



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ & ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**“Μελέτη και Σχεδίαση Ωκεανογραφικού Σκάφους
Ανοιχτής Θαλάσσης”**

Καψάλη Τριαντάφυλλη – Αναστασία

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν κείμενο αποτελεί τη Διπλωματική Εργασία που εκπονήθηκε στο πλαίσιο της φοίτησης μου στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, κι αφορά τη μελέτη και σχεδίαση ενός Ωκεανογραφικού Σκάφους, εργασία η οποία είχε ανατεθεί από το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών.

Κατά την πορεία της παρούσας διπλωματικής έγινε ενασχόληση με τα βασικότερα μέρη της προμελέτης πλοίου. Αρχικά, συλλέχθηκαν οι βασικές απαιτήσεις από τους εκπροσώπους του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών. Έτσι, καθορίστηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου, κι ακολούθησε η κατασκευή του Σχεδίου Γενικής Διάταξης. Με την ολοκλήρωση των ανωτέρω, ξεκίνησε ο υπολογισμός της μεταλλικής κατασκευής και η δημιουργία των κατασκευαστικών σχεδίων του πλοίου. Ακολούθησαν ο υπολογισμός του βάρους κενού σκάφους και του πρόσθετου βάρους και ο προσδιορισμός των καταστάσεων φόρτωσης. Ύστερα, πραγματοποιήθηκε η μελέτη άθικτης ευστάθειας και ευστάθειας μετά από βλάβη, και τέλος, ο υπολογισμός της αντίστασης και της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης. Η εργασία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των προγραμμάτων AutoCAD, BV Mars 2000 και NAPA.

Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας ήταν, μέσα από την πορεία των διαδικασιών που ακολουθήθηκαν για την εκπόνησή της, να εξαχθούν συμπεράσματα που αφορούν το αν το υπό μελέτη πλοίο θεωρείται αξιόπλοο και αποδοτικό με τις συγκεκριμένες παραμέτρους με τις οποίες έχει σχεδιαστεί. Σε κάθε περίπτωση, ένας επόμενος Μελετητής μπορεί να ανατρέξει σ' αυτήν, να αξιολογήσει τα στοιχεία και να συνεχίσει την εργασία του πάνω σε αυτήν την προκαταρκτική μελέτη.

Σε αυτό το σημείο, θα ήταν μεγάλη παράλειψη αν δεν ευχαριστούσα τον κ. Ζαραφωνίτη για όλη την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου, καθώς επίσης και τους Υποψήφιους Διδάκτορες Αφροδίτη Κανελλοπούλου και Γιώργο Δαφέρμο, για τη συνεργασία και την άμεση απόκρισή τους σε όλα μου τα προβλήματα. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους κ. Αναγνώστου, κ. Γεωργόπουλο και κ. Χανδρά, που εργάζονται για το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, για τις κατευθυντήριες γραμμές και τις συμβουλές που μου προσέφεραν σε όλο αυτό το διάστημα της συνεργασίας μας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τον αδελφό μου Ανδρέα και τον Χάρη, που με υποστήριξαν θερμά σε όλη τη πορεία της ολοκλήρωσης των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	iii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	ix
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Απαιτήσεις Πλοιοκτήτη	2
1.2 Γενικά περί Ωκεανογραφικών Σκαφών	3
1.2.1 Κύριες Δραστηριότητες και Εξοπλισμός ενός Ωκεανογραφικού Σκάφους	5
1.2.2 Σχεδιαστικές Απαιτήσεις ενός Ωκεανογραφικού Σκάφους	12
1.3 Το Ωκεανογραφικό Σκάφος “ΑΙΓΑΙΟΝ”	13
2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	16
2.1 Επιλογή Διαστάσεων	16
2.2 Σχέδιο Γενικής Διάταξης	16
2.2.1 Ανοικτά Καταστρώματα και Χώροι Αποθήκευσης	18
2.2.2 Χώροι Εργαστηρίων	21
2.2.3 Χώροι Ενδιαίτησης	22
2.2.4 Χώροι Δεξαμενών και Μηχανοστάσιο	25
2.2.5 Πρόσβαση και Μετακίνηση στα Καταστρώματα	28
3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	34
3.1 Υπολογισμός Ελασμάτων και Διαμήκων Κατασκευαστικών Στοιχείων	35
3.2 Υπολογισμός Εδρών Διπυθμένου, Εγκαρσίων και Κατακόρυφων Ενισχυτικών	35
3.3 Υπολογισμός Ενισχυμένων Νομέων	36
3.4 Υπολογισμός Εγκαρσίων Φρακτών	36
3.5 Υπολογισμός Υπερκατασκευών	36
3.6 Υπολογισμός Συνολικού Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής	37
3.7 Ανάπτυξη Κατασκευαστικών Σχεδίων	37
3.7.1 Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών	37
3.7.2 Κατασκευαστικό Σχέδιο Προφίλ και Καταστρωμάτων	42
4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ	47
4.1 Υπολογισμός Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής	47
4.2 Υπολογισμός Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης	47
4.3 Υπολογισμός Βάρους Εξοπλισμού	48
4.3.1 Υπολογισμός Βάρους Εξαρτισμού	49
4.3.2 Υπολογισμός Βάρους Bow Thruster	49
4.3.3 Υπολογισμός Βάρους Κεντρικής Μονάδας Κλιματισμού	50
4.3.4 Υπολογισμός Βάρους Ενδιαίτησης	51
4.3.5 Υπολογισμός Βάρους Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού	52
4.3.6 Υπολογισμός Βάρους Ηλεκτρικού Δικτύου	52
4.3.7 Υπολογισμός Βάρους Ωκεανογραφικού Εξοπλισμού – Εξοπλισμού Καταστρώματος	53

4.3.8	Υπολογισμός Λοιπών Βαρών Εξοπλισμού	53
4.3.9	Υπολογισμός Συνολικού Βάρους Εξοπλισμού	53
4.4	Υπολογισμός Βάρους Κενού Σκάφους	54
5.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΦΟΡΤΩΣΗΣ	55
5.1	Ανάλυση Πρόσθετου Βάρους	55
5.2	Προσδιορισμός Καταστάσεων Φόρτωσης	59
6.	ΜΕΛΕΤΗ ΑΘΙΚΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΛΑΒΗ	61
6.1	Μελέτη Άθικτης Ευστάθειας	61
6.2	Μελέτη Ευστάθειας μετά από Βλάβη	63
6.2.1	Απαιτούμενος Δείκτης Υποδιαίρεσης (R)	64
6.2.2	Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης (A)	64
6.2.3	Αποτελέσματα Υπολογισμών Ευστάθειας μετά από Βλάβη	67
6.2.4	Προσδιορισμός Ελαχίστου GM για Ευστάθεια μετά από Βλάβη	72
7.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ	74
7.1	Μέθοδος Formdata	74
7.1.1	Καθορισμός Υπολοίπου Αντιστάσεως	74
7.1.2	Καθορισμός Αντιστάσεως Τριβής	77
7.1.3	Καθορισμός Συνολικής Αντίστασης	79
7.2	Υπολογισμός Αντίστασης με Χρήση του Προγράμματος NAPA	80
7.3	Εκτίμηση Αποτελεσμάτων Αντίστασης	81
8.	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ	83
9.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	85
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	86
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	89
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	111
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	115
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	125

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.3.1: Κύρια Χαρακτηριστικά του “ΑΙΓΑΙΟΝ”	14
Πίνακας 1.3.2: Επιστημονικός Εξοπλισμός του “ΑΙΓΑΙΟΝ”	14
Πίνακας 1.3.3: Εξοπλισμός Καταστώματος του “ΑΙΓΑΙΟΝ”	15
Πίνακας 1.3.4: Εργαστηριακοί Χώροι – Φορητά Εργαστήρια του “ΑΙΓΑΙΟΝ”	15
Πίνακας 2.1.1: Κύρια χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου	16
Πίνακας 3.1.1: Βάρος ελασμάτων και διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων	35
Πίνακας 3.2.1: Υπολογισμός κατασκευαστικών νομέων, πλην των ενισχυμένων	35
Πίνακας 3.3.1: Υπολογισμός ενισχυμένων νομέων	36
Πίνακας 3.4.1: Υπολογισμός βάρους και κέντρου βαρών της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, πλην των υπερκατασκευών	36
Πίνακας 3.5.1: Υπολογισμός βάρους και κέντρου βαρών υπερκατασκευών	37
Πίνακας 3.6.1: Υπολογισμός συνολικού βάρους μεταλλικής κατασκευής	37
Πίνακας 3.7.1: Σημειώσεις στο Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών	38
Πίνακας 3.7.2: Σημειώσεις στο Κατασκευαστικό Σχέδιο Προφίλ και Καταστροφμάτων	42
Πίνακας 4.1.1: Υπολογισμός συνολικού βάρους μεταλλικής κατασκευής	47
Πίνακας 4.2.1: AZP085 azimuthing pulling propeller technical data	48
Πίνακας 4.2.2: Υπολογισμός βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης	48
Πίνακας 4.2.3: Υπολογισμός βάρους και κέντρων βαρών μηχανολογικής εγκατάστασης	48
Πίνακας 4.3.1: Εναλλαγές αέρα ανά επιβάτη και επίπεδο άνεσης	50
Πίνακας 4.3.2: Βάρη υποομάδων κλιματισμού	51
Πίνακας 4.3.3: Συντελεστές βαρών χώρων ενδιαίτησης	51
Πίνακας 4.3.4: Υπολογισμός βάρους χώρων ενδιαίτησης	52
Πίνακας 4.3.5: Υπολογισμός βάρους ωκεανογραφικού εξοπλισμού – εξοπλισμού καταστώματος	53
Πίνακας 4.3.6: Υπολογισμός συνολικού βάρους εξοπλισμού	53
Πίνακας 4.3.7: Υπολογισμός βάρους και κέντρων βαρών εξοπλισμού	54
Πίνακας 4.4.1: Υπολογισμός συνολικού βάρους άφορτου σκάφους	54
Πίνακας 5.1.1: Κατηγορίες πρόσθετου βάρους (Deadweight)	55
Πίνακας 5.1.2: Βάρος και κέντρα βαρών H.F.O., όπως υπολογίσθηκαν από το NAPA	56
Πίνακας 5.1.3: Βάρος και κέντρα βαρών M.D.O., όπως υπολογίσθηκαν από το NAPA	57
Πίνακας 5.1.4: Βάρος και κέντρα βαρών L.O., όπως υπολογίσθηκαν από το NAPA	57
Πίνακας 5.1.5: Βάρος και κέντρα βαρών F.W., όπως υπολογίσθηκαν από το NAPA	58
Πίνακας 5.1.6: Βάρος και κέντρα βαρών Crew&Scientists, Provisions, Containers, όπως υπολογίσθηκαν από το NAPA	59
Πίνακας 5.2.1: Συγκεντρωτικός πίνακας βαρών σκάφους στο Normal Load Departure	60
Πίνακας 5.2.2: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA στο Normal Load Departure	60
Πίνακας 5.2.3: Συγκεντρωτικός πίνακας βαρών σκάφους στο Normal Load Arrival	60
Πίνακας 5.2.4: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA στο Normal Load Arrival	60
Πίνακας 6.1.1: Αποτελέσματα ελέγχου κριτηρίων άθικτης ευστάθειας για την κατάσταση φόρτωσης Normal Load Departure, στο πρόγραμμα NAPA	61
Πίνακας 6.1.2: Αποτελέσματα ελέγχου κριτηρίων άθικτης ευστάθειας για την κατάσταση φόρτωσης Normal Load Arrival, στο πρόγραμμα NAPA	62
Πίνακας 6.2.1: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA για την κατάσταση φόρτωσης D_s	65
Πίνακας 6.2.2: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA για την κατάσταση φόρτωσης D_L	65
Πίνακας 6.2.3: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA για την κατάσταση φόρτωσης D_p	66
Πίνακας 6.2.4: Απαιτούμενος κι Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης, όπως προέκυψαν από το μοντέλο MGR*PROB του προγράμματος NAPA	67
Πίνακας 6.2.5: Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης για τα βυθίσματα D_s , D_p και D_L , όπως προέκυψε από το μοντέλο MGR*PROB του προγράμματος NAPA	68
Πίνακας 6.2.6: Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης για κάθε ζώνη, όπως προέκυψε από το	

