετηθεί τα μηχανήματα που εξυπηρετούν τα συστήματα πρόσδεσης και αγκυροβόλησης (mooring equipment), που βρίσκονται στο πιο πάνω κατάστρωμα (Second Car Deck). Στην πρύμνη αντίστοιχα υπάρχει μικρότερου μεγέθους χώρος για τα συστήματα της πρύμνης.

- Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων (Deck 6)

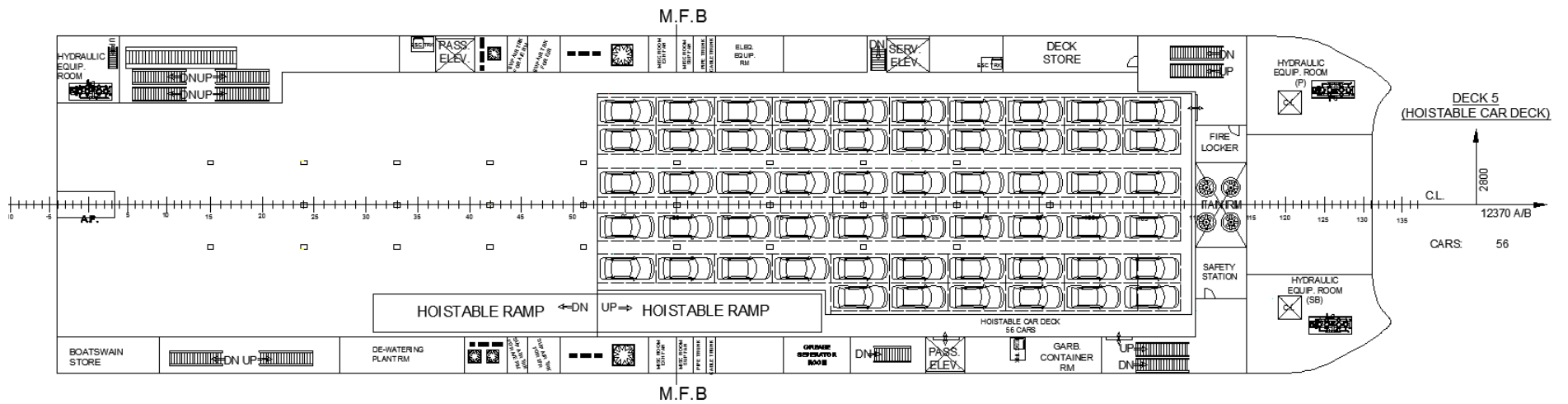
Το Second Car Deck τοποθετείται σε ύψος 15.17m από την baseline και μπορεί να μεταφέρει μέχρι 98 Ι.Χ. επιβατηγά, χωρισμένα σε 6 λωρίδες ανάμεσα στις οποίες έχει αφιερωθεί χώρος για την τοποθέτηση των υποστυλωμάτων (pillars), που στηρίζουν τα υπερκείμενα καταστρώματα. Η πρόσβαση των οχημάτων στο κατάστρωμα αυτό γίνεται από μια ράμπα στη δεξιά πλευρά του πλοίου. Όπως και πριν, δημιουργούνται χώροι εργασιών του πληρώματος, χώροι με μηχανήματα εξαιρισμού, αποθήκες και χώρους συγκέντρωσης αποσκευών, όλα αυτά σε συνέχεια των engine casings. Στην πλώρη και στην πρύμνη, σε εξωτερικούς χώρους τοποθετούνται τα συστήματα πρόσδεσης. Στην πλώρη τα συστήματα εκτείνονται σε όλο το ανοιχτό κατάστρωμα

μέχρι την πρωραία φρακτική σύγκρουσης. Στο πρυμναίο άκρο έχει τοποθετηθεί η ηλεκτρογεννήτρια εκτάκτου ανάγκης (emergency generator), η οποία σύμφωνα με τον κανονισμό της "SOLAS-Chapter II-1-Part D - Regulation 43 - Paragraph 1.2" θα πρέπει να βρίσκεται πάνω από το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα (First Car Deck). Τα κλιμακοστάσια και οι ανελκυστήρες που περιγράφηκαν στα προηγούμενα καταστρώματα συνεχίζονται μέχρι και αυτό το κατάστρωμα ενώ έχουν τοποθετηθεί και τρεις έξοδοι κινδύνου, 2 στην αριστερή και 1 στην δεξιά πλευρά.

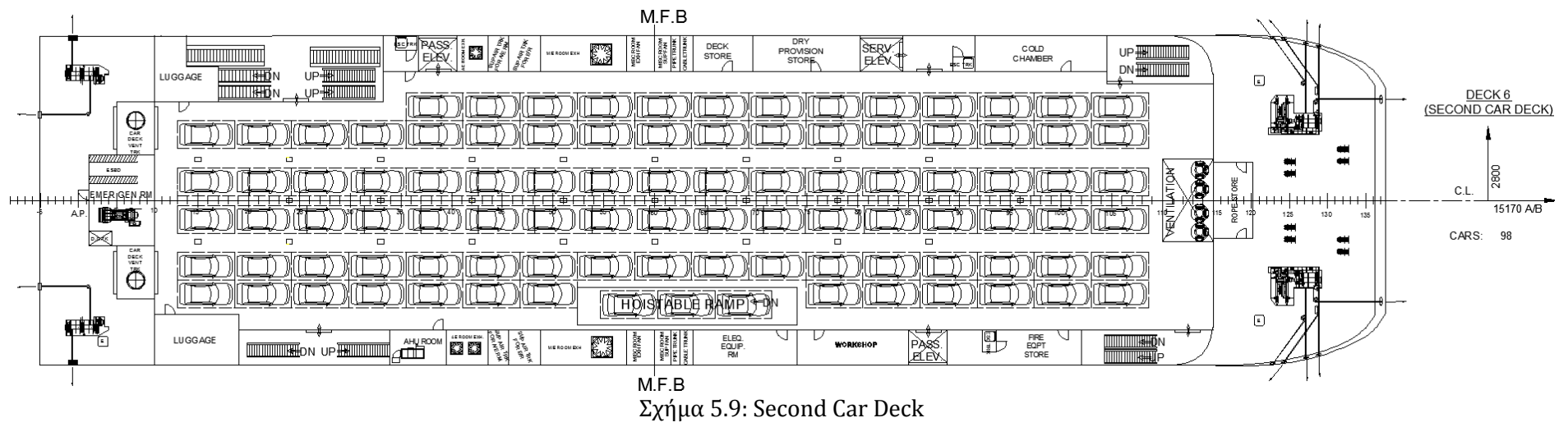
Ακολουθούν οι κατόψεις των τριών καταστρωμάτων οχημάτων όπως αυτά σχεδιάστηκαν στο AutoCad:



Σχήμα 5.7: First Car Deck



Σχήμα 5.8: Hoistable Car Deck



5.3 Καταστρώματα Επιβατών

Αφού ολοκληρώθηκε η σχεδίαση των καταστρωμάτων οχημάτων ακολουθούν τα καταστρώματα επιβατών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ενδιαίτηση των επιβατών και του πληρώματος. Το τελευταίο κατάστρωμα είναι το κατάστρωμα καιρού (weather deck) στο οποίο σχεδιάζονται μόνο χώροι εργασίας του πληρώματος. Όπως έχει αναφερθεί και νωρίτερα, λόγω της μεταφοράς επιβατών πρέπει να ικανοποιούνται πολλοί κανονισμοί ώστε να εγγυάται η ασφάλειά τους. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία και πιο συγκεκριμένα το Π.Δ 44/2011 και το Ν.11637/1986, οι κλειστοί χώροι ενδιαίτησης επιβατών θα πρέπει να εκτείνονται αυστηρά μέχρι την πρωραία φρακτή σύγκρουσης και όχι πρόωραθεν αυτής, σε όλο το ύψος του υπό μελέτη πλοίου. Για το λόγο αυτό, όλα τα καταστρώματα σχεδιάστηκαν μέχρι την πρωραία φρακτή σύγκρουσης ή πρόωραθεν αυτής (Σχήμα 5.2).

Στα καταστρώματα των επιβατών πρέπει να σχεδιαστούν κατάλληλες φρακτές που θα χωρίζουν τους χώρους των καταστρωμάτων σε Κύριες Κατακόρυφες Ζώνες Πυρασφάλειας (Main Fire Vertical Zones), σύμφωνα με την SOLAS Ch.II-2-Part C-Regulation 9- Par.2.2.1 και την ελληνική νομοθεσία Π.Δ.20/2012 για πλοία που μεταφέρουν πάνω από 36 επιβάτες. Οι συγκεκριμένες φρακτές ονομάζονται Main Fire Bulkheads, πρέπει να είναι κλάσης A-60 και έχουν ως στόχο τον περιορισμό μιας ενδεχόμενης πυρκαγιάς σε μια μόνο ζώνη. Σύμφωνα με τον κανονισμό, πρέπει να τοποθετηθούν σε τέτοιο σημείο ώστε οι ζώνες που θα προκύψουν να μην υπερβαίνουν σε μήκος και σε πλάτος τα 48m, ενώ το εμβαδόν τους να μην ξεπερνάει τα 1600m² σε κάθε κατάστρωμα. Οι φρακτές εκτείνονται από κατάστρωμα σε κατάστρωμα και από την μια πλευρά της γάστρας στην άλλη. Στα καταστρώματα οχημάτων, προβλέπονται διαφορετικοί τρόποι πυρασφάλειας διότι αν τοποθετηθούν φρακτές, ουσιαστικά ακυρώνεται ο βασικός ρόλος λειτουργίας τους και εμποδίζεται η εκμετάλλευση ολόκληρου του καταστρώματος. Επομένως, η Main Fire Bulkhead τοποθετείται στο νομέα 60 και προεκτείνεται μέχρι και το Weather Deck.

Η διάταξη των χώρων ενδιαίτησης βασίστηκε στην ελληνική νομοθεσία και πιο συγκεκριμένα, για τους χώρους επιβατών στο προεδρικό διάταγμα Π.Δ.44/2011 και για τους χώρους πληρώματος στο νόμο Ν.1594/1986. Κατά τη διάρκεια της σχεδίασης παρουσιάστηκαν κάποιες αποκλίσεις προς τα πάνω σε σχέση με τις ελάχιστες απαιτήσεις των κανονισμών, διότι λήφθηκε υπόψη η μεγαλύτερη άνεση των επιβατών και η ευκολία σχεδίασης.

Στο σχέδιο συναντάμε διαφόρων ειδών κλίμακες που κάποιες είναι ευθείες, κάποιες κάνουν αναστροφή 180° στο μέσο μεταξύ δύο καταστρωμάτων, αλλά όλες έχουν κλίση 35°. Για το πλάτος τους υπάρχουν διεθνείς κανονισμοί του IMO (ResA.757(18) 1993), αλλά λόγω έλλειψης μελέτης εγκατάλειψης του πλοίου, επιλέχθηκε πλάτος από 0.9m έως 1.5m το οποίο κρίθηκε ικανοποιητικό για την άνετη μετακίνηση των επιβατών από κατάστρωμα σε κατάστρωμα.

• Πρώτο Κατάστρωμα Επιβατών (Deck 7)

Το κατάστρωμα αυτό βρίσκεται σε ύψος 17.97m από την baseline και έχει ύψος 2.8m. Αποτελείται κυρίως από κλειστούς χώρους επιβατών αλλά κι εξωτερικούς χώρους στην πρύμνη, πρύμνηθεν από το νομέα 14. Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός έγινε με γνώμονα την καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου αλλά και την μεγαλύτερη άνεση των επιβατών. Στο first passenger deck σχεδιάστηκαν σαλόνια επιβατών, εστιατόριο self-service, αεροπορικές θέσεις και χώρος snack bar. Στο μέσο του πλάτους και σχεδόν κατά το μέσον του μήκους, σχεδιάστηκαν χώροι εξυπηρέτησης των επιβατών (reception), χώροι εργασιών του πληρώματος, αποχωρητήρια και κλιμακοστάσια. Οι ανελκυστήρες των επιβατών έχουν τοποθετηθεί σε συνέχεια από τα καταστρώματα αυτοκινήτων ενώ ο ανελκυστήρας του πληρώματος τοποθετήθηκε σε θέση που διευκολύνεται η μεταφορά προμηθειών από το κατάστρωμα οχημάτων μέχρι τα ανώτερα καταστρώματα επιβατών. Οι συνολικές εσωτερικές θέσεις επιβατών του καταστρώματος αυτού είναι 817 και οι θέσεις που βρίσκονται στον εξωτερικό χώρο (sun deck) είναι 204.

Στο κατάστρωμα αυτό έχουν τοποθετηθεί τέσσερα συστήματα έκτακτης εγκατάλειψης του πλοίου (Marine Evacuation Systems), από τα οποία δύο βρίσκονται στο πρυμναίο τμήμα και δύο στο πρωραίο. Επιλέγονται τα συστήματα της εταιρίας VIKING (VIKING 2006a) και μέσω αυτών υπάρχει η δυνατότητα εκκένωσης του σκάφους 736 ατόμων σε 30 λεπτά από κάθε πλευρά. Τα M.E.S τοποθετούνται σε αυτό το κατάστρωμα διότι σύμφωνα με τον κατασκευαστή θα πρέπει να βρίσκονται σε ύψος 10-18m από την επιφάνεια της θάλασσας (το κατάστρωμα αυτό απέχει 13.2m από το βύθισμα σχεδίασης).

• Δεύτερο Κατάστρωμα Επιβατών (Deck 8)

Το Δεύτερο Κατάστρωμα Επιβατών βρίσκεται σε ύψος 20.77m και έχει ύψος 2.8m. Στο πρωραίο τμήμα του καταστρώματος, σχεδιάζονται καμπίνες επιβατών οι οποίες εκτείνονται μέχρι περίπου το μέσο του πλοίου κατά το διάμηκες και μπορούν να φιλοξενήσουν δύο ή τέσσερα άτομα. Στη συνέχεια κατασκευάζεται το σαλόνι Α' θέσης με bar και στη συνέχεια αεροπορικές θέσεις που εξυπηρετούνται από κυλικείο. Όλοι οι υπόλοιποι χώροι έχουν αφεθεί ανοιχτοί με καθίσματα και είναι διαθέσιμοι για τους επιβάτες. Τα κλιμακοστάσια και οι ανελκυστήρες, που εξυπηρετούν τους επιβάτες, τοποθετούνται σε ανάλογα σημεία με τα παρακείμενα καταστρώματα. Για τους επιβάτες διατίθενται επίσης δύο χώροι με αποχωρητήρια, που χωρίζονται σε ανδρών και γυναικών. Ο ένας χώρος τοποθετείται έτσι ώστε να εξυπηρετούνται οι καμπίνες και ο άλλος χώρος εκεί που βρίσκονται οι αεροπορικές θέσεις. Συνολικά στο Second Passenger Deck υπάρχουν 271 θέσεις στους κλειστούς χώρους, 264 θέσεις στους ανοιχτούς χώρους και 110 κλίνες επιβατών.

• Τρίτο Κατάστρωμα Επιβατών (Deck 9)

Το ύψος του καταστρώματος αυτού είναι στα 23.57m και αποτελείται από κλειστούς χώρους πληρώματος (χώροι εργασίας και καμπίνες) και επιβατών, καθώς και ανοιχτούς χώρους επιβατών. Η πρόσβαση μπορεί να γίνει, εκτός από τις κλίμακες και τους ανελκυστήρες που έχουν αναφερθεί ήδη, από κλιμακοστάσια που βρίσκονται στους εξωτερικούς χώρους της πρύμνης του Δεύτερου Καταστρώματος Επιβατών.

Στην πλήρη τοποθετείται η γέφυρα του πλοίου, η οποία εκτείνεται και πέρα από τις πλευρές του πλοίου ώστε να υπάρχει ορατότητα προς την πρύμνη. Στη συνέχεια σχεδιάζονται οι χώροι εστίασης του πληρώματος και οι καμπίνες των αξιωματικών, ενώ στη συνέχεια τοποθετούνται οι καμπίνες του πληρώματος που είναι είτε δίκλινες, είτε τετράκλινες. Από τη Main Fire Bulkhead και πρύμνηθεν, έχουν τοποθετηθεί καμπίνες επιβατών μεταξύ των οποίων και καμπίνες που εξυπηρετούν άτομα με ειδικές ανάγκες. Οι κλίνες μπορούν να φιλοξενήσουν 48 επιβάτες ενώ υπάρχουν και 61 καμπίνες κατώτερου πληρώματος και αξιωματικών.

Στους εξωτερικούς χώρους υπάρχουν 260 διαθέσιμες θέσεις επιβατών και επίσης οι χώροι αυτοί διαθέτουν σκέπαστρο για τον ήλιο. Στο πρυμναίο μέρος έχουν τοποθετηθεί οι τέσσερις (δύο σε κάθε πλευρά) σωστικές λέμβοι του πλοίου. Οι λέμβοι αυτές, οι οποίες είναι τύπου MPC32 της εταιρείας SCHAT HARDING (SCHAT HARDING 2011), είναι ημι-ανοιχτού τύπου και μπορούν να μεταφέρουν 150 άτομα έκαστη.

• Κατάστρωμα Καιρού (Deck 10)

Αποτελεί το τελευταίο κατάστρωμα και βρίσκεται σε ύψος 26.37m ενώ είναι εκτεθειμένο εξ' ολοκλήρου στις καιρικές συνθήκες. Στο κατάστρωμα αυτό τοποθετούνται οι δύο βάρκες ταχείας διάσωσης (rescue boats) καθώς και πνευστές σωσίβιες σχεδίες (liferafts). Οι βάρκες ταχείας διάσωσης είναι τύπου 470GRP1 της εταιρείας VIKING (VIKING 2006c), ενώ οι σωσίβιες σχεδίες είναι τύπου 16DK της ίδιας εταιρείας (VIKING 2006b) και μπορούν να μεταφέρουν 16 άτομα η καθεμία. Το weather deck είναι προσβάσιμο μόνο από το πλήρωμα μέσω εξωτερικών κλιμάκων που βρίσκονται στον ανοιχτό χώρο του Τρίτου Καταστρώματος Επιβατών. Τέλος, στο κατάστρωμα αυτό έχουν τοποθετηθεί οι δύο υπομονάδες της κεντρικής μονάδας κλιματισμού (Air Handling Unit). Οι υπομονάδες αυτές αντιστοιχούν στους κλειστούς χώρους επιβατών, στις καμπίνες και στους χώρους εργασίας του πληρώματος

Μεταφορική Ικανότητα

Ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός επιβατών που μπορούν να ταξιδέψουν τον χειμώνα και το καλοκαίρι, ανάλογα με τις θέσεις επιβατών σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, υπολογίστηκε σύμφωνα με το Π.Δ 44/2011 και καθορίστηκε ως ακολούθως:

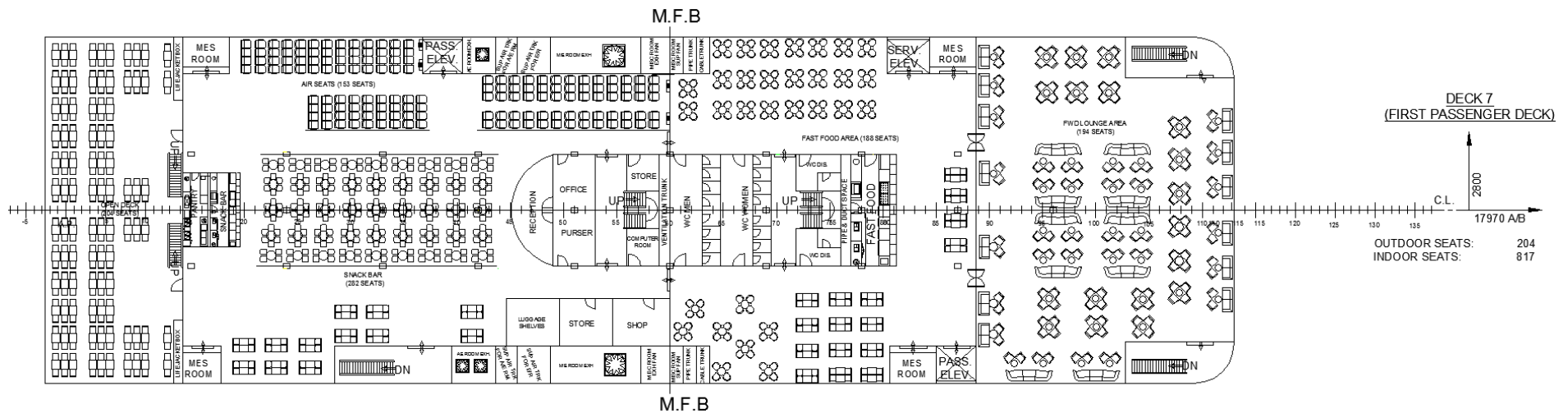
Επιβάτες Χειμώνα: 1350

Επιβάτες Θέρους: 1780

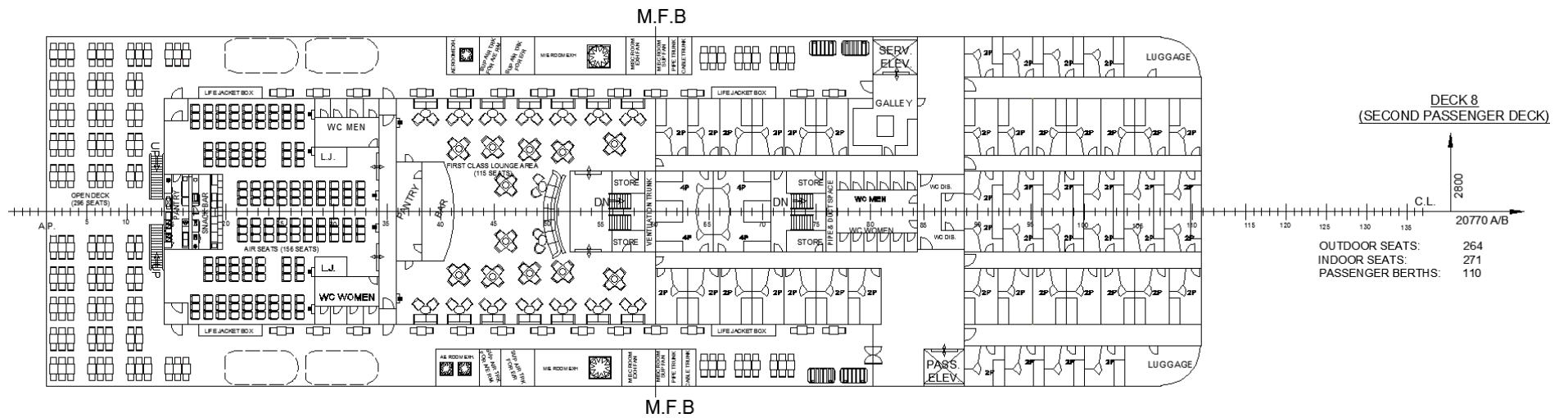
Τα οχήματα που μπορούν να μεταφερθούν χωρίς τη χρήση του Ανυψούμενου Καταστρώματος (Hoistable Car Deck) είναι:

Φορτηγά: 464m truck lanes

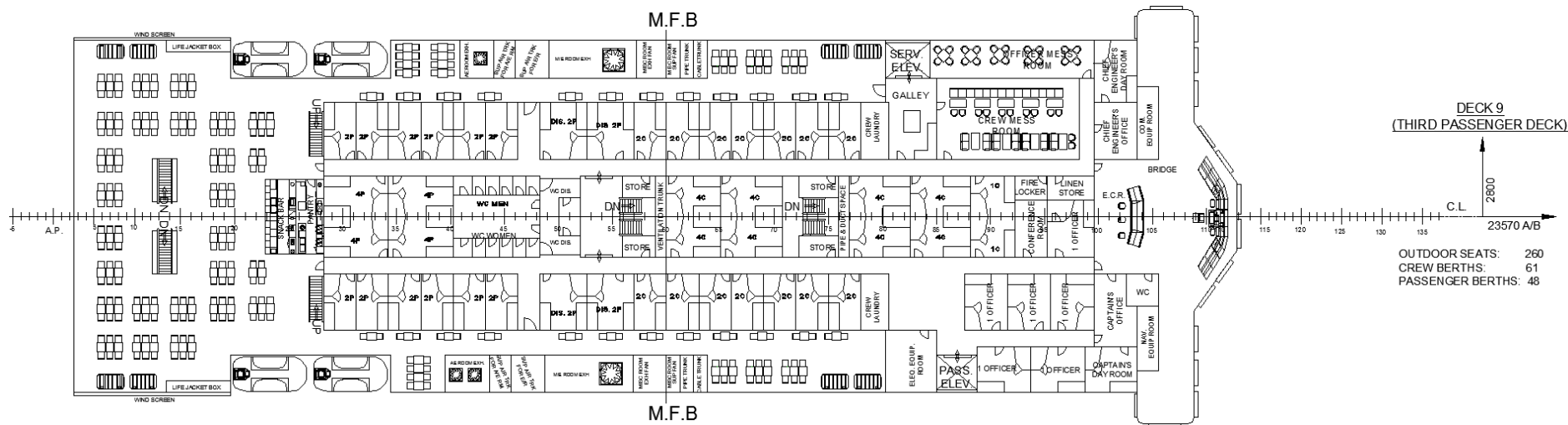
I.X.: 98



Σχήμα 5.10: First Passenger Deck



Σχήμα 5.11: Second Passenger Deck



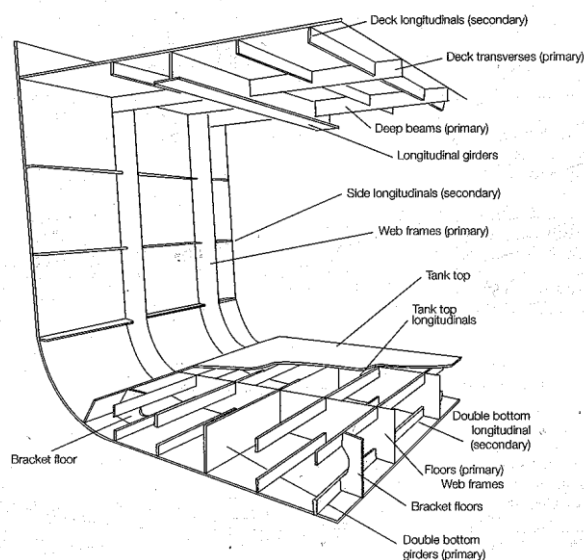
Σχήμα 5.12: Third Passenger Deck

6 Υπολογισμός Μεταλλικής Κατασκευής

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η προμελέτη της αντοχής του υπό μελέτη πλοίου με στόχο την καλύτερη δυνατή προσέγγιση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής. Ο υπολογισμός αποσκοπεί στον καθορισμό του πάχους των ελασμάτων και των διαστάσεων των διαμήκων και εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων, από όπου θα προκύψουν και τα αντίστοιχα βάρη της μεταλλικής κατασκευής W_{St} . Η αντοχή του πλοίου θα υπολογιστεί σύμφωνα με τους κανονισμούς του Γαλλικού Νηογνώμονα για ταχύπλοα σκάφη (BV 2002 High Speed Craft). Εφόσον το πλοίο δεν είναι ταχύπλοο, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν οι αντίστοιχοι κανονισμοί για συμβατικά σκάφη, αλλά επειδή οι τελευταίοι αφορούν μονόγαστρα πλοία, επιλέχθηκαν οι κανονισμοί των ταχυπλών επειδή καλύπτουν και τα δίγαστρα σκάφη, όπως είναι το υπό μελέτη.

Για τη μελέτη των διαμήκων ενισχυτικών και ελασμάτων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό MARSPEED του Γαλλικού Νηογνώμονα, το οποίο βασίζεται στους κανονισμούς του νηογνώμονα. Το λογισμικό αυτό διατίθεται δωρεάν στο διαδίκτυο και μπορεί να υποστηρίξει μονόγαστρα και πολύγαστρα σκάφη και να συνδυάσει και τα δύο πιθανά είδη υλικών κατασκευής (χάλυβας και αλουμίνιο). Για τα κύρια κατασκευαστικά στοιχεία (web frames και girders) έγινε αναλυτικός υπολογισμός όπως προδιαγράφεται στους κανονισμούς. Επίσης υπολογίστηκαν αναλυτικά οι έδρες του διπυθμένου και του wet deck, τα pillars, τα μπρακέτα, οι φρακτές των χώρων επιβατών και οχημάτων, καθώς και οι στεγανές φρακτές των κυτών του πλοίου κάτω του κυρίου καταστρώματος. Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν στο βύθισμα $T_{SCANT}=5.524m$, ενώ χρησιμοποιήθηκε απλός ναυπηγικός χάλυβας με Yield Stress $250 N/mm^2$, Young Modulus $206000 N/mm^2$ και ειδικό βάρος $7.9 t/m^3$.

Το υπό μελέτη πλοίο επιλέχθηκε να ενισχυθεί, όπως συνηθίζεται σε τέτοιου τύπου ταχύπλοα catamaran, με διάμηκες σύστημα ενίσχυσης. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6.1, σε αυτού του είδους την ενίσχυση τοποθετούνται εγκάρσιοι ενισχυμένοι νομείς (web frames) σε απόσταση συνήθως 1.2m έως 2.4m, όπως επίσης και διαμήκη ενισχυτικά σε σχετικά μικρή απόσταση μεταξύ τους [24].



Σχήμα 6.1: Διάμηκες Σύστημα Ενίσχυσης

Η απόσταση των ενισχυμένων νομέων, που επιλέχθηκε ήταν 2.4m, δηλαδή κάθε τρεις κατασκευαστικούς νομείς. Στη διαμήκη αντοχή συμμετέχει όλη η γάστρα μέχρι και το First Passenger Deck, επομένως το κατάστρωμα αντοχής (Strength Deck) ορίζεται στα 17.97m.

6.1 Υπολογισμός Ελασμάτων και Δευτερευόντων Διαμήκων Ενισχυτικών

Για να υπολογιστούν τα διαμήκη ενισχυτικά του υπό μελέτη πλοίου, εκτός από girders των καταστρωμάτων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό MARSPEED. Για την εξαγωγή ικανοποιητικών αποτελεσμάτων, τα οποία θα προσομοιάζουν σε μεγάλο βαθμό την πραγματική γάστρα, εισήχθησαν εφτά εγκάρσιες τομές του υπό μελέτη πλοίου κατά το διάμηκες. Το σχέδιο των γραμμών αυτών προσαρμόστηκε από τις γραμμές του προτύπου σύμφωνα με το οποίο γίνεται και η παρούσα μελέτη. Αφού εισάγουμε τις τομές, και ορίσουμε το πάχος των ελασμάτων και τις διαστάσεις των ενισχυτικών, το MARSPEED ελέγχει τα ελάσματα των καταστρωμάτων, τα ελάσματα του περιβλήματος της γάστρας, τα διαμήκη ενισχυτικά του περιβλήματος και των καταστρωμάτων και επιπλέον την κεντρική και τις πλευρικές σταθμίδες (center and side girders), που ενώνουν το First Car Deck με το Wet Deck.

Στον Πίνακα 6.1, παρατίθενται τα βασικά δεδομένα που έπρεπε να εισαχθούν στο MARSPEED. Οι ορισμοί τους δίνονται στο εγχειρίδιο του λογισμικού και στους κανονισμούς "Rules for the Classification of High Speed Craft" του νηογνώμονα (BV 2002).

Πίνακας 6.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Πλοίου για MARSPEED

<i>General Particulars for MARSPEED</i>	
L_{SCANT} [m]	95.98
B [m]	26.00
B_{WL} [m]	8.83
C_B	0.525
V [kn]	21
D [m]	17.97
T_{SCANT} [m]	5.52
S.W.B.M. Hogging [kN·m]	100000
S.W.B.M. Sagging [kN·m]	100000

Για τις δύο καμπτικές ροπές (Still Water Bending Moments) δεν υπήρχε η δυνατότητα υπολογισμού τους στη παρούσα φάση κι έτσι εισήχθησαν κατά προσέγγιση τα παραπάνω νούμερα.

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν οι εγκάρσιες τομές στις παρακάτω αποστάσεις από την πρυμναία κάθετο A.P:

- -3m
- 12m
- 21m
- 30-61m
- 71m
- 86m
- 92m

Στο τμήμα 30-61m, που αντιπροσωπεύει το παράλληλο τμήμα, γίνεται μία παραδοχή ότι οι φορτίσεις είναι ίδιες.

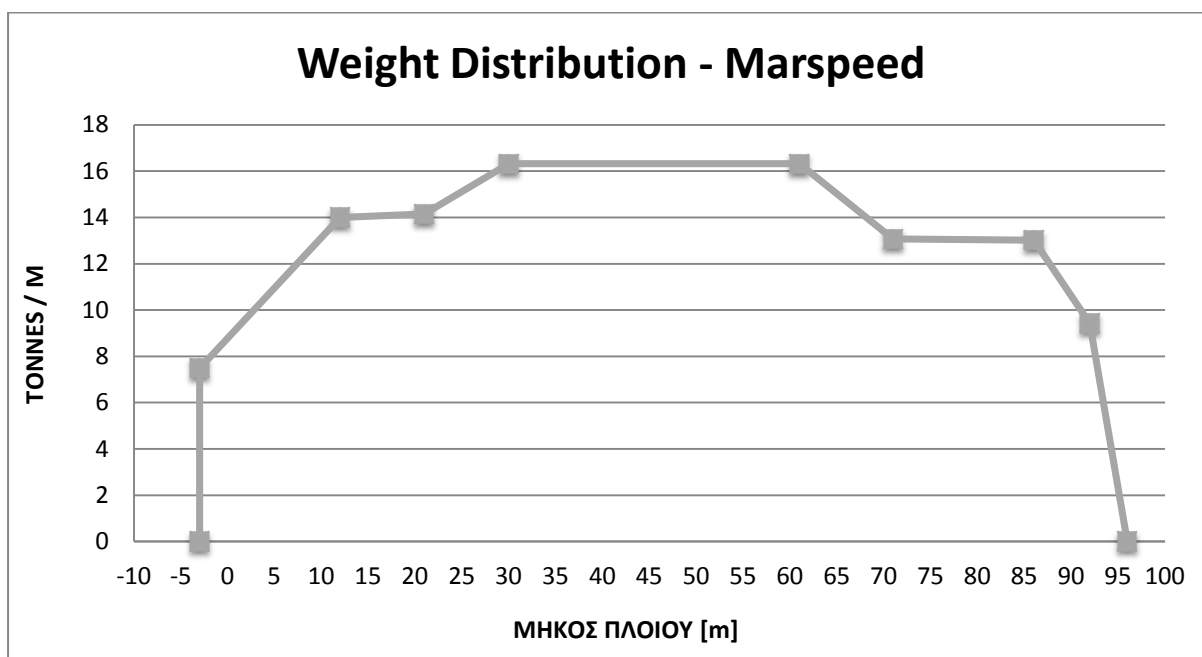
Αφού εισαχθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία, έπειτα καθορίζονται οι θέσεις, τα πάχη και το μήκος των ελασμάτων, η ισαπόσταση, ο τύπος και το μέγεθος των ενισχυτικών και η ισαπόσταση των web frames. Όπως αναφέρθηκε και πιο πριν τα web frames τοποθετήθηκαν κάθε 2.4m, κάθε τρεις κατασκευαστικούς νομείς δηλαδή. Το πρόγραμμα υπολογίζει ένα ελάχιστο πάχος ελάσματος ενώ πρέπει να προστεθεί και ένα περιθώριο διάβρωσης. Το περιθώριο αυτό εξαρτάται από την περιοχή που βρίσκεται το έλασμα και κυμαίνεται από 0mm έως 4mm, για κάθε πλευρά του ελάσματος. Με αυτόν τον τρόπο άρα υπολογίζονται τα πάχη, ενώ για τα ελάσματα που δεν συμμετέχουν στη διαμήκη αντοχή, επιλέγεται πάχος 4mm. Τα διαμήκη ενισχυτικά τοποθετούνται με ισαπόσταση 600mm όσο δηλαδή και ισαπόσταση των διαμήκων κατασκευαστικών νομέων. Εξάριση αποτελούν τα ενισχυτικά που βρίσκονται στο πρώτο και δεύτερο κατάστρωμα οχημάτων. Τα δύο αυτά καταστρώματα μεταφέρουν μεγαλύτερο βάρος λόγω οχημάτων και φορτηγών, επομένως για να επιτευχθεί η απαραίτητη αντοχή καταστρώματος τα διαμήκη ενισχυτικά τοποθετούνται σχεδόν στη μισή απόσταση από τα άλλα καταστρώματα. Επειδή όμως το πρόγραμμα αυτό δεν μπορεί να υπολογίσει τις ακριβείς φορτίσεις των οχημάτων και φορτηγών και τα ελάχιστα προτεινόμενα πάχη ελασμάτων και ενισχυτικών είναι πολύ μικρά, χρησιμοποιήθηκαν τα πάχη από υπαρκτά επιβατηγά πλοία με δυνατότητα μεταφοράς οχημάτων παρόμοιου μεγέθους και βάρους.

Το MARSPEED δίνει αποτελέσματα για την ελάχιστη ροπή αντίστασης κάθε εγκάρσιας τομής, σύμφωνα με την οποία επιλέγονται οι διαστάσεις των ενισχυτικών. Ο τύπος των ενισχυτικών επιλέχθηκε να είναι Bulb Flat (DIN standards) και οι διαστάσεις τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η ελάχιστη απαίτηση.

Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του MARSPEED, δηλαδή η κατανομή του βάρους ανά μέτρο για κάθε διατομή και το κέντρο βάρους της διατομής. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και σχηματικά τα αποτελέσματα για το βάρος ανά τρέχον μέτρο κατά μήκος του πλοίου (Διάγραμμα 6.1).