μοντέλο MGR*PROB του προγράμματος NAPA	68
Πίνακας 6.2.7: Εύρεση ελαχίστου GM τα βυθίσματα D_s , D_p και D_L για $A = R_{PASS}$	72
Πίνακας 6.2.8: Εύρεση ελαχίστου GM τα βυθίσματα D_s , D_p και D_L για $A = R_{SPS}$	73
Πίνακας 7.1.1: Στοιχεία για υπολογισμό με τη μέθοδο Formdata	74
Πίνακας 7.1.2: Υπολογισμός Συντελεστή Υπολοίπου Αντιστάσεως (μέθοδος Formdata)	75
Πίνακας 7.1.3: Διόρθωση για διαφορετικό B/H (μέθοδος Formdata)	75
Πίνακας 7.1.4: Εύρεση LCB Standard (μέθοδος Formdata)	75
Πίνακας 7.1.5: Συντελεστές διόρθωσης για μορφή βολβού (μέθοδος Formdata)	76
Πίνακας 7.1.6: Διόρθωση για μορφή βολβού (μέθοδος Formdata)	76
Πίνακας 7.1.7: Διόρθωση για αντίσταση αέρα και πηδαλιουχήσεως (μέθοδος Formdata)	76
Πίνακας 7.1.8: Υπολογισμός Συντελεστή Υπολοίπου Αντιστάσεως με τη μέθοδο Formdata	77
Πίνακας 7.1.9: Υπολογισμός Συντελεστή Αντιστάσεως Τριβής (μέθοδος Formdata)	77
Πίνακας 7.1.10: Συντελεστές συσχετίσεως (μέθοδος Formdata)	78
Πίνακας 7.1.11: Διόρθωση με το συντελεστή συσχετίσεως (μέθοδος Formdata)	78
Πίνακας 7.1.12: Διόρθωση για παρελκόμενα (μέθοδος Formdata)	78
Πίνακας 7.1.13: Υπολογισμός Συντελεστή Αντιστάσεως Τριβής με τη μέθοδο Formdata	79
Πίνακας 7.1.14: Υπολογισμός Συνολικής Αντίστασης και Ισχύος Ρυμούλκησης με τη μέθοδο Formdata	79
Πίνακας 7.2.1: Υπολογισμός Συντελεστών Αντίστασης με τη μέθοδο Holtrop (HL84)	80
Πίνακας 7.2.2: Υπολογισμός Αντίστασης και Ισχύος Ρυμούλκησης με τη μέθοδο Holtrop (HL84)	80
Πίνακας 7.2.3: Υπολογισμός Προσαυξημένης Αντιστάσεως που προέκυψε από τη μέθοδο Holtrop (HL84)	80
Πίνακας 7.3.1: Υπολογισμός Απαιτούμενης Ισχύος υπό μελέτη πλοίου	82
Πίνακας A.1.1: Συντελεστές πλοήγησης	91
Πίνακας A.1.2: Distribution Factor	92
Πίνακας A.1.3: Λίστα εγκαρσίων τομών που εισήχθησαν στο Mars 2000	94
Πίνακας A.1.4: Αποτελέσματα εφαρμογής Mars 2000, για διαμήκη ελάσματα και κατασκευαστικά στοιχεία	96
Πίνακας A.1.5: Βάρος ελασμάτων και διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων	97
Πίνακας A.2.1: Αποτελέσματα εφαρμογής AutoCAD, για εγκάρσια και κατακόρυφα ενισχυτικά	98
Πίνακας A.2.2: Αποτελέσματα εφαρμογής AutoCAD, για τις έδρες διπυθμένου	99
Πίνακας A.2.3: Υπολογισμός κατασκευαστικών νομέων, πλην των ενισχυμένων	100
Πίνακας A.3.1: Αποτελέσματα εφαρμογής AutoCAD, για τα ενισχυτικά των ενισχυμένων νομέων	101
Πίνακας A.3.2: Αποτελέσματα εφαρμογής AutoCAD, για τις έδρες διπυθμένου των ενισχυμένων νομέων	103
Πίνακας A.3.3: Υπολογισμός ενισχυμένων νομέων	105
Πίνακας A.4.1: Λίστα εγκαρσίων φρακτών που εισήχθησαν στο Mars 2000	105
Πίνακας A.4.2: Υπολογισμός εγκάρσιων φρακτών	107
Πίνακας A.4.3: Υπολογισμός βάρους και κέντρου βαρών της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, πλην των υπερκατασκευών	108
Πίνακας A.5.1: Υπολογισμός βάρους υπερκατασκευών με τη μέθοδο Müller-Köster	109
Πίνακας A.5.2: Υπολογισμός βάρους και κέντρου βαρών υπερκατασκευών	109
Πίνακας A.6.1: Υπολογισμός συνολικού βάρους μεταλλικής κατασκευής	110
Πίνακας B.1: Αποδιδόμενη Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	112

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.2.1: Stores και βαρούλκα στο Lower Deck	18
Σχήμα 2.2.2: Χώρος ψυγείων στο Lower Deck	19
Σχήμα 2.2.3: Πρυμναίο Ανοιχτό Κατάστρωμα στο Main Deck	20
Σχήμα 2.2.4: Open Deck (Πλευρικό Ανοιχτό Κατάστρωμα)	20
Σχήμα 2.2.5: Ανοιχτό Κατάστρωμα στο Upper Deck	21
Σχήμα 2.2.6: Χώροι εργαστηρίων συγκεντρωμένοι στο Main Deck.....	22
Σχήμα 2.2.7: Καμπίνες κατώτερου πληρώματος κι επιστημόνων στο Lower Deck	23
Σχήμα 2.2.8: Καμπίνες επιστημόνων στο Upper Deck	23
Σχήμα 2.2.9: Καμπίνες αξιωματικών πληρώματος στο A - Deck	24
Σχήμα 2.2.10: Καμπίνες AMEA & Hospital στο Main Deck.....	24
Σχήμα 2.2.11: Χώροι εστίασης και σαλόνια στο Main Deck	25
Σχήμα 2.2.12: Το διπύθμενο του υπό μελέτη πλοίου	25
Σχήμα 2.2.13: Floor Deck, frame 4 μέχρι frame 60	26
Σχήμα 2.2.14: Floor Deck, frame 60 μέχρι frame 116	26
Σχήμα 2.2.15: Lower Deck, βαρούλκα, μηχανοστάσιο και auxiliary περιοχή	27
Σχήμα 2.2.16: Fore Peak Tank και χώρος Bow Thruster.....	27
Σχήμα 2.2.17: Σχέδιο Γενικής Διάταξης – το Προφίλ του υπό Μελέτη Πλοίου.....	30
Σχήμα 2.2.18: Σχέδιο Γενικής Διάταξης – Γέφυρα & Ανώτερα Καταστρώματα	31
Σχήμα 2.2.19: Σχέδιο Γενικής Διάταξης – Main & Lower Deck.....	32
Σχήμα 2.2.20: Σχέδιο Γενικής Διάταξης – Floor Deck & Πυθμένας Πλοίου.....	33
Σχήμα 3.1: Εγκάρσιο Σύστημα Ενίσχυσης.....	34
Σχήμα 3.7.1: Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών – Νομείς 40 (Sb) και 48 (P).....	39
Σχήμα 3.7.2: Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών – Νομείς 60 (Sb) και 62 (P).....	40
Σχήμα 3.7.3: Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών – Νομείς 80 (Sb) και 82 (P).....	41
Σχήμα 3.7.4: Κατασκευαστικό Σχέδιο Προφίλ.....	43
Σχήμα 3.7.5: Κατασκευαστικό Σχέδιο Ανώτερων Καταστρωμάτων	44
Σχήμα 3.7.6: Κατασκευαστικό Σχέδιο Κυρίου Καταστρώματος	45
Σχήμα 3.7.7: Κατασκευαστικό Σχέδιο Κατώτερων Καταστρωμάτων	46
Σχήμα 6.1.1: Αποτελέσματα ελέγχου κριτηρίων άθικτης ευστάθειας για την κατάσταση φόρτωσης Normal Load Departure, στο πρόγραμμα NAPA	62
Σχήμα 6.1.2: Αποτελέσματα ελέγχου κριτηρίων άθικτης ευστάθειας για την κατάσταση φόρτωσης Normal Load Arrival, στο πρόγραμμα NAPA	63
Σχήμα 6.2.1: Διάγραμμα του s factor για το βύθισμα D_L	69
Σχήμα 6.2.2: Διάγραμμα του s factor για το βύθισμα D_P	70
Σχήμα 6.2.3: Διάγραμμα του s factor για το βύθισμα D_S	71
Σχήμα 6.2.4: Διάγραμμα ελαχίστου GM για $A=R_{PASS}$	72
Σχήμα 6.2.5: Διάγραμμα ελαχίστου GM για $A=R_{SPS}$	73
Σχήμα 7.3.1: Διάγραμμα της αντίστασης [kN] συναρτήσει της ταχύτητας [kn].....	81
Σχήμα 7.3.2: Διάγραμμα της ισχύος ρυμούλκησης [kW] συναρτήσει της ταχύτητας [kn]	81
Σχήμα A.1.1: Basic Ship Data [1]	90
Σχήμα A.1.2: Basic Ship Data [2]	91
Σχήμα A.1.3: Basic Ship Data [3]	93
Σχήμα A.1.4: Basic Ship Data [4]	93
Σχήμα A.1.5: Εισαγωγή του νομέα 60 στο πρόγραμμα BV Mars 2000	95
Σχήμα A.1.6: Κατανομή του βάρους ελασμάτων και διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων ανά μέτρο μήκους του πλοίου	97
Σχήμα A.4.1: Ορισμός κατακόρυφων ενισχυτικών εγκάρσιας φρακτής στο Mars 2000 (νομέας 60).....	106
Σχήμα A.4.2: Ορισμός πάχους και ραφών ελασμάτων εγκάρσιας φρακτής στο Mars 2000 (νομέας 60).....	106

Σχήμα A.4.3: Ορισμός γειτονικών διαμερισμάτων στη φρακτή στο Mars 2000 (νομέας 60)	107
Σχήμα B.1: Κύριες Διαστάσεις Ηλεκτρογεννητριών	113
Σχήμα B.2: Τεχνικά Στοιχεία Συστήματος προπέλας – πηδαλίου (rod system)	114

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η μελέτη και σχεδίαση ενός σύγχρονου Ωκεανογραφικού Σκάφους με μέγεθος και υπηρεσιακές ικανότητες που θα το καθιστούσαν κατάλληλο για τις μακροχρόνιες ανάγκες του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.). Στόχος της εργασίας είναι ο σχεδιασμός ενός σκάφους, το οποίο θα καλύπτει τις απαιτήσεις που τέθηκαν από τους ερευνητές του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., λαμβάνοντας υπ' όψη τις ανάγκες των ερευνών της σύγχρονης Ωκεανογραφίας, μέσα στα πλαίσια της σωστής και αποδοτικής λειτουργίας του από τη σκοπιά μίας Ναυπηγού Μηχανολόγου Μηχανικού.

Η διαδικασία της μελέτης και σχεδίασης του Ωκεανογραφικού Σκάφους, ξεκίνησε με τη συλλογή των απαιτήσεων από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Στα πλαίσια της εκπόνησης, υπήρχε διαρκής επικοινωνία με τους ερευνητές του, στους οποίους γινόταν παρουσίαση της εργασίας που είχε γίνει μέχρι τότε, κι αυτοί στη συνέχεια παρέθεταν τα σχόλιά τους ή νέες απαιτήσεις.

Με τη συλλογή των απαιτήσεων, προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση του Σχεδίου Γενικής Διάταξης. Το Σχέδιο Γενικής Διάταξης υπήρξε ένα από τα πιο βασικά στάδια της Διπλωματικής Εργασίας, καθώς, για την εκπόνησή του, δόθηκε μεγάλη βάση για την κάλυψη λειτουργικών αναγκών και απαιτήσεων ασφαλείας (εύρυθμη λειτουργία, διαστάσεις εργαστηρίων, ικανοποιητική ικανότητα χειρισμού, πόντισης και ανάκτησης ερευνητικών οργάνων, ικανοποιητικές διαστάσεις ανοικτών καταστρωμάτων, δυνατότητα μεταφοράς εργαστηρίων σε containers, σύγχρονες απαιτήσεις ασφάλειας προσωπικού, ικανοποιητικό επίπεδο εκτέλεσης εργασιών του ερευνητικού προσωπικού και ανέσεων διαβίωσης των ερευνητών και του πληρώματος, ελαχιστοποίηση ρύπων και προστασία του περιβάλλοντος). Μέσα από μία κυκλική διαδικασία, όπου αρχικά ο σχεδιασμός ήταν γενικός και στη συνέχεια των φάσεων άρχισαν να εισέρχονται περισσότερες λεπτομέρειες και πιο ακριβή στοιχεία, δημιουργήθηκε το τελικό Σχέδιο Γενικής Διάταξης το οποίο διαθέτει τα χαρακτηριστικά που έχουν οριστεί στα πλαίσια αυτής της εργασίας.

Μετά τη δημιουργία του Σχεδίου Γενικής Διάταξης, ακολούθησε ο προκαταρκτικός υπολογισμός της αντοχής του σκάφους, στο βαθμό που απαιτήθηκε προκειμένου να γίνει εφικτή μία ρεαλιστική εκτίμηση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής. Ο υπολογισμός των επιμέρους κατασκευαστικών στοιχείων που απαρτίζουν τη μεταλλική κατασκευή έγινε με βάση τους κανονισμούς του Bureau Veritas, και, όπου ήταν εφικτό, με τη χρήση του προγράμματος BV Mars 2000 του Bureau Veritas. Με τα δεδομένα που προέκυψαν από τους υπολογισμούς αντοχής, δημιουργήθηκαν τα σχέδια της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου (Κατασκευαστικό Σχέδιο Προφίλ και Καταστρωμάτων, Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών).

Με τη συλλογή των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εκτίμηση της αντοχής της μεταλλικής κατασκευής, ακολούθησε ο υπολογισμός του βάρους του κενού σκάφους, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται, εκτός από το βάρος της μεταλλικής κατασκευής, το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης και το βάρος εξοπλισμού. Η εκτίμηση του βάρους προέκυψε από στοιχεία κατασκευαστών των επιμέρους στοιχείων, καθώς επίσης και από εμπειρικούς τύπους και συντελεστές που ελήφθησαν από το σύγγραμμα "Μελέτη Πλοίου" (Παπανικολάου Α., 2009) και τη Διδακτορική Διατριβή "Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για τη Μελέτη & Σχεδίαση – Βελτιστοποίηση Επιβατηγών – Οχηματαγωγών Πλοίων Νέας Τεχνολογίας" (Σκούπας Σ., 2011).

Η διαδικασία συνεχίστηκε με την εκτίμηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, ανάλογα με τις σχεδιαστικές και λειτουργικές απαιτήσεις του υπό μελέτη πλοίου. Εν συνεχεία, δημιουργήθηκε το μοντέλο του πλοίου στο σχεδιαστικό πρόγραμμα NAPA, κι έτσι έγινε εφικτός ο υπολογισμός των καταστάσεων φόρτωσης του υπό μελέτη πλοίου, και κατά συνέπεια, του συνολικού εκτοπίσματος και των υδροστατικών στοιχείων του στις καταστάσεις αυτές.

Με τη χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος NAPA, ακολούθησε ο έλεγχος των κριτηρίων άθικτης ευστάθειας και ευστάθειας μετά από βλάβη, σύμφωνα με τους κανονισμούς του IMO και της SOLAS.

Τελικό βήμα της Διπλωματικής Εργασίας, ήταν η εκτίμηση της αντίστασής του πλοίου. Ακολούθησε η εκτίμηση της ισχύος πρόωσης του πλοίου για ένα εύρος ταχυτήτων, και εν συνεχεία η επιλογή των Κυρίων Μηχανών και ο υπολογισμός της ταχύτητας υπηρεσίας που μπορεί να ταξιδέψει το πλοίο.

Μέσα από την εκπόνηση λοιπόν της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, έγινε μία προκαταρκτική προσέγγιση του πλήρους σχεδιασμού ενός Ωκεανογραφικού Σκάφους. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη αυτή, μπορούν να υποστούν περαιτέρω ανάλυση, ή μπορεί να πραγματοποιηθεί αλλαγή επιμέρους χαρακτηριστικών που έχουν οριστεί στα πλαίσια αυτής της εργασίας, έτσι ώστε με ελικοειδή πορεία να καταλήξουμε στο λεπτομερή σχεδιασμό του πλοίου.

1.1 Απαιτήσεις Πλοιοκτίτη

Η διαδικασία μελέτης και σχεδίασης του Ωκεανογραφικού Σκάφους ξεκίνησε με τη συλλογή των απαιτήσεων σε συνεργασία με και υπό την καθοδήγηση ερευνητών από το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.). Οι απαιτήσεις αυτές διατυπώθηκαν έχοντας ως βάση το ήδη υπάρχον ωκεανογραφικό σκάφος "ΑΙΓΑΙΟΝ", που ανήκει στο ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Διαστάσεις και μορφολογία πλοίου

- Μήκος μεταξύ καθέτων $L_{BP} \approx 70 - 80 \text{ m}$,
- Πλάτος $B \approx 12 - 14 \text{ m}$,
- Λόγος πλάτους προς κοίλο B/D όχι παραπάνω από 4.

Πρόωση πλοίου

- Ταχύτητα υπηρεσίας $V_S \approx 13 - 15 \text{ m}$,
- Ηλεκτροπρόωση σε συνδυασμό με pod propulsion για μέγιστη δυνατότητα χειρισμών και ελιγμών και ικανοποιητική λειτουργία ακόμη και σε πολύ σε χαμηλή ταχύτητα.

Καμπίνες

- Υπολογίζονται για 15 αξιωματικούς και μέλη του πληρώματος και 27 επιστήμονες,
- Πρόβλεψη για 1 καμπίνα νοσοκομείου και 1 καμπίνα ΑΜΕΑ.

Χώροι Εργαστηρίων

- Το εργαστήριο ραδιενεργών υλικών (Radiation), θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό απομακρυσμένο από τα υπόλοιπα εργαστήρια και τους χώρους ενδιαίτησης, να έχει εμβαδό περίπου $10 - 12 m^2$, και να διαθέτει απαγωγό και Change room,
- Το εργαστήριο πρωτογενούς παραγωγής (Laboratory) να έχει εμβαδό περίπου $15 - 17 m^2$,
- Το εργαστήριο Φυσικής Ωκεανογραφίας και Θαλάσσιας Βιολογίας (CTD & Geology Lab) να έχει περίπου εμβαδό $60 - 65 m^2$
- Το υγρό εργαστήριο (Liquid Lab) να έχει περίπου εμβαδό $35 - 40 m^2$
- Το εργαστήριο Χημικής Ωκεανογραφίας και Θαλάσσιας Βιολογίας (General Lab) να έχει περίπου εμβαδό $50 - 55 m^2$, και να διαθέτει απαγωγό.

Ανοικτά Καταστρώματα

- Ανυψωτικά μέσα: γερανός (SWL 6 ton), πλευρικό A-Frame (SWL 10 ton), και πρυμναίο A-Frame (SWL 20 ton)
- Χώρος για στοιβάση 2 containers 20',
- Χώρος για μεταφορά ερευνητικού σκάφους μέχρι 15 m,
- Πλευρικό Open Deck, εμβαδού $20 - 22 m^2$

Εξοπλισμός

- Στον πυθμένα του πλοίου θα μπορούν να τοποθετηθούν αυτογραφικά όργανα, ηχοβολιστικά, multibeam κ.λπ.,
- Στο Lower Deck να υπάρχει θάλαμος ψυγείων/καταψυκτών για τους επιστήμονες.

Εκτός από αυτές τις γενικές απαιτήσεις, κατά τη διάρκεια της μελέτης υπήρξαν συζητήσεις και σχόλια από τους εκπροσώπους του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. και τον επιβλέποντα Καθηγητή πάνω στο σχεδιασμό του υπό μελέτη πλοίου, μέχρι να καταλήξει στην τελική μορφή του. Στόχος της μελέτης, ήταν να καλυφθούν όσο το δυνατό περισσότερο οι απαιτήσεις αυτές, μέσα στα πλαίσια της δημιουργίας ενός αποδοτικού και λειτουργικού πλοίου.

1.2 Γενικά περί Ωκεανογραφικών Σκαφών

Η Ωκεανογραφία είναι γενικά μια πολυσύνθετη επιστήμη που σαν αντικείμενο έχει την έρευνα των θαλασσών, των ωκεανών και των λιμνών, όχι μόνον από την άποψη της συμπεριφοράς, της ποιότητας και της καταλληλότητας του νερού (φυσική – χημική – βιολογική), αλλά και από την άποψη της αναγνώρισης του χώρου που περιβάλλει και ευρίσκεται κάτω από τις μάζες νερού (γεωλογική – ακτογραφική – ιζηματολογική – γεωφυσική), των οποίων η επιστημονική σπουδαιότητα και οικονομική αξία είναι πολύ μεγάλη. (Λεοντάρης Σ., 1995)