Πίνακας 6.2 Αποτελέσματα Εφαρμογής MARSPEED

Distance from A.P. [m]	Weight [t/m]	VCG [m]
-3	7.479	9.728
12	13.995	12.287
21	14.151	11.575
30	16.328	10.874
61	16.328	10.874
71	13.077	12.544
86	13.013	12.72
92	9.424	8.61



Διάγραμμα 6.1: Κατανομή Βάρους Ελασμάτων και Δευτερευόντων Διαμήκων Κατασκευαστικών Στοιχείων

Αφού ολοκληρώθηκε ο υπολογισμός της κατανομής βάρους από το πρόγραμμα, από το σχήμα που σχεδιάστηκε και με ολοκλήρωση με τη μέθοδο των τραπεζίων, προκύπτει το ολικό βάρος των ελασμάτων και των διαμήκων ενισχυτικών. Έπειτα εφαρμόζεται το θεώρημα των ροπών, με δεδομένη τη διαμήκη θέση της κάθε διατομής, και υπολογίζεται το διάμηκες κέντρο βάρους LCG του συνολικού βάρους. Το πρόγραμμα υπολογίζει και το KG της κάθε διατομής, επομένως με την ίδια μέθοδο υπολογίζεται και το VCG του συνολικού βάρους. Προκύπτει άρα:

Πίνακας 6.3: Συνολικό Βάρος Διαμήκων Ενισχυτικών

MARSPEED	
W [t]	1359.89
LCG [m]	46.66
VCG [m]	11.31

6.2 Κύρια Κατασκευαστικά Στοιχεία

Τα girders, τα web frames, τα pillars και οι φρακτές αποτελούν τα κύρια κατασκευαστικά στοιχεία του πλοίου. Οι ενισχυμένοι νομείς (web frames) είναι εγκάρσια ενισχυτικά με διατομή τύπου T. Η απόσταση μεταξύ τους δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη και εξαρτάται και από την ισαπόσταση των κατασκευαστικών νομέων. Εκτός από τις πλευρές του πλοίου τοποθετούνται και κάτω από τα καταστρώματα (transverse deck beams), ενώ προεκτείνονται και κάτω από το διπύθμενο σχηματίζοντας συμπαγείς ή ανοιχτές έδρες (solid/open floors) [3].

Τα εγκαρσιώματα (transverse deck beams), οι ενισχυμένοι νομείς δηλαδή που συνεχίζουν κάτω από τα καταστρώματα, υποστηρίζονται από τα girders. Τα girders είναι διαμήκη ενισχυτικά, αυξημένης αντοχής. Τοποθετούνται σε τέτοια σημεία ώστε να υποστηρίζονται από τα υποστηλώματα (pillars) ή από μεταλλικές φρακτές. Τα pillars με τη σειρά τους, σκοπό έχουν να στηρίξουν τα καταστρώματα και να μεταδώσουν το βάρος τους, χαμηλότερα στην μεταλλική κατασκευή. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αντοχή και μικρότερο πάχος ελασμάτων.

Webs και Girders

Στο στάδιο αυτό θα πρέπει να γίνει αναλυτικός υπολογισμών των κύριων κατασκευαστικών στοιχείων. Στο υπό μελέτη πλοίο επιλέχθηκε η τοποθέτηση τριών girders και επομένως τριών σειρών pillars από το First Car Deck έως το Second Passenger Deck και δύο girders στα άλλα δύο καταστρώματα τα οποία υποστηρίζονται από τις φρακτές. Οι υπολογισμοί θα γίνουν με βάση τους κανονισμούς του Γαλλικού Νηογνώμονα, “Rules for the Classification of High Speed Craft” και πιο συγκεκριμένα στο “Chapter 3: Structure” όλοι δε οι απαραίτητοι τύποι, παραμετροποιήθηκαν στο Microsoft Office Excel. Αρχικά έγινε υπολογισμός των εγκάρσιων και κατακόρυφων επιταχύνσεων στο LCG και εν συνεχεία υπολογισμός των πιέσεων που ασκούνται στα ελάσματα ανάλογα με τη θέση τους.

Οι κανονισμοί που αφορούν τα συγκεκριμένα κατασκευαστικά στοιχεία βρίσκονται στο υποκεφάλαιο “Ch.3.7.9 Primary supporting members”, ενώ όλα τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά που εισάγονται στο Microsoft Office Excel επεξηγούνται αναλυτικά στους κανονισμούς. Ως αποτέλεσμα λαμβάνονται η ελάχιστη απαιτούμενη Ροπή Αντίστασης (Section Modulus) Z και η ελάχιστη απαιτούμενη Επιφάνεια Διάτμησης (Shear Area) A_t του εκάστοτε στοιχείου σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$Z = 1000 \cdot \frac{S^2 \cdot b \cdot p}{m \cdot \sigma_{am}},$$

$$A_t = 5 \cdot \frac{S \cdot b \cdot p}{\tau_{am}}$$

Τα μεγέθη S και p , το ανυποστήρικτο μήκος και η πίεση αντίστοιχα, είναι τα στοιχεία που μεταβάλλονται κατά κύριο λόγο. Το ανυποστήρικτο μήκος εξαρτάται από τον τρόπο που έχουν τοποθετηθεί τα ενισχυτικά και τη διάταξή τους στο πλοίο ενώ η πίεση εξαρτάται από το που είναι τοποθετημένα (πλευρά, κατάστρωμα, υπερκατασκευή κτλ).

Έχοντας αυτά τα αποτελέσματα και με τη χρήση του προγράμματος “ABS Stiffeners” του Αμερικάνικου Νηογνώμονα ABS για τον υπολογισμό των διαστάσεων των girders και των webs με δεδομένο το Z και το A_t , βρίσκουμε τις διαστάσεις των ενισχυτικών. Με δεδομένο πλέον το εμβαδό του ενισχυτικού, υπολογίζουμε το βάρος του βάσει του ολικού μήκους του και του ειδικού βάρους του χάλυβα. Τέλος, από το σχέδιο Γενικής Διάταξης υπολογίζουμε το LCG και το VCG του κάθε στοιχείου.

Πίνακας 6.4: Ελάχιστες Απαιτήσεις Νηογνώμονα

	Section Modulus [cm ³]	Shear Area [cm ²]
Side Frame DB – 1 st Car	1310.33	15.44
Side Frame 1 st Car – 2 nd Car	822.09	12.23
Side Frame Deck 2 nd Car – 2 nd Pass	205.52	6.11
Side Frame Deck 2 nd Pass – Weather Deck	205.52	6.11
Transverse Platform	512.38	9.79
Transverse 1 st Pass	260.39	3.12
Transverse 2 nd Pass	260.39	3.12
Transverse 3 rd Pass	95.09	1.89
Transverse Weather Deck	95.09	1.89
Girder Platform	340.13	5.45
Girder 1 st Pass	551.10	8.02
Girder 2 nd Pass	551.10	8.02
Girder 3 rd Pass	453.85	6.60
Girder Weather Deck	453.85	6.60

Σημειώνεται ότι ο Πίνακας 6.4 δεν συμπεριλαμβάνει τα webs και girders των καταστρωμάτων οχημάτων καθώς λαμβάνονται έτοιμα από ήδη υπάρχοντα πλοία. Αυτό συμβαίνει διότι δεν είναι εύκολος ο υπολογισμός στο Microsoft Office Excel των φορτίσεων των φορητών και των οχημάτων, και κατ' επέκταση του πάχους των ελασμάτων, επομένως δεν μπορούν να εξαχθούν οι ελάχιστες απαιτήσεις του Z και του A_t .

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ενισχυτικά που επιλέχθηκαν τελικά:

Πίνακας 6.5: Τελικές Τιμές Κατασκευαστικών Στοιχείων

	Web Type	Web Area [cm ²]	Section Modulus [cm ³]	Shear Area [cm ²]	Total Weight [t]	LCG [m]	VCG [m]
Weather Deck Girder	250x9+100x12	34.5	496.04	18,18	3.64	33.40	26.25
Weather Deck Transverse	250x7+100x12	29.5	457.33	14,14	12.46	43.43	26.28
3 rd Pass Girder	250x9+100x12	34.5	496.04	18,18	4.59	42.07	23.45
3 rd Pass Transverse	250x7+100x12	29.5	457.33	14,14	13.21	44.80	23.48
2 nd Pass Girder	340x9+120x12	45.0	851.71	31,68	9.20	43.13	20.65
2 nd Pass Transverse	340x7+100x10	33.8	619.76	14,50	19.61	43.12	20.68
1 st Pass Girder	340x9+120x12	45.0	858.71	31,68	9.64	45.18	17.82
1 st Pass Transverse	340x7+100x10	33.8	624.62	14,50	20.16	44.41	17.87
2 nd Car Girder	400x9+200x12	60.0	1471.93	37.08	14.89	52.30	15.02
2 nd Car Transverse	400x8+150x10	47.0	1045.10	32.80	32.57	52.28	15.07
Hoistable Girder	400x12+200x12	72.0	1627.81	49.44	7.82	63.43	12.22
Hoistable Transverse	400x8+150x10	47.0	1045.10	32.80	16.31	60.00	12.27
1 st Car Transverse	740x10+200x20	114.0	4850.52	76.00	45.24	45.20	9.47
Platform Girder	400x12+200x12	72.0	1619.19	49.44	10.94	44.80	12.22
Platform Transverse	400x8+150x10	50.0	1041.16	32.80	17.99	47.50	12.27
Side Frame DB – 1 st Car	600x7+150x12	60.0	1888.94	42.84	38.20	46.80	5.90
Side Frame 1 st Car – 2 nd Car	400x8+150x10	47.0	1015.64	32.80	17.47	46.80	12.37
Side Frame 2 nd Car– 2 nd Pass	340x7+100x10	33.8	610.95	24.50	11.63	45.60	17.97
Side Frame 2 nd Pass – Weather Deck	190x7+100x12	25.3	324.56	14.14	7.61	43.35	23.57

Το συνολικό βάρος των webs και των girders επομένως είναι :

Πίνακας 6.6: Βάρος Webs&Girders

WEBS & GIRDERS	
W [t]	239.41
LCG [m]	47.96
VCG [m]	15.57

Pillars

Τα υποστηλώματα (pillars) χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν τα girders και συνεπώς τα καταστρώματα αφού παραλαμβάνουν τις αξονικές δυνάμεις. Ένα λεπτόγραμμο pillar μπορεί να υποστεί λυγισμό και σε σχετικά μικρές τιμές θλιπτικής τάσης. Καθώς ο λυγισμός συμβαίνει στην ασθενέστερη κατεύθυνση του υποστυλώματος, θα πρέπει να σχεδιαστεί ώστε να έχει ομοιογενή αντοχή σε όλες τις κατευθύνσεις. Οι πιο επιθυμητές γεωμετρίες είναι οι τετραγωνικές ή κυκλικές διατομές [23]. Τα pillars ξεκινούν από το First Car Deck και σταματούν στο Second Passenger Deck. Η κεντρική σειρά των pillars τοποθετείται στον διαμήκη άξονα συμμετρίας ανά 7.2m, δηλαδή ανά τρία web frames. Τοποθετήθηκαν άλλες δύο σειρές εκατέρωθεν του διαμήκη άξονα, στα 3.25m στο First Car Deck και στα 4.2m στα υπόλοιπα καταστρώματα. Στα καταστρώματα των φορτηγών και των οχημάτων αφέθηκε χώρος ανάμεσα στα lanes για τα pillars, ενώ στο πρωραίο τμήμα αφαιρέθηκαν κάποια pillars έτσι ώστε να διευκολύνεται η αναστροφή των οχημάτων.

Επιλέγονται μεταλλικοί σωλήνες εξωτερικής διαμέτρου 21.9cm με πάχος 7.11mm στο First Car Deck και 16.83cm με πάχος 8.18mm στο Second Car Deck και στο First Passenger Deck. Έχοντας επιλέξει τις διαστάσεις των pillars και γνωρίζοντας τον αριθμό τους, μπορούμε να υπολογίσουμε το βάρος τους ενώ το κέντρο βάρους τους επιλέγεται περίπου στο μέσο του πλοίου (Πίνακας 6.7).

Πίνακας 6.7: Βάρος Pillars

PILLARS	
W [t]	14.7
LCG [m]	40.00
VCG [m]	13.00

Floors

Τα floors τοποθετούνται στο διπύθμενο, είτε έχουμε διαμήκη είτε εγκάρσια ενίσχυση. Στο υπό μελέτη πλοίο, τοποθετούνται όπως και τα web frames κάθε 2.4m. Εάν η θέση τους είναι μέσα σε κάποια δεξαμενή κατασκευάζονται με κενό (open floor) έτσι ώστε να επιτρέπεται η ελεύθερη μετακίνηση του υγρού. Αντιθέτως εάν αποτελούν το όριο μιας δεξαμενής είναι συμπαγή (solid floors). Τα solid floors χρησιμοποιούνται επίσης

για να ενισχύσουν τον πυθμένα αλλά και για να υποστηρίξουν τον εσωτερικό πυθμένα [3]. Για να υπολογιστεί το βάρος τους, από το σχέδιο Μέσης Τομής μετρήθηκε το εμβαδό και ο αριθμός τους, ενώ το πάχος τους λήφθηκε 7mm, ίδιο δηλαδή με το πάχος των side frames που ξεκινούν από το διπύθμενο. Τα κέντρα βαρών *LCG* και *VCG* υπολογίζονται προσεγγιστικά από τα σχέδια. Floors έχουν τοποθετηθεί επίσης και στο Wet Deck για τα οποία ακολουθείται η ίδια διαδικασία υπολογισμού βάρους και το πάχος τους είναι ίσο με 5mm.

Άρα συνολικά για το βάρος των floors έχουμε:

Πίνακας 6.8: Βάρος Floors

FLOORS	
W [t]	75.38
LCG [m]	45.88
VCG [m]	2.23

Bulkheads

Οι φρακτές (bulkheads) που τοποθετούνται κάτω από το First Car Deck (bulkhead deck), είναι εγκάρσιες και υδατοστεγείς. Αποτελούνται από την collision bulkhead, τις φρακτές του μηχανοστασίου και άλλες έξι φρακτές που διαχωρίζουν το κάθε κύτος σε δέκα διαμερίσματα. Για να υπολογιστεί το βάρος τους, μετρήθηκε το εμβαδό τους από το σχέδιο Μέσης Τομής, επιλέχθηκε πάχος 7mm όπως και τα side frames και με το θεώρημα ροπών υπολογίστηκε το κέντρο βάρους τους.

Έχουμε άρα:

Πίνακας 6.9: Βάρος Bulkheads Below Bulkhead Deck

BULKHEADS _{BELOW BHD DECK}	
W [t]	115.13
LCG [m]	48.13
VCG [m]	4.10

Φρακτές τοποθετούνται και πάνω από το First Car Deck, στις υπερκατασκευές, κυρίως για την οριοθέτηση των βασικών χώρων και για την μείωση του ανυποστήρικτου μήκους των girders, όπου απαιτείται. Το πάχος των συγκεκριμένων φρακτών επιλέγεται στα 4mm. Από το σχέδιο Γενικής Διάταξης μετριέται το μήκος και το ύψος των φρακτών, υπολογίζεται ο όγκος τους και κατά συνέπεια το βάρος τους. Σημειώνεται ότι όσα στοιχεία δεν είναι μεταλλικά στις υπερκατασκευές υπολογίζονται στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια υπολογισμού του βάρους Εξοπλισμού και Ενδιαίτησης.

Για τις μεταλλικές φρακτές πάνω από το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων, έχουμε:

Πίνακας 6.10: Βάρος Bulkheads Above Bulkhead Deck

BULKHEADS_{ABOVE BHD DECK}	
W [t]	117.21
LCG [m]	49.36
VCG [m]	18.77

Brackets and Others

Για την ένωση των pillars με τα webs και τα girders χρησιμοποιούνται μπρακέτα τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό του βάρους μεταλλικής κατασκευής. Το βάρος αυτό λαμβάνεται ως το 3% του βάρους των webs και των girders. Σε αυτό συνυπολογίζεται και ένα βάρος 7% του βάρους των webs και των girders για τυχόν μεταλλικά στοιχεία που αγνοούνται. Τα κέντρα βάρους λήφθηκαν ίδια με αυτά των webs και girders.

Υπολογίζονται λοιπόν ως:

Πίνακας 6.11: Βάρος Brackets&Others

BRACKETS & OTHERS	
W [t]	23.94
LCG [m]	47.56
VCG [m]	14.50

6.3 Συνολικό Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής

Λαμβάνοντας υπόψιν όλους τους παραπάνω υπολογισμούς καθορίζεται το συνολικό βάρος της μεταλλικής κατασκευής του υπό μελέτη πλοίου, το οποίο παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.12:

Πίνακας 6.12: Συνολικό Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής

	Weight [t]	LCG [m]	VCG [m]
Ελάσματα & Δευτερεύοντα Διαμήκη Ενισχυτικά	1359.89	46.66	11.31
Webs & Girders	312.9	47.36	14.66
Brackets&Others	23.83	47.56	14.50
Pillars	14.70	40.00	13.00
Floors	73.08	45.88	2.23
Bulkheads Below	115.13	48.13	4.10
Bulkheads Above	117.21	49.36	18.77
Σύνολο	2016.74	46.94	11.58

7 Υπολογισμός Βάρους Κενού Σκάφους

Κατά τη διάρκεια της προμελέτης το βάρος κενού σκάφους υπολογίζεται με εμπειρικές σχέσεις και δεδομένα από όμοια πλοία. Για τα πλοία Νέας Τεχνολογίας όμως, που συμπεριλαμβάνονται σε αυτά τα catamarans, οι σχέσεις αυτές δεν επαρκούν για πλήρη καθορισμό του Lightship και έτσι οι υπολογισμοί στηρίχθηκαν στη διδακτορική διατριβή του κ. Σκούπα “Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη μελέτη και σχεδίαση-βελτιστοποίηση επιβατηγών-οχηματαγωγών πλοίων νέας τεχνολογίας”. Το βάρος κενού σκάφους χωρίζεται στις κατηγορίες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.1, που θα αναλυθούν στη συνέχεια του κεφαλαίου [4].

Πίνακας 7.1: Ανάλυση Lightship σε υποομάδες [4]

α/α	Βάρος	Επεξήγηση
1	W_{ST}	Βάρος μεταλλικής κατασκευής
2	W_M	Βάρος προωστήριας εγκατάστασης
3	W_{AN}	Βάρος ηλεκτρογεννητριών & λοιπών μηχανημάτων
4	W_{OT}	Βάρος εξοπλισμού
5	W_{AC}	Βάρος ενδιαιτήσεων
6	W_{EL}	Βάρος ηλεκτρολογικού εξοπλισμού
7	W_{PP}	Βάρος δικτύων
8	W_{RV}	Λοιπά βάρη

7.1 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής W_{ST}

Το βάρος της μεταλλικής κατασκευής W_{ST} υπολογίστηκε στο προηγούμενο Κεφάλαιο και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.12.

7.2 Βάρος Προωστήριας Εγκατάστασης W_M

Για να υπολογιστεί το βάρος της προωστήριας εγκατάστασης πρέπει να υπολογιστούν τα επιμέρους βάρη των κύριων μηχανών, των μειωτήρων, των αξόνων, της προπέλας, των ηλεκτρογεννητριών και των λοιπών βοηθητικών μηχανημάτων. Έτσι σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3.4.2 της διδακτορικής διατριβής του το Σ. Σκούπα[4] μπορούν να υπολογιστούν όλα τα επιμέρους βάρη. Τα κέντρα βαρών παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 7.2.

Κύρια Προωστήρια Εγκατάσταση

Σε επόμενο κεφάλαιο, θα παρουσιαστεί ο αναλυτικός υπολογισμός της αντίστασης και στη συνέχεια η επιλογή της κύριας μηχανής. Επιλέχθηκαν δύο τετράχρονοι μηχανές MAN B&W 16V32/44CR με συνολική ισχύς $P_{TOTAL} = 19200kW$ και συνολικού βάρους $W_{TOTAL} = 174t$. Το κέντρο βάρους θα υπολογιστεί από το σχέδιο Γενικής Διάταξης και το σχέδιο της κύριας μηχανής όπως δίνεται από τον κατασκευαστή.

Μειωτήρας

Αναλυτικά θα παρουσιαστεί σε μετέπειτα κεφάλαιο και η επιλογή μειωτήρα στροφών. Επιλέχθηκαν δύο μειωτήρες με συνολικό βάρος $W_{\text{GEAR,TOTAL}} = 9.8\text{t}$. Το κέντρο βάρους και σε αυτή την περίπτωση υπολογίζεται από το σχέδιο Γενικής Διάταξης.

Άξονας

Το μήκος του άξονα (shaft) μετρήθηκε στο σχέδιο και είναι 29m. Το βάρος του άξονα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$W_{\text{SHAFT}} = (0.096 \cdot \text{SHP} - 33.79) \cdot L_{\text{SHAFT}}$$

Με $L_{\text{SHAFT}} = 29\text{m}$, όπως φαίνεται και πιο πάνω και

$$\text{SHP} = 90\% \text{BHP} = 0.9 \cdot 9600\text{kW} = 8640\text{kW}$$

Άρα έχουμε $W_{\text{SHAFT}} = 23.12\text{t}$ και συνολικά για τους δύο άξονες $W_{\text{SHAFT}} = 46.24\text{t}$

Έλικα

Η διάμετρος της έλικας, επιλέχθηκε στα $D_{\text{PROP}} = 3.5\text{m}$, ώστε να είναι σύμφωνα με τις γραμμές του πλοίου και με τους κανονισμούς για το propeller clearance. Έχουμε επομένως τον τύπο για το βάρος που είναι:

$$W_{\text{PROP}} = 0.127 \cdot D_{\text{PROP}}^{2.852} = 4.52\text{t}$$

Άρα το συνολικό βάρος και για τις δυο προπέλες είναι: $W_{\text{PROP,TOTAL}} = 9.04\text{t}$

Κύρια Ηλεκτρογεννήτρια

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του πλοίου αναφέρθηκε και πιο πάνω και είναι $P_{\text{TOTAL}} = 19200\text{kW}$, έτσι η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς υπολογίζεται:

$$P_{\text{EL.GEN}} = 0.175 \cdot P_{\text{TOTAL}}^{0.831} = 634.53\text{kW}$$

Στο πλοίο τοποθετήθηκαν τρία ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη από τα οποία το καθένα μπορεί να καλύψει την απαίτηση για ηλεκτρική ισχύ. Οι ηλεκτρογεννήτριες που επιλέχθηκαν είναι το μοντέλο 7L16/24 της MAN B&W οι οποίες αποδίδουν ισχύ 770kW στις 1200RPM η καθεμία, με βάρος 11.4t. Άρα το συνολικό βάρος ηλεκτρογεννητριών προκύπτει: $W_{\text{EL.GEN}} = 34.2\text{t}$

Βοηθητικά Μηχανήματα

Το βάρος των βοηθητικών μηχανημάτων υπολογίζεται συναρτήσει της συνολικής ισχύος της κύριας μηχανής και των ηλεκτρογεννητριών.

$$W_{\text{AUX.MACH}} = 0.002 \cdot (P_{\text{TOTAL}} + P_{\text{EL.GEN}}) = 39.67\text{t}$$

Ηλεκτρογεννήτρια Εκτάκτου Ανάγκης

Η ισχύς της ηλεκτρογεννήτριας εκτάκτου ανάγκης θα πρέπει να έχει ισχύ ίση με την μισή ισχύ που υπολογίστηκε για τις ηλεκτρογεννήτριες. Άρα:

$$P_{EM.GEN} = 0.5 \cdot P_{EL.GEN} = 317.27 \text{ kW}$$

Για να καλυφθεί αυτή η απαίτηση επιλέχθηκε η ηλεκτρογεννήτρια 5L16/24 της MAN B&W, που αποδίδει ηλεκτρική ισχύ 430kW στις 1000RPM. Το βάρος της όπως δίνεται από τον κατασκευαστή είναι $W_{EM.GEN} = 9.5 \text{ t}$.

Συνολικό Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης

Στον Πίνακα 7.2 παρουσιάζονται τα επιμέρους βάρη της Κύριας Προωστήριας Εγκατάστασης καθώς και τα κέντρα βαρών τους όπως αυτά μετρήθηκαν από τα σχέδια Γενικής Διάταξης και Μέσης Τομής.

Πίνακας 7.2: Συνολικό Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης

	W [t]	LCG [m]	VCG [m]
Main Engine	174.00	39.00	4.4
Gearbox	9.80	33.8	2.66
Shaft	46.24	18.00	1.66
Propeller	9.04	2.5	1.48
Generator	34.20	23.00	6.93
Aux.Machinery	39.67	51.80	7.30
Em.Generator	9.50	3.40	16.10
Σύνολο	321.86	32.72	4.54

Στο συνολικό βάρος που υπολογίστηκε γίνεται μια προσαύξηση 7% για μηχανήματα που έχουν παραληφθεί. Άρα το τελικό αποτέλεσμα είναι:

Πίνακας 7.3: Τελικό Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης

MACHINERY WEIGHT	
W [t]	347.46
LCG [m]	32.72
VCG [m]	4.54

7.3 Εξοπλισμού W_{OT}

Το βάρος εξοπλισμού περιλαμβάνει το βάρος όλων των εγκατεστημένων εξαρτημάτων του πλοίου εκτός από τη μηχανολογική εγκατάσταση. Οι υποκατηγορίες στις οποίες χωρίζεται είναι το βάρος εξαρτισμού, το βάρος των bow thrusters, το βάρος της κύριας μονάδας κλιματισμού, όπως επίσης το βάρος του ηλεκτρικού δικτύου και του δικτύου σωληνώσεων.

Βάρος Εξαρτισμού

Ο δείκτης εξαρτισμού EN χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των συστημάτων αγκυροβόλησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης αλλά και για τον υπολογισμό του βάρους των συστημάτων αυτών.

Σύμφωνα με τον "IACS 2005-Requirements concerning MOORING, ANCHORING AND TOWING-Paragraph A1.2" ο δείκτης εξοπλισμού δίνεται από την εξίσωση:

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

όπου:

Δ : το εκτόπισμα του πλοίου σε βύθισμα ίσο με το βύθισμα γραμμής φόρτωσης, που υπολογίζεται στη συνέχεια. Άρα $\Delta_{\Gamma,\Phi} = 10660.7t$ για $T_{\Gamma,\Phi} = 8.57m$,

H : το ενεργό ύψος σε μέτρα από την ίσαλο σχεδίασης έως την οροφή της υψηλότερης υπερκατασκευής, έτσι $H = 17.8m$

B : το μέγιστο πλάτος του πλοίου $B = 26m$

A : πλευρική επιφάνεια εξάλων και υπερκατασκευών στη θερινή ίσαλο πλεύσης,

$$A = 1650 \text{ m}^2$$

Ο δείκτης εξοπλισμού υπολογίζεται ίσος με $EN = 1575.08$. Σύμφωνα με τον επιλεγμένο νηογνώμονα BV και για δείκτη εξοπλισμού EN μεταξύ 1570-1670, επιλέγονται τα συστήματα αγκυροβόλησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης που παρατίθεται στο Παράρτημα Α.

Τώρα θα πρέπει να υπολογιστεί το βάρος του συγκεκριμένου εξαρτισμού που γίνεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$W_{EN} = 6.549 \cdot 10^{-2} \cdot EN + 4.101 = 107.25t$$

Bow Thrusters

Το υπό μελέτη πλοίο εξοπλίζεται με δύο bow thrusters ένα σε κάθε ημιγάστρα και η ισχύς και το βάρος τους υπολογίζεται από τους ακόλουθους τύπους:

$$P_{BOW.THR} = \max\{350, L_{BP}/0.2\} = \max\{350, 464\} = 464kW$$

$$W_{BOW.THR} = 2.2 \cdot 10^{-3} \cdot P_{BOW.THR}^{1.131} = 2.28t$$

Κεντρική Μονάδα Κλιματισμού

Η κεντρική μονάδα κλιματισμού αποτελείται από τρεις ανεξάρτητες υπομονάδες: τη μονάδα κλιματισμού ιδιωτικών χώρων (καμπίνες), τη μονάδα κοινόχρηστων χώρων, και τη μονάδα χώρων όπου εργάζεται το πλήρωμα. Στο υπό μελέτη πλοίο οι δύο υπομονάδες τοποθετήθηκαν στο weather deck και η τρίτη στο δεύτερο κατάστρωμα οχημάτων. Το βάρος των υπομονάδων υπολογίζεται συναρτήσει της παροχής αέρα. Στη διδακτορική διατριβή του Σ. Σκούπα παρουσιάζεται, ανάλογα με το επίπεδο άνεσης, η παροχή αέρα ανά άτομο σε lt/s.

Πίνακας 7.4: Εναλλαγές αέρα ανά επιβάτη και επίπεδο άνεσης [4]

Περιοχή		Επίπεδο Άνεσης	Παροχή αέρα ανά άτομο (lt/s)
A	Χώροι καμπινών	1	10
		2	10
		3	7
B	Δημόσιοι χώροι	1	12
		2	10
		3	7
C	Χώροι εργασίας πληρώματος	1	12
		2	10
		3	7

Το βάρος κάθε υπομονάδας υπολογίζεται ως εξής:

Χώροι Καμπινών: $W_A = 0.000434 \cdot F_A + 0.946$

Δημόσιοι Χώροι: $W_B = 0.000399 \cdot F_A + 0.824$

Χώροι Εργασίας Πληρώματος: $W_C = 0.000208 \cdot F_C + 0.507$

Τα F_A , F_B , F_C είναι η συνολική απαιτούμενη παροχή αέρα ανάλογα με το χώρο του πλοίου, το επίπεδο άνεσης και το σύνολο των επιβατών στον εκάστοτε χώρο. Σαν επίπεδο άνεσης επιλέχθηκε το "2" με μέγιστο το "1" για όλους τους χώρους και αφού έγινε καταμέτρηση των ατόμων κάθε κατηγορίας υπολογίστηκαν τα F_A , F_B , F_C , τα οποία είναι:

$F_A = 1460$ lt/s

$F_B = 12040$ lt/s

$F_C = 580$ lt/s

Επομένως, υπολογίζονται τα βάρη για κάθε υπομονάδα και το συνολικό βάρος της κεντρικής μονάδας κλιματισμού, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

$W_A = 1.58$ t

$W_B = 5.63$ t

$W_C = 0.63$ t

Και άρα $W_{HVAC} = 7.84$ t

Βάρος Δικτύου Σωληνώσεων

Για να υπολογιστεί το βάρος των σωληνώσεων χρησιμοποιείται ένας προσεγγιστικός τύπος που συνδέει τους συντελεστές βάρους επί τη συνολική επιφάνεια των ενδαιτήσεων A_{ACC} και των χώρων μεταφοράς οχημάτων A_{GAR} .

$$W_{PP} = 0.03 \cdot A_{ACC} + 0.02 \cdot A_{GAR}$$

Από το σχέδιο γενικής διάταξης μετρήθηκαν οι επιφάνειες των καταστρωμάτων καθώς και τα κέντρα των επιφανειών, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.5:

Πίνακας 7.5: Επιφάνειες Καταστρωμάτων

Decks	Area[m ²]	LCG [m]	VCG [m]
3 rd Passenger Deck	1179	47.52	24.97
2 nd Passenger Deck	1519	47.52	22.17
1 st Passenger Deck	2072	48.80	19.37
Σύνολο A_{ACC}	<u>4769</u>	<u>48.08</u>	<u>21.65</u>
2 nd Car Deck	1681	43.30	16.57
Hoistable Deck	747	63.50	13.77
1 st Car Deck	1767	43.30	10.97
Σύνολο A_{GAR}	<u>4195</u>	<u>46.90</u>	<u>13.71</u>

Επομένως το βάρος των σωληνώσεων σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο είναι:

$$W_{PP} = 0.03 \cdot A_{ACC} + 0.02 \cdot A_{GAR} = 226.97t$$

Βάρος Ηλεκτρικού Δικτύου

Το βάρος του ηλεκτρικού δικτύου υπολογίζεται και αυτό προσεγγιστικά με την χρήση του εμβαδού καταστρωμάτων, όπως προηγουμένως.

$$W_{EL} = 0.02 \cdot A_{ACC} + 0.01 \cdot A_{GAR} = 137.33t$$

Συνολικό Βάρος Εξοπλισμού W_{OT}

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα επιμέρους βάρη του εξοπλισμού όπως υπολογίστηκαν παραπάνω με τα κέντρα βαρών τους και έπειτα το συνολικό βάρος W_{OT} .

Πίνακας 7.6: Συνολικό Βάρος Εξοπλισμού

Κατηγορία	Βάρος [t]	LCG [m]	VCG [m]
Δείκτης Εξαρτισμού W_{EN}	107.25	63.00	16.10
Bow Thrusters W_{BTH}	2.28	85.00	2.76
Μονάδα Κλιματισμού W_{HVAC}	7.84	43.13	25.00
Δίκτυο Σωληνώσεων W_{PP}	226.97	47.52	17.93
Ηλεκτρικό Δίκτυο W_{EL}	137.33	47.52	17.93
Σύνολο W_{OT}	481.67	51.08	17.57

Στο συνολικό βάρος εξοπλισμού γίνεται μια προσαύξηση 5% για παραλήψεις που ίσως έχουν γίνει επομένως το τελικό βάρος εξοπλισμού είναι:

Πίνακας 7.7: Τελικό Βάρος Outfitting

OUTFITTING WEIGHT	
W [t]	505.75
LCG [m]	51.08
VCG [m]	17.57

7.4 Βάρος Ενδιαίτησης W_{Acc}

Το βάρος ενδιαίτησης του υπό μελέτη πλοίου περιλαμβάνει το βάρος του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στα σαλόνια αναμονής επιβατών, στις καμπίνες και σε όλους τους χώρους που αφορούν το πλήρωμα και τους επιβάτες. Σύμφωνα με τον Σκούπα [4], στα βάρη αυτά συμπεριλαμβάνονται τα βάρη των μονώσεων, των υποστρωμάτων, των καταστρωμάτων, ο εξοπλισμός των κοινόχρηστων χώρων, τα έπιπλα των καμπινών, τα οριζόντια και κατακόρυφα panels, οι ανελκυστήρες, οι κυλιόμενες κλίμακες κ.α [4].

Στη συνέχεια, παρατίθενται οι συντελεστές για διάφορους χώρους ενδιαίτησης, σύμφωνα με τους οποίους θα γίνει η εκτίμηση του βάρους ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας. Επίσης, παρουσιάζονται τα βάρη των κυλιόμενων κλιμάκων (escalators) και των ανελκυστήρων επιβατών (passenger lifts).

Πίνακας 7.8: Συντελεστές Βάρους για τον προσδιορισμό του βάρους ενδιαίτησεων [4]

Περιοχή που περιλαμβάνει*	Συντελεστής Βάρους (t / m^2)	
	Ελάχιστο	Μέγιστο
Καμπίνες επιβατών τετράκλινες	0.0653	0.0722
Καμπίνες επιβατών δίκλινες	0.0676	0.0747
Καθίσματα αεροπορικού τύπου	0.0686	0.0758
Καμπίνες αξιωματικών	0.0646	0.0714
Καμπίνες κατώτερου πληρώματος	0.0449	0.0496
Κοινόχρηστοι χώροι υγιεινής εσωτερικοί	0.0466	0.0515
Κοινόχρηστοι χώροι υγιεινής εξωτερικοί	0.0315	0.0348
Χώροι αναμονής (σαλόνια)	0.0288	0.0318
Self service	0.0565	0.0624
Χώρος υποδοχής	0.0444	0.0501
Καταστήματα	0.0389	0.0430
Άλλα βάρη		
Κυλιόμενες σκάλες (κλίση 35°, πλάτος 0.8m)	1.18 t/m (κατακόρυφης απόστασης)	
Ασανσέρ επιβατών (καμπίνα 1.8m x 1.3m, βάρος ανύψωσης 680kg), ΠΔ 314/2001	910 kg	
* Νοείται ως ο συνολικός χώρος που φέρει τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Για παράδειγμα, η περιοχή καμπινών πληρώματος περιλαμβάνει, εκτός από τις καμπίνες, τους διαδρόμους και την αίθουσα αναψυχής		

Το συνολικό βάρος ενδιαίτησης προσδιορίζεται από το γινόμενο των επιμέρους συντελεστών επί την επιφάνεια που καταλαμβάνει η εκάστοτε περιοχή.

$$W_{ACC} = \sum_i w_i^w A_i + W_{escalator} + W_{elevator}$$

Όπου w_i ο σταθμισμένος ως προς το επίπεδο ποιότητας ενδιαίτησης k συντελεστής της περιοχής i , ο οποίος ισούται με:

$$w_i^w = w_i^{min} + k(w_i^{max} - w_i^{min}), \quad k \in [0,1]$$

και A_i το αντίστοιχο εμβαδόν.

Για επίπεδο ενδιαίτησης k επιλέγουμε το μέσο, δηλαδή $k=0.5$. Σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτει ο Πίνακας 7.9 όπου παρουσιάζονται οι σταθμισμένοι συντελεστές βαρών για την κάθε περιοχή και το αντίστοιχο εμβαδόν.

Πίνακας 7.9: Συντελεστές Βαρών Χώρων Ενδιαίτησης

Περιοχή	k (0-1)	Σταθμισμένος συντελεστής βάρους [t/m ²]	Εμβαδόν περιοχής [m ²]
Καμπίνες επιβατών τετράκλινες	0,5	0,06875	302,40
Καμπίνες επιβατών δίκλινες	0,5	0,07115	109,44
Καθίσματα αεροπορικού τύπου	0,5	0,0722	459,94
Καμπίνες αξιωματικών	0,5	0,068	337,00
Καμπίνες κατώτερου πληρώματος	0,5	0,04725	680,00
Κοινόχρηστοι χώροι υγιεινής εσωτερικοί	0,5	0,04905	287,37
Κοινόχρηστοι χώροι υγιεινής εξωτερικοί	0,5	0,03315	34,56
Χώροι αναμονής (σαλόνια)	0,5	0,0303	2242,00
Self service	0,5	0,05945	375,60
Χώρος υποδοχής	0,5	0,04725	407,30
Καταστήματα	0,5	0,04095	17,53

Για να υπολογιστεί το βάρος, μετράται από το σχέδιο Γενικής Διάταξης το εμβαδόν του κάθε χώρου ξεχωριστά και στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται επί τον αντίστοιχο σταθμισμένο συντελεστή βάρους. Έτσι προκύπτει το βάρος κάθε καταστρώματος με τα αντίστοιχα κέντρα βαρών.

Πίνακας 7.10: Συνολικό Βάρος Ενδιαίτησεων

	ΒΑΡΟΣ [t]	LCG [m]	VCG [m]
1 st Passenger Deck	86.40	43.90	18.90
2 nd Passenger Deck	76.28	52.39	21.70
3 rd Passenger Deck	60.09	53.40	24.50
Escalators & Elevators	14.46	20.17	14.35
Σύνολο	237.23	47.59	20.94

Θεωρώντας στο υπολογισθέν βάρος ενδιαιτήσεων μια προσαύξηση της τάξης του 15% για τυχόν παραλήψεις προκύπτει:

Πίνακας 7.11: Τελικό Βάρος Accommodation

ACCOMMODATION WEIGHT	
W [t]	272.82
LCG [m]	47.59
VCG [m]	20.94

7.5 Βάρος Κενού Σκάφους

Το Lightship απαρτίζεται από τις τέσσερις κατηγορίες βαρών που υπολογίστηκαν αναλυτικά πιο πάνω και οι οποίες είναι: η μεταλλική κατασκευή (W_{ST}), η μηχανολογική εγκατάσταση (W_M), ο εξοπλισμός (W_{OT}) και η ενδίαιτηση (W_{ACC}). Σε αυτές τις κατηγορίες έγινε μια προσαύξηση στο βάρος. Ο Πίνακας 7.12, παρουσιάζει τις τέσσερις κατηγορίες με τα κέντρα βαρών τους παρουσιάζονται συνοπτικά:

Πίνακας 7.12: Κατηγορίες Βαρών Lightship

	MACHINERY	OUTFITTING	STEEL	ACCOMMODATION
Weight [t]	335.08	505.75	2117.57	272.82
LCG [m]	32.74	51.08	46.94	47.59
VCG [m]	4.58	17.57	11.58	20.94

Έτσι το συνολικό βάρος άφορτου σκάφους υπολογίστηκε ως:

Πίνακας 7.13: Βάρος Lightship

LIGHTWEIGHT	
W [t]	3231.23
LCG [m]	46.17
VCG [m]	12.58

8 Ανάλυση Πρόσθετου Βάρους

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η ανάλυση του πρόσθετου βάρους και επομένως ο υπολογισμός του ωφέλιμου φορτίου. Με βασική παράμετρο για τους υπολογισμούς την ακτίνα ενέργειας, το deadweight αναλύεται σε επιμέρους κατηγορίες που παρουσιάζονται στο .

α/α	Συμβολισμός	Επεξήγηση
1	W_{FO}	Βάρος καυσίμων κυρίων μηχανών
2	W_{DO}	Βάρος καυσίμων ηλεκτρογεννητριών
3	W_{LO}	Βάρος λιπαντικών
4	W_{FW}	Βάρος γλυκού νερού
5	W_{LI}	Βάρος υπόλοιπων υγρών
6	W_{PR}	Βάρος εφοδίων
7	W_P	Βάρος επιβατών
8	W_{CR}	Βάρος πληρώματος
9	W_{VH}	Βάρος οχημάτων

Σχήμα 8.1: Επιμέρους κατηγορίες βαρών που απαρτίζουν το DWT [4]

Αρχικά θα πρέπει να υπολογιστεί η ακτίνα ενέργειας η οποία αποτελεί τη βασική παράμετρο στους υπολογισμούς. Επειδή θα υπάρξει τελική σύγκριση αποτελεσμάτων του υπό μελέτη πλοίου με το πλοίο που μελετήθηκε στην διπλωματική εργασία του κ. Κιουσόπουλου, επιλέχθηκε να ακολουθηθεί η ίδια διαδρομή [21].

Η διαδρομή είναι:

Πειραιάς → Σίφνος → Ίος → Σαντορίνη → Ίος → Σίφνος → Πειραιάς

Μέσω του Google Earth και του Ship Finder υπολογίζονται οι αποστάσεις των παραπάνω νησιών και με την ταχύτητα στους 21 κόμβους όπως έχει επιλεγεί, προκύπτει η διάρκεια των δρομολογίων (Πίνακας 8.1).

Πίνακας 8.1: Αποστάσεις και Διάρκεια Δρομολογίων

Δρομολόγιο	Απόσταση [s.m.]	Χρόνος ταξιδιού [h]
Πειραιάς → Σίφνος	89.0	4.24
Σίφνος → Ίος	40.1	1.91
Ίος → Σαντορίνη	23.2	1.10
Σύνολο (one way)	152.3	7.25
Σύνολο (round trip)	304.6	14.5

Στον συνολικό χρόνο ταξιδιού θα προστεθεί και μισή ώρα παραμονής σε κάθε λιμάνι, δηλαδή προστίθενται 2.5 ώρες στο συνολικό χρόνο ταξιδιού. Άρα τελικά έχουμε $t_S=17$ hours και η ακτίνα ενέργειας όπως υπολογίστηκε $R=304.6$ sm.

Ο ανεφοδιασμός του πλοίου θεωρούμε ότι γίνεται κάθε 7 ημέρες, δηλαδή όλα τα αναλώσιμα διαρκούν για 7 ημερήσια ταξίδια.

Οι υπολογισμοί για τα επιμέρους βάρη γίνονται κυρίως με βάση το βιβλίο της “Μελέτης Πλοίου Ι” και τη διδακτορική διατριβή του Σκούπα, ενώ το κέντρο βάρους των δεξαμενών θα υπολογιστεί στη συνέχεια από το πρόγραμμα NAPA [6] , [4].

Βάρος Καυσίμων Κύριων Μηχανών

Το βάρος των καυσίμων heavy fuel oil των κύριων μηχανών υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$W_{FO} = c \cdot P_D \cdot b_D \cdot t_S \cdot 10^{-6}$$

Όπου:

W_{FO} : το βάρος των καυσίμων σε [t]

P_D = 14307.22 kW η ισχύς των κύριων μηχανών στο 85% του MCR τους

b_D =179 gr/kWh η ειδική κατανάλωση καυσίμου των κύριων μηχανών

t_S = R/V_S= 14.5h ο χρόνος λειτουργίας των μηχανών σε ώρες

c = 1.3 αφορά την εφεδρεία των μηχανών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης

Επομένως, το συνολικό βάρος των καυσίμων των κύριων μηχανών για 7 ταξίδια είναι W_{FO} = 336.43t.

Βάρος καυσίμων ηλεκτρογεννητριών

Με όμοιο τρόπο δίνεται το βάρος του diesel oil, από τον τύπο:

$$W_{DO} = c \cdot b_{DO} \cdot (P_{EL} \cdot t_S + 0.5 \cdot P_{EL} \cdot t_P) \cdot 10^{-6}$$

Όπου:

W_{DO} : το βάρος των καυσίμων σε [t]

P_{EL} = 634.54 kW η ισχύς των ηλεκτρογεννητριών

b_{DO} = 197 gr/kWh η ειδική κατανάλωση καυσίμου των ηλεκτρογεννητριών

t_S = 14.5h ο χρόνος λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών σε ώρες, όπως και στο βάρος των καυσίμων των κύριων μηχανών

t_P = 2.5h ο συνολικός χρόνος παραμονής σε λιμάνια

c = 1.3 αφορά την εφεδρεία των μηχανών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης

Συνεπώς το βάρος των καυσίμων των ηλεκτρογεννητριών για 7 ημερήσια ταξίδια, ισούται με W_{DO} = 17.84t

Βάρος λιπαντικών

Το βάρος του lubricant oil υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$W_{LO} = c \cdot \{(P_D + P_{EL}) \cdot b_{LOD} \cdot t_S + 0.5 \cdot P_{EL} \cdot b_{LOD} \cdot t_P\} \cdot 10^{-6}$$

Όπου:

W_{LO} : το βάρος των καυσίμων σε [t]

b_{LOD} = 0.8 gr/kWh η ειδική κατανάλωση λιπαντικού για τις μηχανές diesel και τους αντίστοιχους μειωτήρες

t_S = 14.5h ο χρόνος λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών σε ώρες, όπως και στο βάρος των καυσίμων των κύριων μηχανών

t_P = 2.5h ο συνολικός χρόνος παραμονής σε λιμάνια

c = 1.3 αφορά την εφεδρεία των μηχανών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης

Το συνολικό βάρος λιπαντικών για 7 ημέρες εφεδρεία είναι ίσο με W_{LO} = 1.35t.

Επειδή όμως οι αντίστοιχες δεξαμενές δεν αδειάζουν στο τέλος του ταξιδιού και υπάρχει μια κυκλική ροή του υγρού στα διάφορα μηχανήματα, θα θεωρήσουμε τελικό διαθέσιμο βάρος λιπαντικών στις δεξαμενές του πλοίου $W_{LO}= 11t$.

Βάρος γλυκού νερού

Το βάρος του γλυκού νερού που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού από τους επιβάτες και το πλήρωμα δίνεται από τον τύπο:

$$W_{FW}= c \cdot \{C_1 \cdot (N_{P1} + N_{CR}) + C_2 \cdot N_{P2}\} \cdot t \cdot 10^{-3}$$

Όπου:

W_{FW} : το βάρος των καυσίμων σε [t]

N_{P1} , N_{P2} : ο αριθμός των επιβατών που διαθέτουν ή όχι καμπίνες αντίστοιχα

N_{CR} : ο αριθμός του πληρώματος

t : ο συνολικός χρόνος του ταξιδιού που αντιστοιχεί στην ακτίνα ενέργειας

$c= 1.3$ αφορά την εφεδρεία των μηχανών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης

Συνολικά το βάρος του γλυκού νερού ισούται με $W_{FW}=108.88t$, για 7 ημέρες ταξίδι.

Βάρος υπόλοιπων υγρών

Στους υπολογισμούς, αυτούς συμπεριλαμβάνονται υγρά τα οποία έχουν αμεληθεί από τους παραπάνω υπολογισμούς, όπως το νερό ψύξης διάφορων μηχανημάτων και μηχανών και δίνονται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$W_{LIQ}= 0.01 \cdot (W_{FO} + W_{DO} + W_{LO} + W_{FW}) = 4.65t$$

Το βάρος αυτό θεωρείται πολύ μικρό, οπότε σαν βάρος υπόλοιπων υγρών λαμβάνεται το $W_{LIQ}= 12t$. Το κέντρο βάρους της συγκεκριμένης κατηγορίας λαμβάνεται στο κέντρο της μηχανολογικής εγκατάστασης και ισούται με $LCG_{LIQ}=32.12m$, $KG_{LIQ}= 3.32m$.

Βάρος εφοδίων

Για να υπολογίσουμε το βάρος των εφοδίων (provisions) θεωρείται ως κατανάλωση $0.35 \text{ kg/ανθρωπόωρα}$ κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Η εξίσωση που δίνει το βάρος είναι:

$$W_{PR}= 0.35 \cdot c \cdot N_P \cdot t \cdot 10^{-3}$$

όπου:

W_{PR} = βάρος εφοδίων σε t

$N_P = 1780$ ο συνολικός αριθμός επιβατών της θερινής περιόδου

$c=1.3$ αφορά την εφεδρεία των εφοδίων

$t=7.5h$ ο χρόνος ταξιδιού

Το συνολικό βάρος εφοδίων για 7 ημέρες είναι $W_{PR}= 82.23t$, με κέντρο βάρους $LCG=45.18m$ που λαμβάνεται ίσο με το μισό του Πρώτου Καταστρώματος Επιβατών και το $KG=20m$.

Βάρος επιβατών

Θεωρείται κατά μέσο όρο ότι το κάθε άτομο ζυγίζει $95kg$, μαζί με τις αποσκευές. Οι υπολογισμοί θα γίνουν για τη θερινή περίοδο όπου είναι η δυσμενέστερη και παρουσιάζεται ο μέγιστος αριθμός επιβατών.

$$W_{PASS}=0.095 \cdot 1780= 169.10t$$

Τα κέντρα βαρών υπολογίστηκαν με την μέθοδο των ροπών καθώς υπολογίστηκαν ξεχωριστά στους χώρους επιβατών, ο αριθμός των επιβατών και το κέντρο των χώρων αυτών, έτσι προκύπτει $LCG_{PASS}=33.9m$ και $KG_{PASS}=20.52m$.

Βάρος πληρώματος

Το κάθε μέλος του πληρώματος θεωρείται ότι ζυγίζει 120kg μαζί με τις αποσκευές του. Επομένως για το βάρος του πληρώματος θα έχουμε:

$$W_{CREW}= 0.12 \cdot 61= 7.32t$$

Το κέντρο βάρους για το πλήρωμα θεωρήθηκε στο πρωραίο τμήμα του Τρίτου Καταστρώματος Επιβατών και ισούται με $LCG_{CREW}= 60m$ και $KG_{CREW}=28.97m$.

Βάρος οχημάτων

Για τον υπολογισμό του βάρους των οχημάτων πρέπει να καθοριστεί η μεταφορική ικανότητα των Ι.Χ. αυτοκινήτων (private cars) αλλά και των φορτηγών οχημάτων (trucks). Λόγω του ότι μεταβλήθηκε σημαντικά το πλάτος του υπό μελέτη πλοίου σε σχέση με το πλοίο που μελετήθηκε στη διπλωματική εργασία του Κιουσόπουλου [21] παρατηρήθηκε μια μείωση στο Lightship, επομένως υπάρχει δυνατότητα αύξησης της μεταφορικής ικανότητας των φορτηγών. Για να υπολογίσουμε με ακρίβεια την μεταφορική ικανότητα, αρκεί να αφαιρέσουμε από το εκτόπισμα $\Delta_{MAX}= 5292.9t$ που αντιστοιχεί στο μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα $T_{SCANT}= 5.524m$, τα βάρη του άφορτου σκάφους, των αναλωσίμων, των επιβατών αλλά και του πληρώματος. Έτσι θα προκύψει το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο των οχημάτων W_{CARS} και W_{TRUCKS} . Άρα, έχουμε:

$$W_{CARS} + W_{TRUCKS} = \Delta_{MAX} - \{W_{LS} + (W_{FO} + W_{DO} + W_{LO} + W_{FW} + W_{LIQ} + W_{PR} + W_{PASS} + W_{CREW})\}$$

$$W_{CARS} + W_{TRUCKS} = 1316.87t$$

Η δυσμενέστερη κατάσταση φόρτωσης, είναι αυτή στην οποία δεν χρησιμοποιείται το Hoistable Car Deck και άρα το First Car Deck φορτώνεται μόνο με φορτηγά, ενώ το Second Car Deck με Ι.Χ. Στην κατάσταση αυτή φορτώνονται 98 Ι.Χ. και υπάρχουν 464m λωρίδες φορτηγών. Στα Ι.Χ. το μέσο βάρος θα ληφθεί ως 1.6t και έτσι το συνολικό τους βάρος θα είναι:

$$W_{CARS} = 1.6 \cdot 98 = 156.8t$$

Το αντίστοιχο βάρος των φορτηγών θα είναι:

$$W_{TRUCKS} = 1316.87 t - 156.8t = 1160.07t$$

Διαιρώντας το βάρος αυτό με τα συνολικά μέτρα λωρίδων φορτηγών προκύπτει το βάρος ανά μέτρο για τα φορτηγά οχήματα:

$$W_{TRUCK} = \frac{1160.07t}{464m} = 2.5 t/m$$

Το ειδικό βάρος αυτό θεωρείται αποδεκτό καθώς έχει ως αποτέλεσμα βάρος 30t για φορτηγό μήκους 12m και 40t για φορτηγό μήκους 16m.

Στον Πίνακα 8.2 παρουσιάζονται αναλυτικά τα βάρη των οχημάτων καθώς και το κέντρο βάρους τους όπως υπολογίστηκε από το σχέδιο Γενικής Διάταξης.

Πίνακας 8.2: Βάρος και Κέντρο Βάρους Οχημάτων

	W [t]	LCG [m]	VCG [m]
Trucks	1160.07	42.03	11.57
Cars	156.80	48.44	15.97
Σύνολο	1316.80	45.43	12.09

Επομένως για το πρόσθετο φορτίο του υπό μελέτη πλοίου έχουμε:

Πίνακας 8.3: Βάρη Deadweight

Κατηγορία	W[t]	LCG [m]	VCG [m]
Καύσιμα Κυρίων Μηχανών W_{FO}	336.43	-	-
Καύσιμα Ηλεκτρογεννητριών W_{DO}	17.84	-	-
Λιπαντικά W_{LO}	11	-	-
Φρέσκο Νερό W_{FW}	108.88	-	-
Υπόλοιπα Υγρά W_{LIQ}	12.00	32.12	3.32
Εφόδια W_{PR}	82.23	45.18	20.00
Επιβάτες W_{PASS}	169.10	33.90	20.52
Πλήρωμα W_{CREW}	7.32	60.00	28.97
Οχήματα $W_{CARS} + W_{TRUCKS}$	1316.87	48.15	12.09
Σύνολο DWT	2061.60	-	-

Τα παραπάνω βάρη, όπως αναφέρθηκε και πριν, έχουν υπολογιστεί για 7 ημερήσια ταξίδια του υπό μελέτη πλοίου. Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως τα βάρη των αναλωσίμων των δεξαμενών (HFO, DO, LO, FW) καθώς και τα κέντρα βάρους αυτών ενδέχεται να μεταβληθούν σε μικρό βαθμό καθώς οι τελικές καταστάσεις φόρτωσης θα γίνουν με τη χρήση του ναυπηγικού προγράμματος NAPA (Loading Conditions).

9 Διάφοροι Υπολογισμοί

9.1 Καταμέτρηση

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει ο υπολογισμός της ολικής και καθαρής χωρητικότητας του υπό μελέτη πλοίου. Η ολική χωρητικότητα (Gross Tonnage) είναι ένα μέτρο των χώρων του πλοίου στο οποίο περιλαμβάνονται όλοι οι μονίμως κλειστοί χώροι που διατίθενται για φορτίο, εφόδια πλοίου και ενδιαίτηση πληρώματος - επιβατών. Έτσι προκύπτει η συνολική σε όγκο διάσταση του πλοίου. Η ολική χωρητικότητα είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του αριθμού και της σύνθεσης του πληρώματος. Η καθαρή χωρητικότητα (Net Tonnage) αναφέρεται στην πλήρη μεταφορική ικανότητα του πλοίου σε όγκο και αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό μέγεθος της οικονομικής αξίας του πλοίου. Και τα δύο μεγέθη αυτά αποτελούν τη βάση για τον καθορισμό διαφόρων τελών, φόρων, ασφαλιστρών κ.α.

Για την καταμέτρηση των πλοίων χρησιμοποιήθηκαν οι διεθνείς κανονισμοί που περιέχονται στο κείμενο της Διεθνούς Συνδιάσκεψης για την Καταμέτρηση των Πλοίων (ICTM 1969).

Ολική Χωρητικότητα

Η ολική χωρητικότητα (Gross Tonnage), σύμφωνα με τον κανονισμό "International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969-Annex I- Regulation 3", υπολογίζεται βάσει του τύπου:

$$GT = k_1 \cdot V_{TOTAL}$$

Όπου:

$$k_1 = 0.2 + 0.02 \cdot \log V_{TOTAL}$$

V_{TOTAL} : είναι ο όγκος όλων των κλειστών χώρων του πλοίου

Από τα υδροστατικά στοιχεία του πλοίου (πρόγραμμα NAPA) υπολογίστηκε ο ολικός όγκος των περικλειόμενων χώρων του πλοίου και προέκυψε $V_{TOTAL} = 47195.01 \text{m}^3$.

Άρα προκύπτει $GT = 13850.69$

Καθαρή Χωρητικότητα

Σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς και συγκεκριμένα τον κανονισμό, "International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969-Annex I- Regulation 4", η καθαρή χωρητικότητα (Net Tonnage) υπολογίζεται βάσει του τύπου:

$$NT = K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

όπου :

V_C : Ο συνολικός όγκος των χώρων φορτίου. Στο υπό μελέτη πλοίο ο όγκος αυτός αντιστοιχεί στον χώρο που προορίζεται για τη μεταφορά οχημάτων.

d : Το μέγιστο έμφορτο βύθισμα.

D : Το πλευρικό ύψος του πλοίου μέχρι το κατάστρωμα στεγανών φρακτών, το οποίο δεχόμαστε ότι είναι το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα.

N_1 : Αριθμός επιβατών σε καμπίνες.

N_2 : Αριθμός των υπόλοιπων επιβατών.

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \cdot \log V_C$$

$$K_3 = 1.25 + (GT + 10000) / 10000$$

Εάν όλα τα πιο πάνω αντικατασταθούν με:

$$V_C = 20585.83 \text{ m}^3$$

$$d = 5.524 \text{ m}$$

$$D = 9.57 \text{ m}$$

$$N_1 = 146$$

$$N_2 = 1780$$

$$K_2 = 0.286271$$

$$K_3 = 2.981337$$

$$\text{Άρα } NT = 3979$$

Υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί που ισχύουν για τον υπολογισμό της καθαρής χωρητικότητας και που θα πρέπει να ελέγξουμε:

- Πρέπει ο παράγοντας $\left(\frac{4d}{3D}\right)^2$ να είναι μικρότερος της μονάδας. Έχουμε $\left(\frac{4d}{3D}\right)^2 = 0.59$
- Πρέπει ο παράγοντας $K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2$ να είναι μεγαλύτερος από 0.25GT. Έχουμε $K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 = 3490.66 \geq 3462.67 = 0.25GT$
- Τέλος, πρέπει η καθαρή χωρητικότητα να είναι μεγαλύτερη από 0.3GT. Όμως, $NT = 3979 \leq 4155.21 = 0.3GT$.

Έτσι, η τελική καθαρή χωρητικότητα θα είναι ίση με το 30% της ολικής και άρα $NT = 4155.21$

9.2 Γραμμή Φόρτωσης

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει υπολογισμός της Γραμμής Φόρτωσης (Load Line) σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης του 1966 (ILLC 1966). Σύμφωνα με τον κανονισμό "*International Convention on Load Lines, 1966, as Amended by the Protocol of 1988 - Annex I - Chapter I - Regulation 3*", δίνονται παρακάτω οι ορισμοί για τα βασικά μεγέθη του πλοίου:

Μήκος πλοίου L : το 96% του ολικού μήκους της ισάλου στο 85% του D ή η απόσταση από την Α.Ρ. έως το πρωραίο σημείο της ισάλου αυτής, όποια απόσταση είναι μεγαλύτερη. Λαμβάνουμε την πρώτη περίπτωση και $L = 94.53 \text{ m}$.

Κοίλο D : η απόσταση από την τρόπιδα μέχρι το κατάστρωμα εξάλων. Έχουμε $D = 9.57 \text{ m}$.

Κοίλο καταστρώματος εξάλων D_F : το κοίλο D συν το έλασμα του καταστρώματος εξάλων (8mm). Έχουμε $D_F = 9.578 \text{ m}$

Freeboard Deck (κατάστρωμα εξάλων): Δεχόμαστε ότι είναι το First Car Deck (9570 A/B), καθώς μέχρι εκεί εκτείνονται οι στεγανές φρακτές.

Συντελεστής Γάστρας C_b : Ορίζεται ως το πηλίκο $\frac{\Delta}{LBd}$, όπου d είναι το βύθισμα στο 85% του D, B είναι το πλάτος της ημιγάστρας και Δ το εκτόπισμα της ημιγάστρας στο βύθισμα αυτό. Λαμβάνουμε τελικά $C_b=0.5562$.

Σύμφωνα με τον κανονισμό στο "Chapter III - Regulation 27", τα επιβατηγά πλοία ανήκουν στην κατηγορία "B". Έτσι σύμφωνα με τον Πίνακα 28.2 του "Chapter III - Regulation 27 και για $L=94.53\text{m}$ με γραμμική παρεμβολή λαμβάνουμε το βασικό ύψος εξάλων $BYE=1164.07\text{mm}$. Στο BYE θα πρέπει να γίνουν και οι ακόλουθες διορθώσεις:

- Διόρθωση για πλοία κάτω των 100m: Καμία διόρθωση, $BYE_2=BYE_1$.
- Διόρθωση για το συντελεστή γάστρας: Έχουμε $C_b \leq 0,68$, οπότε έχουμε $BYE_3=BYE_1$
- Διόρθωση για το κοίλο: Έχουμε $D_F=9.578\text{m} \geq 6.30=L/15$, οπότε:

$$BYE_4=BYE_3+(D_F - \frac{L}{15}) \cdot R, \text{ όπου } R=\frac{L}{0.48} \text{ για } L \leq 120\text{m}$$

$$\text{Άρα έχουμε } BYE_4= 1164.07+(9.578-6.30) \cdot 196.94 \Rightarrow BYE_4=1809.4\text{mm}$$

- Διόρθωση για υπερκατασκευές: Έχουμε υπερκατασκευές πάνω από το First Car Deck καθόλο το μήκος L. Οπότε, έχουμε δρών μήκος υπερκατασκευών $E=L=94.53\text{m}$. Για $E=L$ και $L=94.53\text{m}$ λαμβάνουμε με γραμμική παρεμβολή μείωση του ύψους εξάλων κατά 914.09mm.

$$\text{Οπότε: } BYE_5= BYE_4-914.09= 895.30\text{mm}$$

- Διόρθωση για τη σιμότητα: Στο υπό μελέτη πλοίο έχουμε μηδενική σιμότητα, άρα και έλλειψη σιμότητας σε σχέση με την κανονική και η οποία δίνεται σε κάθε σημείο του πλοίου όπως δείχνει ο Πίνακας 9.1:

Πίνακας 9.1: Κανονική Σιμότητα

Station	Ordinate [mm]	Factor
After Perpendicular	25 (L/3 + 10)	1
After half	1/6L from A.P.	11.1 (L/3 + 10)
	1/3L from A.P.	2.8 (L/3 + 10)
Amidships	0	1
Amidships	0	1
Forward half	1/3L from F.P.	5.6 (L/3 + 10)
	1/6L from F.P.	22.2 (L/3 + 10)
Forward Perpendicular	50 (L/3 + 10)	1

Με αντικατάσταση του L στον παραπάνω πίνακα έχουμε μέτρο σιμότητας για το πρωραίο τμήμα $M_{NF}= 692.18\text{mm}$, ενώ για το πρυμναίο τμήμα είναι $M_{NA}= 346.09\text{mm}$. Το μέσο μέτρο της κανονικής σιμότητας ισούται με το μέσο όρο των δύο παραπάνω μεγεθών και έχουμε ως αποτέλεσμα $M_N= 519.13\text{mm}$.

Όπως αναφέρθηκε, έχουμε μηδενική πραγματική σιμότητα και άρα η M_N ισούται με την έλλειψη σιμότητας. Σύμφωνα με τους κανονισμούς για έλλειψη σιμότητας έχουμε:

$$BYE6 = BYE5 + (0.75 - \frac{S}{2 \cdot L}) \cdot y = 1025.10 \text{mm}$$

Όπου $S=L$, το ολικό μήκος υπερκατασκευών και
 $y = M_N$ η έλειψη σιμότητας

Σύμφωνα με τις παραπάνω διορθώσεις το τελικό ύψος εξάλων ισούται με 1025.10mm. Έπειτα μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγιστο έμφορτο βύθισμα:

$$T_{\Gamma\Phi} = D_F - T_{YE} = 8.55 \text{m}$$

Το βύθισμα αυτό είναι μεγαλύτερο από το βύθισμα $T_{SCANT} = 5.524 \text{m}$ το οποίο υπολογίστηκε σύμφωνα με το πρότυπο και αντιστοιχεί στην πιο βαριά κατάσταση φόρτωσης στα πειράματα αντίστασης του Νικά [22]. Ως μέγιστο έμφορτο βύθισμα θα λάβουμε επομένως το T_{SCANT} και εκεί θα τοποθετηθεί ο δίσκος του Plimsoll.

Έχοντας υπολογίσει το $T_{MAX} = T_{SCANT}$ μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγιστο βύθισμα Χειμώνα και το μέγιστο βύθισμα Τροπικών Περιοχών, τα οποία μπαίνουν στο δίσκο του Plimsoll. Για τα υπόλοιπα βυθίσματα της μπάλας του Plimsoll, τα οποία αφορούν την πλεύση σε γλυκό νερό, υπολογίζονται από τα υδροστατικά του NAPA και για βύθισμα $T_{MAX} = 5.524 \text{m}$ τα $\Delta_{\Gamma\Phi} = 5292.9 \text{ tons}$ και $TPC_{(T=T_{\Gamma\Phi})} = 12.8 \text{ t/cm}$.

$$T_{WINTER} = T_{MAX} - T_{MAX}/48 = 5.409 \text{m}$$

$$T_{TROPICAL} = T_{MAX} + T_{MAX}/48 = 5.639 \text{m}$$

$$T_{FRESH WATER} = T_{MAX} + \frac{\Delta}{40 \cdot TPC_{MAX}} = 5.639 \text{m}$$

$$T_{TROPICAL FRESH WATER} = T_{TROPICAL} + \frac{\Delta}{40 \cdot TPC_{MAX}} = 5.742 \text{m}$$

Θα πρέπει επίσης να ελεγχθεί και το ύψος της πλώρας. Για πλοία με $L \leq 250 \text{m}$ το ελάχιστο απαιτούμενο ύψος πλώρας δίνεται από την εξίσωση:

$$F_{b.F.P} = 56 \cdot L \cdot (1 - \frac{L}{500}) \cdot \frac{1.36}{C_B - 0.68} = 3472.60 \text{mm}$$

Μετρώντας το ύψος πλώρας από το σχέδιο Γενικής Διάταξης στο υπό μελέτη πλοίο έως το κατάστρωμα στεγανών φρακτών καθ' ύψος της πλωραίας καθέτου F.P έχουμε $h = 9700 \text{mm}$ και άρα $h > F_{b.F.P}$, επομένως ο κανονισμός τηρείται.

9.3 Σύνθεση Πληρώματος

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία και πιο συγκεκριμένα με τα προεδρικά διατάγματα Π.Δ.177/1974, Π.Δ.230/1984, Π.Δ.319/1996 και την ολική χωρητικότητα του πλοίου σε κόρους, μπορεί να γίνει ο καθορισμός της σύνθεσης του πληρώματος. Οι κανονισμοί αυτοί απαιτούν η ολική χωρητικότητα να έχει υπολογιστεί και αυτή με την ελληνική νομοθεσία, αλλά στην παράγραφο 9.1 υπολογίστηκε με τους διεθνείς κανονισμούς. Για τον λόγο αυτό θα θεωρήσουμε την χωρητικότητα ίση με 10000 κ.ο.χ, καθώς παρατηρήθηκε σε ήδη υπάρχοντα πλοία ότι ο ελληνικός κανονισμός δίνει περίπου 40% λιγότερους κόρους σε σχέση με τους διεθνείς, για πλοία παρόμοιου μεγέθους με το υπό μελέτη. Για τον καθορισμό του πληρώματος χρειάζονται επίσης και ο αριθμός επιβατών θέρους (1780), ο αριθμός επιβατών σε κλίνες (146) και η συνολική εγκατεστημένη ιπποδύναμη των μηχανών (19200kW).

Επομένως για την σύνθεση του πληρώματος ισχύει:

Πλήρωμα Καταστρώματος

Σύμφωνα με την χωρητικότητα η οποία θεωρήθηκε στους 10000 κ.ο.χ., έχουμε:

Πλοίαρχος Α' (1)

Υπαρχος (1)

Πλοίαρχος Β' (1)

Πλοίαρχος Γ' (1)

Δόκιμος Πλοίαρχος (1)

Ναύκληρος (1)

Υποναύκληροι (2)

Ναύτες (12)

Ναυτοπαίδες (2)

Συνολικά το Πλήρωμα Καταστρώματος απαρτίζεται από 22 άτομα.

Πλήρωμα Μηχανής

Λαμβάνοντας υπόψη την εγκατεστημένη ισχύς 19200kW, έχουμε:

Μηχανικός Α' (1)

Μηχανικοί Β' (2)

Μηχανικοί Γ' (2)

Δόκιμοι Μηχανικοί (2)

Μηχανοδηγός Α' (1)

Μηχανοδηγοί Β' (3)

Μαθητευόμενος Μηχανοδηγός (1)

Ηλεκτρολόγοι (2)

Βοηθός Ηλεκτρολόγου (1)

Συνολικά το Πλήρωμα Μηχανής απαρτίζεται από 14 άτομα.

Πλήρωμα Ραδιοτηλεγραφίας

Ραδιοτηλεγραφετής Α' (1)

Ραδιοτηλεγραφετής Β' (1)

Συνολικά το Πλήρωμα Ραδιοτηλεγραφίας απαρτίζεται από 2 άτομα.

Πλήρωμα Οικονομικών Υπηρεσιών

Οικονομικός Αξιωματικός Α' (1)

Οικονομικός Αξιωματικός Β' (1)

Συνολικά το Πλήρωμα Οικονομικών Υπηρεσιών απαρτίζεται από 2 άτομα.

Πλήρωμα Τροφοδοσίας

Βοηθός Φροντιστή (1)

Συνολικά το Πλήρωμα Τροφοδοσίας απαρτίζεται από 1 άτομο.

Πλήρωμα Ενδιαιτημάτων

Θαλαμηπόλοι (7)

Επίκουροι (3)

Αρχιθαλαμηπόλοι (3)

Τραπεζοκόμοι (3)

Συνολικά το Πλήρωμα Ενδιαιτημάτων απαρτίζεται από 15 άτομα.

Πλήρωμα Μαγειρείου

Μάγειρας Α' (1)

Μάγειρας Β' (1)

Χυτροκαθαριστές (2)

Συνολικά το Πλήρωμα Μαγειρείου απαρτίζεται από 4 άτομα.

Επομένως συνολικά έχουμε 61 άτομα πληρώματος, όπως καθορίστηκαν από τους κανονισμούς. Στο σχέδιο Γενικής Διάταξης πέρα από τις καμπίνες του πληρώματος σχεδιάστηκε και μια καμπίνα για τον ιδιοκτήτη. Επίσης κατά το σχεδιασμό έγινε και ο διαχωρισμός σε χώρους/καμπίνες ανώτερου και κατώτερου πληρώματος.

Το ανώτερο πλήρωμα αποτελείται από τους:

Πλοίαρχος Α'

Υπαρχος

Πλοίαρχος Β'

Πλοίαρχος Γ'

Μηχανικός Α'

Μηχανικός Β'

Ηλεκτρολόγος

Οικονομικός Αξιωματικός Α'

10 Υπολογισμός Αντίστασης

Στη φάση αυτή της μελέτης θα γίνει υπολογισμός της αντίστασης του υπό μελέτη πλοίου, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στη δεξαμενή [22].

Η αντίσταση των δίγαστρων πλοίων αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα καθώς η συνολική αντίσταση δεν ισούται με το διπλάσιο των μονόγαστρων που το αποτελούν, αλλά είναι αυξημένη λόγω της αλληλεπίδρασης των γαστρών. Η αντίσταση λοιπόν, που δημιουργείται λόγω της αλληλεπίδρασης των γαστρών μπορεί να χωριστεί σε δύο συνιστώσες:

- Το πρώτο μέρος αφορά μεταβολή στην αντίσταση λόγω συνεκτικότητας και λόγω τριβής. Η τοπική ταχύτητα του νερού μεταξύ των γαστρών αυξάνεται προκαλώντας αύξηση της αντίστασης. Επίσης λόγω μη συμμετρικής κατάστασης γύρω από κάθε γάστρα, παρουσιάζεται ροή μεταξύ των δύο πλευρών της γάστρας και διαφορά στη βρεχόμενη επιφάνεια μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής πλευράς της γάστρας.
- Το δεύτερο μέρος αφορά τη δημιουργία κυματισμών της κάθε γάστρας και πως αυτά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους λόγω της ανάκλασης. Η υπέρθεση αυτή των κυμάτων δημιουργεί αύξηση της αντίστασης [24],[25].

Γενικά στα δίγαστρα σκάφη τύπου catamaran η αντίσταση λόγω αλληλεπίδρασης των γαστρών, μειώνεται καθώς αυξάνεται η ισαπόσταση των γαστρών. Στα αποτελέσματα αντίστασης του Νίκα [22], μεταξύ των τριών ισαποστάσεων που μελετήθηκαν, παρατηρήθηκε αυξημένη υπόλοιπη αντίσταση στην μικρότερη ισαπόσταση, δηλαδή αυτή που θεωρήθηκε στο υπό μελέτη πλοίο, ενώ το φαινόμενο φάνηκε να είναι πιο έντονο σε μεγάλους αριθμούς Froude. Σε πολλές περιπτώσεις δίγαστρων σκαφών, ακόμη και σε πολύ μικρή ισαπόσταση γαστρών, υπάρχει θετική αλληλεπίδραση με αποτέλεσμα τελικά τη μείωση της αντίστασης. Κάτι τέτοιο παρατηρείται όμως σε συγκεκριμένο εύρος αριθμών Froude και όχι για όλες τις ταχύτητες, επομένως χρίζει περαιτέρω μελέτης.

Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα υδροστατικά στοιχεία του μοντέλου για τις διάφορες καταστάσεις φόρτωσης. Στους υπολογισμούς της αντίστασης θα χρησιμοποιηθεί η ισοβύθιστη κατάσταση A_3 με το μεγαλύτερο βύθισμα, που είναι η δυσμενέστερη, διότι η μεγαλύτερη βρεχόμενη επιφάνεια οδηγεί σε μεγαλύτερη αντίσταση. Στο Σχήμα 10.1 φαίνονται οι κύριες διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά του προτύπου που μελετήθηκε στην κατάσταση A_3 και για ισαπόσταση γαστρών $S_1=0.578m$.