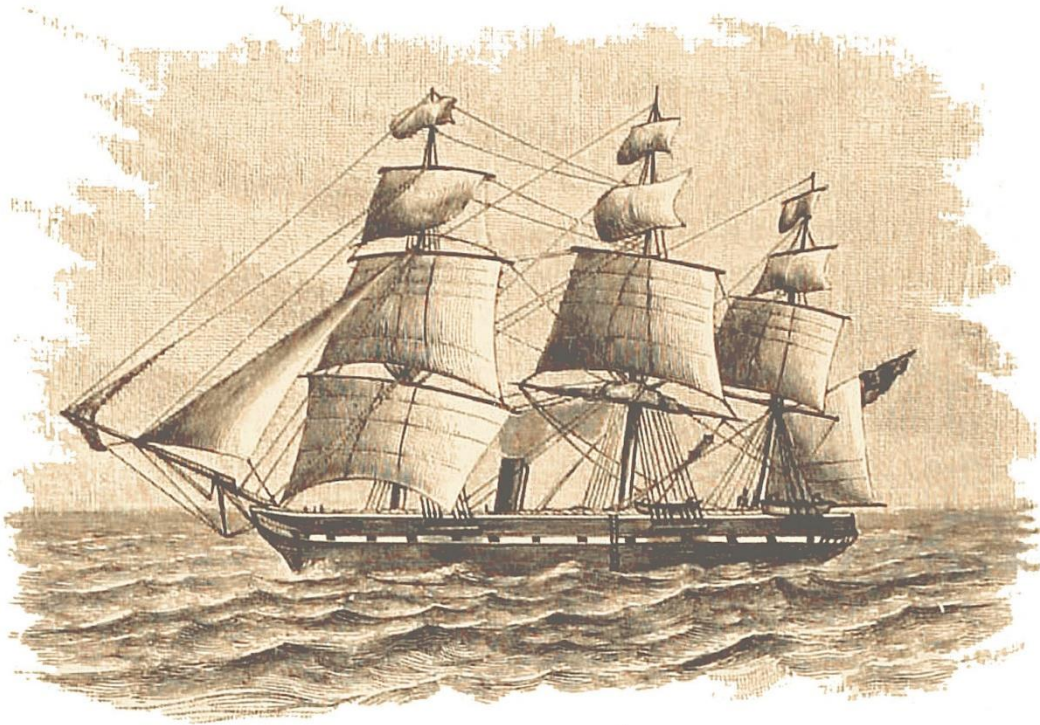
Τα ωκεανογραφικά σκάφη ανήκουν στην κατηγορία πλοίων ειδικού προορισμού, και είναι σχεδιασμένα με σκοπό να εκτελούνται οι θαλάσσιες έρευνες. Τα πλοία αυτά, πέρα από τη μεταφορά και την ενδιαίτηση του τεχνικού προσωπικού, πρέπει να είναι εξοπλισμένα με ειδικά όργανα και τεχνολογίες που τους διευκολύνουν στην διεξαγωγή των ερευνών τους.

Συγκεκριμένα, τα σκάφη αυτά αποτελούν προηγμένες κινητές ερευνητικές μονάδες, που παρέχουν σταθερές πλατφόρμες οι οποίες διευκολύνουν την αξιοποίηση του ερευνητικού εξοπλισμού, όπως υποβρυχίων οχημάτων ή οργάνων μετρήσεων. Επιπρόσθετα, τα σύγχρονα ωκεανογραφικά σκάφη διαθέτουν ηλεκτρονικό εξοπλισμό, υπολογιστές καθώς και συστήματα πλοήγησης και επικοινωνίας που ανταποκρίνονται στις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις.

Η ιστορία των ωκεανογραφικών ερευνών ξεκινά από την αρχαιότητα. Το 1478 π.Χ. οι Αιγύπτιοι πραγματοποίησαν τις πρώτες τους θαλάσσιες εξερευνήσεις στην Ερυθρά Θάλασσα, μέχρι τις ακτές της Σομαλίας. Τον 6^ο αιώνα π.Χ., οι Φοίνικες ήδη είχαν αναπτύξει θαλάσσιες διόδους σε όλη τη Μεσόγειο, την Ερυθρά Θάλασσα και τον Ινδικό Ωκεανό. Τον 4^ο αιώνα π.Χ., ο Πυθέας ο Μασσαλιώτης πραγματοποίησε το πρώτο επιστημονικό ερευνητικό ταξίδι, στο οποίο έφτασε μέχρι τη Μεγάλη Βρετανία (Fye P., 1980). Οι εξερευνήσεις συνεχίστηκαν με τους Άραβες, το Μάρκο Πόλο (1292), τους Πορτογάλους (1416), το Χριστόφορο Κολόμβο και Αμέρικο Βεσπούκι (1492), το Μαγγελάνο (1519), τον Τζέιμς Κουκ με το "Endeavour" (1768) που μελέτησε τον Ατλαντικό Ωκεανό, τον Τσαρλς Τόμσον με το "Challenger" (1872) που πραγματοποίησε ωκεανογραφικές μελέτες κι έρευνες και τον Φ. Νάντεν με το "Frahm" (1893) που ερεύνησε τους πόλους. Στον 20^ο αιώνα, ο Ρόναλντ Αμούδεν (1903) ερευνά το Νότιο Πόλο, ο Γουίλκινς με το "Ναυτίλος" (1927) κάνει μετρήσεις βάθους στο Βόρειο Πόλο, και από το 1950 και ύστερα γίνεται συστηματική έρευνα των βυθών και της επίδρασης των ωκεανών (Λεοντάρης Σ., 1995). Μέχρι σήμερα, η έρευνα στους ωκεανούς και στις θάλασσες εξελίσσεται ραγδαία, ενώ τα ερευνητικά κέντρα και τα πανεπιστήμια πολλαπλασιάζουν τους πλόες, πραγματοποιώντας συστηματικές έρευνες στους ωκεανούς και τις θάλασσες.

Τα πρώτα ονομαστά ωκεανογραφικά σκάφη ήταν το HMS Endeavour με κυβερνήτη τον James Cook (1768-71), και το HMS Challenger, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τον πρώτο ωκεανογραφικό περίπλου της Γης (1872-76) (Fye P., 1980). Όλα τα πλοία που χρησιμοποιούνταν για εκτέλεση θαλασσιών ερευνών μέχρι τότε, προέρχονταν από μετασκευές άλλου τύπου σκαφών. Καθώς όμως η έρευνα ξεκίνησε να γίνεται πιο απαιτητική, η ανάγκη για κατασκευή ειδικών πλοίων με συγκεκριμένες προδιαγραφές ήταν πλέον εμφανής.

Τα σύγχρονα ωκεανογραφικά σκάφη σχεδιάζονται με σκοπό να καλύπτουν τις αρχές της επιστήμης της Ωκεανογραφίας. Ως εκ τούτου, η σχεδίαση τέτοιων πλοίων είναι μία περίπλοκη διαδικασία που κυμαίνεται ανάμεσα στην εξισορρόπηση των διάφορων αλληλοσυγκρουόμενων ειδικών λειτουργιών εντός οικονομικών περιορισμών. Συνεπώς σήμερα, ενδέχεται η μετασκευή ενός ήδη υπάρχοντος πλοίου σε ωκεανογραφικό να είναι πιο δαπανηρή και σύνθετη διαδικασία από την κατασκευή ενός νέου πλοίου.



H. M. S. "CHALLENGER"

Εικόνα 1.2.1: Το H.M.S "Challenger" (1872 – 1876), το πρώτο ωκεανογραφικό σκάφος που πραγματοποίησε τον περίπλου της Γης

1.2.1 Κύριες Δραστηριότητες και Εξοπλισμός ενός Ωκεανογραφικού Σκάφους

Ένας βασικός τομέας της λειτουργίας ενός ωκεανογραφικού σκάφους είναι η *in situ* μέτρηση και συλλογή δειγμάτων από το θαλάσσιο περιβάλλον. Συνεπώς, το σκάφος είναι αναγκαίο να διαθέτει ειδικό, σύγχρονο εξοπλισμό, που θα καταστήσει όσο το δυνατόν πιο εύκολες και αποτελεσματικές τις διαδικασίες αυτές.

Παραδείγματα εξοπλισμού που χρησιμοποιείται σε ένα ωκεανογραφικό σκάφος για μέτρηση και δειγματοληψία παρατίθενται παρακάτω:

- Η συλλογή θαλασσινού νερού πραγματοποιείται συχνότερα με τη χρήση ωκεανογραφικών φιαλών (π.χ. Niskin, Go-Flo), οι οποίες είναι συνήθως διατεταγμένες ανά 24 σε μία ροζέτα που τις περιβάλλει. Μαζί με τη ροζέτα συνήθως είναι προσδεμένο και το αυτογραφικό όργανο CTD, του οποίου ο ορισμός θα δοθεί παρακάτω.

Το CTD και η ροζέτα είναι δεμένα σε συρματόσχοινο, το οποίο είναι συνήθως δίκλωνο με πάχος 8mm και για τις ανάγκες της Μεσογείου δεν ξεπερνά τα 6 km μήκος (καθώς το μέγιστο βάθος της Μεσογείου είναι περίπου 5.2 km). Το συρματόσχοινο αυτό οδηγεί στο βίντσι το οποίο χρησιμοποιείται για την καθέλκυση και ανέλκυση της ροζέτας και του CTD. Όταν έχει καιρό, είναι δυνατό να βυθιστεί μόνο το CTD, χωρίς τη ροζέτα, για να αποφευχθούν προβλήματα και ασφάλειας των επιβαινόντων και των οργάνων.

Όταν ανασύρονται το CTD και η ροζέτα στο κατάστρωμα του πλοίου, οι επιστήμονες ξεκινούν τις δειγματοληψίες με συγκεκριμένη σειρά και διαδικασίες. Ένα παράδειγμα

διαδικασίας είναι να συλλέγονται αρχικά δείγματα οξυγόνου, για να περιοριστεί ο κίνδυνος λάθους στην ακρίβεια της μέτρησης (καθώς το δείγμα αλλοιώνεται στην επαφή με το οξυγόνο), κι εν συνεχεία, να συλλέγονται δείγματα για τον προσδιορισμό των υπόλοιπων παραμέτρων.

- Η συλλογή ιζημάτων από τον πυθμένα της θάλασσας πραγματοποιείται με τη χρήση οργάνων πυρηνοληπτών. Ο απλός πυρηνολήπτης είναι ένας σωλήνας με βάρη στο άνω μέρος του, ο οποίος ποντίζεται με συρματόσχοινο που ελέγχεται από A-Frame και οδηγείται στο βυθό, απ' όπου τραβάει λάσπη και ανασύρεται πίσω στο κατάστρωμα. Παράλληλα, στο A-Frame υπάρχουν αισθητήρες οι οποίοι μετρούν παράγοντες όπως την τάση, το μήκος του σύρματος και την ταχύτητα της πόντισης.
- Η απεικόνιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και η ταυτόχρονη συλλογή μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση τηλεκατευθυνόμενων υποβρυχίων οχημάτων (Remotely Operated Underwater Vehicle - ROV), τα οποία τα τελευταία χρόνια είναι ευρέως διαδεδομένα. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να προβλέπεται διαθέσιμος χώρος πάνω στο σκάφος για την τοποθέτησή του, καθώς επίσης και κατάλληλος εξοπλισμός για την πρόσδεση και καθαίρεσή του.
- Αρπάγες που ποντίζονται για συλλογή δειγμάτων από τον πυθμένα.

Για την περαιτέρω κατηγοριοποίηση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται σε ένα ωκεανογραφικό σκάφος, θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψη τους άξονες της Ωκεανογραφίας. Επιγραμματικά, αυτές μπορούν να συνοψισθούν στις:

- i. Φυσική Ωκεανογραφία
- ii. Χημική Ωκεανογραφία
- iii. Θαλάσσια Βιολογία
- iv. Θαλάσσια Γεωλογία

Για όλους τους άξονες που αναφέρθηκαν παραπάνω, στο ωκεανογραφικό πλοίο πρέπει να υπάρχει ο ειδικός χώρος/εργαστήριο όπου τοποθετείται ο ανάλογος εξοπλισμός.

i. Φυσική Ωκεανογραφία

Η Φυσική Ωκεανογραφία χρησιμοποιεί φυσικές μεθόδους και προσπαθεί να επιλύσει ένα ορισμένο αριθμό προβλημάτων που αφορούν στις φυσικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού, στις κινήσεις των θαλασσίων μαζών (κύματα, ρεύματα, παλίρροιες), και τέλος στις αμοιβαίες επιδράσεις της θάλασσας με την ατμόσφαιρα, με το βυθό και τις ακτογραμμές, που αποτελούν προεκτάσεις του πυθμένα στην ξηρά.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την έρευνα της Φυσικής Ωκεανογραφίας μπορούν να διαχωρισθούν ανάλογα με τον σκοπό της χρήσης τους:

α. Αυτογραφικά Όργανα CTD

Το CTD (Conductivity – Temperature – Depth) είναι όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της αγωγιμότητας, της θερμοκρασίας και του βάθους της θάλασσας. Μπορούν να εκτελούν μετρήσεις είτε ποντισμένα (moored mode) σε σταθερά αγκυροβόλια είτε ως καταγραφείς του προφίλ των φυσικών παραμέτρων (profiler mode), συναρτήσει του βάθους, σε διακριτούς σταθμούς στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το CTD για την Ωκεανογραφία ήταν τόσο επαναστατικό όργανο, όσο και το μικροσκόπιο για τη Βιολογία.