Test Condition : A3-S/L=0.185

Model Number : 208/10
 Model Scale = 1: 24

Date : 10-04-12
 Trip Wires :Yes

Ship Data

LWL : 77.60 Metres
 Lbulb : 79.90 Metres
 BWL : 7.13 Metres
 T : 4.47 Metres
 Trim : t=0.000 deg
 Wetted Surf.:1762.56 m²
 S. W. Temp. : 15.00 Degrees
 Dcf*1000 : 0.0000

Model Data

LWL : 3.233 Metres
 Lbulb : 3.329 Metres
 BWL : 0.297 Metres
 T : 0.186 Metres
 Wetted Sur.: 3.060 m²
 F. W. Temp.: 16.00 Degrees

Σχήμα 10.1: Κύριες Διαστάσεις Μοντέλου και Πλοίου για την Κατάσταση A₃ [22]

Αναλογικά με το μοντέλο και για βύθισμα $T_{SCAN7}=5.524\text{m}$, προκύπτουν τα βασικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου, που ακολουθούν (Πίνακας 10.1):

Πίνακας 10.1: Στοιχεία Υπό Μελέτη Πλοίου

Ship	
L _{WL} [m]	96.03
Wetted Surface [m ²]	2699.195
T [m]	5.524
Volume [m ³]	5162.81
Kinematic Viscosity ν [mm ² /s]	$1.1883 \cdot 10^{-6}$
Density [t/m ³]	1.025

Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν στον πρότυπο για την κατάσταση A₃ και για ισαπόσταση s/L=0.185, όπως αναφέρθηκε και πριν.

Πίνακας 10.2: Αποτελέσματα Δοκιμών Κατάστασης A₃

VM m/s	RM Kp	RNM *10 ⁻⁶	CTM *10 ³	CFM *10 ³	CR *10 ³	FN
0.314	0.089	0.942	5.792	4.749	1.043	0.056
0.419	0.161	1.257	5.884	4.463	1.421	0.074
0.526	0.237	1.578	5.496	4.255	1.241	0.093
0.633	0.331	1.899	5.301	4.097	1.204	0.112
0.735	0.441	2.205	5.238	3.976	1.262	0.131
0.839	0.562	2.517	5.123	3.872	1.251	0.149
0.946	0.718	2.838	5.148	3.782	1.366	0.168
1.052	0.896	3.156	5.195	3.705	1.490	0.187
1.155	1.125	3.465	5.411	3.639	1.772	0.205
1.260	1.324	3.780	5.351	3.579	1.772	0.224
1.363	1.534	4.089	5.298	3.527	1.772	0.242
1.470	1.703	4.410	5.057	3.477	1.580	0.261
1.575	2.066	4.725	5.344	3.432	1.912	0.280
1.680	2.744	5.040	6.238	3.392	2.847	0.298
1.786	3.404	5.358	6.847	3.354	3.494	0.317
1.890	3.831	5.670	6.882	3.319	3.563	0.336
1.995	4.033	5.985	6.502	3.287	3.215	0.354
2.101	4.391	6.303	6.383	3.256	3.127	0.373
2.207	5.231	6.621	6.891	3.227	3.664	0.392
2.311	6.716	6.933	8.069	3.200	4.869	0.410

Η μελέτη της αντίστασης δεν θα πραγματοποιηθεί για όλες τις ταχύτητες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.2. Οι υπολογισμοί θα ξεκινήσουν από την ταχύτητα $V_M = 0.839 \text{ m/s}$ καθώς μας απασχολεί η αντίσταση σε υψηλότερες ταχύτητες και πιο συγκεκριμένα για $V=21 \text{ kn}$, όπου έγινε και η προμελέτη.

10.1 Μέθοδος Hughes

Όλοι οι υπολογισμοί αντίστασης του υπό μελέτη πλοίου θα γίνουν σύμφωνα με την μέθοδο Hughes. Τα βασικά χαρακτηριστικά και οι παραδοχές της μεθόδου αυτής αναλύονται στη συνέχεια.

Ο συντελεστής ολικής αντίστασης C_T αναλύεται ως εξής:

$$C_T(Re, Fn) = C_F(Re) + C_R(Re, Fn)$$

όπου C_R είναι ο συντελεστής υπόλοιπης αντίστασης και C_F ο συντελεστής της αντίστασης τριβής. Ο συντελεστής C_R μπορεί να αναλυθεί και περαιτέρω ως εξής:

$$C_R(Re, Fn) = C_W(Fn) + C_{FORM}(Re, Fn)$$

όπου C_W είναι ο συντελεστής της αντίστασης κυματισμού και C_{FORM} ο συντελεστής της αντίστασης μορφής. Σύμφωνα με τον Hughes ο συντελεστής C_{FORM} που εμφανίζεται στον παραπάνω τύπο, μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά ως εξής:

$$C_{FORM} = k \cdot C_F(Re)$$

Στον τύπο του συντελεστή C_{FORM} παρουσιάζεται ο αδιάστατος συντελεστής k που θεωρείται σταθερός σε όλο το εύρος ταχυτήτων που μελετάμε για ένα συγκεκριμένο βύθισμα. Για τον πειραματικό προσδιορισμό του πραγματοποιούνται πειράματα σε πολύ μικρές ταχύτητες και άρα μικρούς αριθμούς Froude, που η αντίσταση κυματισμού C_W μπορεί να θεωρηθεί ίση με το μηδέν. Ο Νίκας στη διπλωματική του έχει υπολογίσει για κάθε ισαπόσταση γαστρών και κάθε κατάσταση φόρτωσης τον συντελεστή k όπως φαίνεται στο Σχήμα 10.2.

1+K				
<i>S/L=0.185</i>				
A1	A2	A3	B3	C2
1.266	1.272	1.267	1.317	1.198

Σχήμα 10.2: Τιμές συντελεστή k [22]

Επομένως για το υπό μελέτη πλοίο έχουμε $1+k=1.267$.

Πλέον, χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες σχέσεις ο συντελεστής ολικής αντίστασης προκύπτει:

$$\begin{aligned} C_T &= C_F + C_R = (C_{FORM} + C_W) + C_F = (k \cdot C_F + C_W) + C_F \\ &= (1 + k) \cdot C_F + C_W \end{aligned}$$

Σύμφωνα με την υπόθεση του Hughes για ένα δεδομένο αριθμό Froude ο συντελεστής αντίστασης κυματισμού C_W παραμένει σταθερός σε κλίμακα μοντέλου και πλοίου. Έχοντας τα απαραίτητα δεδομένα για το μοντέλο και υπολογίζοντας τον συντελεστή τριβής C_F , σύμφωνα με την παρακάτω σχέση (καμπύλη ITTC), μπορούμε να βρούμε το C_W και για το υπό μελέτη πλοίο.

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} Re - 2)^2}, \text{ όπου } Re = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

Έτσι προκύπτει ο υπολογισμός του συντελεστή αντίστασης κυματισμού C_W (Πίνακας 10.3).

Πίνακας 10.3: Υπολογισμός Συντελεστή C_W Μοντέλου

V_M [m/s]	RE_M	C_{FM}	$C_{TM} \cdot 10^3$	C_{TM}	C_W	C_R
0.839	2444683	0.00389	5.12	0.00512	0.00019	0.00123
0.946	2756460	0.00380	5.14	0.00515	0.00033	0.00134
1.052	3065323	0.00373	5.19	0.00520	0.00047	0.00147
1.155	3365445	0.00366	5.41	0.00541	0.00077	0.00175
1.26	3671394	0.00360	5.35	0.00535	0.00079	0.00175
1.363	3971516	0.00355	5.29	0.00530	0.00081	0.00175
1.47	4283294	0.00350	5.05	0.00506	0.00063	0.00156
1.575	4589243	0.00345	5.34	0.00534	0.00097	0.00189
1.68	4895193	0.00341	6.23	0.00624	0.00192	0.00283
1.786	5204056	0.00337	6.84	0.00685	0.00258	0.00348
1.89	5507092	0.00334	6.88	0.00688	0.00265	0.00355
1.995	5813041	0.00330	6.50	0.00650	0.00232	0.00320
2.101	6121905	0.00327	6.38	0.00638	0.00224	0.00311
2.207	6430768	0.00324	6.89	0.00689	0.00278	0.00365
2.311	6733804	0.00322	8.06	0.00807	0.00399	0.00485

Για το υπό μελέτη πλοίο ο συντελεστής C_F υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως στο μοντέλο(καμπύλη ITTC), ενώ ο συντελεστής C_W και k διατηρούνται ίδιοι. Ο αριθμός Froude δίνεται από τη σχέση:

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

Έτσι μπορεί να υπολογιστεί και ο ολικός συντελεστής αντίστασης C_T του υπό μελέτη πλοίου. Τα αποτελέσματα φαίνονται στη συνέχεια:

Πίνακας 10.4: Υπολογισμός Συντελεστή C_T Υπό Μελέτη Πλοίου

V_s [m/s]	FN_s	RE_s	C_{FS}	C_{WS}	C_{TS}
4.57	0.15	369502446.1	0.00174	0.00019	0.00279
5.16	0.17	416626119.2	0.00171	0.00033	0.00290
5.73	0.19	463309384.1	0.00169	0.00047	0.00301
6.29	0.21	508671424.6	0.00167	0.00077	0.00329
6.87	0.22	554914281.3	0.00165	0.00079	0.00328
7.43	0.24	600276321.8	0.00163	0.00081	0.00327
8.01	0.26	647399994.9	0.00162	0.00063	0.00308
8.58	0.28	693642851.7	0.00160	0.00097	0.00340
9.16	0.30	739885708.4	0.00159	0.00192	0.00433
9.73	0.32	786568973.4	0.00158	0.00258	0.00497
10.30	0.34	832371422	0.00157	0.00265	0.00504
10.87	0.35	878614278.8	0.00156	0.00232	0.00469
11.45	0.37	925297543.7	0.00155	0.00224	0.00459
12.03	0.39	971980808.6	0.00154	0.00278	0.00513
12.59	0.41	1017783257	0.00153	0.00399	0.00633

Στο στάδιο αυτό θα πρέπει να υπολογιστεί η απαιτούμενη ισχύς πρόωσης του πλοίου στην ταχύτητα που έχει επιλεγεί για την μελέτη $V_s=21\text{kn}$. Η ισχύς δίνεται από τον τύπο:

$$EHP=R_{TS} \cdot V_s$$

όπου R_{TS} είναι η ολική αντίσταση του πλοίου και δίνεται από τον τύπο:

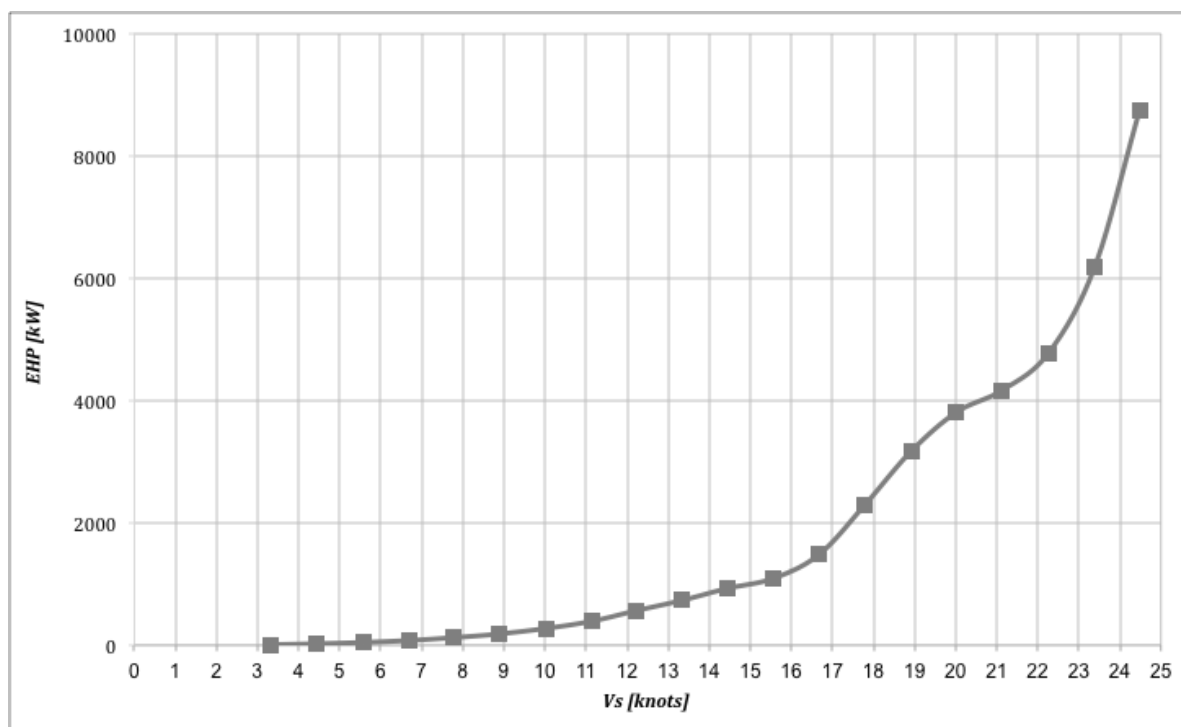
$R_{TS}=\frac{1}{2} \cdot C_{TS} \cdot \rho_s \cdot V_s^2 \cdot S_s$, με S_s την βρεχόμενη επιφάνεια του υπό μελέτη πλοίου όπως δείχνει ο Πίνακας 10.1.

Η ολική αντίσταση του πλοίου R_{TS} , καθώς και η απαιτούμενη ισχύς ρυμούλκησης για γυμνή γάστρα EHP, παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.5.

Πίνακας 10.5: Τελική Αντίσταση και Απαιτούμενη Ισχύς Ρυμούλκησης Γυμνής Γάστρας

V_s [knots]	R_{TS} [kp]	EHP [kW]
8.9	8238.9	369.4
10.0	10870.8	549.6
11.1	13980.2	786.0
12.2	18386.9	1135.0
13.3	21834.3	1470.3
14.4	25498.8	1857.4
15.6	27870.5	2189.6
16.7	35383.6	2978.4
17.8	51259.7	4602.4
18.9	66519.9	6349.4
20.0	75466.2	7622.8
21.0	78212.7	8339.1
22.3	85033.3	9548.0
23.4	104712.4	12350.9
24.5	141706.4	17502.0

Επιπλέον, σχεδιάστηκε το διάγραμμα ισχύος ρυμούλκησης γυμνής γάστρας του υπό μελέτη πλοίου συναρτήσει της ταχύτητας, τα οποία φαίνονται στο Διάγραμμα 10.1:



Διάγραμμα 10.1: Διάγραμμα Απαιτούμενης Ισχύος Ρυμούλκησης Γυμνής Γάστρας ως Συνάρτηση της Ταχύτητας

10.2 Επιλογή Κύριας Μηχανής

Για τον υπολογισμό της κύριας μηχανής του πλοίου εκτός από την ισχύ ρυμούλκησης που υπολογίστηκε πιο πάνω, θα πρέπει να είναι γνωστός ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης καθώς και μια ελάχιστη απαιτούμενη τιμή της ισχύος και των στροφών ανά λεπτό των ελίκων του πλοίου. Πρώτα πρέπει να καθοριστούν τα βασικά χαρακτηριστικά των δύο ελίκων. Για να προσδιορίσουμε τα σημεία λειτουργίας καθαρής και ρυπασμένης γάστρας θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα GRID [26]. Το πρόγραμμα αυτό δεν καλύπτει δίγαστρα πλοία επομένως θα εξεταστεί μόνο η μία ημιγάστρα και άρα η αντίσταση ρυμούλκησης θα είναι ακριβώς η μισή της συνολικής.

Επιλογή Έλικας

Η διάμετρος της έλικας έχει επιλεγεί σε προηγούμενο στάδιο ίση με $D_{ελ}=3.5\text{m}$. Για την επιλογή της βέλτιστης έλικας γίνονται οι ακόλουθοι υπολογισμοί στοιχείων και συντελεστών:

- Ποσοστό ορόρου w

$$\text{Schneekluth: } w_{\text{Schneekluth}} = 0.5 \cdot C_p \cdot \frac{1.6}{1 + \frac{D_{ελ}}{T}} \cdot \frac{1.6}{10 + \frac{L}{B}} = 0.248$$

$$\text{Kruger: } w_{\text{Kruger}} = 0.75 \cdot C_B - 0.24 = 0.177$$

$$\text{Heckscher: } w_{\text{Heckscher}} = 0.7 \cdot C_p - 0.18 = 0.301$$

Troost: $w_{Troost} = 0.25 + 2.5 \cdot (C_B - 0.6)^2 = 0.255$

Το συνολικό ποσοστό ομόρρου ισούται με τον μέσο όρο των παραπάνω εκτιμήσεων και έτσι έχουμε $w = 0.245$.

- Συντελεστής μείωσης ώσης t

Heckscher: $t_{Heckscher} = 0.5 \cdot C_p - 0.18 = 0.164$

Danckwardt: $t_{Danckwardt} = 0.52 \cdot C_B - 0.18 = 0.109$

Holtrop - Mennen: $t_{Holtrop-Mennen} = 0.325 \cdot C_B - 0.1885 \cdot \frac{D_{ελ}}{\sqrt{B \cdot T}} = 0.079$

Ο συνολικός συντελεστής μείωσης ώσης υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των εκτιμήσεων και ισούται με $t = 0.117$.

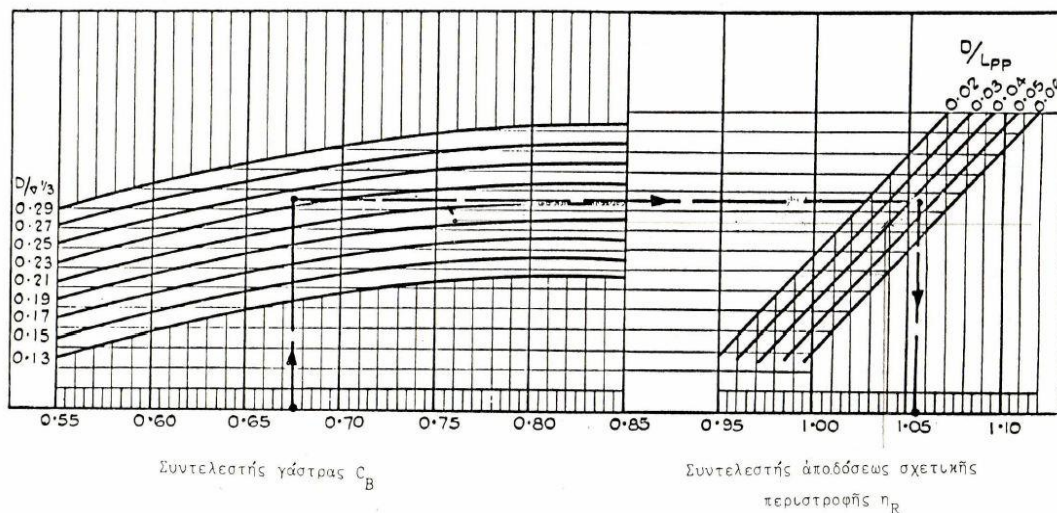
- Βαθμός σχετικής περιστροφής n_R

Σύμφωνα με την μέθοδο BSRA έχουμε: $C_B = 0.5562$

$$D_{ελ} / L_{PP} = 0.038$$

$$D_{ελ} / \nabla^{1/3} = 0.272$$

Σύμφωνα με τους τύπους της BSRA και το Σχήμα 10.3 μπορούμε να υπολογίσουμε το $n_R = 1.044$.



Σχήμα 10.3: Διάγραμμα Υπολογισμού n_R

- Βαθμός απόδοσης άξονα η_s

Θεωρούμε $\eta_s = 0.98$

9.17

- Λόγος εκτεταμένης επιφάνειας A_E / A_0

Για τον υπολογισμό της εκτεταμένης επιφάνειας πρέπει να υπολογίσουμε πρώτα τα παρακάτω δεδομένα.

h : η κατακόρυφη απόσταση του κέντρου του άξονα από την επιφάνεια της θάλασσας που δίνεται με τον τύπο, $h = T_d - \frac{D_{ελ}}{2} + 0.02 = 4\text{m}$

p_0 : η στατική πίεση στο κέντρο του άξονα, $p_0 = p_{atm} + \rho \cdot g \cdot h = 13332.07 \text{kp/m}^2$

p_{atm} : η πίεση ατμοποίησης του θαλασσινού νερού, $p_{atm} = 104.611 \text{kp} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$

$k=2$

Έτσι θα έχουμε για τον λόγο εκτεταμένης επιφάνειας:

$$\frac{A_E}{A_0} = \frac{(1.3 + 0.3 \cdot z) \cdot T}{(p_0 - p_V) \cdot D_{ελ}^2} + k = 0.8066 \rightarrow \frac{A_E}{A_0} = 0.85$$

Τα παραπάνω δεδομένα εισάγονται στο πρόγραμμα GRID έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός των σημείων λειτουργίας. Αναλυτικότερα, στο πρόγραμμα εισάγονται η διάμετρος της έλικας, ο λόγος εκτεταμένης επιφάνειας, ο αριθμός πτερυγίων, ο βαθμός απόδοσης του άξονα, ο αριθμός προπελών, η πυκνότητα του θαλασσινού νερού, η ταχύτητα του πλοίου, η αντίσταση ρυμούλκησης της ημιγιάστρας, το ποσοστό ομόρρου, ο συντελεστής μείωσης ώσης και ο βαθμός σχετικής περιστροφής. Επίσης εσάγεται η ταχύτητα υπηρεσίας σε m/s και η αντίστοιχη αντίσταση σε kp.

Εκτελώντας το πρόγραμμα λαμβάνουμε τις εξής τιμές:

- RPM-Στροφές της έλικας
- P/D-Λόγος βήματος έλικας
- T [kp]- Ώση έλικας
- Q [kp·m]- Ροπή στη θέση της έλικας
- DHP [PS]- Αποδιδόμενη ισχύ στην έλικα
- BHP [PS]- Ισχύς της κύριας μηχανής στον άξονα πριν τον μειωτήρα
- SHP[PS]- Ισχύς της κύριας μηχανής στον άξονα μετά τον μειωτήρα
- PC- Συντελεστής πρόωσης

Τα αποτελέσματα του προγράμματος GRID για τις ισοβηματικές καμπύλες της έλικας:

```

***** iso - V (or iso - pull) *****
V (knots)= 21.0 number of propellers= 1
rpm  P/D  T (kp)  Q (kp*m)  DHP (PS)  SHP (PS)  P.C.
386.8  0.50  44288.1  21673.6  11704.9  11943.8  0.475
330.8  0.60  44288.1  20540.6  9487.7  9681.3  0.586
291.3  0.70  44288.1  20912.5  8505.9  8679.5  0.653
261.9  0.80  44288.1  22010.2  8049.4  8213.7  0.690
239.2  0.90  44288.1  23502.3  7849.9  8010.1  0.708
221.1  1.00  44288.1  25229.4  7789.4  7948.3  0.713
206.3  1.10  44288.1  27100.9  7807.7  7967.1  0.712
194.0  1.20  44288.1  29051.6  7868.3  8028.9  0.706
183.4  1.30  44288.1  31020.0  7943.9  8106.0  0.699
174.2  1.40  44288.1  32937.4  8010.2  8173.7  0.694

```

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του προγράμματος βλέπουμε ότι ο μέγιστος βαθμός απόδοσης $P.C=0.713$ παρουσιάζεται για λόγο βήματος έλικας $P/D=1.00$ στις 221.1rpm και με $SHP=7948.3$ PS= 5845.7 kW.

Θα ακολουθήσουμε την ίδια διαδικασία για να βρεθεί το σημείο λειτουργίας της έλικας, για ρυπασμένη όμως ημιγάστρα. Για να γίνει αυτό, πραγματοποιείται μια προσαύξηση της τάξης του 20% στην ολική αντίσταση ρυμούλκησης της ημιγαστρας, που χρησιμοποιήθηκε στην προηγούμενη εκτέλεση του προγράμματος GRID. Η αντίσταση που εισάγεται στο πρόγραμμα είναι: $1.20 \cdot R_T = 46927.6$ kp.

Τα αποτελέσματα είναι:

***** iso - V (or iso - pull) *****

rpm	P/D	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.
404.7	0.50	53145.6	24721.8	13970.2	14255.3	0.477
346.8	0.60	53145.6	23771.4	11512.1	11747.1	0.579
305.9	0.70	53145.6	24437.1	10438.5	10651.6	0.639
275.5	0.80	53145.6	25883.5	9955.5	10158.7	0.670
251.9	0.90	53145.7	27754.5	9762.3	9961.5	0.683
233.1	1.00	53145.6	29878.1	9726.2	9924.7	0.685
217.8	1.10	53145.6	32156.2	9779.1	9978.7	0.682
205.0	1.20	53145.7	34516.9	9879.2	10080.8	0.675
194.0	1.30	53145.6	36891.7	9994.5	10198.5	0.667
184.4	1.40	53145.6	39202.4	10096.1	10302.1	0.660

Για ρυπασμένη γάστρα, ο μέγιστος βαθμός απόδοσης $P.C= 0.685$ παρατηρείται για λόγο βήματος έλικας $P/D=1.00$ στις 233.1rpm ενώ τώρα η ισχύς ισούται με $SHP=9924.7$ PS= 7299.6 kW.

Στο πρόγραμμα GRID όμως δεν εισήχθη ο βαθμός απόδοσης του μειωτήρα που θεωρείται $n_G= 0.96$ και έτσι θα πρέπει να συνυπολογιστεί στα αποτελέσματα για τον μέγιστο βαθμό απόδοσης. Έτσι διαιρώντας με 0.96 προκύπτει η BHP , η οποία είναι η ισχύς της κύριας μηχανής πριν τον μειωτήρα. Η BHP για καθαρή και ρυπασμένη γάστρα είναι:

Πίνακας 10.6: Σημεία Λειτουργίας Έλικας για Καθαρή και Ρυπασμένη Ημιγάστρα

	Στροφές Έλικας [RPM]	Ισχύς BHP [kW]
Clean Hull	221.1	6089.55
Fouled Hull	233.1	7603.75

Εφόσον γνωρίζουμε ότι για λόγο έλικας $P/D=1$ ο βαθμός απόδοσης είναι μέγιστος τόσο για την κατάσταση καθαρής γαστρας όσο και για την κατάσταση ρυπασμένης γαστρας, μπορούμε να υπολογίσουμε τα σημεία λειτουργίας της έλικας για όλες τις ταχύτητες. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 10.7 και στον Πίνακα 10.8. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι η ισχύς BHP και ο συνολικός βαθμός απόδοσης η_{TOTAL} που παρουσιάζονται σε αυτούς τους πίνακες, υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψιν και τον βαθμό απόδοσης του μειωτήρα $n_G= 0.96$.

Πίνακας 10.7: Αποτελέσματα GRID για Καθαρή Ημιγάστρα σε Όλες τις Ταχύτητες

CLEAN DEMIHULL					
V _S [kn]	R _{T-DEMIHULL} [kp]	SHP [kW]	P.C	BHP [KW]	η _{TOTAL}
8.9	4119.465	238.154	0.776	248.08	0.745
10.0	5435.376	355.908	0.772	370.74	0.741
11.1	6990.106	511.539	0.768	532.85	0.737
12.2	9193.450	747.561	0.759	778.71	0.729
13.3	10917.131	968.063	0.759	1008.40	0.729
14.4	12749.407	1222.620	0.76	1273.56	0.730
15.6	13935.250	1428.780	0.766	1488.31	0.735
16.7	17691.776	1971.725	0.755	2053.88	0.725
17.8	25629.868	3176.398	0.724	3308.75	0.695
18.9	33259.927	4506.695	0.704	4694.47	0.676
20.0	37733.082	5425.627	0.702	5651.69	0.674
21.1	39106.360	5845.965	0.713	6089.55	0.684
22.3	42516.660	6666.487	0.716	6944.26	0.687
23.4	52356.220	8824.146	0.700	9191.82	0.672
24.5	70853.200	13132.404	0.666	13679.59	0.639

Πίνακας 10.8: Αποτελέσματα GRID Για Ρυπασμένη Ημιγάστρα σε Όλες τις Ταχύτητες

FOULED DEMIHULL					
V _S [kn]	R _{T-DEMIHULL} [kp]	SHP [kW]	P.C	BHP [KW]	η _{TOTAL}
8.9	4943.357	292.802	0.757	305.00	0.727
10.0	6522.452	438.063	0.753	456.32	0.723
11.1	8388.128	630.396	0.748	656.66	0.718
12.2	11032.140	923.860	0.737	962.35	0.708
13.3	13100.557	1196.362	0.737	1246.21	0.708
14.4	15299.288	1510.862	0.738	1573.81	0.708
15.6	16722.300	1762.181	0.746	1835.61	0.716
16.7	21230.131	2439.429	0.733	2541.07	0.704
17.8	30755.841	3957.645	0.698	4122.55	0.670
18.9	39911.913	5636.127	0.676	5870.97	0.649
20.0	45279.699	6787.624	0.674	7070.44	0.647
21.1	46927.632	7299.604	0.685	7603.75	0.658
22.3	51019.993	8319.668	0.689	8666.32	0.661
23.4	62827.464	11044.323	0.671	11504.50	0.644
24.5	85023.839	16521.656	0.636	17210.06	0.611

Επιλογή Κύριας Μηχανής

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να γίνει η επιλογή της κύριας μηχανής του υπό μελέτη πλοίου, θεωρώντας ως κανονικό σημείο λειτουργίας της το 85% του MCR. Συνεπώς θα πρέπει να γίνει ο υπολογισμός της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος, στη

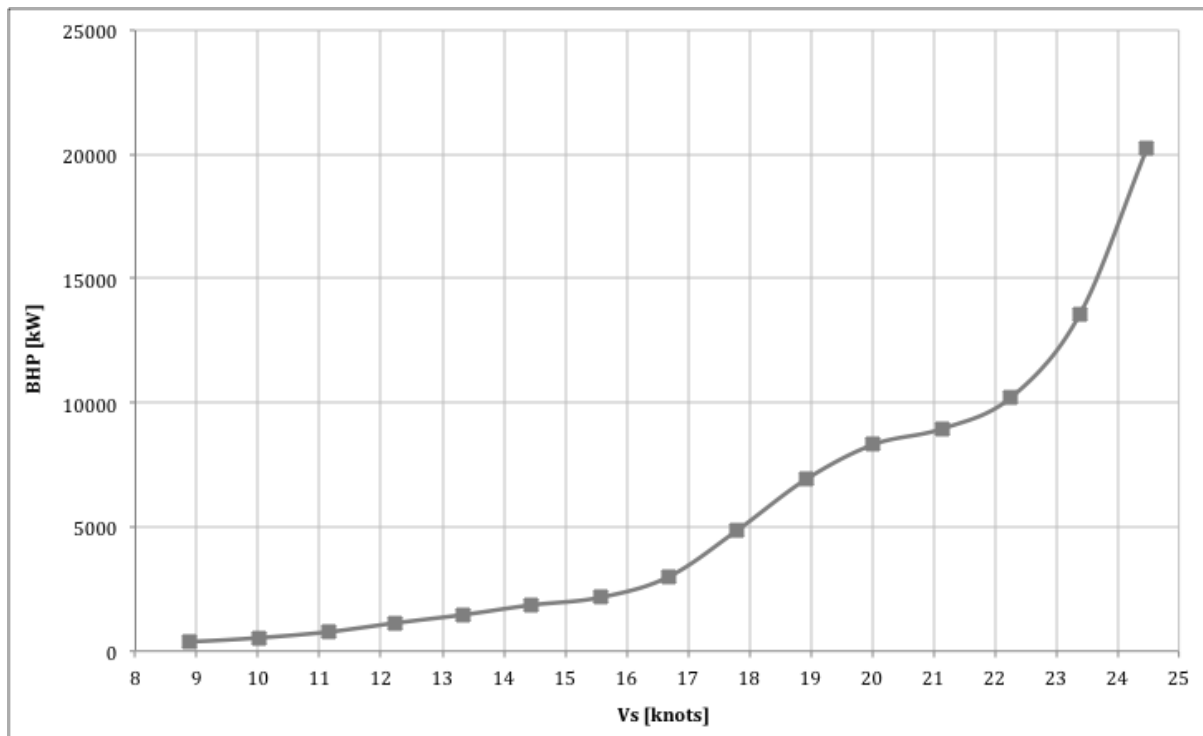
δυσμενέστερη κατάσταση από θέμα αντίστασης, που είναι η κατάσταση ρυπασμένης γάστρας. Επομένως, διαιρώντας με 0.85 τις τιμές της εγκατεστημένης ισχύος (Πίνακας 10.8), προκύπτει η τελική απαίτηση ισχύος (

Πίνακας 10.9).

Πίνακας 10.9: Τελική Απαίτηση Εγκατεστημένης Ισχύος

V_s [kn]	BHP [kW]
8.9	358.83
10.0	536.84
11.1	772.54
12.2	1132.18
13.3	1466.13
14.4	1851.55
15.6	2159.54
16.7	2989.50
17.8	4850.06
18.9	6907.02
20.0	8318.17
21.1	8945.59
22.3	10195.67
23.4	13534.71
24.5	20247.13

Η διαγραμματική απεικόνιση της τελικής απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος της ημιγάστρας σε ρυπασμένη κατάσταση, Πίνακας 10.8, συναρτήσει των ταχυτήτων πλεύσης, δίνεται στο Διάγραμμα 10.2.



Διάγραμμα 10.2: Διάγραμμα Απαιτούμενης Εγκατεστημένης Ισχύος Ως Προς Την Ταχύτητα

Για την ταχύτητα υπηρεσίας $V_S=21\text{kn}$ η απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς για την μια ημιγιάστρα είναι 8945.59 kW, άρα η συνολική απαίτηση είναι $BHP_{TOTAL}= 17891.19 \text{ kW}$. Επιλέγεται η μεσόστροφη μηχανή 16V32/44CR (Tier II, Tier III, EPA Tier 2) της εταιρίας *MAN B&W* (Marine Engine Programme 2016) όπου θα τοποθετηθεί μια σε κάθε ημιγιάστρα. Η ισχύς της μηχανής είναι $MCR=9.600\text{kW}$ στις 750RPM. Η επιλογή της μηχανής εκτός από την απαίτηση ισχύος έγινε και λόγω των διαστάσεών της ώστε να υπάρχει επαρκής χώρος στη γιάστρα για την τοποθέτηση και λειτουργία της.

Επιλογή Μειωτήρα

Για την επιλογή μειωτήρα θα πρέπει να είναι γνωστός ο λόγος μείωσης που θα πρέπει να έχει ο μειωτήρας. Υπολογίζεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$\lambda = \frac{RPM_{ENGINE}}{RPM_{FOULED}} = \frac{750}{233.1} = 3.22$$

Απαιτείται άρα μειωτήρας στροφών με λόγο μείωσης $\lambda=3.22$ και απαίτηση σε ισχύ ίση με την ισχύ της κύριας μηχανής στα 9600kW.

11 Εισαγωγή στο NAPA

Σε αυτό στάδιο της μελέτης θα πρέπει να γίνει ο καθορισμός των καταστάσεων φόρτωσης του υπό μελέτη πλοίου και ο έλεγχος της άθικτης ευστάθειάς του. Για να επιτευχθεί αυτή η μελέτη, θα πρέπει να γίνει εισαγωγή της μορφής της γάστρας σε κάποιο ναυπηγικό σχεδιαστικό πρόγραμμα. Στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκε η χρήση του προγράμματος NAPA, το οποίο μπορεί να ενσωματώσει μια τρισδιάστατη απεικόνιση του μοντέλου του πλοίου ενώ προσφέρει εργαλεία υπολογισμού υδροστατικών μεγεθών, ευστάθειας και μελέτης της μεταλλικής κατασκευής. Στο NAPA μπορεί να εισαχθεί οποιαδήποτε πλωτή κατασκευή ενώ διευκολύνει τις ανάγκες του μελετητή από τα πρώτα κιάλας στάδια της μελέτης.

Το NAPA (the Naval Architectural PAcKage) αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του '70 στο ναυπηγείο της Wärtsilä στο Ελσίνκι της Φινλανδίας και είναι βασισμένο στην γλώσσα προγραμματισμού Fortran 77. Σήμερα, χρησιμοποιείται από ναυπηγεία, νηογνώμονες, πλοιοκτήτες, εταιρείες που διαχειρίζονται πλοία και ερευνητικά ιδρύματα [27].

Κατά τον αρχικό σχεδιασμό, εισάγεται στο πρόγραμμα η μορφή της γάστρας με ακριβή καθορισμό σημείων, γραμμών και επιφανειών. Αφού έχει καθοριστεί πλήρως η γάστρα, μπορούν να γίνουν με μεγάλη ακρίβεια οι περισσότεροι υδροστατικοί υπολογισμοί.

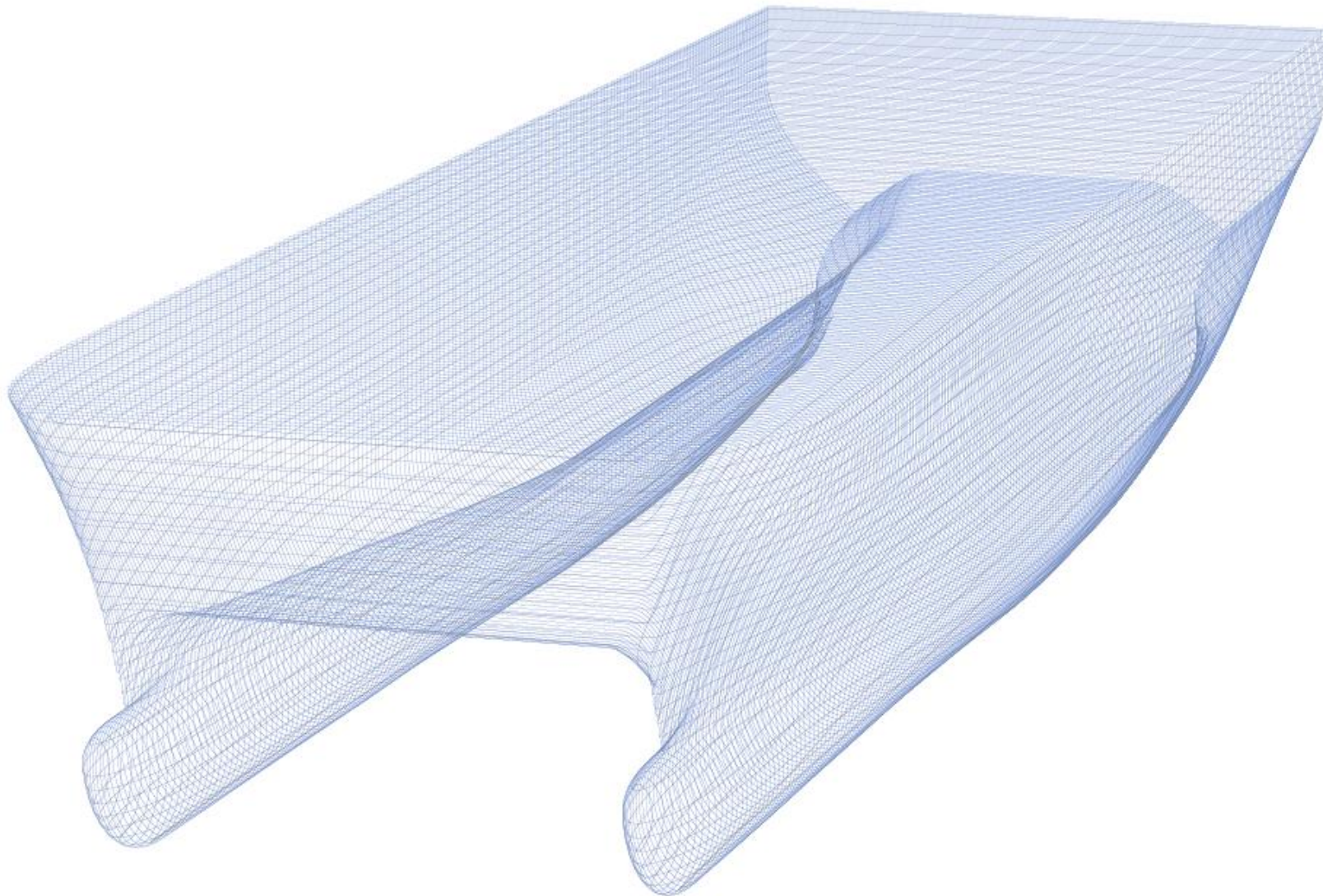
Στο επόμενο στάδιο της μελέτης, γίνεται ο καθορισμός της εσωτερικής γεωμετρίας της γάστρας του υπό μελέτη πλοίου. Αρχικά, ορίζονται κάποιες επιφάνειες αναφοράς (reference surfaces) οι οποίες καθορίζουν τη βασική διαμερισματοποίηση του πλοίου, όπως τα καταστρώματα και οι υδατοστεγείς φρακτές. Με αυτόν τον τρόπο η κατασκευή των διαμερισμάτων γίνεται ευκολότερη διότι κάθε διαμέρισμα ορίζεται βάσει των επιφανειών αναφοράς, έτσι ώστε σε περίπτωση αλλαγής θέσης κάποιας φρακτής το διαμέρισμα τροποποιείται άμεσα, χωρίς να απαιτείται αλλαγή της θέσης κάθε διαμερίσματος ξεχωριστά. Αφού γίνει καθορισμός και της εσωτερικής γεωμετρίας της γάστρας, στο task Ship Model, μπορούν να παρουσιαστούν μια ή περισσότερες διατάξεις του υπό μελέτη πλοίου. Σε αυτό το σημείο, το κάθε διαμέρισμα που έχει σχεδιαστεί και παρουσιάζεται στην διάταξη, αντιστοιχίζεται σε μια δεξαμενή ή ένα χώρο του πλοίου. Μέσα στο πρόγραμμα υπάρχουν διάφοροι ορισμοί που μπορούν να δοθούν σε ένα διαμέρισμα όπως HFO, για δεξαμενές βαρέως καυσίμου, BW για δεξαμενές έρματος, GE για γενικά διαμερίσματα. Εφόσον πραγματοποιηθεί ο καθορισμός των δεξαμενών, μετά μπορούν εύκολα να καταστρωθούν οι καταστάσεις φόρτωσης, αφού πρώτα οριστεί το βάρος του άφορτου σκάφους.

11.1 Εισαγωγή Υπό Μελέτη Πλοίου στο NAPA

Πρώτο στάδιο της μελέτης είναι η εισαγωγή των ναυπηγικών γραμμών του υπό μελέτη πλοίου στο NAPA. Η μορφή της γάστρας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική αναπτύχθηκε στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος CARGOXPRESS 2011 [28]. Οι ναυπηγικές γραμμές επομένως είναι όμοιες με του προτύπου και μορφοποιήθηκαν σύμφωνα με τις κύριες διαστάσεις του υπό μελέτη πλοίου. Οι διαστάσεις που λήφθηκαν υπόψιν είναι οι εξής:

- L_{BP} : μήκος μεταξύ καθέτων
- B : ολικό πλάτος πλοίου
- $B_{DEMIHULL}$: πλάτος ημιγάστρας
- S : ισαπόσταση γαστρών
- $h_{Wet Deck}$: ύψος wet deck, το οποίο ενώνει τις δυο ημιγάστρες

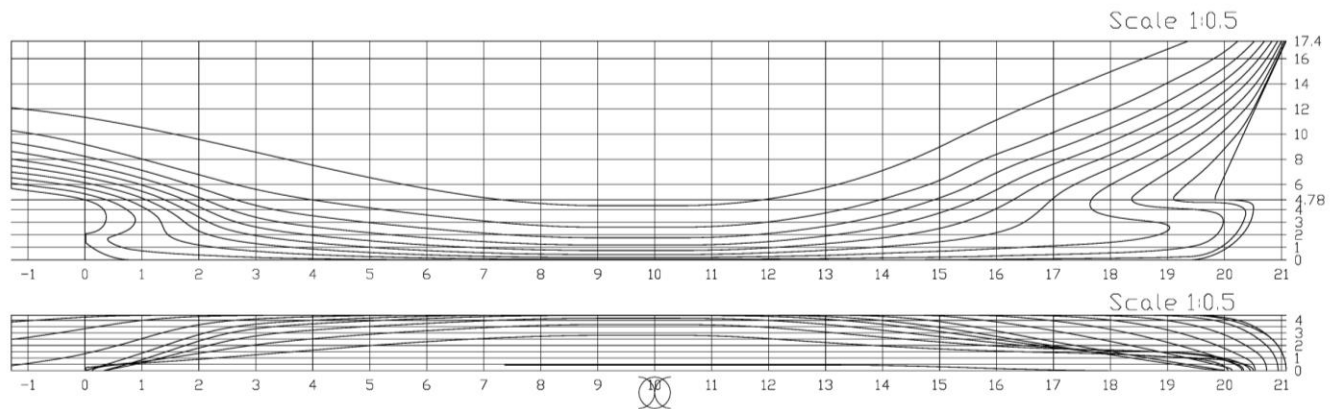
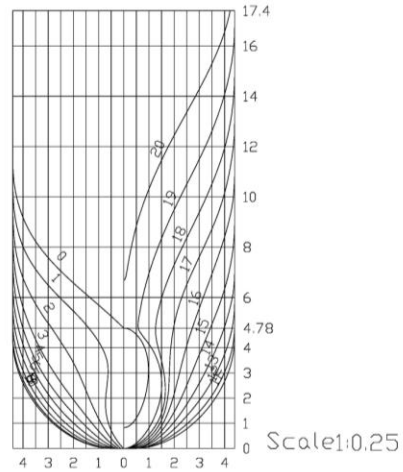
Αφού μορφοποιηθούν οι γραμμές της γάστρας, προκύπτει η τελική μορφή της όπως φαίνεται στο Σχήμα 11.1 αλλά και στο σχέδιο γραμμών στο Σχήμα 11.2.



Σχήμα 11.1: Τελική Μορφή Γάστρας στο NAPA



Lines drawing



Σχήμα 11.2:Lines Plan

Μετά την τελική μορφοποίηση της γάστρας είναι δυνατή η εξαγωγή των υδροστατικών μεγεθών του υπό μελέτη πλοίου. Τα μεγέθη αυτά μπορούν να υπολογιστούν είτε για την μια ημιγάστρα, είτε για το δίγαстро σκάφος συνολικά, αρκεί να καθοριστεί εξ' αρχής. Στον Πίνακα 11.1 παρουσιάζονται τα υδροστατικά μεγέθη για βυθίσματα έως τα 15.17m, που τοποθετήθηκε το Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων, με βήμα 1m. Στα μεγέθη αυτά συμπεριλαμβάνονται το βύθισμα σχεδίασης και το μέγιστο έμφορτο βύθισμα, $T_{DESIGN} = 4.782m$ και $T_{SCANT} = 5.524m$ αντίστοιχα, ενώ όλοι οι υπολογισμοί αφορούν τη συνολική μορφή της γάστρας.

Πίνακας 11.1: Υδροστατικά Μεγέθη Υπό Μελέτη Πλοίου

T	DISP	VOLT	LCB	VCB	KMT	KML	LCA	TPC
1	481.7	469.91	49.312	0.582	113.10	638.94	48.80	6.85
2	1298.8	1267.08	48.732	1.175	58.56	329.29	48.13	9.27
3	2304.4	2248.23	48.376	1.759	39.76	211.80	47.57	10.75
4	3431.0	3347.35	47.929	2.333	30.40	153.70	46.36	11.71
4.782	4364.2	4257.74	47.447	2.774	25.78	122.77	44.80	12.14
5	4632.0	4519.02	47.278	2.896	24.92	119.88	44.57	12.33
5.524	5292.9	5163.79	46.894	3.191	23.30	116.99	44.02	12.85
6	5918.1	5773.71	46.565	3.463	22.28	118.88	43.35	13.59
7	7379.2	7199.26	45.839	4.067	20.59	122.98	42.59	15.68
8	9239.4	9014.07	45.216	4.767	19.40	197.20	43.91	24.81
9	11755.6	11468.80	45.017	5.567	17.52	168.46	44.62	25.48
10	14320.9	13971.60	44.974	6.271	16.34	144.12	44.88	25.79
11	16914.3	16501.70	44.987	6.920	15.61	127.02	45.24	26.07
12	19533.7	19057.20	45.047	7.534	15.17	113.86	45.59	26.29
13	22174.3	21633.40	45.137	8.125	14.94	103.80	45.95	26.49
14	24831.9	24226.20	45.240	8.700	14.85	95.37	46.19	26.63
15.17	27968.3	27286.20	45.383	9.361	14.89	88.54	46.67	26.89

T	MCT	WLA	WSA	C_B	C_M	C_P	C_W	L_{WL}
1	33.992	668.492	795.964	0.580	0.924	0.628	0.834	90.172
2	47.111	904.571	1242.020	0.788	1.209	0.652	1.131	91.772
3	53.510	1048.590	1645.950	0.935	1.405	0.665	1.312	90.872
4	57.417	1142.240	2031.360	1.045	1.543	0.677	1.430	91.277
4.782	57.895	1184.870	2335.690	1.112	1.618	0.688	1.483	89.751
5	59.903	1203.050	2423.280	1.129	1.634	0.691	1.507	90.675
5.524	66.588	1253.590	2633.490	1.168	1.669	0.700	1.570	94.564
6	75.515	1325.680	2834.420	1.203	1.696	0.709	1.660	95.892
7	97.005	1529.780	3289.190	1.286	1.757	0.732	1.916	96.349
8	196.559	2420.010	4391.910	1.409	1.848	0.762	3.038	96.807
9	211.704	2485.480	4629.430	1.594	1.976	0.807	3.120	97.264
10	218.240	2515.970	4836.040	1.749	2.078	0.842	3.158	97.722
11	224.586	2543.360	5038.920	1.879	2.162	0.869	3.193	98.179
12	229.613	2564.470	5244.690	1.990	2.232	0.891	3.219	98.636
13	234.540	2584.350	5460.090	2.085	2.291	0.910	3.244	99.094
14	237.935	2598.160	5664.240	2.169	2.342	0.926	3.261	99.551
15.17	244.810	2623.750	5913.710	2.255	2.392	0.942	3.405	100.086

11.2 Διαμερισματοποίηση (Compartmentation)

Στο σημείο αυτό θα καθοριστούν τα καταστρώματα μέχρι το κατάστρωμα στεγανών φρακτών καθώς και όλες οι υδατοστεγείς φρακτές κάτω από αυτό, ώστε στη συνέχεια να κατασκευαστούν οι δεξαμενές και τα διαμερίσματα. Οι φρακτές εισάγονται ως επιφάνειες (Surfaces) με ορισμό της συντεταγμένης του σημείου που πρέπει να τοποθετηθούν.

Αρχικά, καθορίζεται το frame spacing όπως έχει οριστεί και στο σχέδιο Γενικής Διάταξης, έτσι ώστε τα frames να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σημεία αναφοράς. Τα τέσσερα καταστρώματα που τοποθετούνται στη γάστρα είναι τα εξής:

- Διπύθμενο: $z=2.5\text{m}$
- Platform: $z=6\text{m}$
- Wet Deck: $z=7.77\text{m}$
- Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (Κατάστρωμα Στεγανών Φρακτών): $z= 9.57\text{m}$

Έπειτα, η καθεμία ημιγάστρα χωρίζεται σε δέκα διαμερίσματα, τα οποία είναι συμμετρικά μεταξύ τους. Ο διαχωρισμός γίνεται με την τοποθέτηση των παρακάτω φρακτών:

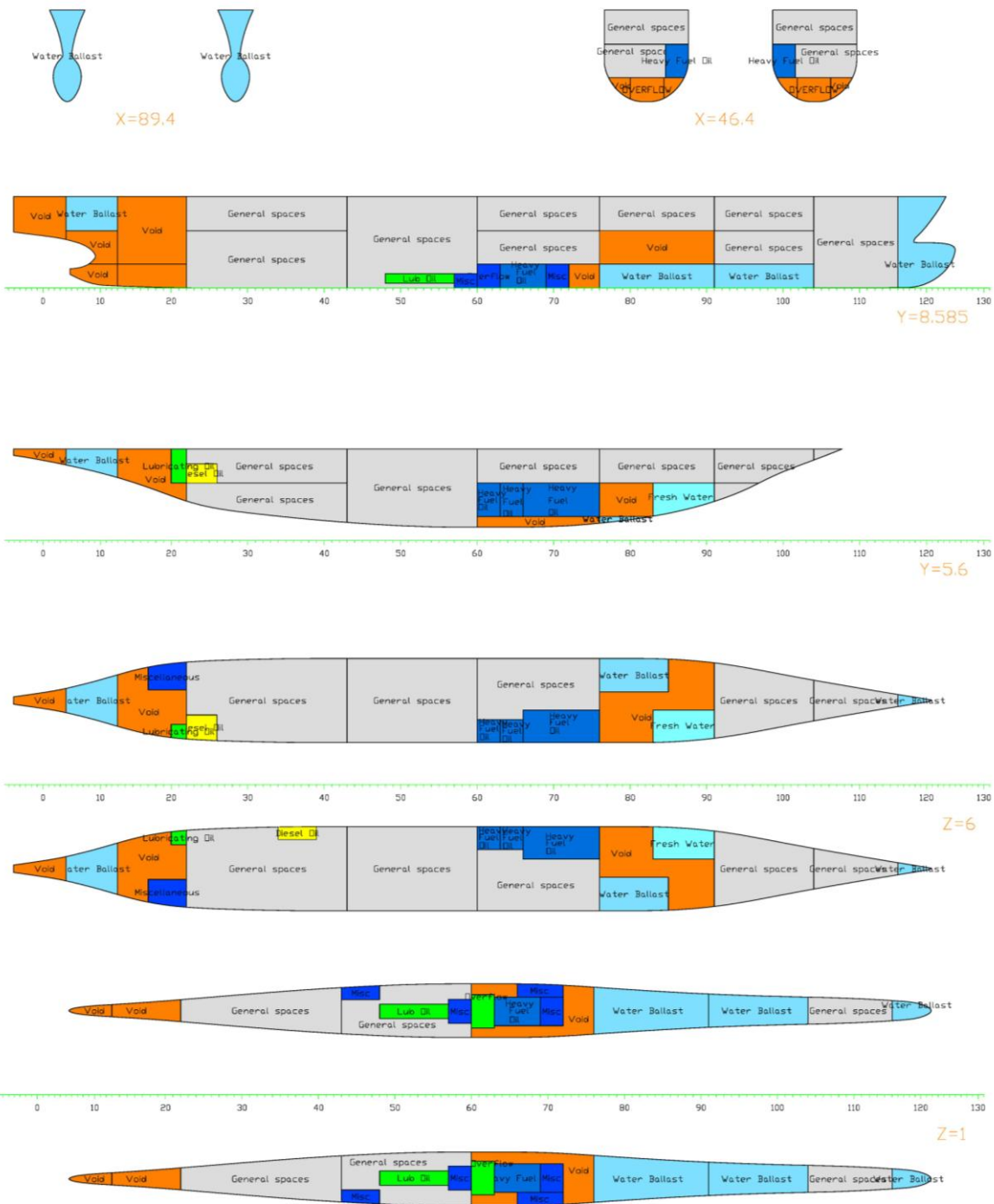
- BHD 9: frame 4
- BHD 8: frame 13
- BHD 7: frame 22
- BHD 6: frame 43
- Main Fire BHD: frame 60
- BHD 4: frame 76
- BHD 3: frame 91
- BHD 2: frame 104
- BHD 1: frame 115

Αφού ολοκληρωθεί ο βασικός διαχωρισμός της κάθε ημιγαστρας με τον τρόπο που αναφέρεται πιο πάνω, είναι δυνατή η τοποθέτηση όλων το δεξαμενών, όπως αυτές φαίνονται στο σχέδιο Γενικής Διάταξης. Οι δεξαμενές στο NAPA δημιουργούνται ως *Rooms*. Για την οριοθέτησή τους χρησιμοποιούνται οι φρακτές και τα καταστρώματα που έχουν δημιουργηθεί, τα frames, αλλά και αποστάσεις που έχουν μετρηθεί από την baseline ή την centerline. Εκτός από τις απαραίτητες δεξαμενές κατασκευάστηκαν και διαμερίσματα, όπως το Pump Room ή το Workshop & Stores Room για την καλύτερη παρουσίαση του υπό μελέτη πλοίου σε επόμενο στάδιο. Οι υπερκατασκευές, δηλαδή τα καταστρώματα επιβατών και οχημάτων, δεν δημιουργήθηκαν καθώς δεν είναι απαραίτητες για τους υπολογισμούς διαγωγής και ευστάθειας. Όμως στα προηγούμενα στάδια της μελέτης έγινε ακριβής υπολογισμός του βάρους των επιβατών και των οχημάτων με τα αντίστοιχα κέντρα βαρών τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στις καταστάσεις φόρτωσης.

11.3 Ship Model

Στη συνέχεια, καθορίζεται ο σκοπός του κάθε διαμερίσματος που δημιουργήθηκε, με στόχο να χρησιμοποιηθεί στην κατάστρωση των καταστάσεων φόρτωσης και τον έλεγχο της άθικτης ευστάθειας. Ουσιαστικά, στο σημείο αυτό προσδιορίζεται ο ρόλος του κάθε χώρου και της κάθε δεξαμενής ώστε να δοθούν σε αυτή τα απαραίτητα χαρακτηριστικά όπως είναι ο τύπος του φορτίου που θα μεταφέρει, η πυκνότητά του, το ποσοστό πλήρωσης της δεξαμενής, η κλάση της και η διαχωρητότητα της. Στο NAPA υπάρχουν ήδη έτοιμες κατηγορίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλλά και να τροποποιηθούν. Επίσης είναι δυνατή και η κατασκευή νέων κατηγοριών, όταν είναι απαραίτητο.

Όταν ολοκληρωθεί ο καθορισμός των χώρων, μέσω του NAPA, προκύπτει μια διάταξη του πλοίου, στην οποία είναι δυνατή η εμφάνιση οποιασδήποτε τομής. Το Ship Model αποτελεί έναν συνδυασμό του σχεδίου Γενικής Διάταξης και του σχεδίου Χωρητικότητας του υπό μελέτη πλοίου. Στο Σχήμα 11.3 παρουσιάζεται μια διάταξη που προκύπτει από το Ship Model όπου παρουσιάζονται οι δεξαμενές καθώς και τον τύπο του φορτίου που μεταφέρουν.



Σχήμα 11.3: Ship Model NAPA

11.4 Καταστάσεις Φόρτωσης

Προκειμένου να γίνει ο έλεγχος άθικτης ευστάθειας σύμφωνα με τους κανονισμούς, θα πρέπει πρώτα να οριστούν οι καταστάσεις φόρτωσης που πρόκειται να μελετηθούν. Επιλέγεται να γίνει η μελέτη συνολικά δέκα πιθανών καταστάσεων φόρτωσης σε αναχώρηση και άφιξη, που αναφέρονται σε διαφορετικά Payload. Αρχικά, εισάγεται στο NAPA το βάρος Κενού Σκάφους καθώς και το κέντρο βάρους, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.13 σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν σε προηγούμενο στάδιο της μελέτης. Έπειτα καθορίζεται η επί τοις εκατό πληρότητα της κάθε δεξαμενής και τα σταθερά βάρη. Στα σταθερά βάρη συμπεριλαμβάνονται οι επιβάτες και τα οχήματα, γιατί όπως αναφέρθηκε δεν έγινε κατασκευή των υπερκατασκευών, επομένως θα εισαχθεί το ακριβές βάρος τους όπως υπολογίστηκε στο Κεφάλαιο 0. Το βάρος κάθε δεξαμενής καυσίμων και των υγρών της κατάστασης αναχώρησης αντιστοιχεί σε επάρκεια 7 ημερών. Στην κατάσταση άφιξης θεωρούμε ότι έχει καταναλωθεί ένα 80-85% των παραπάνω δεξαμενών ώστε να ελεγχθεί η ευστάθεια στη δυσμενέστερη κατάσταση. Οι καταστάσεις φόρτωσης που μελετήθηκαν είναι:

- *Full Load Departure*: Στην κατάσταση αυτή όλο το First Car Deck φορτώνεται με φορτηγά (464m lanes), ενώ το Second Car Deck με I.X. επιβατηγά (98 cars). Ως επιβάτες υπολογίζονται οι επιβάτες θέρους (1780 άτομα), οι οποίοι είναι οι μέγιστοι επιβάτες του υπό μελέτη πλοίου. Όλες οι δεξαμενές είναι γεμάτες για 7 ημέρες.
- *Full Load Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 7 ημερών.
- *Only Passengers Departure*: Στην κατάσταση αυτή υπολογίζονται όλοι οι επιβάτες θέρους (1780 άτομα) ενώ δε φορτώνονται οχήματα. Όλες οι δεξαμενές είναι γεμάτες για 7 ημέρες.
- *Only Passengers Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 7 ημερών.
- *Winter Departure*: Στην κατάσταση αυτή υπολογίζονται οι επιβάτες χειμώνα (1350 άτομα) ενώ φορτώνεται το 30% των δύο καταστρωμάτων οχημάτων. Όλες οι δεξαμενές είναι γεμάτες για 7 ημέρες.
- *Winter Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 7 ημερών.
- *Empty Departure*: Στην κατάσταση αυτή δεν υπολογίζονται επιβάτες και οχήματα, ενώ το βάρος Deadweight περιλαμβάνει μόνο το βάρος των δεξαμενών και το βάρος του πληρώματος.
- *Empty Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 7 ημερών.
- *Full Cars Departure*: Στην κατάσταση αυτή γίνεται χρήση του Hoistable Car Deck. Επομένως φορτώνονται φορτηγά (176m lanes) και συνολικά 209 I.X. Ακόμη, υπολογίζονται ως επιβάτες οι επιβάτες θέρους (1780 άτομα). Όλες οι δεξαμενές είναι γεμάτες για 7 ημέρες.
- *Full Cars Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 7 ημερών.

Αναλυτικά θα παρουσιαστούν μόνο οι δύο βασικές καταστάσεις φόρτωσης Full Load Departure και Full Load Arrival (Πίνακας 11.2 και 11.3) καθώς και η καμπύλες GZ-φ για την κάθε κατάσταση με έλεγχο του κριτηρίου για το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη GZ από 30° έως 40°.

Πίνακας 11.2: Full Load Departure

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSEVP	18.7	18.4	49.00	5.64	4.26	0.00
HFOSEVRS	18.7	18.4	49.00	-5.64	4.26	0.00
HFOSETTP	18.7	18.4	46.60	5.64	4.26	0.00
HFOSETTS	18.7	18.4	46.60	-5.64	4.26	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	8.73	1.25	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	-8.73	1.25	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	-6.15	4.26	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	6.15	4.26	0.00

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

Total of HFO	319.7	313.3	51.84	0.00	3.62	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSERVP	15.8	15.5	16.61	5.90	7.00	0.00
DOSERVS	9.5	9.3	26.60	-5.07	6.99	0.00

Total of DO	25.3	24.8	20.37	1.77	7.00	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	8.72	0.79	0.00
MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	-8.72	0.79	0.00

Total of LO	19.1	11.0	39.40	0.00	0.79	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	57.6	66.86	6.45	4.40	0.00
FWS	57.6	57.6	66.86	-6.45	4.40	0.00

Total of FW	115.2	115.2	66.86	0.00	4.40	0.00

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

General spaces

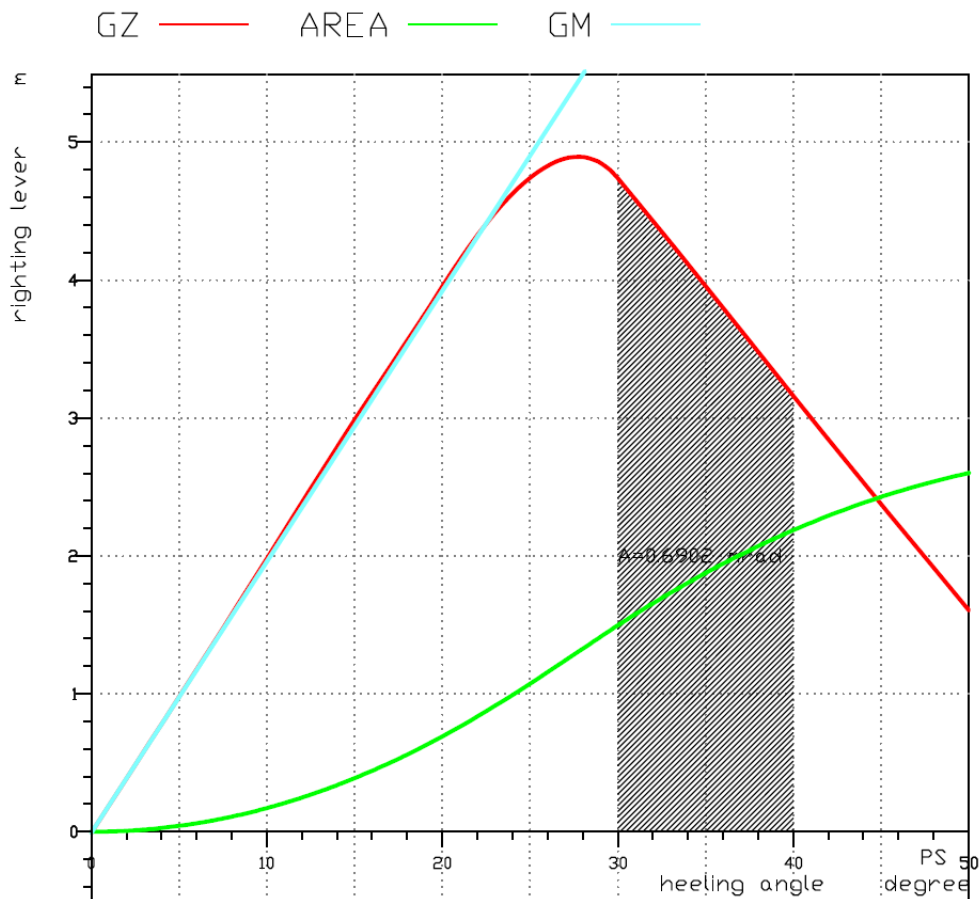
PROVISI.	0.0	82.2	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	169.1	33.90	0.00	20.50	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00
TRUCKS	0.0	1316.8	48.25	0.00	12.09	0.00

Total of GE	0.0	1575.4	46.60	0.00	13.48	0.00

Deadweight		2061.0	48.08	0.02	11.21	0.0
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		5292.2	46.91	0.01	12.05	0.0

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	5.524	m	KM	23.29	m
Trim	0.016	m	KG	12.05	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	5.516	m	GM0	11.25	m
TF	5.532	m	GMCORR	0.00	m
Trimming moment	96	tonm	GM	11.25	m



Διάγραμμα 11.1: Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°" στη FLD

Πίνακας 11.3: Full Load Arrival

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						
HFOSEKVP	18.7	5.6	49.00	5.71	3.08	0.00
HFOSEKVS	18.7	5.6	49.00	-5.71	3.08	0.00
HFOSETTP	18.7	4.7	46.60	5.73	2.99	0.00
HFOSETTS	18.7	4.7	46.60	-5.73	2.99	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	8.75	0.23	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	-8.75	0.23	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	-6.32	2.70	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	6.32	2.70	0.00

Total of HFO	319.7	48.5	50.66	0.00	2.32	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						
DOSEKVP	15.8	2.4	16.62	5.97	6.16	0.00
DOSEKVS	9.5	1.4	26.60	-5.07	6.15	0.00

Total of DO	25.3	3.8	20.37	1.81	6.16	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						
MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	8.72	0.74	0.00
MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	-8.72	0.74	0.00

Total of LO	19.1	9.0	39.40	0.00	0.74	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						
FWP	57.6	11.5	66.82	6.75	2.96	0.00
FWS	57.6	11.5	66.82	-6.75	2.96	0.00

Total of FW	115.2	23.0	66.82	0.00	2.96	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Miscellaneous, RHO=1.000						
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

General spaces

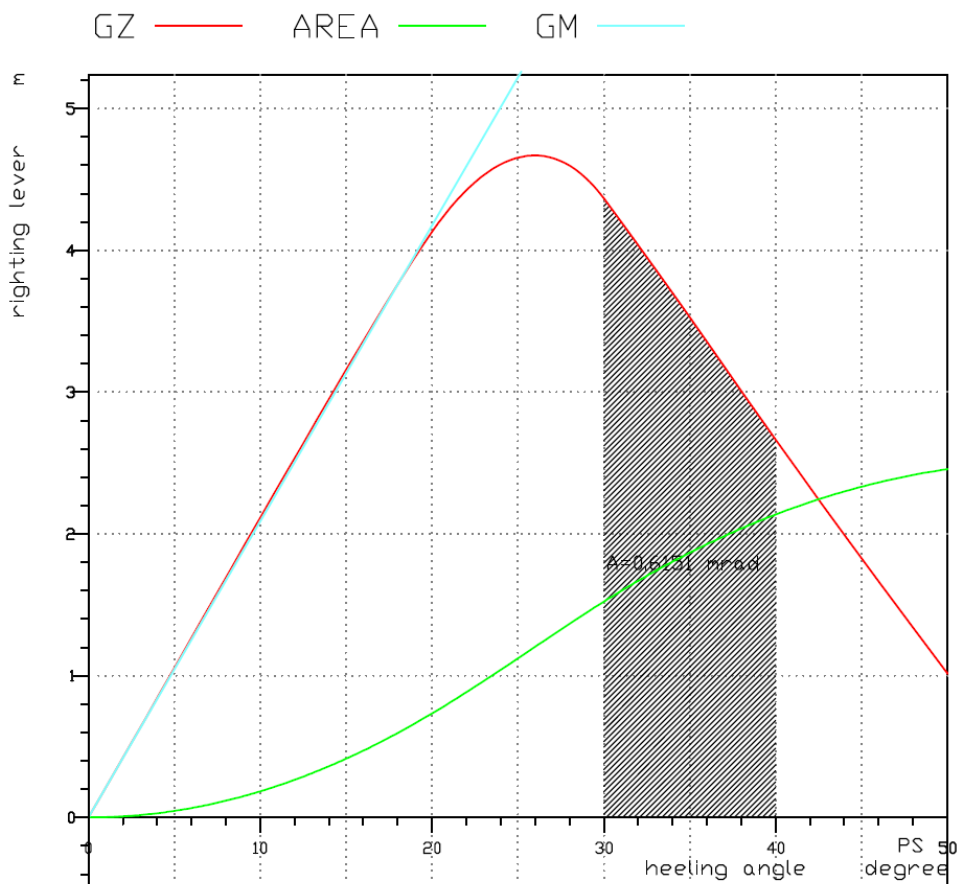
PROVISI.	0.0	16.5	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	169.1	33.90	0.00	20.50	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00
TRUCKS	0.0	1316.8	48.15	0.00	12.09	0.00

Total of GE	0.0	1509.7	46.58	0.00	13.20	0.00

Deadweight		1615.2	46.76	0.00	12.50	0.0
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		4846.5	46.37	0.00	12.55	0.0

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	5.143	m	KM	24.52	m
Trim	-0.652	m	KG	12.55	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	5.470	m	GM0	11.96	m
TF	4.817	m	GMCORR	0.00	m
Trimming moment	-3823	tonm	GM	11.96	m



Διάγραμμα 11.2 : Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°" στη FLA

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα για τις δέκα καταστάσεις φόρτωσης που μελετήθηκαν, σύμφωνα με τα οποία θα ακολουθήσει η μελέτη άθικτης ευστάθειας.

Πίνακας 11.4: Συνολικά Αποτελέσματα Καταστάσεων Φόρτωσης

CASE	DISPL [t]	LOAD [t]	BUNKER [t]	T [m]	TRIM [m]	GM [m]	LCB [m]
Full Load Departure	5292.2	2061.0	485.51	5.52	0.02	11.25	46.91
Full Load Arrival	4846.5	1615.2	105.51	5.14	-0.65	11.96	46.30
Only Passenger Departure	3975.4	744.2	485.51	4.436	-0.848	15.90	47.52
Only Passenger Arrival	3529.7	298.4	105.51	4.05	-1.38	17.75	45.54
Winter Departure	4326.6	1095.4	485.51	4.73	-0.71	14.44	46.47
Winter Arrival	3880.9	649.6	105.51	4.35	-1.27	16.07	45.71
Empty Departure	3806.3	575.1	485.51	4.31	-0.51	16.92	46.98
Empty Arrival	3360.6	129.3	105.51	3.92	-1.03	18.97	46.18
Full Cars Departure	4751.4	1520.2	485.51	5.01	-1.92	13.59	44.53
Full Cars Arrival	4305.7	1074.4	105.51	4.64	-2.49	14.93	43.64

Όπως δείχνει ο Πίνακας 11.4 σε κάποιες καταστάσεις φόρτωσης παρατηρούνται αυξημένες τιμές διαγωγής, δηλαδή στο 2-3% του L_{BP} , η οποία δημιουργείται κυρίως στις καταστάσεις άφιξης και όταν στο πλοίο δεν έχουν φορτωθεί σημαντικά βάρη όπως π.χ. επιβάτες ή οχήματα. Γενικά, η διόρθωση της διαγωγής γίνεται με προσθήκη της απαιτούμενης ποσότητας έρματος, στις κατάλληλες δεξαμενές. Στις καταστάσεις που μελετήθηκαν για το υπό μελέτη πλοίο, θα γίνει έλεγχος της άθικτης ευστάθειας χωρίς την προσθήκη έρματος. Στο Παράρτημα Γ παρουσιάζονται όλες οι καταστάσεις φόρτωσης με την προσθήκη έρματος, για μείωση της διαγωγής.

Έπειτα, γίνεται έλεγχος της ευστάθειας του πλοίου μέσω του μετακεντρικού ύψους που προέκυψε στις υπό μελέτη καταστάσεις φόρτωσης. Το GM λαμβάνει τιμές από 11m έως 19m, που οδηγεί σε μεγάλο εύρος εγκάρσιας ευστάθειας. Γενικά, όπως έχει αναφερθεί, τα δίγαστρα σκάφη παρουσιάζουν μεγάλες τιμές GM καθώς όμως μειώνεται η ισαπόσταση των γαστρών μειώνεται και η ευστάθεια. Το υπό μελέτη πλοίο παρόλο που σχεδιάστηκε με τη μικρότερη ισαπόσταση των πειραμάτων, οδηγεί σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα ευστάθειας,

11.5 Έλεγχος Άθικτης Ευστάθειας

Σε κάθε κατάσταση φόρτωσης έγινε έλεγχος για την εγκάρσια κλίση, τη διαμήκη διαγωγή και την ικανοποίηση των επιλεγμένων κανονισμών του IMO. Το υπό μελέτη πλοίο εφόσον δεν είναι ταχύπλοο δεν μπορεί να συγκαταλεχθεί στους κανονισμούς ευστάθειας των ταχύπλοων σκαφών “*HSC 2000 Code - International Code of Safety for High-Speed Craft, Res. MSC.271(85)*”. Επίσης, επειδή το υπό μελέτη πλοίο δεν είναι μονόγαστρο, θεωρήθηκε πιθανό οι κανονισμοί ευστάθειας συμβατικών μονόγαστρων επιβατηγών πλοίων να μην είναι κατάλληλοι.