Ένα τυπικό CTD έχει τρεις αισθητήρες που μετρούν τις τρεις βασικές παραμέτρους που δίνουν και το όνομά του, τον αισθητήρα αγωγιμότητας (Conductivity Cell), ο οποίος μετράει την αγωγιμότητα του νερού, η οποία μετατρέπεται σε αλατότητα, τον αισθητήρα θερμοκρασίας (Temperature Sensor), και τον αισθητήρα πίεσης (Pressure Sensor), όργανο που μετράει την πίεση στη θέση του οργάνου μέσα στη θάλασσα και μετατρέπει την τιμή της σε βάθος θαλασσινού νερού. Παράλληλα, πάνω σε αυτό μπορούν να προσαρτηθούν κι άλλοι αισθητήρες, όπως για παράδειγμα αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου (dissolved oxygen), Ph, σκέδασης φωτός (backscattering), κ.λ.π.

Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην άντληση νερού από τη βάση του οργάνου, έτσι ώστε οι αισθητήρες του να έρθουν σε επαφή με το θαλασσινό νερό. Το αντλούμενο νερό στη συνέχεια απορρίπτεται μέσω της οπής εκροής. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας και αγωγιμότητας συνδέονται μέσω σωλήνα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι μετρήσεις τους αναφέρονται στην ίδια μικρή μάζα νερού. Στην περίπτωση που το όργανο αντλήσει αέρα (π.χ. εάν η αντλία λειτουργεί για κάποιο χρονικό διάστημα εκτός νερού, στον αέρα) αυτός εκτονώνεται μέσω κατάλληλης βαλβίδας διαρροής.

Οι μετρήσεις αποθηκεύονται σε εσωτερική μνήμη (τύπου flash) η οποία βρίσκεται ασφαλισμένη υδατοστεγώς σε προστατευτικό κάλυμμα, που αποτελεί και τον κορμό του οργάνου πάνω στον οποίο αναρτώνται οι αισθητήρες. Συνήθως, τα όργανα προστατεύονται με ειδικό μεταλλικό πλαίσιο και αναρτώνται από το άκρο του. Ο ρυθμός δειγματοληψίας του CTD ποικίλλει ανάλογα με τις δυνατότητες του οργάνου και τις συνθήκες της μέτρησης. Υπάρχουν CTD που μπορούν να ρυθμιστούν από 25 scans ανά δευτερόλεπτο μέχρι και 1 scan την ημέρα, αναλόγως των συνθηκών.

Υπάρχουν 2 τύποι CTD, οι ασύρματοι, που λειτουργούν με μπαταρία, και CTD που τροφοδοτούνται με καλώδιο και ταυτόχρονα στέλνουν σήμα στους δέκτες. Γενικά, οι αισθητήρες του CTD είναι συνδεδεμένοι με αντίστοιχους δέκτες που βρίσκονται στο πλοίο, με αποτέλεσμα η καταγραφή των δεδομένων που προκύπτουν από τη πόντιση του οργάνου να πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο.

β. Ρευματογράφοι (Sonars)

Οι ρευματογράφοι είναι όργανα που ποντίζονται στη θάλασσα (συνήθως από την πρύμνη) και αφήνονται εκεί με σκοπό τη μέτρηση της ταχύτητας και της διεύθυνσης των θαλασσιών ρευμάτων. Διακρίνονται σε 2 κατηγορίες, τους ακουστικούς και τους μηχανικούς. Οι ακουστικοί καταγράφουν σε 3 διευθύνσεις, ενώ οι μηχανικοί σε 2. Για το λόγο αυτό, αλλά και επειδή οι μηχανικοί ρευματογράφοι παρουσιάζουν έντονα προβλήματα ρύπανσης, δεν προτιμώνται. Συνεπώς, παρακάτω αναπτύσσεται η περιγραφή της λειτουργίας των ακουστικών ρευματογράφων (Doppler Sonars).

Η αρχή λειτουργίας των οργάνων αυτών στηρίζεται στη μετάδοση ηχητικών παλμών σε τρεις κατευθύνσεις και στην μέτρηση του χρόνου της επιστροφής αυτών, καθώς ανακλώνται από σωματίδια του νερού, φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν κ.λπ., η οποία καταγράφεται σε μορφή μεταβολής συχνότητας. Η μεταβολή αυτή της συχνότητας μεταφράζεται σε μία σχετική ταχύτητα μεταξύ του σημείου εκκίνησης και ανάκλασης των σημάτων. Η ταχύτητα αυτή μετρείται σε τρεις διευθύνσεις (οριζόντιο και κάθετο επίπεδο (x,y,z)). Οι ακουστικοί ρευματογράφοι μπορούν να καταγράψουν ταχύτητες σε ένα συγκεκριμένο εύρος βαθμών.

γ. Αισθητήρες θερμοκρασίας

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας μέσα στη θάλασσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν συσκευές που καταγράφουν το προφίλ της θερμοκρασίας (εκτός από το CTD), όπως τα ΧΒΤ (Expendable Bathy Thermographs). Η αρχή λειτουργίας των οργάνων αυτών βασίζεται στην καταγραφή της θερμοκρασίας του νερού συναρτήσει του βάθους. Επίσης, αισθητήρες καταγραφής θερμοκρασίας μπορεί να υπάρχουν και πάνω σε άλλα όργανα, όπως σε ρευματογράφους, που ποντίζονται σταθερά.

δ. Αυτογραφικά όργανα μέτρησης ραδιενέργειας

Τα όργανα αυτά ποντίζονται για κάποιο χρόνο μέσα στο νερό σε συγκεκριμένα βάθη, με σκοπό τη μέτρηση της συγκέντρωσης των φυσικών και τεχνητών ραδιονουκλεϊδίων (μέτρηση in situ ακτινοβολίας γ) στο θαλάσσιο περιβάλλον.

ε. Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός

στ. Μόνιμα παρατηρητήρια με διάφορους αισθητήρες (αγωγιμότητας, πίεσης, παλιρροιών, ροής κ.λπ.) που ποντίζονται σε ποικίλα σημεία.

ii. Χημική Ωκεανογραφία

Η Χημική Ωκεανογραφία ασχολείται με τις χημικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού, τον εντοπισμό και την αξιοποίηση χημικών στοιχείων που υπάρχουν μέσα σε αυτό και τέλος ελέγχει το βαθμό της χημικής ρύπανσης που σήμερα αποτελεί πραγματική μάστιγα των ανοικτών και ιδιαίτερα των κλειστών θαλασσών.

Τα βασικά όργανα που βρίσκονται στο χημικό εργαστήριο ενός ωκεανογραφικού σκάφους παρατίθενται παρακάτω:

- Για την ανάλυση πτητικών ουσιών στο θαλάσσιο περιβάλλον τα σκάφη είναι μόνιμα εξοπλισμένα με GC-MS (Gas Chromatography – Mass Spectrometry), που είναι όργανα που όπως αναφέρει και η αγγλική ονομασία τους εκτελούν αεριοχρωματογραφία και φασματογραφία μαζών.

Η χρωματογραφία είναι χημική αναλυτική τεχνική διαχωρισμού ουσιών από μείγμα τους. Αποτελεί μία διαδικασία στην οποία το δείγμα τοποθετείται στην μία άκρη ενός υλικού προσρόφησης που ονομάζεται ακίνητη φάση. Στην συνέχεια αυτό εκλούεται (ξεπλένεται) από την κινητή φάση (έναν διαλύτη ή ένα αέριο) η οποία κινείται προς την άλλη άκρη της ακίνητης φάσης. Όσες ουσίες είναι πολύ διαλυτές στην κινητή φάση και προσροφώνται λίγο από την ακίνητη φάση "τρέχουν" πρώτες, ενώ όσες προσροφώνται ισχυρά κινούνται πιο αργά. Το αποτέλεσμα είναι ο διαχωρισμός τους.

Στην αέριο χρωματογραφία η κινητή φάση είναι αέριο και η όλη οργανολογία είναι αρκετά πολύπλοκη. Το δείγμα εισάγεται σε ένα χώρο που αεριοποιείται άμεσα. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα συστατικά του δείγματος πρέπει να μπορούν να αεριοποιηθούν (αναλυτικός περιορισμός). Το αέριο πλέον δείγμα παρασύρεται μέσα σε μια στήλη που περιέχει ένα προσροφητικό υλικό, οπότε γίνεται ο διαχωρισμός. Έτσι από την άλλη άκρη της στήλης εξέρχονται με τη σειρά τα διαχωρισθέντα συστατικά. Από εκεί οδηγούνται στον ανιχνευτή (ηλεκτρονικό μέρος) ο οποίος στέλνει ένα σήμα σε ένα καταγραφικό ανάλογο με την ένταση ανίχνευσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, στη συνέχεια υπάρχει μια διάταξη, όπου συλλέγονται τα διάφορα κλάσματα και ένα ροόμετρο για τον έλεγχο της

ταχύτητας ροής του φέροντος αερίου. Η αέριος χρωματογραφία πετυχαίνει πάρα πολύ καλούς διαχωρισμούς, ενώ η ικανότητα ανίχνευσης των αναλυόμενων συστατικών είναι πολύ μεγάλη (φτάνει και μερικά τρισεκατομμυριοστά του γραμμαρίου (pg) σε κάποιες περιπτώσεις - συνήθως είναι σε μερικά δισεκατομμυριοστά (ng))

Οι αεριοχρωματογράφοι μπορούν να συζευχθούν άμεσα με φασματομέτρα μαζών (MS) ταχείας σάρωσης. Η αρχή λειτουργίας της φασματομετρίας μαζών στηρίζεται στη δημιουργία ιόντων (κυρίως θετικών) μιας ένωσης, το διαχωρισμό τους με βάση το λόγο της μάζας προς φορτίο (m/z) και την καταγραφή τους. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να προσδιοριστεί το μοριακό βάρος (MB) της ένωσης και ο τρόπος σύνδεσης των διαφόρων ομάδων μεταξύ τους.

- Για τη μέτρηση της συγκέντρωσης αμμωνίας και φωσφορικών μέσα στο θαλασσινό νερό γίνεται χρήση του φωτομέτρου. Το όργανο αυτό αξιοποιεί μία από τις βασικές ιδιότητες του φωτός. Αυτή είναι η απορρόφηση τμήματος του φωτός όταν αυτό διέρχεται μέσα από ένα διάλυμα.