Αρχικά, επιλέχθηκε στο NAPA να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος των κριτηρίων ευστάθειας σύμφωνα με τον κανονισμό “*Intact Stability (IS) Code - Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments Resolution A.749(18)*”. Τα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται σύμφωνα με τον κανονισμό είναι:

- Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη $GZ-\varphi$, για φ έως 30° θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $0.055 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη $GZ-\varphi$, για φ έως 40° θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $0.09 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη $GZ-\varphi$, για φ από 30° έως 40° θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $0.03 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- Για γωνία κλίσης ίση ή μεγαλύτερη των 30° η τιμή του GZ θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.2 m
- Το αρχικό GM_0 δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από 0.15 m
- Το μέγιστο GZ δεν θα πρέπει να εμφανίζεται σε γωνία μικρότερη των 25°

Ο έλεγχος των κριτηρίων όπως έγινε στο NAPA φαίνεται στον Πίνακα 11.5:

Πίνακας 11.5: Έλεγχος Κριτηρίων Άθικτης Ευστάθειας

Loading condition: FLD

RCR	TEXT	REQ	ATTN	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.496	mrad	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.186	mrad	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.690	mrad	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	27.736	deg	OK	PS

Loading condition: FLA

RCR	TEXT	REQ	ATTN	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.522	mrad	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.137	mrad	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.615	mrad	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	25.980	deg	OK	PS

Loading condition: ONLYPASSDEP

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.794	mrاد	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.400	mrاد	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.606	mrاد	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	22.419	deg	NOT MET	PS

Loading condition: ONLYPASSARR

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.829	mrاد	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.344	mrاد	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.515	mrاد	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	19.786	deg	NOT MET	PS

Loading condition: WINTERDEP

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.715	mrاد	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.360	mrاد	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.645	mrاد	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	23.728	deg	NOT MET	PS

Loading condition: WINTERARR

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.764	mrاد	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.319	mrاد	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.555	mrاد	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	21.622	deg	NOT MET	PS

Loading condition: EMPTYDEP

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.876	mrاد	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.512	mrاد	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.636	mrاد	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	21.782	deg	NOT MET	PS

Loading condition: EMPTYARR

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.922	mrاد	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.465	mrاد	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.543	mrاد	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	19.686	deg	NOT MET	PS

Loading condition: FULLCARDEP

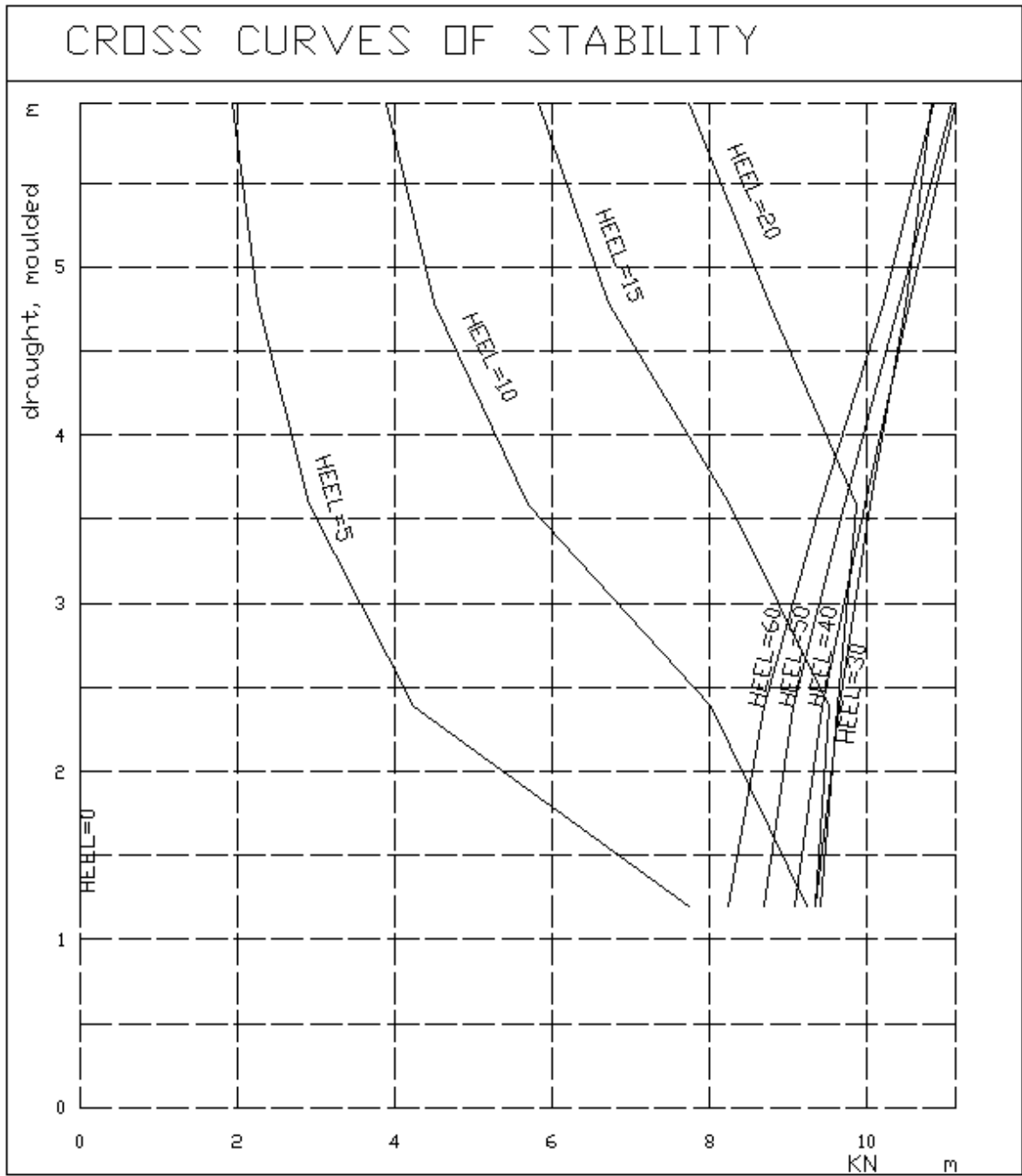
RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.627	mrاد	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.279	mrاد	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.652	mrاد	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	25.452	deg	OK	PS

Loading condition: FULLCARARR

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	SIDE
AREA30	Area under GZ curve .	0.055	1.670	mrاد	OK	PS
AREA40	Area under GZ curve .	0.090	2.240	mrاد	OK	PS
AREA3040	Area under GZ curve .	0.030	0.570	mrاد	OK	PS
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	22.918	deg	NOT MET	PS

Όπως ήταν αναμενόμενο, η μόνη απαίτηση που τελικά δεν ικανοποιείται στις περισσότερες καταστάσεις φόρτωσης είναι η απαίτηση για εμφάνιση του μέγιστου *GZ* σε γωνία μεγαλύτερη από 25°. Το γεγονός αυτό είναι σύνηθες στα δίγαστρα πλοία, επομένως θα γίνει έλεγχος στους κανονισμούς για τα ταχύπλοα σκάφη. Ο αντίστοιχος κανονισμός για τα ταχύπλοα δίγαστρα σκάφη "*HSC 2000 Code- Amended by Resolution MSC.271(85) - Annex 7 - Stability of multihull craft - 1 Stability criteria in the intact condition-Paragraph 1.2*", απαιτεί εμφάνιση του μέγιστου *GZ* σε γωνία μεγαλύτερη των 10°, που ικανοποιείται σε όλες τις καταστάσεις φόρτωσης του υπό μελέτη πλοίου.

Στη συνέχεια, στο Διάγραμμα 11.3 παρουσιάζονται οι Καμπύλες Ευστάθειας:



Διάγραμμα 11.3 Cross Curves

12 Συμπεράσματα

Προκειμένου να εξαχθούν τα απαραίτητα συμπεράσματα θα γίνει μια σύγκριση με άλλα τέσσερα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία, δύο δίγαστρα και δύο μονόγαστρα, παρόμοιας μεταφορικής ικανότητας. Τα πλοία αυτά είναι τα δύο δίγαστρα πλοία Twin Hull 1 και Twin Hull 2, που μελετήθηκαν στις διπλωματικές εργασίες του Σ. Κιουσόπουλου [21] και του Γ. Μιχαλάκου [20] αντίστοιχα, καθώς και δύο ήδη υπάρχοντα πλοία, τα Monohull 1 και Monohull 2. Οι κύριες διαστάσεις των πλοίων σύγκρισης φαίνονται στη συνέχεια (Πίνακας 12.1):

Πίνακας 12.1: Κύριες Διαστάσεις Πλοίων Σύγκρισης

	Υπό Μελέτη Πλοίο	Twin Hull 1	Twin Hull 2	Monohull 1	Monohull 2
L_{BP} [m]	92.8	91.72	74.1	132.6	133.5
B [m]	26	32.2	26	21	23.2
D [m]	9.57	9.57	8.125	7.5	8.4
T_{MAX} [m]	5.524	5.469	4.5	5.3	5.9
DWT [t]	2026	1650.5	915	2130	2270
Summer Passenger	1780	2225	1175	1915	2400
Lanes Capacity [m]	464	602	344	530	599
Cars Capacity	98	144	87	118	146
P_{TOTAL} [kW]	19200	16000	8160	31680	32000
V_s [kn]	21	21	19	28.4	25.5

Αρχικά, θα γίνει μια σύγκριση του πρόσθετου βάρους (DWT), του υπό μελέτη πλοίου με το δίγαστρο “Twin Hull 1”, καθώς παρατηρείται μια (κατ’ αρχήν) ασυνήθιστη συσχέτιση μεταξύ των δύο, που εξηγείται όμως εύκολα αν λάβει κανείς υπόψη τον τρόπο με τον οποίο προέκυψε το υπό μελέτη πλοίο. Ενώ τα πλοία αυτά έχουν πολύ κοντινό μήκος, το υπό μελέτη έχει 20% περίπου μικρότερο πλάτος με αποτέλεσμα να μεταφέρει μικρότερο αριθμό επιβατών και οχημάτων, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 12.1. Θα ήταν έτσι αναμενόμενο το υπό μελέτη πλοίο να έχει και μικρότερο βάρος deadweight, κάτι που όμως δεν συμβαίνει. Αντίθετα, όπως βλέπουμε στον Πίνακα 12.1 το υπό μελέτη πλοίο έχει σημαντικά μεγαλύτερο DWT από το “Twin Hull 1”. Υπενθυμίζεται ότι η μείωση του πλάτους προέκυψε από την μείωση της ισαπόστασης μεταξύ των ημιγαστρών, ενώ η ημιγάστρα του υπό μελέτη πλοίου είναι ελαφρά μακρύτερη κατά 1.08m, από την ημιγάστρα του “Twin Hull 1”. Κατά συνέπεια, το εκτόπισμα των δύο πλοίων αναμένεται να είναι σχεδόν ίδιο. Για την ακρίβεια, το εκτόπισμα του υπό μελέτη πλοίου αναμένεται να είναι ελάχιστα μεγαλύτερο λόγω του μεγαλύτερου μήκους. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι μια μείωση του ολικού πλάτους σε σχέση με το “Twin Hull 1”, οδηγεί σε δραστική μείωση του βάρους άφορτου σκάφους (Lightship), με αντίστοιχη αύξηση του DWT. Λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι λόγω μείωσης του πλάτους του καταστρώματος οχημάτων μειώνεται και ο αριθμός των φορτηγών αυτοκινήτων προκύπτει η δυνατότητα μεταφοράς φορτηγών

μεγαλύτερου μέσου βάρους σε σύγκριση με το “Twin Hull 1”. Επίσης, σε μια σύντομη σύγκριση με τα μονόγαστρα πλοία, διαπιστώνεται ότι το DWT τους είναι συγκρίσιμο με αυτό του υπό μελέτη πλοίου, παρ’ όλη τη σημαντική διαφορά του μήκους τους.

Σε μια γενικότερη σύγκριση των μονόγαστρων με τα δίγαστρα σκάφη, όσο αφορά την ταχύτητα, παρατηρείται ότι το “Monohull 1” και το “Monohull 2”, κινούνται σε σχετικά μεγαλύτερες ταχύτητες, που οδηγούν ακόμη και σε 40% μεγαλύτερη απαιτούμενη ισχύ πρόωσης. Συνεπώς τα μονόγαστρα σκάφη πλεονεκτούν σημαντικά ως προς την ταχύτητα, όμως λόγω μεγαλύτερης κατανάλωσης καυσίμου, παρουσιάζουν αυξημένο κόστος λειτουργίας.

Σε προηγούμενο στάδιο της μελέτης, όπου έγινε αναλυτικός υπολογισμός των καταστάσεων φόρτωσης, παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές του *GM*, δηλαδή πολύ καλή εγκάρσια ευστάθεια του υπό μελέτη πλοίου. Η αυξημένη ευστάθεια δίνει τη δυνατότητα προσθήκης καταστρωμάτων επιβατών και οχημάτων, με στόχο την περαιτέρω αύξηση της μεταφορικής ικανότητας. Στην παρούσα διπλωματική όμως, δεν μελετήθηκε κάτι τέτοιο, καθώς θα οδηγούσε σε μεγαλύτερο βύθισμα και άρα σε μεγαλύτερη αντίσταση.

Ένας άλλος τρόπος αύξησης του ωφέλιμου φορτίου είναι η λεπτομερής βελτιστοποίηση των επιμέρους βαρών της γάστρας αλλά και η αναλυτικότερη μελέτη αντοχής. Η διαδικασία αυτή μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του συνολικού βάρους άφορτου σκάφους με αποτέλεσμα την προσθήκη και άλλων καταστρωμάτων χωρίς να μεταβληθεί σημαντικά το βύθισμα. Απαραίτητη θα ήταν επίσης και μια υδροδυναμική βελτιστοποίηση των δύο ημιγαστρών που θα οδηγούσε σε μείωση της αντίστασης και κατά συνέπεια της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης.

Συμπερασματικά, το δίγαστρο Ε/Γ-Ο/Γ πλοίο που κινείται σε μεσαίες ταχύτητες, δείχνει να είναι μια αξιόπιστη και πιο οικονομική λύση σε σύγκριση με όμοια μονόγαστρα πλοία. Η μειωμένη ταχύτητα προσφέρει οικονομία σε κόστος κατασκευής αλλά και λειτουργίας, που μεταφράζεται σε χαμηλά ναύλα κάνοντας έτσι το πλοίο πιο ελκυστικό στον επιβάτη, εξισορροπώντας την μικρή αύξηση στο χρόνο ταξιδιού.

13 Προτάσεις για Μελέτη

Η προκαταρκτική μελέτη του δίγαστρου επιβατηγού-οχηματαγωγού πλοίου, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι αποτελεί μια βιώσιμη λύση και αξίζει περαιτέρω διερεύνηση. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις για μελέτη σε επόμενο στάδιο:

- Υδροδυναμική βελτιστοποίηση της μορφής των ημιγαστρών με στόχο τη μείωση της αντίστασης και της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης.
- Μελέτη της συμπεριφοράς σε κυματισμούς (seakeeping), καθώς όπως γνωρίζουμε είναι ένα θέμα που απασχολεί αρκετά τα δίγαστρα πλοία και που ίσως είναι ένα από τα κύρια μειονεκτήματά τους.
- Μελέτη ελικτικών ικανοτήτων (maneuvering) του υπό μελέτη πλοίου.
- Αναλυτικότερη μελέτη και υπολογισμός των κύριων κατασκευαστικών στοιχείων του πλοίου, έλεγχος της αντοχής τους σε πραγματικές στατικές και δυναμικές καταπονήσεις. Ελαχιστοποίηση βάρους μεταλλικής κατασκευής με χρήση εξελιγμένων μεθόδων ανάλυσης (π.χ. πεπερασμένα στοιχεία). Συστήνεται η χρήση κατάλληλου προγράμματος με χρήση πεπερασμένων στοιχείων.
- Ακριβέστερος υπολογισμός βάρους άφορτου σκάφους, διερεύνηση χρήσης νέων υλικών και εξοπλισμού με στόχο την ελαχιστοποίηση του βάρους τους.
- Βελτιστοποίηση των Καταστρωμάτων Επιβατών με στόχο την καλύτερη εκμετάλλευση των χώρων και την ευχερέστερη κίνηση επιβατών σε συνθήκες ομαλής λειτουργίας αλλά και σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (εγκατάλειψη του πλοίου σε περίπτωση ατυχήματος).
- Εκπόνηση μια πλήρους τεchnοοικονομικής μελέτης του πλοίου. Διερεύνηση πιθανών περιοχών λειτουργίας.

Βιβλιογραφία

- [1] Molland AF. The maritime engineering reference book a guide to ship design, construction and operation. Amsterdam; Boston; Paris [etc.]: Butterworth-Heinemann; 2008.
- [2] G.Zaraphonitis, A.Papanikolaou, T.Loukakis, N.Tsouvalis, S.Skoupas. Development and demonstration of an integrated methodology for the design of RoRo-Passenger ships for the needs of short sea shipping in Greece. 2007.
- [3] Eyres DJ, Bruce GJ. Ship Construction: Butterworth-Heinemann; 2012.
- [4] Σκούπας Σ. Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Μελέτη & Σχεδίαση-Βελτιστοποίηση Επιβατηγών-Οχηματαγωγών Πλοίων Νέας Τεχνολογίας. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο; 2011.
- [5] Papanikolaou A. Ship Design: Methodologies of Preliminary Design: Springer 2014.
- [6] Παπανικολάου ΑΔ. Μελέτη και εξοπλισμός πλοίου, τόμος Α': Μεθοδολογία προμελέτης. Αθήνα: Συμεών; 1994.
- [7] Taggart R, Engineers SoNAM. Ship design and construction: Society of Naval Architects and Marine Engineers; 1980.
- [8] Papanikolaou A, Harries S, Wilken M, Zaraphonitis G. Integrated design and multiobjective optimization approach to ship design. Proceedings of international conference on computer application in shipbuilding2011.
- [9] Nowacki H. Five decades of computer-aided ship design. Computer-Aided Design. 2010;42:956-69.
- [10]
<http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Regulations/Pages/PassengerShips.aspx>. Passenger Ship.
- [11] Ζαραφωνίτης Γ. Εισαγωγή στη Ναυπηγική και τη Θαλάσσια Τεχνολογία. Αθήνα2005.
- [12] Lamb T. Ship design and construction: Society of Naval Architects and Marine Engineers Jersey City, NJ; 2004.
- [13] Shama M. Buckling of Ship Structures: Springer Science & Business Media; 2012.
- [14] Lück M. The encyclopedia of tourism and recreation in marine environments: CABI; 2008.
- [15] Loveday H. The design of a hydrofoil system for sailing catamarans. Uni Stellenbosch. 2006.
- [16] Tupper E, Rawson K. Basic Ship Theory, Combined Volume: Butterworth-Heinemann; 2001.

- [17] Moraes H, Vasconcellos J, Almeida P. Multiple criteria optimization applied to high speed catamaran preliminary design. *Ocean engineering*. 2007;34:133-47.
- [18] <http://www.fortunegreece.com/>. 2016.
- [19] Dubrovsky V. Multi-Hulls: Some New Options as the Result of Science Development.
- [20] Μιχαλάκος Γ. Μελέτη και Σχεδίαση Επιβατηγού-Οχηματαγωγού Πλοίου Μεσαίου Μεγέθους, Τύπου Catamaran. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο; 2013.
- [21] Κιουσόπουλος Σ. Μελέτη και Σχεδίαση Δίγαστρου Επιβατηγού-Οχηματαγωγού Πλοίου Μεγάλου Μεγέθους. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο; 2013.
- [22] Νίκας Κ. Πειραματική και Αριθμητική Διερεύνηση Αντίστασης Δίγαστρου Πλοίου. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο; 2012.
- [23] Okumoto Y, Takeda Y, Mano M, Okada T. Design of ship hull structures: a practical guide for engineers: Springer Science & Business Media; 2009.
- [24] Insel M, Molland A. An investigation into the resistance components of high speed displacement catamarans. 1992.
- [25] Geurts K. Resistance Prediction for Cruising Motor Catamarans: TU Delft; June 2009.
- [26] Πολίτης Γ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΩΣΗ ΠΛΟΙΟΥ. 2015.
- [27] <http://www.napa.fi/>. 2016.
- [28] Zaraphonitis G, Grigoropoulos GJ, Damala DP, Mourkoyannis D. Seakeeping Analysis of Two Medium-speed Twin-hull Models. *Journal of Ship Production and Design*. 2015;31:192-200.

Παράρτημα Α

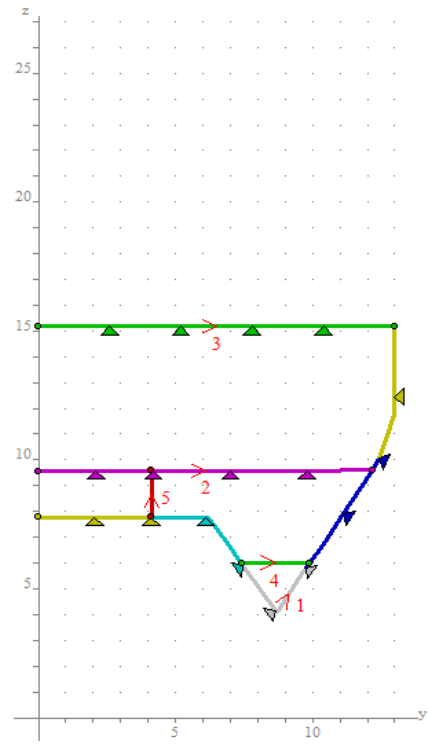
Equipment Number	:	<i>1575.08</i>
Typical Equipment Number	:	<i>1570-1670</i>
Stockless Anchors		
Bower Anchors Number	:	<i>Three (3)</i>
Weight per Anchor	:	<i>4890kg</i>
Chain Cable		
Stud Link Bower Chain Length	:	<i>550.0 m</i>
Diameter (Grade 1)	:	<i>70 mm</i>
Diameter (Grade 2)	:	<i>62 mm</i>
Diameter (Grade 3)	:	<i>54 mm</i>
Tow Line		
Minimum Length	:	<i>220 m</i>
Breaking Strength	:	<i>942 kN</i>
Mooring Lines		
Number	:	<i>5</i>
Minimum Length of Each	:	<i>190 m</i>
Minimum Breaking Strength	:	<i>333 kN</i>

Παράρτημα Β

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται οι επτά τομές που εισήχθησαν στο πρόγραμμα MARSPEED. Αρχικά, παρουσιάζεται ο έλεγχος παχών των ελασμάτων και στη συνέχεια ο τύπος των δευτερευόντων διαμήκων ενισχυτικών, για όλες τις τομές.

- 4.0 mm
- 6.0 mm
- 6.5 mm
- 7.0 mm
- 8.0 mm
- 9.5 mm
- 10.0 mm

Check strakes thickness
 Axis - Panels - Welding Joints - Strakes

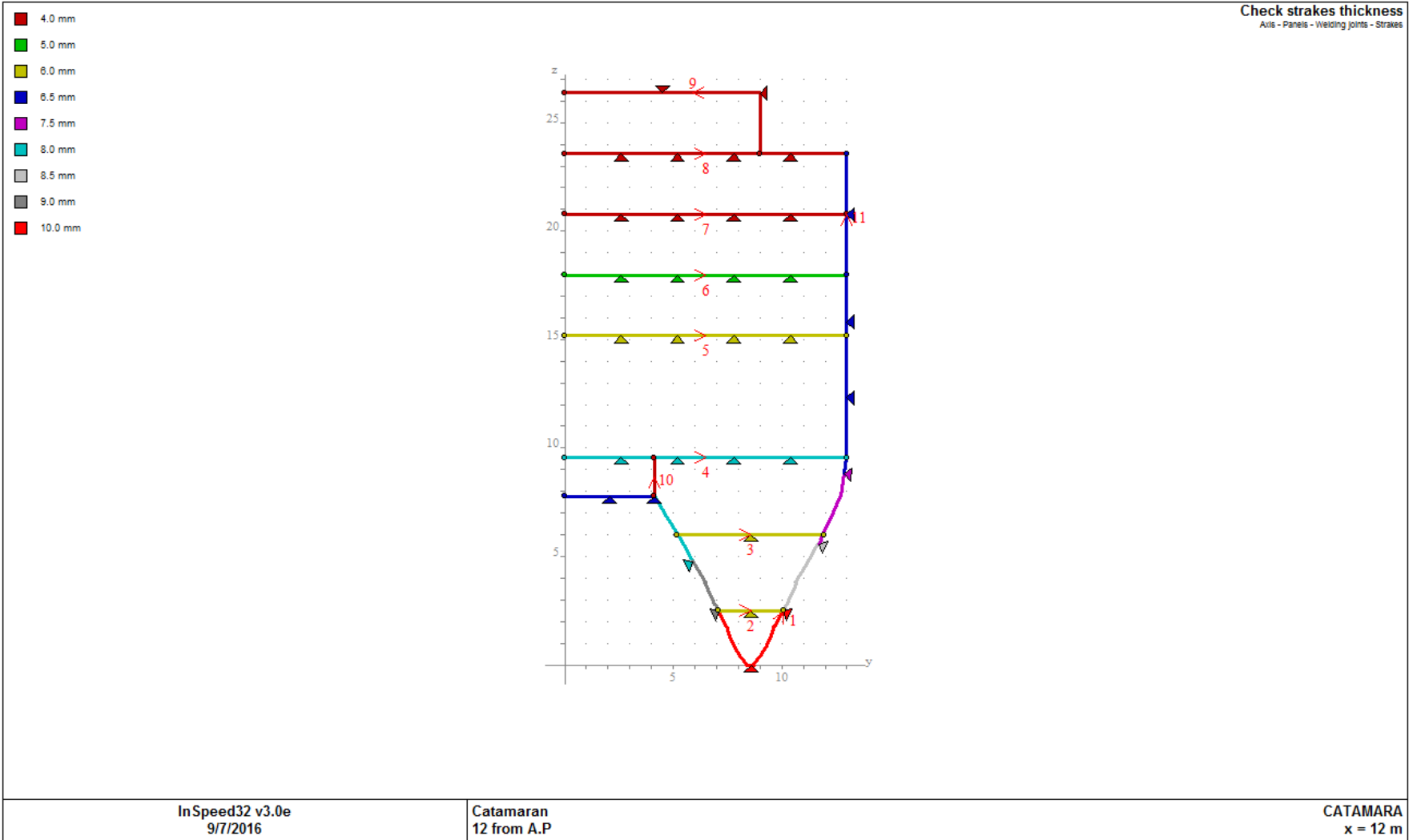


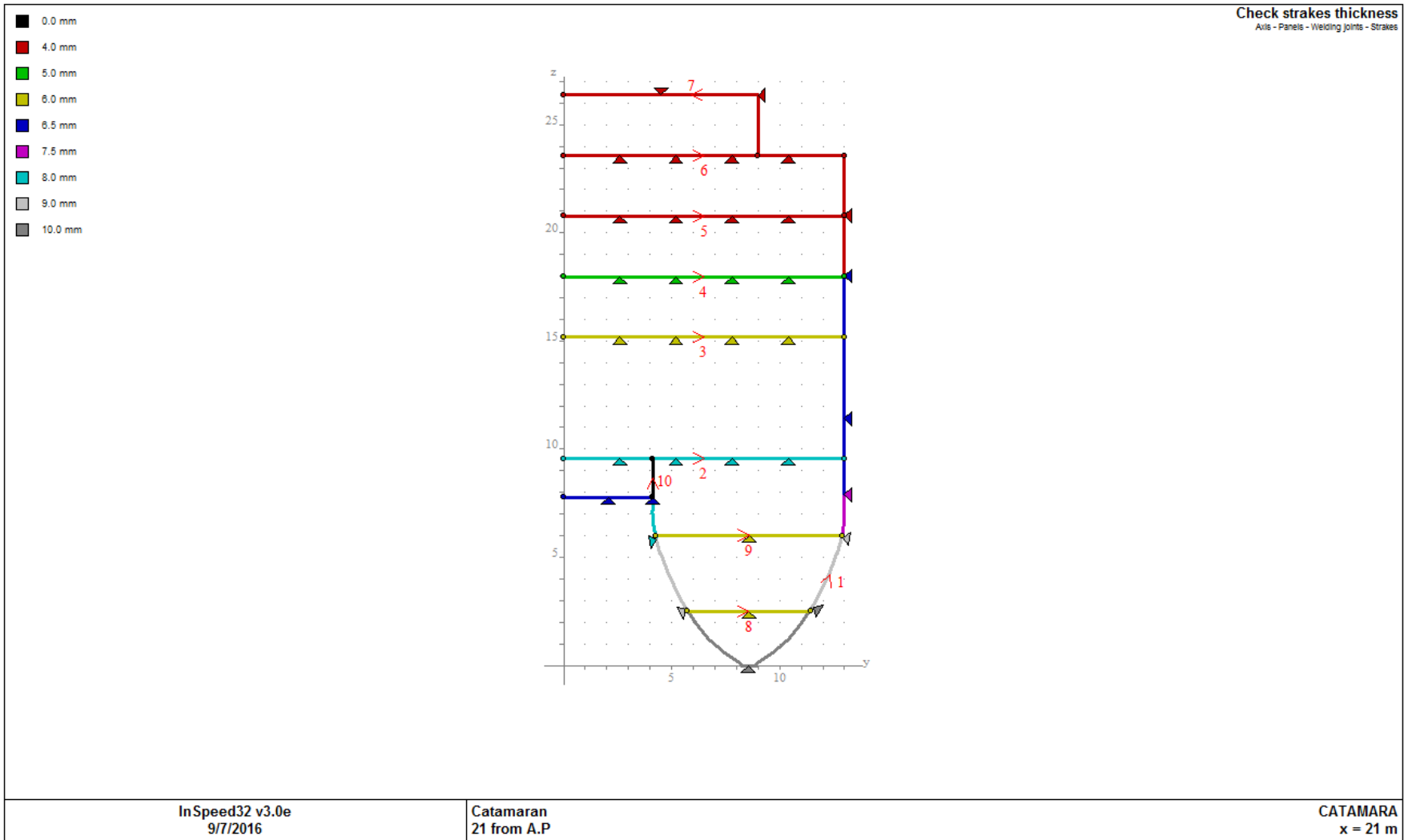
InSpeed32 v3.0e
 9/7/2016

Catamaran
 -3 from A.P

CATAMARA
 x = -3 m

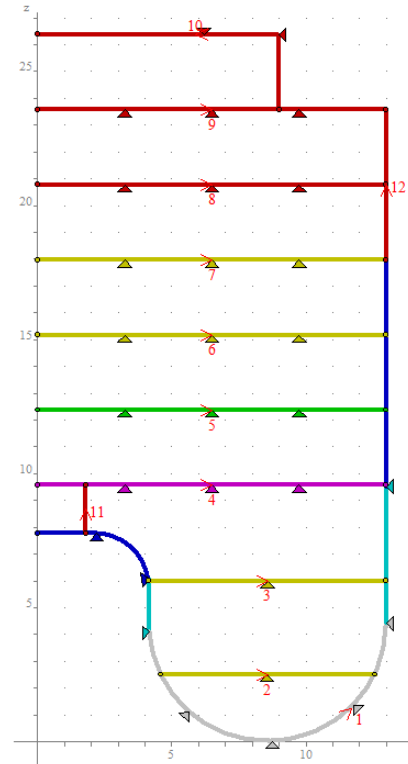
Stakes Thickness x=-3m





- 4.0 mm
- 5.0 mm
- 6.0 mm
- 6.5 mm
- 8.0 mm
- 8.5 mm
- 11.5 mm

Check stakes thickness
Axis - Panels - Welding joints - Strakes

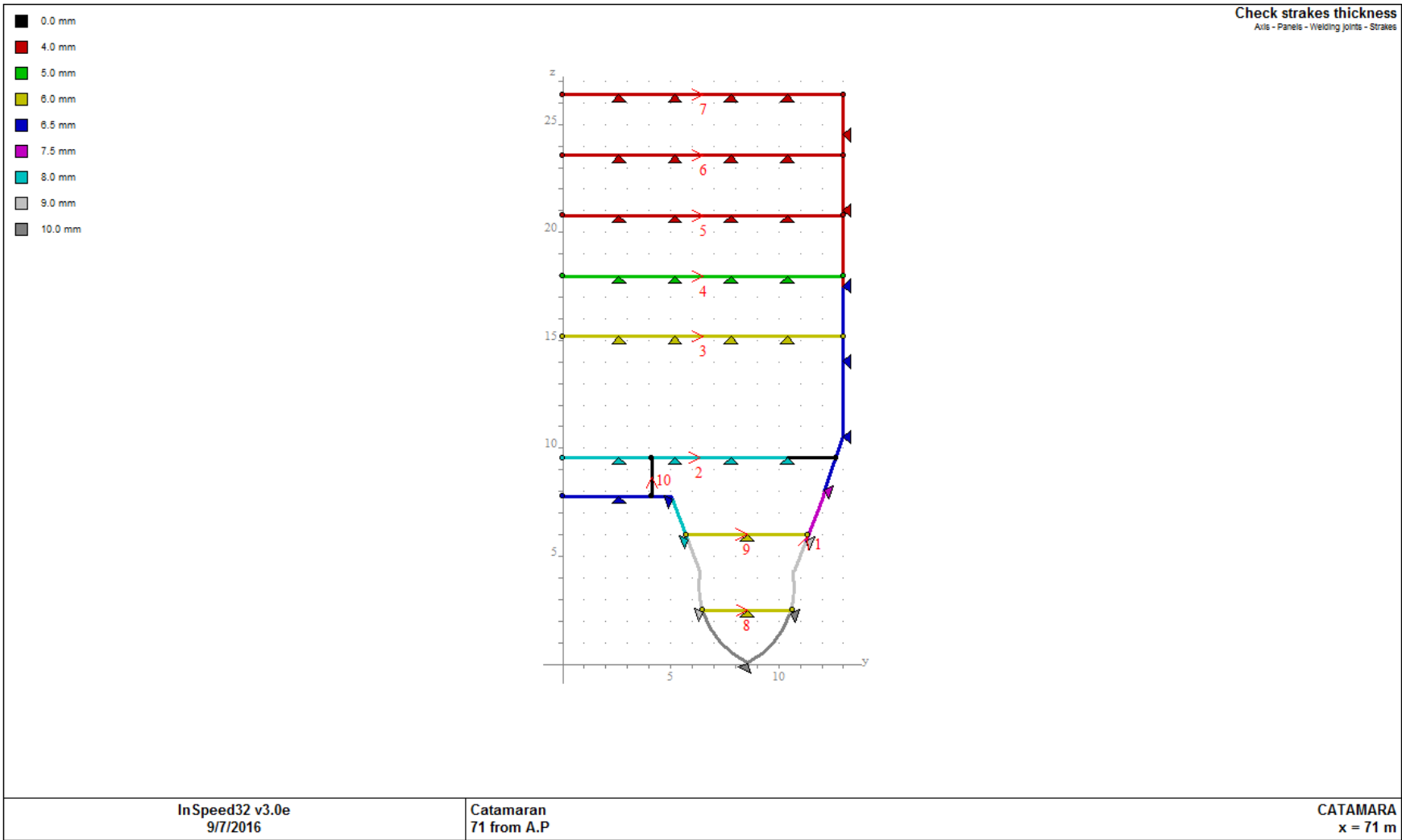


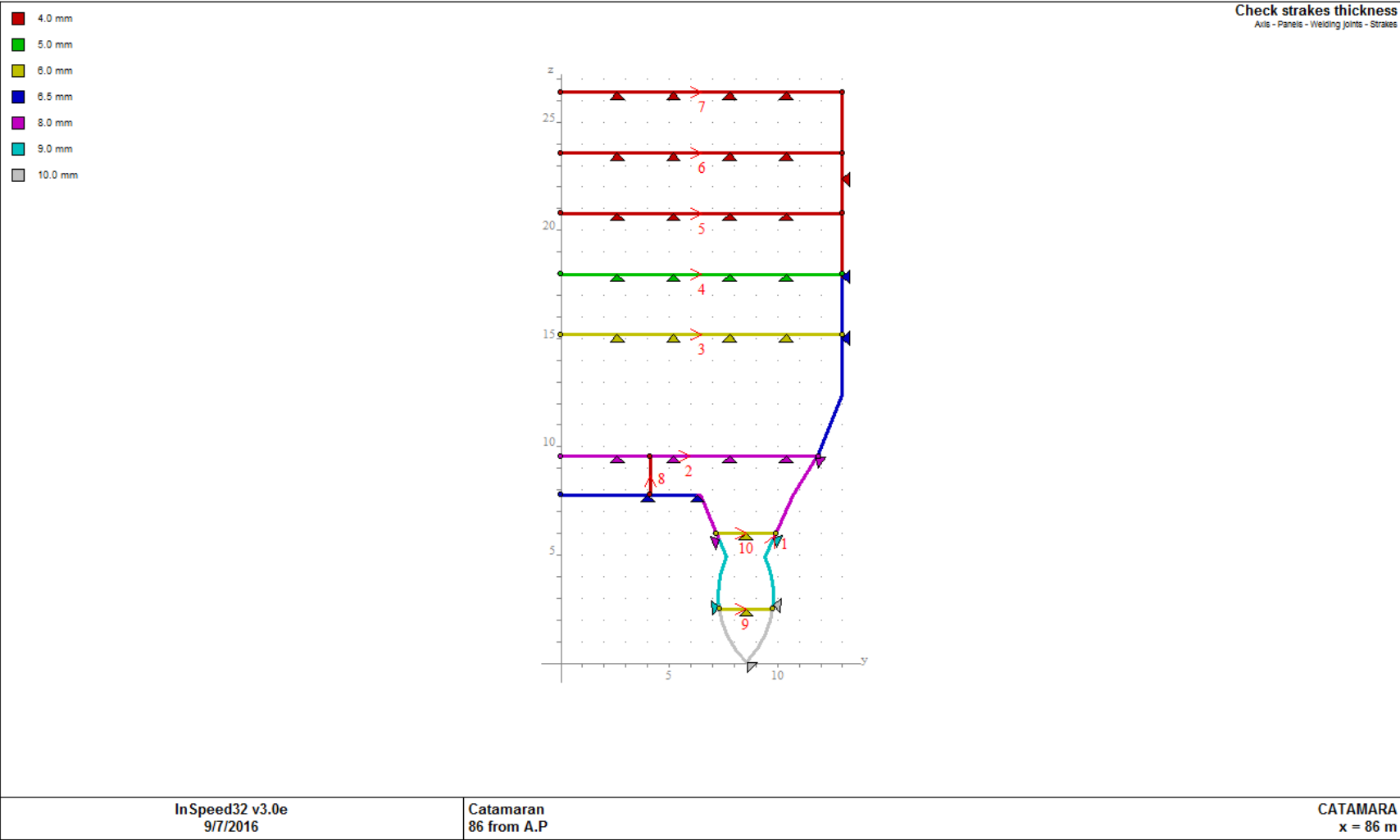
InSpeed32 v3.0e
12/7/2016

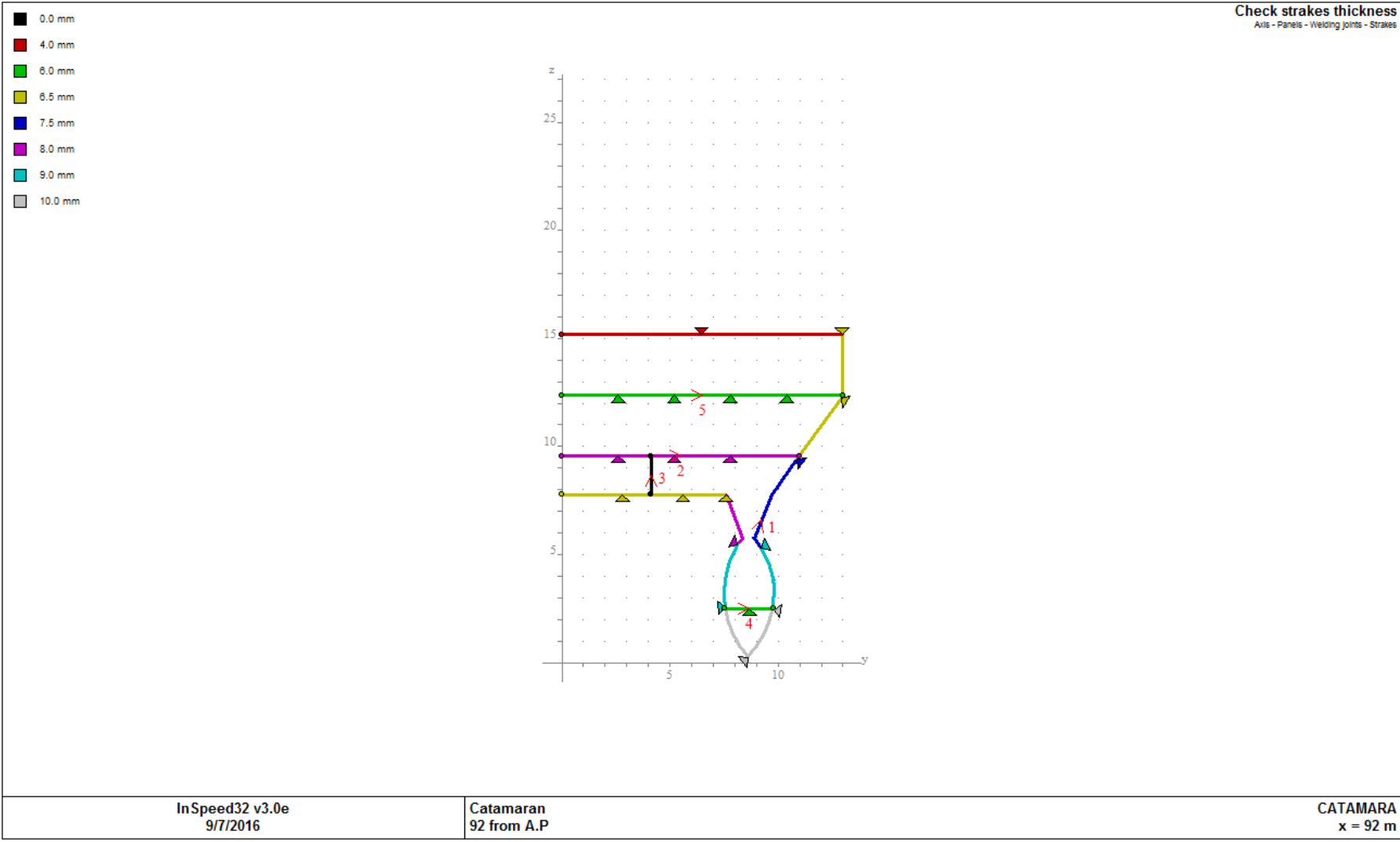
Catamaran
Midship (30-61 from AP)

CATAMARA
x = 46.4 m

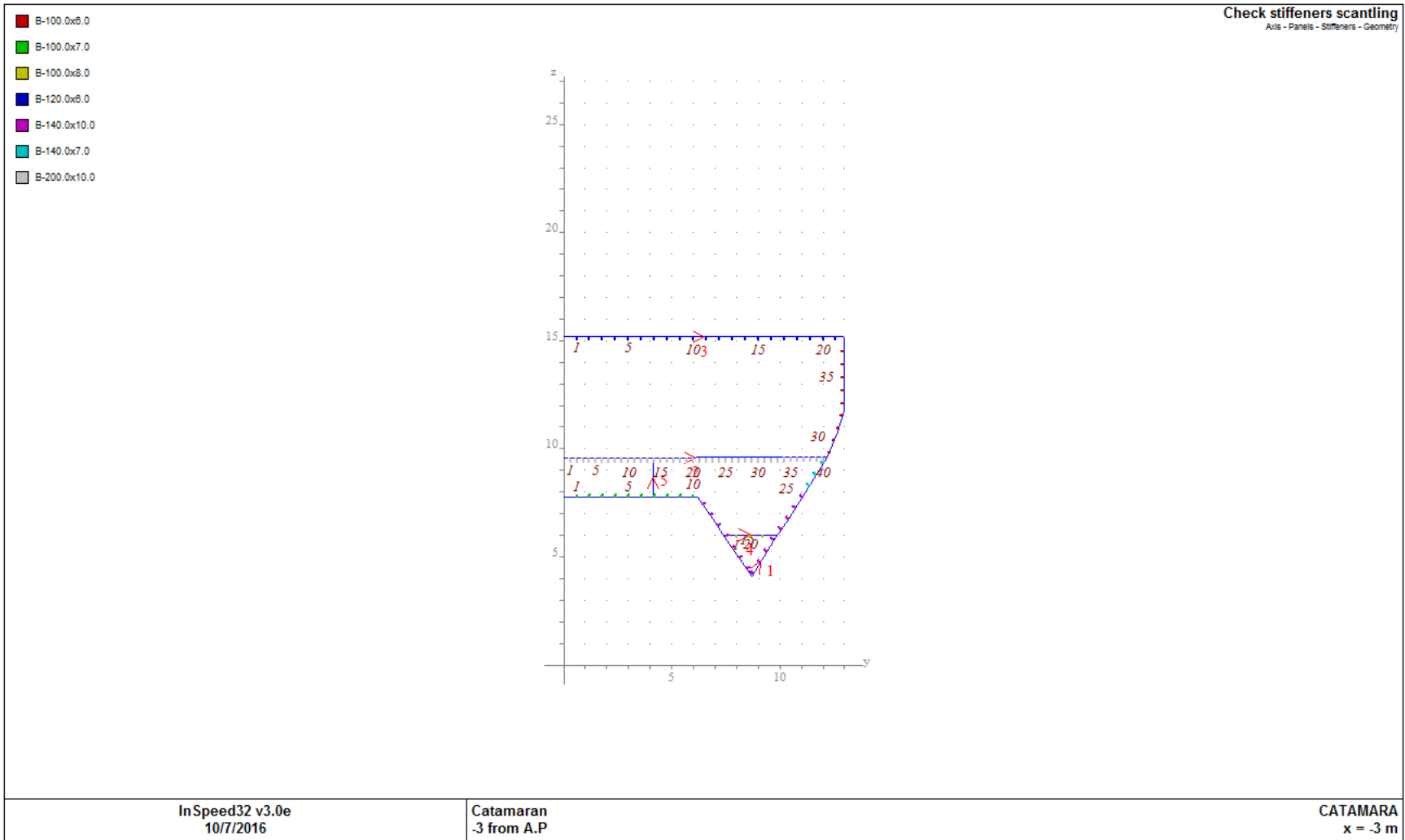
Stakes Thickness x= 30-61m



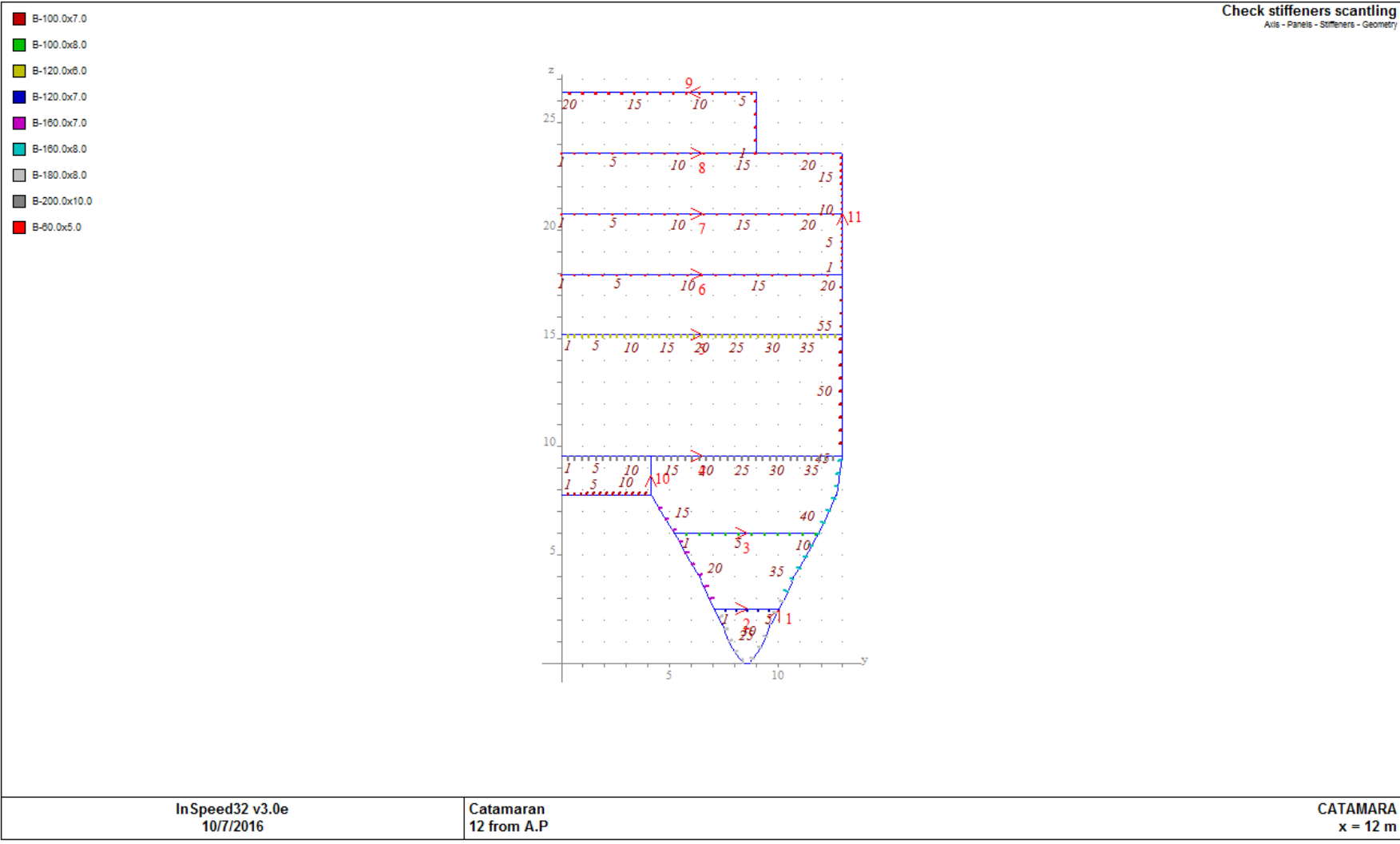




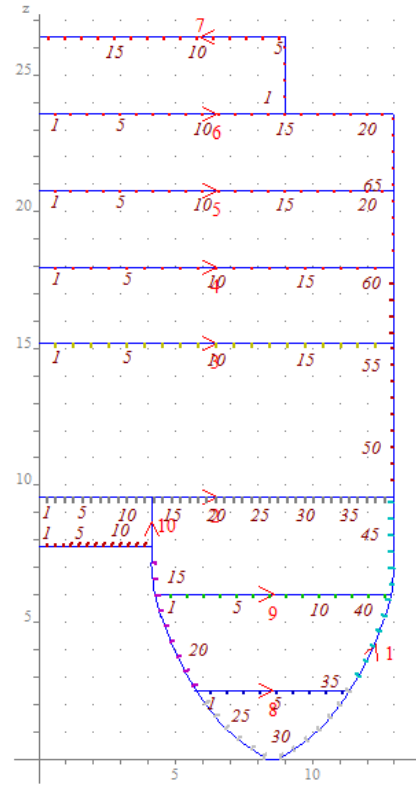
Stakes Thickness x= 92m



Stiffeners Scantling x= -3m



- B-100.0x7.0
- B-100.0x8.0
- B-120.0x8.0
- B-120.0x7.0
- B-160.0x7.0
- B-160.0x8.0
- B-180.0x8.0
- B-200.0x10.0
- B-80.0x5.0



InSpeed32 v3.0e
 10/7/2016

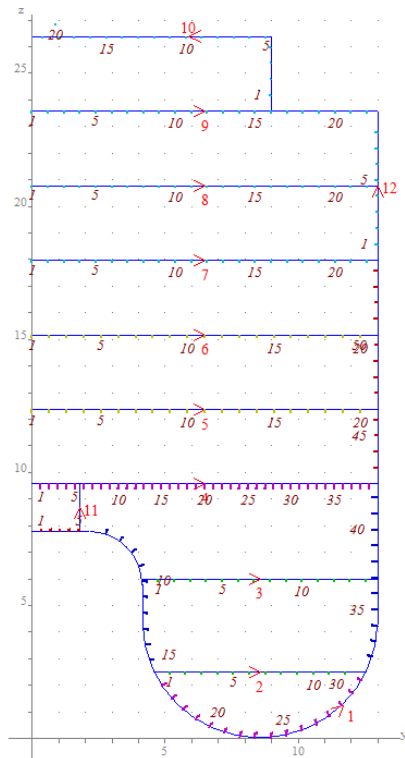
Catamaran
 21 from A.P

CATAMARA
 x = 21 m

Stiffeners Scantling x= 21m

- B-100.0x7.0
- B-100.0x8.0
- B-120.0x8.0
- B-180.0x8.0
- B-200.0x10.0
- B-80.0x5.0

Check stiffeners scantling
Axis - Panels - Stiffeners - Geometry



InSpeed32 v3.0e
12/7/2016

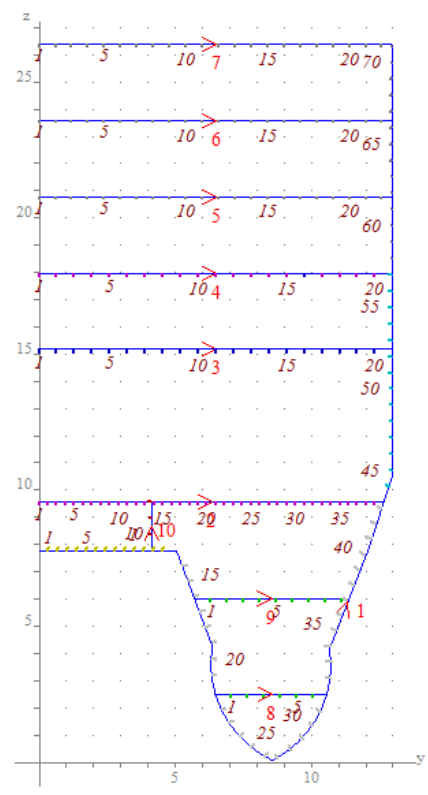
Catamaran
Midship (30-61 from AP)

CATAMARA
x = 46.4 m

Stiffeners Scantling x= 30-61m

- B-100.0x6.0
- B-100.0x8.0
- B-120.0x10.0
- B-120.0x6.0
- B-120.0x7.0
- B-120.0x8.0
- B-180.0x8.0
- B-80.0x5.0

Check stiffeners scantling
 Axis - Panels - Stiffeners - Geometry

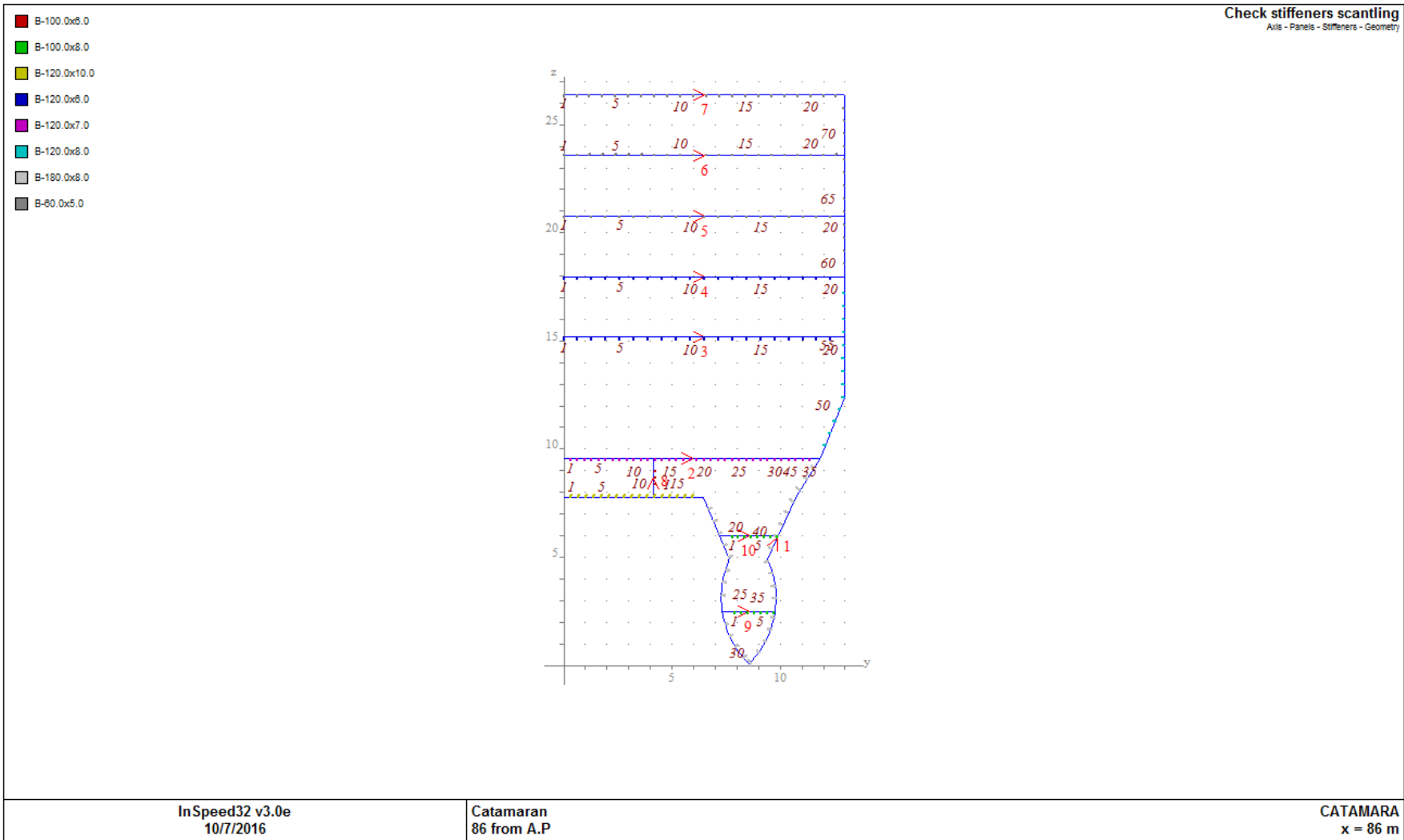


InSpeed32 v3.0e
 10/7/2016

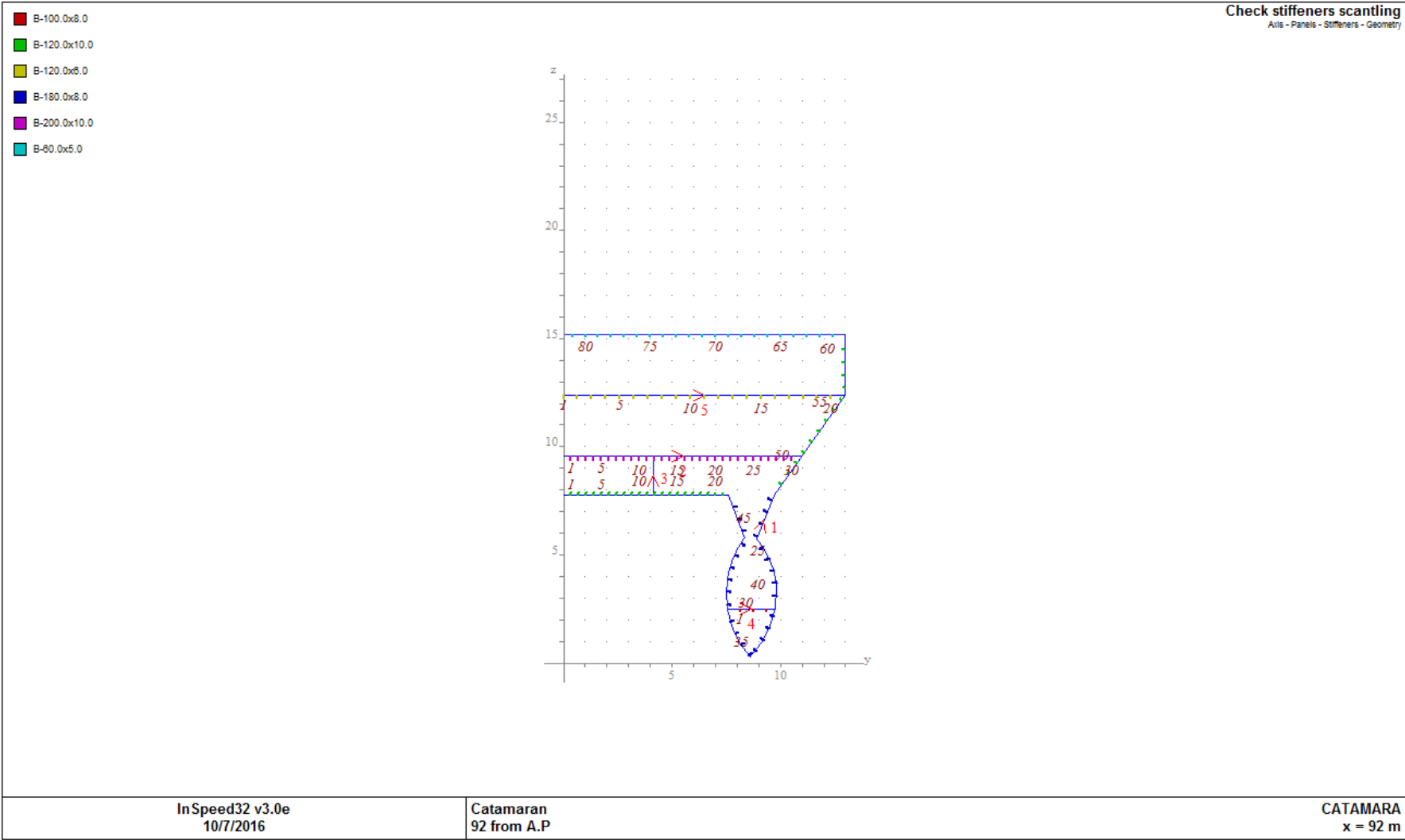
Catamaran
 71 from A.P

CATAMARA
 x = 71 m

Stiffeners Scantling x= 71m



Stiffeners Scantling x= 86m



Παράρτημα Γ

Στο παράρτημα αυτό παρατίθενται αναλυτικά όλες οι καταστάσεις φόρτωσης του υπό μελέτη πλοίου και ο έλεγχος ευστάθειάς τους, με προσθήκη έρματος για μείωση της διαγωγής.

Full Load Departure

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSEKVP	18.7	18.4	49.00	5.64	4.26	0.00
HFOSEKVS	18.7	18.4	49.00	-5.64	4.26	0.00
HFOSETTP	18.7	18.4	46.60	5.64	4.26	0.00
HFOSETTS	18.7	18.4	46.60	-5.64	4.26	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	8.73	1.25	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	-8.73	1.25	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	-6.15	4.26	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	6.15	4.26	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

Total of HFO	319.7	313.3	51.84	0.00	3.62	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSEKVP	15.8	15.5	16.61	5.90	7.00	0.00
DOSEKVS	9.5	9.3	26.60	-5.07	6.99	0.00

Total of DO	25.3	24.8	20.37	1.77	7.00	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	8.72	0.79	0.00
MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	-8.72	0.79	0.00

Total of LO	19.1	11.0	39.40	0.00	0.79	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	57.6	66.86	6.45	4.40	0.00
FWS	57.6	57.6	66.86	-6.45	4.40	0.00

Total of FW	115.2	115.2	66.86	0.00	4.40	0.00

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

General spaces

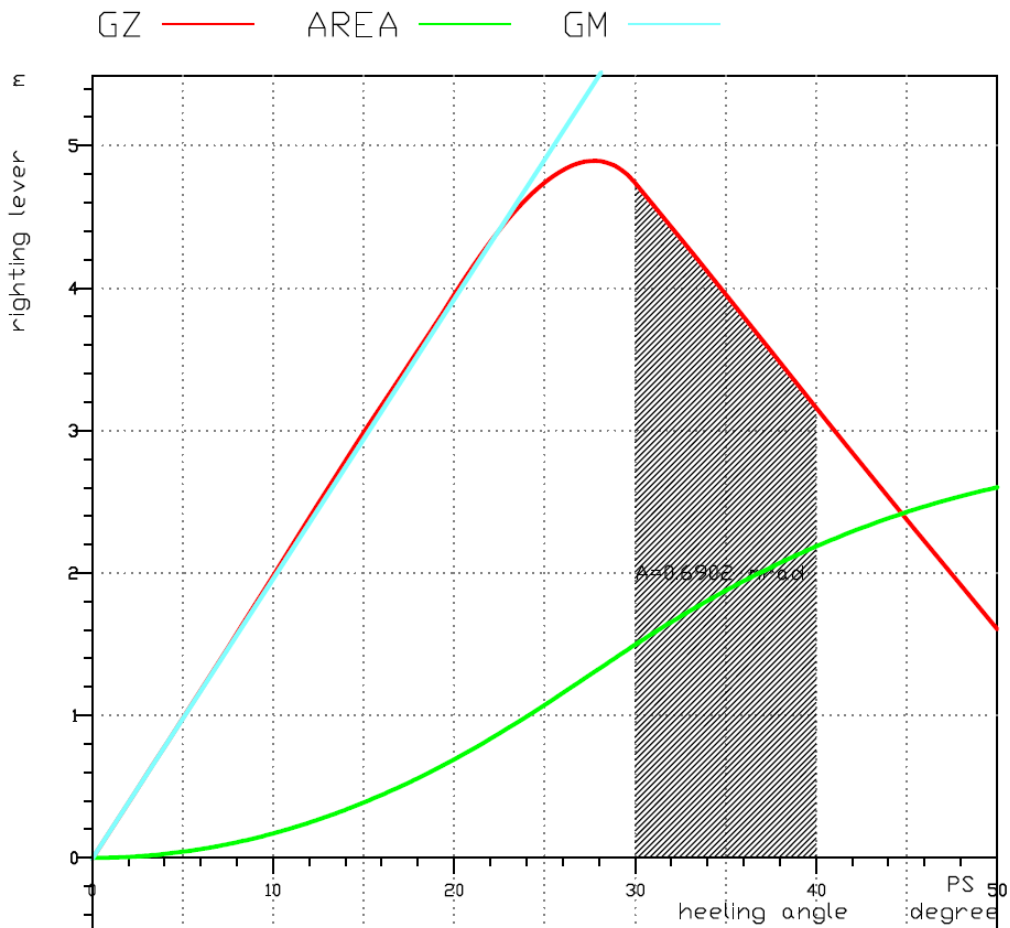
PROVISI.	0.0	82.2	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	169.1	33.90	0.00	20.50	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00
TRUCKS	0.0	1316.8	48.25	0.00	12.09	0.00

Total of GE	0.0	1575.4	46.60	0.00	13.48	0.00

Deadweight		2061.0	48.08	0.02	11.21	0.0
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		5292.2	46.91	0.01	12.05	0.0

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	5.524	m	KM	23.29	m
Trim	0.016	m	KG	12.05	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	5.516	m	GM0	11.25	m
TF	5.532	m	GMCORR	0.00	m
Trimming moment	96	tonm	GM	11.25	m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

Full Load Arrival

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSERVP	18.7	5.6	49.00	5.71	3.08	0.00
HFOSERVS	18.7	5.6	49.00	-5.71	3.08	0.00
HFOSETTP	18.7	4.7	46.60	5.73	2.99	0.00
HFOSETTS	18.7	4.7	46.60	-5.73	2.99	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	8.75	0.23	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	-8.75	0.23	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	-6.32	2.70	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	6.32	2.70	0.00

Total of HFO	319.7	48.5	50.66	0.00	2.32	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSERVP	15.8	2.4	16.62	5.97	6.16	0.00
DOSERVS	9.5	1.4	26.60	-5.07	6.15	0.00

Total of DO	25.3	3.8	20.37	1.81	6.16	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	8.72	0.74	0.00
MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	-8.72	0.74	0.00

Total of LO	19.1	9.0	39.40	0.00	0.74	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	11.5	66.82	6.75	2.96	0.00
FWS	57.6	11.5	66.82	-6.75	2.96	0.00

Total of FW	115.2	23.0	66.82	0.00	2.96	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

General spaces

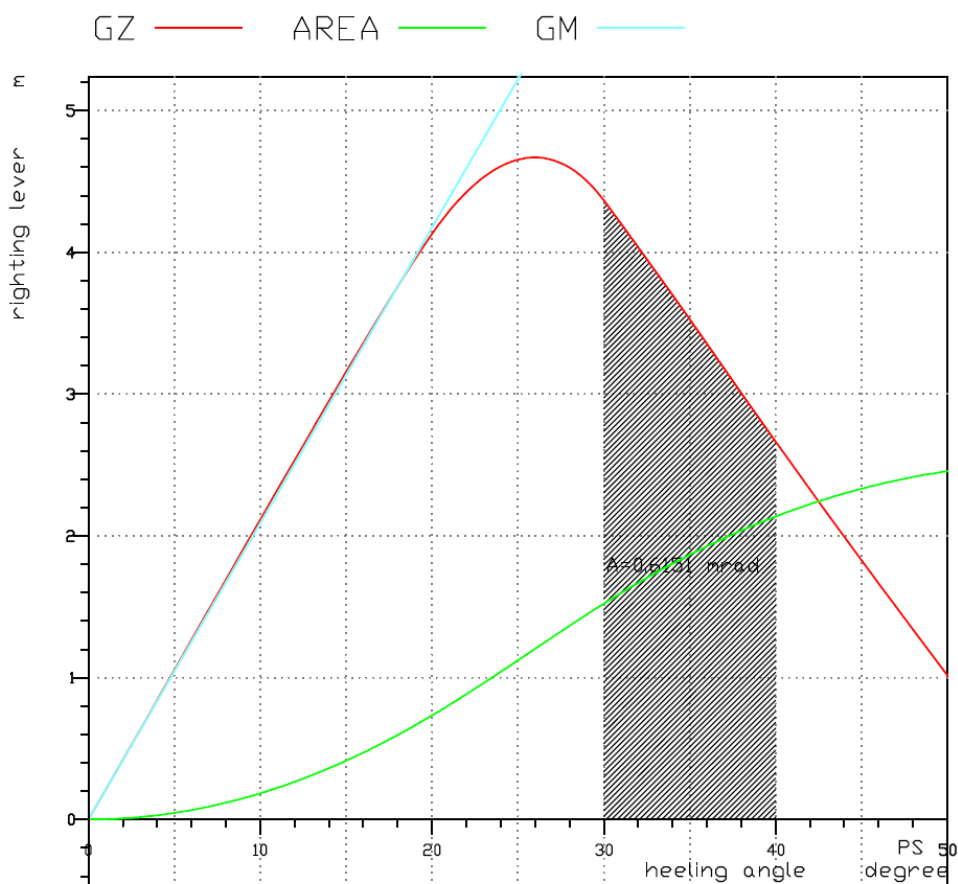
PROVISI.	0.0	16.5	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	169.1	33.90	0.00	20.50	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00
TRUCKS	0.0	1316.8	48.15	0.00	12.09	0.00

Total of GE	0.0	1509.7	46.58	0.00	13.20	0.00
-------------	-----	--------	-------	------	-------	------

Deadweight		1615.2	46.76	0.00	12.50	0.0
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		4846.5	46.37	0.00	12.55	0.0

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	5.143	m	KM	24.52	m
Trim	-0.652	m	KG	12.55	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	5.470	m	GM0	11.96	m
TF	4.817	m	GMCORR	0.00	m
Trimming moment	-3823	tonm	GM	11.96	m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

Only Passengers Departure

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSERVP	18.7	18.4	49.00	5.64	4.26	0.00
HFOSERVS	18.7	18.4	49.00	-5.64	4.26	0.00
HFOSETTP	18.7	18.4	46.60	5.64	4.26	0.00
HFOSETTS	18.7	18.4	46.60	-5.64	4.26	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	8.73	1.25	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	-8.73	1.25	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	-6.15	4.26	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	6.15	4.26	0.00

Total of HFO	319.7	313.3	51.84	0.00	3.62	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSERVP	15.8	15.5	16.61	5.90	7.00	0.00
DOSERVS	9.5	9.3	26.60	-5.07	6.99	0.00

Total of DO	25.3	24.8	20.37	1.77	7.00	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	8.72	0.79	0.00
MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	-8.72	0.79	0.00

Total of LO	19.1	11.0	39.40	0.00	0.79	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	57.6	66.86	6.45	4.40	0.00
FWS	57.6	57.6	66.86	-6.45	4.40	0.00

Total of FW	115.2	115.2	66.86	0.00	4.40	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Water Ballast, RHO=1.025						

FPTS	64.7	32.3	91.54	-8.80	2.25	4.14
FPTP	64.7	32.3	91.54	8.80	2.25	4.14
NO1WBP	82.0	24.6	75.17	8.80	0.60	27.75
NO1WBS	82.0	24.6	75.17	-8.80	0.60	27.75

Total of WB	293.3	113.9	84.47	0.00	1.54	63.78

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

General spaces

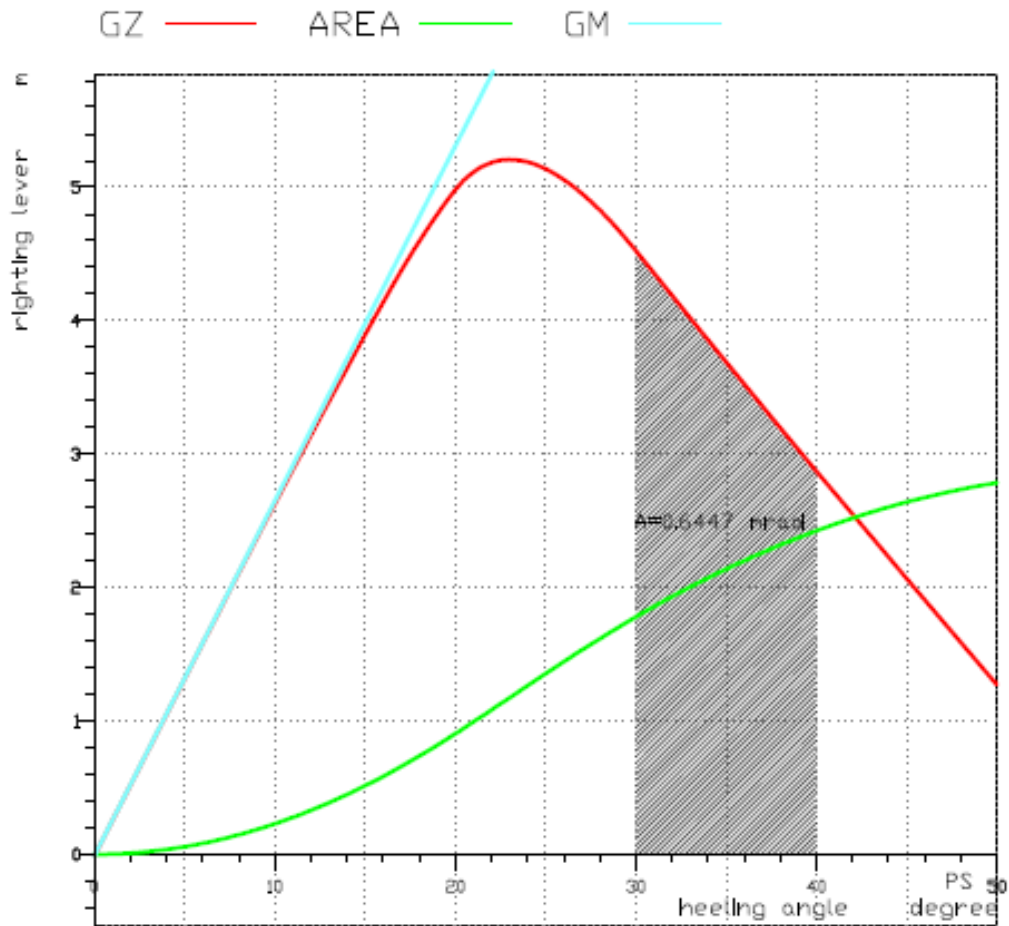
PROVISI.	0.0	82.2	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	169.1	33.90	0.00	20.50	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00

Total of GE	0.0	258.6	38.22	0.00	20.58	0.00

Deadweight		858.0	52.64	0.05	8.58	63.8
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		4089.2	47.53	0.01	11.74	63.8

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	4.553	m	KM	26.99	m
Trim	-0.065	m	KG	11.74	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	4.586	m	GM0	15.25	m
TF	4.521	m	GMCORR	-0.02	m
Trimming moment	-355	tonm	GM	15.23	m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

Only Passengers Arrival

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSERVP	18.7	5.6	49.00	5.71	3.08	0.00
HFOSERVS	18.7	5.6	49.00	-5.71	3.08	0.00
HFOSETTP	18.7	4.7	46.60	5.73	2.99	0.00
HFOSETTS	18.7	4.7	46.60	-5.73	2.99	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	8.75	0.23	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	-8.75	0.23	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	-6.32	2.70	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	6.32	2.70	0.00

Total of HFO	319.7	48.5	50.66	0.00	2.32	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSERVP	15.8	2.4	16.62	5.97	6.16	0.00
DOSERVS	9.5	1.4	26.60	-5.07	6.15	0.00

Total of DO	25.3	3.8	20.37	1.81	6.16	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	8.72	0.74	0.00
MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	-8.72	0.74	0.00

Total of LO	19.1	9.0	39.40	0.00	0.74	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	11.5	66.82	6.75	2.96	0.00
FWS	57.6	11.5	66.82	-6.75	2.96	0.00

Total of FW	115.2	23.0	66.82	0.00	2.96	0.00

Water Ballast, RHO=1.025						

FPTS	64.7	38.8	91.62	-8.80	2.54	1.22
FPTP	64.7	38.8	91.62	8.80	2.54	1.22
NO1WBP	82.0	41.0	75.18	8.80	0.87	40.84
NO1WBS	82.0	41.0	75.18	-8.80	0.87	40.84
NO2WBP	131.8	39.5	63.86	8.80	0.61	80.56
NO2WBS	131.8	39.5	63.86	-8.80	0.61	80.56