Το φως που παράγεται από ένα λαμπτήρα κατευθύνεται με μία ορισμένη ισχύ (P_0) προς ένα υδατικό διάλυμα που περιέχει μία ουσία σε ορισμένη συγκέντρωση (Cg/lt). Το υδατικό διάλυμα απορροφάει τμήμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και έτσι η ακτινοβολία που απομακρύνεται από αυτό έχει ισχύ P μικρότερη από την αρχική P_0 ($P < P_0$). Η απορρόφηση A της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι ανάλογη της συγκέντρωσης (C) της ουσίας μέσα στο υδατικό διάλυμα. Όσο πυκνότερο είναι το διάλυμα τόσο περισσότερη ακτινοβολία απορροφάται δηλαδή τόσο το P είναι μικρότερο.

- Για το διαχωρισμό των στερεών καθώς και των υγρών διαφορετικής πυκνότητας από το δείγμα γίνεται χρήση της φυγοκέντρου.
- Συσκευές διήθησης.

iii. Θαλάσσια Βιολογία

Η επιστήμη αυτή καλύπτει ολόκληρο το χώρο που μελετά τη ζωή μέσα στις θάλασσες. Οι Βιολόγοι επομένως μελετούν τα θαλάσσια ζώα (ιχθείς, μαλάκια κ.α.), το πλαγκτό ζωικής και φυτικής προέλευσης και την πανίδα και τη χλωρίδα που ζει στο βυθό. Οι μετρήσεις της Θαλάσσιας Βιολογίας καλύπτουν και τις ανάγκες της επιστήμης της Οικολογίας.

Για τη συλλογή ζωντανών οργανισμών από τους ωκεανούς χρησιμοποιείται μια ευρεία γκάμα οργάνων δειγματοληψίας, δεδομένου ότι η χρήση τους εξαρτάται από το είδος του οργανισμού, το ενδιαίτημα στο οποίο γίνεται η δειγματοληψία, αλλά και από τις οικονομικές δυνατότητες που έχουν οι ερευνητές.

Αναλυτικότερα, για τη μελέτη των βενθικών οργανισμών, δηλαδή μονοκύτταρων οργανισμών που βρίσκονται προσκολλημένοι στις ακτές ή στους πυθμένες των θαλασσών, συλλέγονται δείγματα οργανισμών και υποστρώματος με όργανα προσαρμοσμένα στον τύπο του υποστρώματος και διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- α. Τους δειγματολήπτες μαλακών υποστρωμάτων όπως αυτός του Van Veen, που αποτελείται από 2 σιαγόνες που βυθίζονται μέσα στο μαλακό υπόστρωμα και αποσπούν ένα δείγμα λάσπης που αντιστοιχεί σε επιφάνεια ίση με 0.1 m^2 . Το δείγμα που λαμβάνεται

κοσκινίζεται σε κόσκινα με ανοίγματα διαφορετικού μεγέθους και στη συνέχεια προσδιορίζονται οι οργανισμοί που συγκρατούνται από αυτά.

- β. Τις βυθοκόρους που αποτελούνται από ένα σκληρό σκελετό στον οποίο προσαρμόζεται ένας δικτυωτός σχηματισμός που στο εσωτερικό του συλλέγονται οι οργανισμοί που αποκολλώνται από το βυθό (επιπανίδα) καθώς σέρνεται στην επιφάνεια του υποστρώματος.
- γ. Στην περίπτωση που απαιτείται συλλογή οργανισμών που ζουν πάνω ή κοντά στο βυθό, αλλά δεν είναι εδραίοι, τότε πολλές φορές γίνεται χρήση ειδικών δίχτυων. Τα εν λόγω δίχτυα έχουν συγκεκριμένες διαστάσεις, και άνοιγμα ματιού, ενώ πρέπει να σέρνονται πάνω στο βυθό από το σκάφος με συγκεκριμένη ταχύτητα.

Επίσης, η μελέτη των βενθικών βιοκοινωνιών αρχίζει να γίνεται με τη χρήση κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης με καταδύσεις και με υποβρύχια φωτογράφιση ή κινηματογράφιση, όπου χρησιμοποιούνται ειδικά πλαίσια, γνωστών διαστάσεων, σε μικρές περιοχές, έτσι ώστε να διευκολύνεται η αναγωγή των αποτελεσμάτων για μεγαλύτερες εκτάσεις.

Αντίστοιχα, στην περίπτωση που η δειγματοληψία λαμβάνει χώρα στην στήλη του νερού, συνήθως χρησιμοποιούνται πάλι ειδικά δίχτυα, τα χαρακτηριστικά των οποίων όμως και σ' αυτή την περίπτωση εξαρτώνται από το είδος των οργανισμών. Πιο συγκεκριμένα τα δίχτυα που χρησιμοποιούνται για την συλλογή δειγμάτων πλαγκτού, που μπορεί να περιλαμβάνει ακόμα και αυγά οργανισμών, είναι κωνικά, με πολύ μικρό άνοιγμα ματιού, ενώ διαθέτουν και ειδικό φίλτρο που ξεχωρίζει ουσιαστικά τους οργανισμούς με βάση το μέγεθός τους. Αντίθετα, η συλλογή ιχθύων από την στήλη του νερού απαιτεί μεγαλύτερα δίχτυα ή ορισμένες φορές και τη δημιουργία θαλάσσιων κατασκευών μέσα στα οποία εγκλωβίζονται τα ψάρια.

Στα ωκεανογραφικά σκάφη τέλος, πρέπει να προβλέπεται χώρος όπου γίνεται επεξεργασία ραδιενεργών δειγμάτων (π.χ. άνθρακας 14, μόλυβδος), τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μελέτη πρωτογενούς παραγωγής φυτοπλαγκτονικών οργανισμών.

iv. Θαλάσσια Γεωλογία

Η επιστήμη της Θαλάσσιας Γεωλογίας περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τη Γεωλογία, την Ιζηματολογία και τη Γεωφυσική. Όλα τα μέρη είναι προεκτάσεις των αντίστοιχων γεωεπιστημών, χρησιμοποιούν δε συχνά τις ίδιες μεθόδους που αναγκαστικά όμως προσαρμόζονται σε θαλάσσια περιβάλλοντα, τα οποία και ερευνούν.

Ο Γεωλόγος ασχολείται με το στερεό υπόβαθρο και τις ακτές, ενώ ο Ιζηματολόγος με την έρευνα των χαλαρών ή συμπαγών ιζημάτων που επιστρώνουν τους πυθμένες των θαλασσών και οριοθετούν τις χέρσους από τις θάλασσες. Ο Γεωφυσικός χρησιμοποιεί μεθόδους έρευνας που στηρίζονται κυρίως στη Σεισμολογία, όπως π.χ. οι λιθοσφαιρικές τομογραφίες, προκειμένου να καταγραφεί το πάχος, η φύση και η τεκτονική διάταξη και συμπεριφορά των πετρωμάτων και των ιζημάτων που σχηματίζουν το βυθό των θαλασσών.

Το βασικότερο όργανο που βρίσκεται σε ένα ωκεανογραφικό σκάφος για τις ανάγκες της Θαλάσσιας Γεωλογίας είναι το πολυδευτικό βυθόμετρο (Multibeam Echosounder). Το multibeam είναι τύπος ηχοβολιστικού που χρησιμοποιείται για τη χαρτογράφηση του θαλάσσιου πυθμένα. Συγκεκριμένα, αποσκοπεί στην βυθομέτρηση της εκάστοτε περιοχής

στην οποία γίνεται η έρευνα, στην καταγραφή των ελαχίστων βαθών σε κρίσιμες περιοχές, όπως υφάλους, ναυάγια και άλλες επικίνδυνες περιοχές για τη ναυσιπλοΐα, καθώς και στη συλλογή πληροφοριών σχετικά τη φύση του πυθμένα. Το όργανο αυτό συνήθως τοποθετείται στο κέντρο (καρίνα) του πλοίου, σε χώρο ο οποίος αποτελεί και σημείο καταγραφής και επεξεργασίας των σημάτων που εκπέμπονται και λαμβάνονται.

Η αρχή λειτουργίας των πολυδεσμικών βυθομέτρων δε διαφέρει από αυτή των υπολοίπων ηχοβολιστικών. Συγκεκριμένα, τα συστήματα αυτά εκπέμπουν ηχητικά κύματα, τα οποία, με αφετηρία το πυθμένα του πλοίου, ταξιδεύουν σε κωνικό σχηματισμό. Τα όργανα αυτά μετρούν και καταγράφουν την ώρα που χρειάζεται το ηχητικό σήμα να μεταδοθεί από τον πομπό (μεταλλάκτη) στον πυθμένα (ή οποιοδήποτε αντικείμενο) και πίσω στον πομπό. Με τον τρόπο αυτό, τα multibeam παράγουν «νέφη» δεσμών που παρέχουν ευρεία κάλυψη της περιοχής που εξετάζεται.

Εκτός από το multibeam, το οποίο είναι μόνιμα εγκατεστημένο στο σκάφος, άλλα όργανα τα οποία διευκολύνουν τη διεξαγωγή των γεωλογικών ερευνών αναφέρονται παρακάτω:

- Όργανα διασκόπησης: Με τον όρο διασκόπηση αναφερόμαστε στη διείδυση του ήχου στο υπόστρωμα, με σκοπό την καταγραφή των συνθηκών που ισχύουν κάτω από την επιφάνεια του ανά γεωλογικά στρώματα.

Τα όργανα διασκόπησης διακρίνονται ανάλογα με τον επιθυμητό βαθμό διείδυσης. Η μεγάλη διείδυση εκτελείται σε βάρος της διακριτικής ικανότητας, δηλαδή δεν επιτυγχάνονται λεπτομερείς καταγραφές. Αντιθέτως, τα όργανα μικρής διείδυσης αποφέρουν πιο λεπτομερή αποτελέσματα.

Ένα όργανο μεγάλης διείδυσης είναι το Air Gun, το οποίο λειτουργεί με συμπίεση αέρα. Το Air Gun ποντίζεται στη θάλασσα, και στη συνέχεια ο συμπιεσμένος αέρας αυτός εκτονώνεται απότομα προκαλώντας τη δημιουργία ηχητικού κύματος το οποίο έπειτα ανακλάται στο εξεταζόμενο σημείο κι επιστρέφει στο δέκτη. Το όργανο αυτό λειτουργεί σε συχνότητες της τάξης των 150 – 700 Hz, επιτυγχάνοντας μεγάλη διείδυση.

Μικρής διείδυσης όργανα αποτελούν τα Sparker (λειτουργία σε συχνότητες άνω των 1000 Hz), τα οποία προκαλούν ηλεκτρική εκκένωση μέσα στο νερό, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηχητικού σήματος, καθώς και τα Mud Penetrators, τα οποία λειτουργούν προκαθορισμένα σε συχνότητα 3.5 kHz, προσφέροντας πολύ καλή διακριτική ικανότητα σε μικρές διειδύσεις, ενώ είναι κατάλληλα για μέτρηση σε λάσπη.

- Συστήματα για την ανίχνευση πετρελαίου: Συνήθως πρόκειται για μεγάλους αεροσυμπιεστές σε σειρά οι οποίοι αποδίδουν μεγάλη ισχύ κι έτσι επιτυγχάνεται η διείδυση σε μεγάλο χιλιομετρικό βάθος για την ανίχνευση αποθεμάτων πετρελαίου.
- Ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης (Side Scan Sonars): Οι έρευνες με τα όργανα αυτά έχουν σαν σκοπό: α) την αποτύπωση του ανάγλυφου του πυθμένα (ύφαλοι, κατολισθήσεις, αμμόδεις θίνες (sand waves), χαλικοαμμόδεις ραβδώσεις (sand ribbons)), β) την κατανομή των σύγχρονων ιζημάτων, γ) τον εντοπισμό ναυαγίων, αγκυρών δ) τον έλεγχο υποθαλάσσιων αγωγών, καλωδίων και άλλων θαλάσσιων εγκαταστάσεων. Τα Side Scan Sonars, όπως κάθε ηχοβολιστικό, λειτουργούν με την εκπομπή ηχητικών κυμάτων, τα οποία ανακλώμενα επιστρέφουν μία αποτύπωση του πυθμένα.

1.2.2 Σχεδιαστικές Απαιτήσεις ενός Ωκεανογραφικού Σκάφους

Ο σχεδιασμός του σκάφους θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να διευκολύνονται όσο το δυνατό περισσότερο οι ερευνητικές εργασίες. Για το λόγο αυτό, ενδείκνυται προβλέψεις για μεγάλα ανοικτά καταστρώματα όπου οι διάφορες εργασίες εκτελούνται απρόσκοπτα κι εξασφαλίζονται τα θέματα ασφάλειας, κατάλληλα συστήματα πρόσδεσης και ανάρτησης οργάνων, μηχανημάτων και containers, καθώς και ειδικά διαμορφωμένοι χώροι για την επεξεργασία/μέτρηση και την αποθήκευση/ψύξη των δειγμάτων.

Τα καταστρώματα πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατό πιο ελεύθερα για την εγκατάσταση του ερευνητικού εξοπλισμού, για αποθήκευση εργαστηριακών containers, κ.α. Η ιδανική θέση του ελεύθερου καταστρώματος βρίσκεται χαμηλά, έτσι ώστε να διευκολύνεται η λειτουργία του πλευρικού εξοπλισμού. Όμως αυτός ο σχεδιασμός εμφανίζει προβλήματα σε συνθήκες θαλασσοταραχής, καθώς το κατάστρωμα μπορεί να διαβρέχεται συχνά, περιορίζοντας τις ερευνητικές εργασίες, και ταυτόχρονα, στους υπολογισμούς ευστάθειας μετά από βλάβη. Συνεπώς, κατά το σχεδιασμό πρέπει να βρίσκεται η βέλτιστη λύση που ικανοποιεί σε αποδεκτό βαθμό όλες τις απαιτήσεις.

Για τη διαχείριση των διαφόρων ερευνητικών οργάνων απαιτείται η χρήση κατάλληλου εξοπλισμού πάνω στο κατάστρωμα (A-frames, βαρούλκα, γερανοί). Η σχεδίαση της διάταξης του εξοπλισμού αυτού είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για την ασφαλή και αποδοτική λειτουργία του πλοίου. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι:

- α. Γερανοί και A-frames, για την ασφαλή διαχείριση των ερευνητικών συστημάτων πάνω στο κατάστρωμα. Μερικά από αυτά τα μέσα πρέπει να έχουν μεγάλη ανυψωτική ικανότητα έτσι ώστε να ανταπεξέρχονται στη μετακίνηση μεγάλων βαρών (όπως των ερευνητικών μηχανημάτων, που μερικά από αυτά ζυγίζουν μερικούς τόνους), αλλά στην επιλογή τους θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη κι άλλοι παράγοντες, όπως:
 - Το βάρος του συρματόσχοινο, το οποίο μπορεί να έχει μήκος μέχρι και μερικά χιλιόμετρα, μπορεί επίσης να ανέλθει σε μερικούς τόνους.
 - Το βάρος των δειγμάτων της πυρηνοληψίας.
 - Ζητήματα πλευρικής ευστάθειας όταν οι γερανοί χειρίζονται μεγάλα δυναμικά φορτία.
 - Το βάρος των containers, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν ακόμα και εργαστηριακούς χώρους.
- β. Βασικά επίσης όργανα είναι και τα βαρούλκα, που χρησιμοποιούνται για την πόντιση και ανέλκυση των διαφόρων ερευνητικών συστημάτων με συρματόσχοινο. Τα ωκεανογραφικά σκάφη διαθέτουν μόνιμα και φορητά συστήματα βαρούλκων. Τα μόνιμα βαρούλκα συχνά τοποθετούνται σε θέσεις κάτω από το ανοικτό κατάστρωμα, και τροφοδοτούν με συρματόσχοινο τα A-frames του καταστρώματος.

Το ωκεανογραφικό πλοίο μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μεγάλο, πλωτό εργαστήριο. Η ευρεία γκάμα ερευνητικών δραστηριοτήτων που εκτελούνται παράλληλα σε ένα ωκεανογραφικό σκάφος προϋποθέτει το σχεδιασμό των ανάλογων εργαστηριακών χώρων, οι οποίοι θα πρέπει προσαρμόζονται σε πολλαπλές ανάγκες. Κατά το σχεδιασμό των χώρων αυτών, λαμβάνεται υπ' όψη ότι ορισμένες φορές, τα δείγματα πρέπει να υφίστανται επεξεργασία υπό καθορισμένες συνθήκες περιβάλλοντος, συνεπώς υπάρχει πρόβλεψη για εργαστήρια στα οποία διάφορες φυσικές και χημικές παράμετροι είναι ελεγχόμενες. Τα εργαστήρια διακρίνονται σε «wet», στα οποία γίνεται διαχείριση του θαλασσινού νερού ή υγρών

χημικών, και «dry», στα οποία γίνεται η εγκατάσταση διάφορων ηλεκτρονικών ερευνητικών οργάνων. Τέλος, εκτός από τα εργαστήρια, προβλέπεται ο σχεδιασμός αποθηκευτικών χώρων (δειγμάτων, εξοπλισμού που δε χρησιμοποιείται), καθώς και χώρων για συντήρηση ή και κατάψυξη δειγμάτων.

1.3 Το Ωκεανογραφικό Σκάφος “ΑΙΓΑΙΟΝ”

Το Ωκεανογραφικό Σκάφος “ΑΙΓΑΙΟΝ”, που ανήκει στο Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.), κατασκευάστηκε το 1985 στα Ναυπηγεία Χαλκίδας και ξεκίνησε τις επιστημονικές του δραστηριότητες στην Ανατολική Μεσόγειο. Το 1987, οι επιστημονικές αποστολές διευρύνθηκαν και στην Δυτική Μεσόγειο.

Από τον Ιούνιο του 1996 μέχρι τον Ιούνιο του 1997 πραγματοποιήθηκε η μετασκευή του “ΑΙΓΑΙΟΝ”, όπου επιμηκύνθηκε κατά 10.5 m. Τώρα, αποτελεί ένα εκσυγχρονισμένο, πλωτό εργαστήριο, εξοπλισμένο με σύγχρονα όργανα που είναι απαραίτητα για τις ερευνητικές εργασίες του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., οι οποίες εκτείνονται από τις γεωφυσικές εξερευνήσεις της θάλασσας μέχρι και τη συστηματική παρακολούθηση του περιβάλλοντος.

Πάνω στο “ΑΙΓΑΙΟΝ” υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς του βαθυσκάφους “ΘΕΤΙΣ”, που αποτελεί ένα αυτόνομο επανδρωμένο υποβρύχιο όχημα, και του τηλεχειριζόμενου υποβρυχίου οχήματος (ROV) “Αχιλλέας”, το οποίο συνδέεται και καθοδηγείται από το σκάφος.

Παρακάτω, παρατίθενται πίνακες με τα γενικά χαρακτηριστικά, τον επιστημονικό εξοπλισμό, τον εξοπλισμό καταστρώματος και τους εργαστηριακούς χώρους του Ωκεανογραφικού Σκάφους “ΑΙΓΑΙΟΝ”. Τα στοιχεία αυτά συλλέχθηκαν από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης του πλοίου, καθώς επίσης και από την επίσημη ιστοσελίδα του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσιών Ερευνών (<http://www.hcmr.gr/>).



Εικόνα 2.3.1: Το Ωκεανογραφικό Σκάφος “ΑΙΓΑΙΟΝ” (Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών)

Πίνακας 1.3.1: Κύρια Χαρακτηριστικά του “ΑΙΓΑΙΟΝ”

Κύρια Χαρακτηριστικά		
Όνομα	ΑΙΓΑΙΟΝ	
Έτος Ναυπήγησης	1985	
Νηογνώμονας	Ελληνικός Νηογνώμονας +H100 A1 R	
Τύπος Πλοίου	Ερευνητικό (Ωκεανογραφικό)	
Διαστάσεις		
Ολικό Μήκος	L _{OA} =	61.51 m
Μήκος μεταξύ Καθέτων	L _{BP} =	55.40 m
Μήκος στην Ίσαλο Πλεύσης	L _{LWL} =	57.20 m
Πλάτος	B _{MLD} =	9.60 m
Κοίλο (μέχρι το main deck)	D _{MD} =	4.20 m
Κοίλο (μέχρι το upper deck)	D _{UD} =	6.60 m
Βύθισμα	T =	2.90 m
Άλλα Στοιχεία		
Gross Tonnage	GT =	778 tn
Ταχύτητα Υπηρεσίας	V =	12 kn
Αυτονομία	20 ημέρες	
Κύρια Μηχανή	2 x 950 BHP MAN B&W 20/27 VO	
Bow Thrusters	Schottel ski-87 unit, 2 knots/hr	
Έλικα	2 x twin V.P.P.	
Ηλεκτρογεννήτριες	2 x MAN 331 Kw/370 KVA (296 Kw) 450 BHP	
Εφεδρική Ηλεκτρογεννήτρια	MAN DO2006ME 46 Kw / 62.5 BHP / 45 KVA- 36 Kw	
Αριθμός Πληρώματος		
Αξιωματικοί	11 persons	
Κατώτερο Πλήρωμα	11 persons	
Αριθμός Επιστημόνων		
Επιστήμονες	21 persons	

Πίνακας 1.3.2: Επιστημονικός Εξοπλισμός του “ΑΙΓΑΙΟΝ”

Επιστημονικός Εξοπλισμός
2 Multibeam sonars (SEABEAM 2120 & 1180)
1 Side Scan Sonar
1 System for seismic analysis type Air-gun (5-40 inch 3)
1 Sparker system (3-9 KJ)
2 Rosettes for water sampling (12 & 24 samplers)
Various water and plankton samplers
Various Seabird CTD sets
Sediment traps
Aanderaa RC7 current meters
Various benthic samplers, benthic draggers and corers for fauna and sediment
Submersible THETIS (610 m)
Underwater Remote Operated Vehicle SUPER ACHILLE ROV (1000 m)

Πίνακας 1.3.3: Εξοπλισμός Καταστρώματος του “ΑΙΓΑΙΟΝ”

Εξοπλισμός Καταστρώματος	
Stern hydraulic A-frame SWL 10 ton & 7.3m height	
Side A-frame - SWL 1 ton	
1 main crane 3.5 ton with centrally remote controlled winches x 2, 2500 m	
10 ton, oceanographic winch x 6000 m, x 2000 m	

Πίνακας 1.3.4: Εργαστηριακοί Χώροι – Φορητά Εργαστήρια του “ΑΙΓΑΙΟΝ”

Εργαστηριακοί Χώροι – Φορητά Εργαστήρια	
General Laboratory (Chemistry – Biology)	29 m ²
Liquid Laboratory	10 m ²
Primary Production	6 m ²
Multibeam	6 m ²
CTD & Geology Laboratory	32 m ²
Photography Room	4.25 m ²
Computer Room	6 m ²
Mobile Labs	1 x 12 m ²
Freezers	3 (20°C)



Εικόνα 3.3.2: Το Ωκεανογραφικό Σκάφος “ΑΙΓΑΙΟΝ” (Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών), σε στιγμές λήψης λιθοσεισμικών τομών και δειγμάτων ιζημάτων πυθμένα και νερού, στην ευρύτερη περιοχή της Αρτάκης του Βορείου Ευβοϊκού Κόλπου (Λεοντάρης Σ., 1995)

2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, δόθηκε μεγάλη έμφαση στο σχεδιασμό της Γενικής Διάταξης του υπό μελέτη ωκεανογραφικού σκάφους, σε συνεργασία με τον επιβλέποντα Καθηγητή και σε συνεννόηση με ερευνητές του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών. Η παρούσα Γενική Διάταξη μπορεί να αποτελέσει μία σταθερή βάση για περαιτέρω μελέτη και βελτιστοποίηση του σχεδιασμού.