Total of WB	556.9	238.7	76.78	0.00	1.33	245.24

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

General spaces

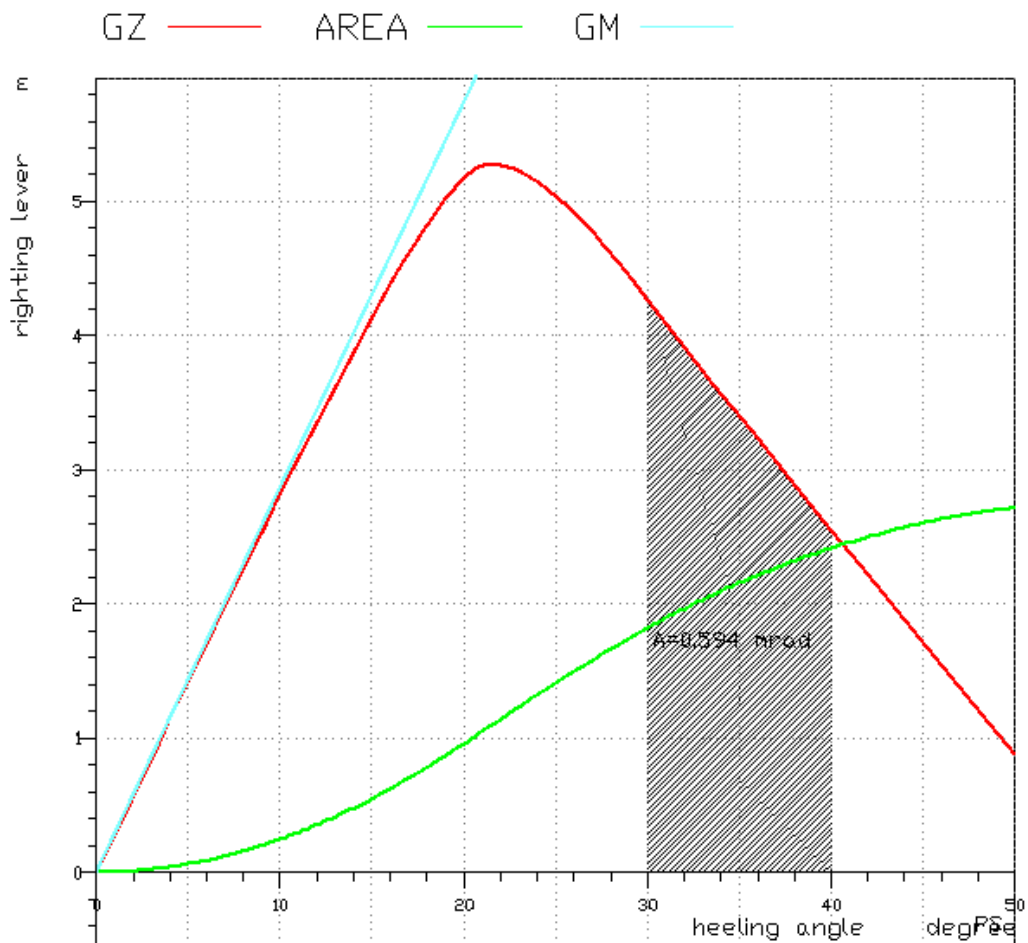
PROVISI.	0.0	16.5	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	169.1	33.90	0.00	20.50	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00

Total of GE	0.0	192.9	35.86	0.00	20.78	0.00

Deadweight		537.1	56.69	0.01	8.53	245.2
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		3768.3	47.67	0.00	12.00	245.2

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	4.284	m	KM	28.54	m
Trim	-0.068	m	KG	12.00	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	4.318	m	GM0	16.54	m
TF	4.250	m	GMCORR	-0.07	m
Trimming moment	-369	tonm	GM	16.48	m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

Winter Departure

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity cgx cgz			Free s. moment

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSEVP	18.7	18.4	49.00	5.64	4.26	0.00
HFOSEVRS	18.7	18.4	49.00	-5.64	4.26	0.00
HFOSETTP	18.7	18.4	46.60	5.64	4.26	0.00
HFOSETTS	18.7	18.4	46.60	-5.64	4.26	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	8.73	1.25	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	-8.73	1.25	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	-6.15	4.26	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	6.15	4.26	0.00

Total of HFO	319.7	313.3	51.84	0.00	3.62	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSERVP	15.8	15.5	16.61	5.90	7.00	0.00
DOSERVS	9.5	9.3	26.60	-5.07	6.99	0.00

Total of DO	25.3	24.8	20.37	1.77	7.00	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	8.72	0.79	0.00
MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	-8.72	0.79	0.00

Total of LO	19.1	11.0	39.40	0.00	0.79	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	57.6	66.86	6.45	4.40	0.00
FWS	57.6	57.6	66.86	-6.45	4.40	0.00

Total of FW	115.2	115.2	66.86	0.00	4.40	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity cgx cgz			Free s. moment

Water Ballast, RHO=1.025						

FPTS	64.7	25.9	91.46	-8.80	1.96	5.63
FPTP	64.7	25.9	91.46	8.80	1.96	5.63
NO1WBP	82.0	24.6	75.17	8.80	0.60	27.75
NO1WBS	82.0	24.6	75.17	-8.80	0.60	27.75

Total of WB	293.3	100.9	83.52	0.00	1.30	66.76

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

General spaces

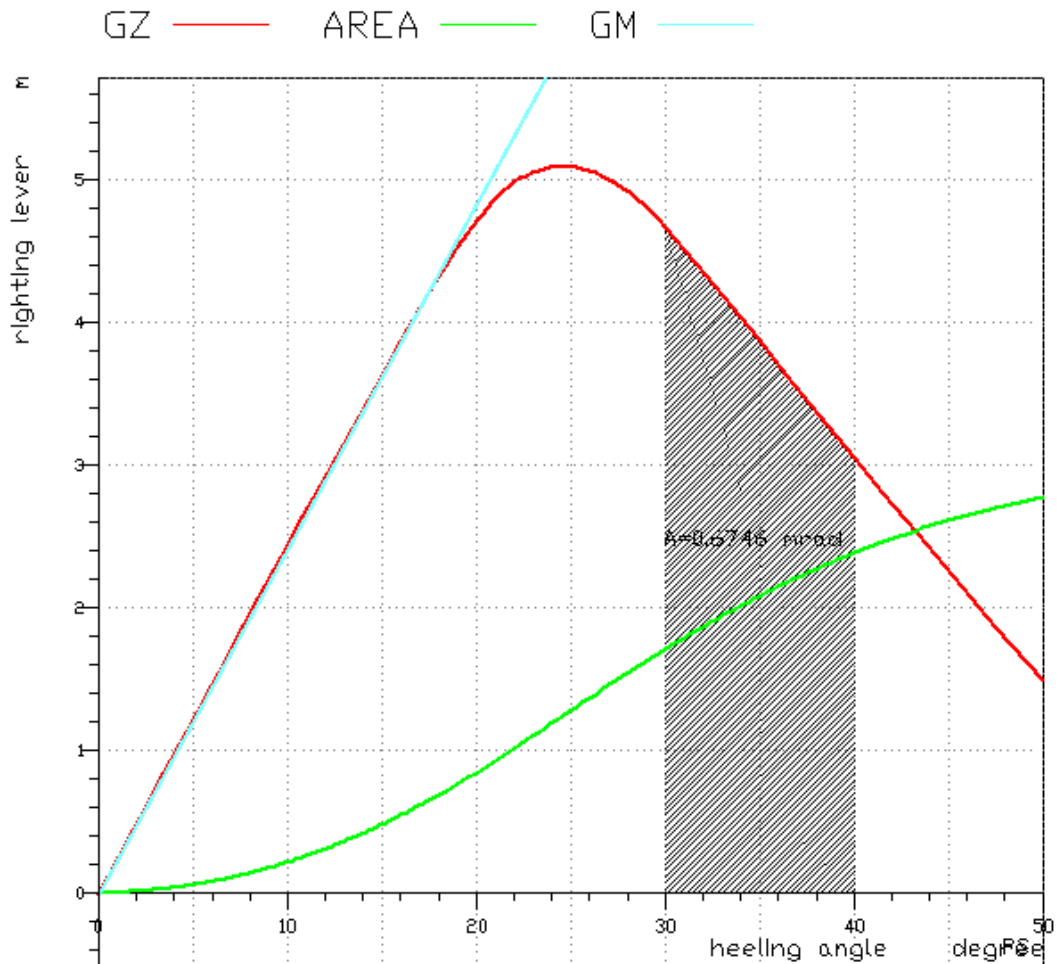
PROVISI.	0.0	82.2	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	125.2	34.96	0.00	19.31	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00
TRUCKS	0.0	395.0	45.50	0.00	12.09	0.00

Total of GE	0.0	609.8	43.47	0.00	14.84	0.00

Deadweight		1196.3	50.66	0.04	9.24	66.8
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		4427.5	47.38	0.01	11.68	66.8

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	4.833	m	KM	25.56	m
Trim	-0.020	m	KG	11.68	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	4.843	m	GM0	13.89	m
TF	4.823	m	GMCORR	-0.02	m
Trimming moment	-109	tonm	GM	13.87	m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

Winter Arrival

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity cgx cgz			Free s. moment

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSERVP	18.7	5.6	49.00	5.71	3.08	0.00
HFOSERVS	18.7	5.6	49.00	-5.71	3.08	0.00
HFOSETTP	18.7	4.7	46.60	5.73	2.99	0.00
HFOSETTS	18.7	4.7	46.60	-5.73	2.99	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	8.75	0.23	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	-8.75	0.23	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	-6.32	2.70	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	6.32	2.70	0.00

Total of HFO	319.7	48.5	50.66	0.00	2.32	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSERVP	15.8	2.4	16.62	5.97	6.16	0.00
DOSERVS	9.5	1.4	26.60	-5.07	6.15	0.00

Total of DO	25.3	3.8	20.37	1.81	6.16	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	8.72	0.74	0.00
MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	-8.72	0.74	0.00

Total of LO	19.1	9.0	39.40	0.00	0.74	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	11.5	66.82	6.75	2.96	0.00
FWS	57.6	11.5	66.82	-6.75	2.96	0.00

Total of FW	115.2	23.0	66.82	0.00	2.96	0.00

Water Ballast, RHO=1.025						

FPTS	64.7	38.8	91.62	-8.80	2.54	1.22
FPTP	64.7	38.8	91.62	8.80	2.54	1.22
NO1WBP	82.0	41.0	75.18	8.80	0.87	40.84
NO1WBS	82.0	41.0	75.18	-8.80	0.87	40.84
NO2WBP	131.8	39.5	63.86	8.80	0.61	80.56
NO2WBS	131.8	39.5	63.86	-8.80	0.61	80.56

Total of WB	556.9	238.7	76.78	0.00	1.33	245.24

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

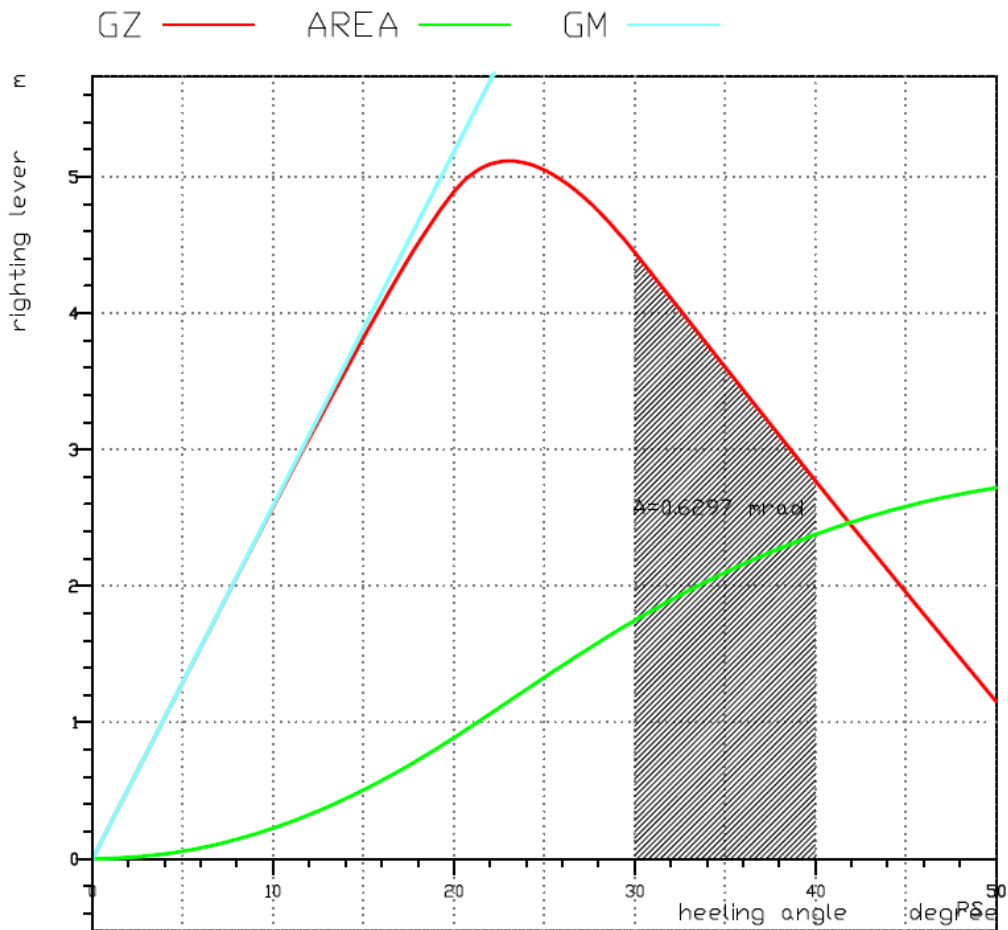
General spaces						
PROVISI.	0.0	16.5	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	125.2	34.96	0.00	19.31	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00
TRUCKS	0.0	395.0	45.50	0.00	12.09	0.00

Total of GE	0.0	544.1	43.26	0.00	14.22	0.00

Deadweight		888.3	52.99	0.01	9.35	245.2
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		4119.5	47.64	0.00	11.88	245.2

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	4.581 m	KM	26.80 m
Trim	0.032 m	KG	11.88 m
Heel, PS=+	0.0 deg		
TA	4.565 m	GM0	14.92 m
TF	4.597 m	GMCORR	-0.06 m
Trimming moment	172 tonm	GM	14.86 m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

Empty Departure

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity cgx cgz			Free s. moment

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSERVP	18.7	18.4	49.00	5.64	4.26	0.00
HFOSERVS	18.7	18.4	49.00	-5.64	4.26	0.00
HFOSETTP	18.7	18.4	46.60	5.64	4.26	0.00
HFOSETTS	18.7	18.4	46.60	-5.64	4.26	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	8.73	1.25	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	-8.73	1.25	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	-6.15	4.26	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	6.15	4.26	0.00

Total of HFO	319.7	313.3	51.84	0.00	3.62	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSERVP	15.8	15.5	16.61	5.90	7.00	0.00
DOSERVS	9.5	9.3	26.60	-5.07	6.99	0.00

Total of DO	25.3	24.8	20.37	1.77	7.00	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity cgx cgz			Free s. moment

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	8.72	0.79	0.00
MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	-8.72	0.79	0.00

Total of LO	19.1	11.0	39.40	0.00	0.79	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	57.6	66.86	6.45	4.40	0.00
FWS	57.6	57.6	66.86	-6.45	4.40	0.00

Total of FW	115.2	115.2	66.86	0.00	4.40	0.00

Water Ballast, RHO=1.025						

FPTS	64.7	32.3	91.54	-8.80	2.25	4.14
FPTP	64.7	32.3	91.54	8.80	2.25	4.14

Total of WB	129.4	64.7	91.54	0.00	2.25	8.28

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

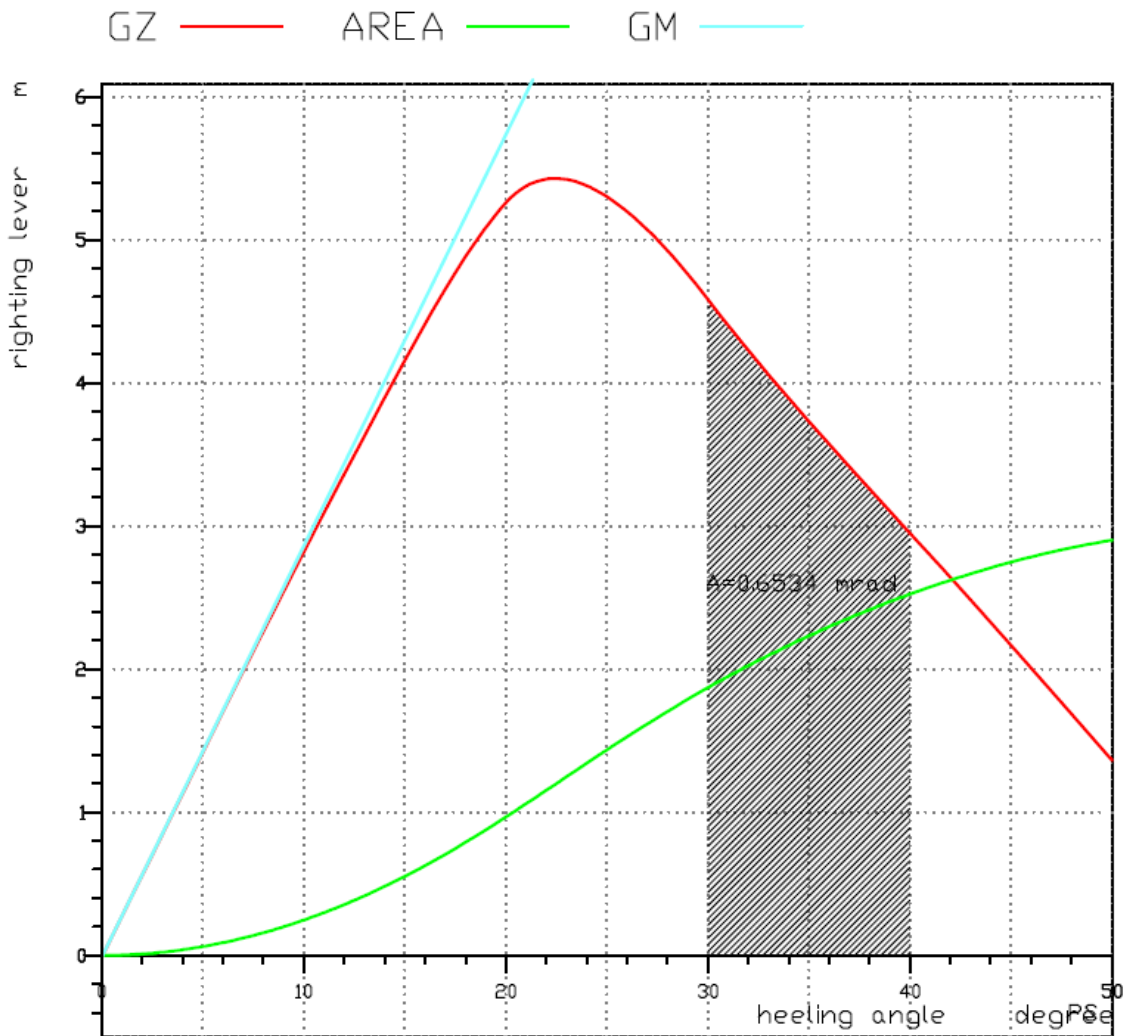
Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

General spaces

PROVISI.	0.0	82.2	45.18	0.00	20.00	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00
Total of GE	0.0	89.6	46.39	0.00	20.73	0.00
Deadweight		639.7	55.86	0.07	6.05	8.3
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		3871.0	47.77	0.01	11.50	8.3

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	4.373	m	KM	27.96	m
Trim	0.041	m	KG	11.50	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	4.352	m	GM0	16.46	m
TF	4.394	m	GMCORR	0.00	m
Trimming moment	222	tonm	GM	16.46	m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

Empty Arrival

Name	Max. weight	Center of gravity Mass	cgx	cgy	cgz	Free s. moment

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSERVP	18.7	5.6	49.00	5.71	3.08	0.00
HFOSERVS	18.7	5.6	49.00	-5.71	3.08	0.00
HFOSETTP	18.7	4.7	46.60	5.73	2.99	0.00
HFOSETTS	18.7	4.7	46.60	-5.73	2.99	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	8.75	0.23	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	-8.75	0.23	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	-6.32	2.70	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	6.32	2.70	0.00

Total of HFO	319.7	48.5	50.66	0.00	2.32	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSERVP	15.8	2.4	16.62	5.97	6.16	0.00
DOSERVS	9.5	1.4	26.60	-5.07	6.15	0.00

Total of DO	25.3	3.8	20.37	1.81	6.16	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	8.72	0.74	0.00
MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	-8.72	0.74	0.00

Total of LO	19.1	9.0	39.40	0.00	0.74	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	11.5	66.82	6.75	2.96	0.00
FWS	57.6	11.5	66.82	-6.75	2.96	0.00

Total of FW	115.2	23.0	66.82	0.00	2.96	0.00

Water Ballast, RHO=1.025						

FPTS	64.7	32.3	91.54	-8.80	2.25	4.14
FPTP	64.7	32.3	91.54	8.80	2.25	4.14
NO1WBP	82.0	24.6	75.17	8.80	0.60	27.75
NO1WBS	82.0	24.6	75.17	-8.80	0.60	27.75
NO2WBP	131.8	39.5	63.86	8.80	0.61	80.56
NO2WBS	131.8	39.5	63.86	-8.80	0.61	80.56

Total of WB	556.9	193.0	76.02	0.00	1.16	224.91

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

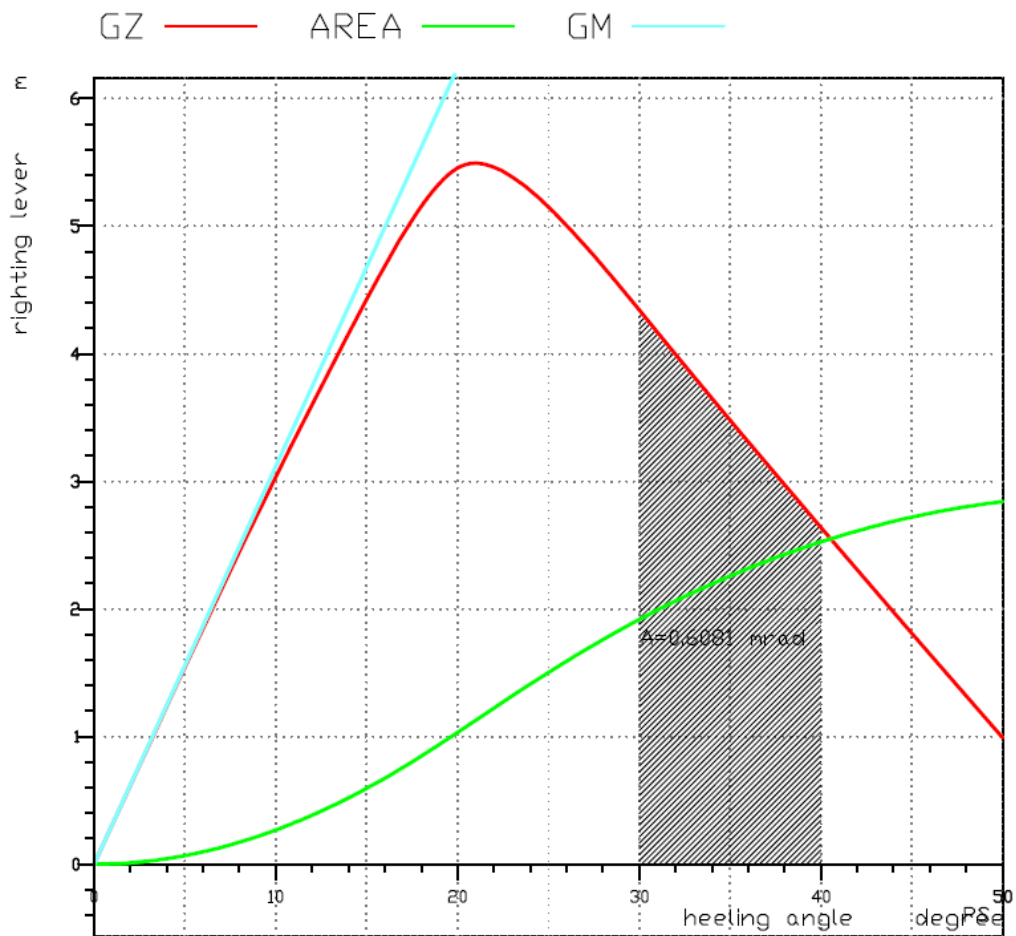
General spaces						
PROVISI.	0.0	16.5	45.18	0.00	20.00	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00

Total of GE	0.0	23.8	49.73	0.00	22.76	0.00

Deadweight		322.3	65.35	0.02	3.16	224.9
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		3553.5	47.91	0.00	11.73	224.9

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	4.105 m	KM	29.67 m
Trim	0.025 m	KG	11.73 m
Heel, PS=+	0.0 deg		
TA	4.092 m	GM0	17.94 m
TF	4.117 m	GMCORR	-0.06 m
Trimming moment	133 tonm	GM	17.88 m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

Full Cars Departure

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						
HFOSERVP	18.7	18.4	49.00	5.64	4.26	0.00
HFOSERVS	18.7	18.4	49.00	-5.64	4.26	0.00
HFOSETTP	18.7	18.4	46.60	5.64	4.26	0.00
HFOSETTS	18.7	18.4	46.60	-5.64	4.26	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	8.73	1.25	0.00
NO1HFOS.	33.9	33.2	50.20	-8.73	1.25	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	-6.15	4.26	0.00
NO2HFOS.	88.5	86.7	54.18	6.15	4.26	0.00

Total of HFO	319.7	313.3	51.84	0.00	3.62	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						
DOSERVVP	15.8	15.5	16.61	5.90	7.00	0.00
DOSERVS	9.5	9.3	26.60	-5.07	6.99	0.00

Total of DO	25.3	24.8	20.37	1.77	7.00	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						
MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	8.72	0.79	0.00
MELOCIR.	9.5	5.5	39.40	-8.72	0.79	0.00

Total of LO	19.1	11.0	39.40	0.00	0.79	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

Fresh Water, RHO=1.000						
FWP	57.6	57.6	66.86	6.45	4.40	0.00
FWS	57.6	57.6	66.86	-6.45	4.40	0.00

Total of FW	115.2	115.2	66.86	0.00	4.40	0.00

Water Ballast, RHO=1.025						
FPTS	64.7	51.7	91.47	-8.80	3.49	1.56
FPTP	64.7	51.7	91.47	8.80	3.49	1.56
NO1WBP	82.0	49.2	75.18	8.80	0.99	46.50
NO1WBS	82.0	49.2	75.18	-8.80	0.99	46.50
NO2WBP	131.8	65.9	63.85	8.80	0.89	130.97
NO2WBS	131.8	65.9	63.85	-8.80	0.89	130.97

Total of WB	556.9	333.7	75.76	0.00	1.73	358.07

Miscellaneous, RHO=1.000						
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

General spaces

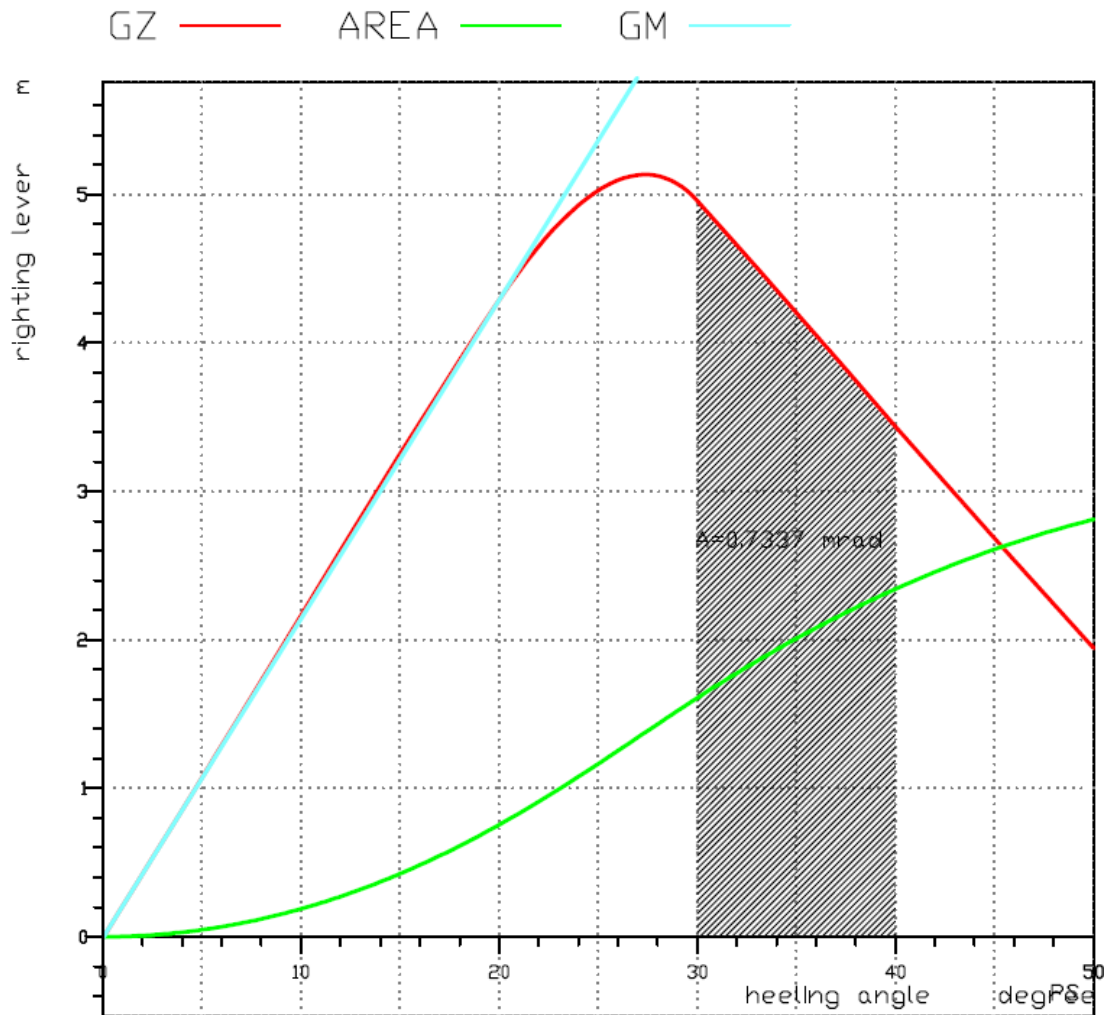
PROVISI.	0.0	82.2	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	169.1	33.90	0.00	20.50	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00
TRUCKS	0.0	776.0	35.77	0.00	12.50	0.00

Total of GE 0.0 1034.7 36.38 0.00 14.52 0.00

Deadweight	1853.8	47.79	0.02	9.42	358.1
Lightweight	3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)	5085.1	46.76	0.01	11.43	358.1

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	5.352	m	KM	23.80	m
Trim	-0.211	m	KG	11.43	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	5.458	m	GM0	12.37	m
TF	5.246	m	GMCORR	-0.07	m
Trimming moment	-1273	tonm	GM	12.30	m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

Full Cars Arrival

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity cgx cgz			Free s. moment

Heavy Fuel Oil, RHO=0.980						

HFOSERVP	18.7	5.6	49.00	5.71	3.08	0.00
HFOSERVS	18.7	5.6	49.00	-5.71	3.08	0.00
HFOSETTP	18.7	4.7	46.60	5.73	2.99	0.00
HFOSETTS	18.7	4.7	46.60	-5.73	2.99	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	8.75	0.23	0.00
NO1HFOS.	33.9	5.1	50.20	-8.75	0.23	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	-6.32	2.70	0.00
NO2HFOS.	88.5	8.8	54.14	6.32	2.70	0.00

Total of HFO	319.7	48.5	50.66	0.00	2.32	0.00

Diesel Oil, RHO=0.900						

DOSERVP	15.8	2.4	16.62	5.97	6.16	0.00
DOSERVS	9.5	1.4	26.60	-5.07	6.15	0.00

Total of DO	25.3	3.8	20.37	1.81	6.16	0.00

Lubricating Oil, RHO=0.900						

MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	8.72	0.74	0.00
MELOCIR.	9.5	4.5	39.40	-8.72	0.74	0.00

Total of LO	19.1	9.0	39.40	0.00	0.74	0.00

Fresh Water, RHO=1.000						

FWP	57.6	11.5	66.82	6.75	2.96	0.00
FWS	57.6	11.5	66.82	-6.75	2.96	0.00

Total of FW	115.2	23.0	66.82	0.00	2.96	0.00

Water Ballast, RHO=1.025						

FPTS	64.7	58.2	91.43	-8.80	4.07	3.77
FPTP	64.7	58.2	91.43	8.80	4.07	3.77
NO1WBP	82.0	65.6	75.17	8.80	1.22	56.71
NO1WBS	82.0	65.6	75.17	-8.80	1.22	56.71
NO2WBP	131.8	92.3	63.85	8.80	1.13	181.10
NO2WBS	131.8	92.3	63.85	-8.80	1.13	181.10

Total of WB	556.9	432.1	74.72	0.00	1.95	483.16

Miscellaneous, RHO=1.000						

BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	10.53	0.49	0.00
BILGEWD.	17.0	1.1	52.49	-10.53	0.49	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	8.74	0.19	0.00
DIRTYOI.	8.7	2.0	44.20	-8.74	0.19	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	10.35	0.55	0.00
LOSLUDG.	2.6	1.5	33.90	-10.35	0.55	0.00
LIQUIDS	0.0	12.0	32.12	0.00	3.32	0.00

Total of MIS	56.5	21.2	36.77	0.00	2.04	0.00

Name	Max. weight	Mass	Center of gravity			Free s. moment
			cgx	cgy	cgz	

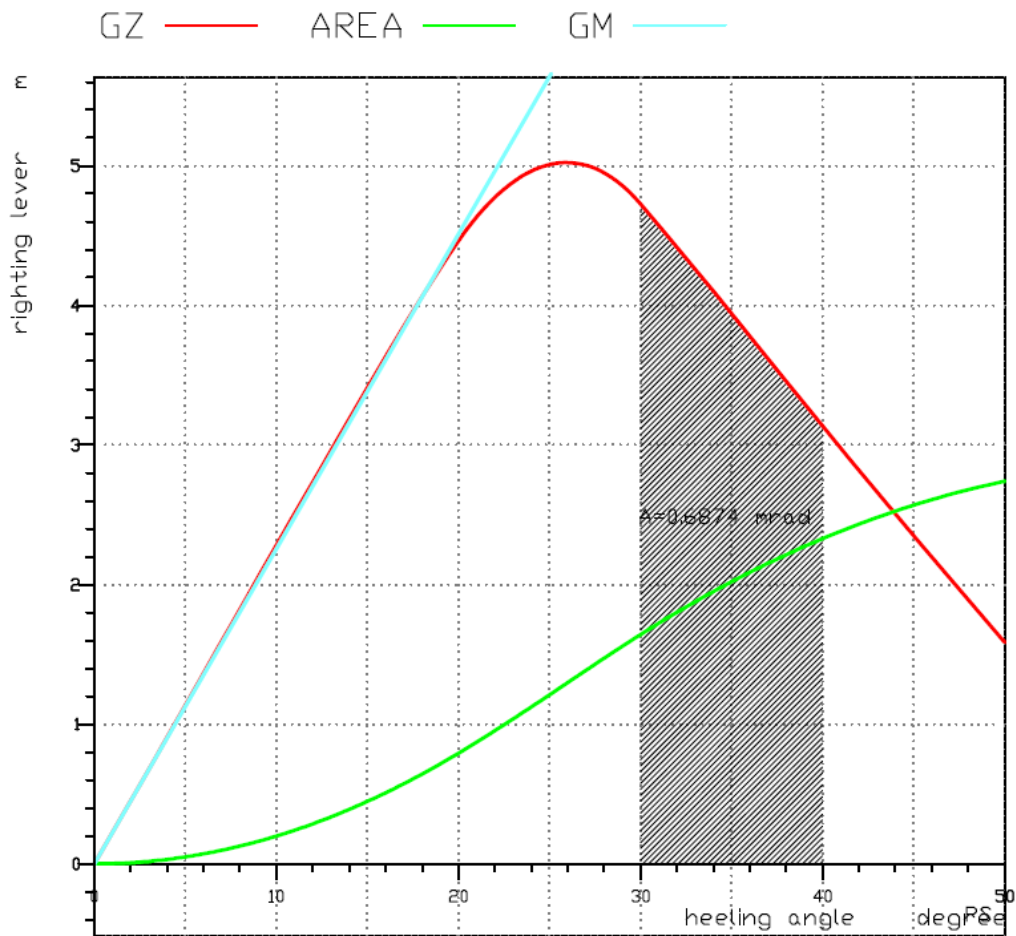
General spaces						
PROVISI.	0.0	16.5	45.18	0.00	20.00	0.00
PASSENG.	0.0	169.1	33.90	0.00	20.50	0.00
CREW	0.0	7.3	60.00	0.00	28.97	0.00
TRUCKS	0.0	776.0	35.77	0.00	12.50	0.00

Total of GE	0.0	968.9	35.79	0.00	14.15	0.00

Deadweight		1506.6	47.90	0.00	9.83	483.2
Lightweight		3231.2	46.17	0.00	12.58	
Displacement (rho=1.025)		4737.8	46.72	0.00	11.70	483.2

F L O A T I N G P O S I T I O N

Draught moulded	5.068	m	KM	24.73	m
Trim	-0.403	m	KG	11.70	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	5.269	m	GM0	13.02	m
TF	4.866	m	GMCORR	-0.10	m
Trimming moment	-2309	tonm	GM	12.92	m



Καμπύλη Μοχλοβραχίονα Επαναφοράς με Έλεγχο του Κριτηρίου "Area 30°- 40°"