2.1 Επιλογή Διαστάσεων

Λαμβάνοντας υπ' όψη τις απαιτήσεις του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, σε συνδυασμό με τη μελέτη όμοιων σκαφών, τα χαρακτηριστικά που επιλέχθηκαν για το υπό μελέτη πλοίο παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.1.1):

Πίνακας 2.1.1: Κύρια χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου

Κύρια Χαρακτηριστικά		
Ολικό Μήκος	$L_{OA} =$	83.5 m
Μήκος μεταξύ Καθέτων	$L_{BP} =$	75.0 m
Πλάτος	$B =$	14.0 m
Κοίλο	$D =$	6.50 m
Βύθισμα	$T =$	3.50 m
Ταχύτητα Υπηρεσίας	$V =$	13-15 kn
Αριθμός Πληρώματος		
Αξιωματικοί		9 persons
Κατώτερο Πλήρωμα		18 persons
Αριθμός Επιστημόνων		
Επιστήμονες		28 persons

2.2 Σχέδιο Γενικής Διάταξης

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί μία εκτενής περιγραφή της Γενικής Διάταξης του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού Πλοίου.

Σκοπός ήταν να σχεδιαστεί ένα σκάφος το οποίο να παρέχει δυνατότητα ενδιαίτησης μεγαλύτερου αριθμού επιστημόνων από το ήδη εν λειτουργία σκάφος "ΑΙΓΑΙΟ", δυνατότητα εγκατάστασης συγχρόνων ωκεανογραφικών συστημάτων και διάταξη που διευκολύνει τις εργασίες των ερευνητών.

Για την εκπόνηση του Σχεδίου Γενικής Διάταξης χρησιμοποιήθηκαν οι γραμμές ενός όμοιου, επιβατηγού σκάφους από τη βάση δεδομένων του Ε.Μ.Π. Ο σχεδιασμός βασίστηκε στα σχέδια ήδη υπάρχοντων Ωκεανογραφικών Σκαφών, με κύρια το "ΑΙΓΑΙΟΝ" του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, το "Celtic Explorer" του Marine Institute Ireland και το "Agor28" του Scripps Institution of Oceanography. Επίσης, ελήφθησαν υπ' όψη διεθνείς και εθνικοί κανονισμοί ασφαλείας και ενδιαίτησεως καθώς και σχεδιαστικές προτιμήσεις της Φοιτήτριας και του επιβλέποντος Καθηγητή.

Το υπό μελέτη πλοίο διαθέτει τα εξής καταστρώματα: Floor Deck, Lower Deck, Main Deck, Upper Deck, A-Deck και Navigation Deck. Σε σχέση με το ήδη υπάρχον πλοίο "ΑΙΓΑΙΟ",

προστέθηκαν δύο ακόμη καταστρώματα, το Lower Deck και το A-Deck, για να καλυφθούν οι απαιτήσεις χωρητικότητας που είχαν δοθεί από τους ερευνητές του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Ως κατάστρωμα στεγανών φρακτών ορίζουμε το Main Deck, σε ύψος 6.5 m από το βασικό επίπεδο αναφοράς. Ως διπύθμενο λαμβάνουμε το Floor, σε ύψος 1.2 m από το βασικό επίπεδο αναφοράς. Θεωρώντας το υπό μελέτη πλοίο ως μικρό επιβατηγό, με βάση τους κανονισμούς της SOLAS 74/78 (Part B-2, Regulation 9/2), ορίζεται ελάχιστο ύψος διπυθμένου: $h_{DB} = \frac{B}{20} = \frac{14}{20} = 0.7 \text{ m}$, το οποίο με την παρούσα διάταξη ικανοποιείται.

Η ισαπόσταση των κατασκευαστικών νομέων (frame spacing) ορίζεται στα 600 mm καθ' όλο το μήκος του πλοίου, ενώ οι ενισχυμένοι νομείς (web frames) τοποθετούνται ανά τέσσερις κατασκευαστικούς νομείς, κατά συνέπεια με ισαπόσταση 2400 mm. Επιλέχθηκε εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, σαν το πιο κατάλληλο λόγω του μεγέθους και της μορφής του. Για τη διαμερισματοποίηση του πλοίου, σχεδιάστηκαν 8 εγκάρσιες υδατοστεγείς φρακτές. Ιδιαίτερη μνεία δίνεται στην τοποθέτηση της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης. Στην παρακάτω εικόνα παρατίθεται ο κανονισμός της SOLAS 74/78 (Chapter II-1, Part B-2, Regulation 12/1,2), βάσει των οποίων έγινε ο υπολογισμός της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης:

"1 A collision bulkhead shall be fitted which shall be watertight up to the bulkhead deck. This bulkhead shall be located at a distance from the forward perpendicular of not less than 0.05L or 10 m, whichever is the less, and, except as may be permitted by the Administration, not more than 0.08L or 0.05L + 3 m, whichever is the greater.

2 Where any part of the ship below the waterline extends forward of the forward perpendicular, e.g. a bulbous bow, the distances stipulated in paragraph 1 shall be measured from a point either:

- .1 at the mid-length of such extension;*
- .2 at a distance 0.015L forward of the forward perpendicular; or*
- .3 at a distance 3 m forward of the forward perpendicular, whichever gives the smallest measurement."*

Σύμφωνα με τον ανωτέρω κανονισμό, πραγματοποιούνται οι κάτωθι υπολογισμοί:

- Καθώς το υπό μελέτη πλοίο διαθέτει βολβοειδή πλήρη, εφαρμόζεται η παράγραφος 2 του κανονισμού 12, βάσει της οποίας υπολογίζονται:
 1. Το μέσο της απόστασης της πρωραίας καθέτου και του άκρου του βολβού, που ισούται με 1.721 m
 2. Απόσταση 0.015L πρώραθεν της πρωραίας καθέτου, που ισούται με 1.125 m
 3. Απόσταση 3 m πρώραθεν της πρωραίας καθέτου

Συνεπώς, σύμφωνα με τον κανονισμό, για πλοίο με βολβοειδή πλήρη, η απόσταση της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης επιλέγεται να μετρηθεί από σημείο που βρίσκεται $0.015L = 1.125 \text{ m}$ πρώραθεν της πρωραίας καθέτου, που βρίσκεται στο frame 125, καθώς αυτή δίνει τη μικρότερη μέτρηση.

Η πρωραία φρακτή σύγκρουσης επομένως, σύμφωνα με την παράγραφο 1 του κανονισμού 12 θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση από το ανωτέρω σημείο:

- Όχι μικρότερη από τη μικρότερη τιμή μεταξύ των $0.05L = 3.75 \text{ m}$ ή 10 m

- Όχι μεγαλύτερη από τη μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των $0.05L + 3 = 6.75 \text{ m}$ ή $0.08L = 6 \text{ m}$

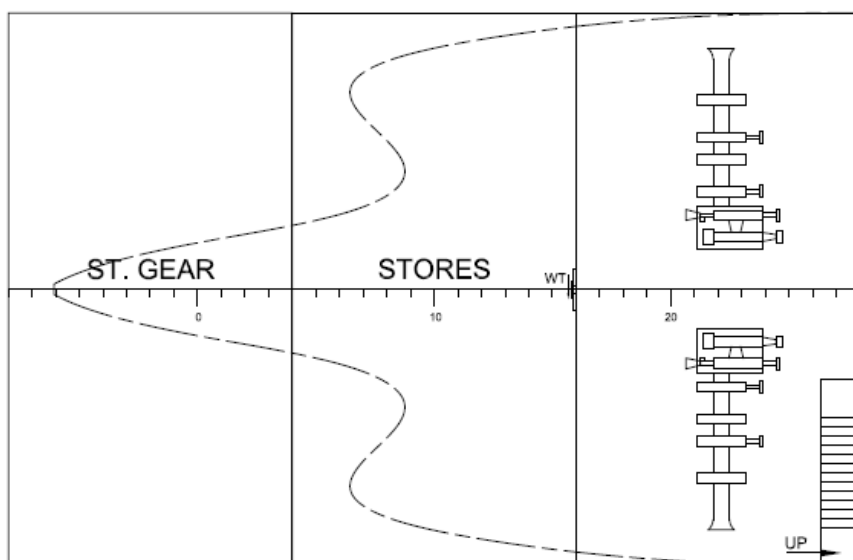
Έτσι, η πρωραία φρακτή σύγκρουσης τοποθετείται στο fr. 120, απέχοντας 4.125 m ($3.75 \text{ m} < 4.125 \text{ m} < 6.75 \text{ m}$) από το σημείο υπολογισμών, με αποτέλεσμα να ικανοποιείται ο κανονισμός.

Παρακάτω, γίνεται ανάλυση των επιμέρους χώρων του πλοίου ανάλογα με τη λειτουργία τους. Εν συνεχεία, θα γίνει παράθεση του ολοκληρωμένου Σχέδιου Γενικής Διάταξης.

2.2.1 Ανοικτά Καταστρώματα και Χώροι Αποθήκευσης

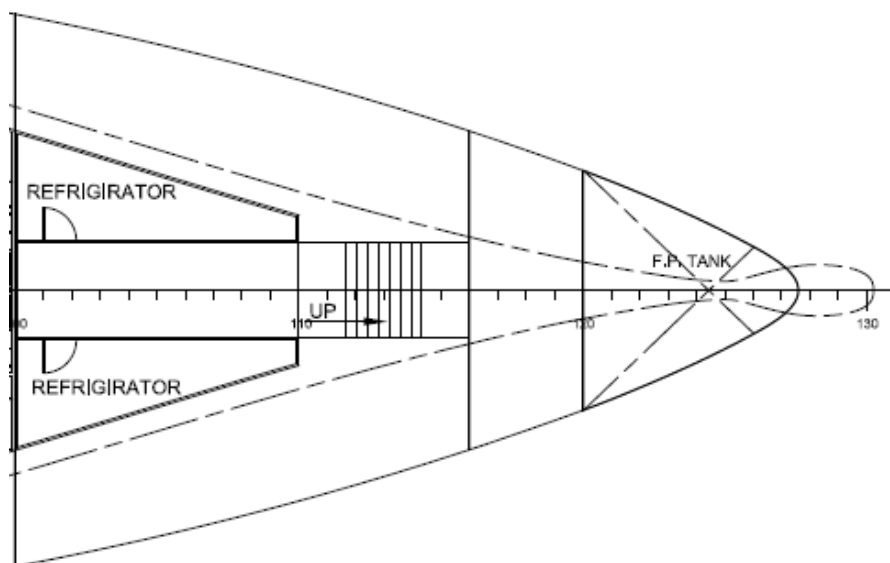
Ζωτικής σημασίας ζήτημα για την αποτελεσματική λειτουργία ενός ωκεανογραφικού σκάφους είναι ο σωστός σχεδιασμός μεγάλων ανοικτών καταστρωμάτων. Για τη μελέτη των καταστρωμάτων είναι αναγκαίο να ληφθούν υπ' όψη οι προβλέψεις για την εγκατάσταση του απαιτούμενου ερευνητικού εξοπλισμού, των συστημάτων πρόσδεσης, των χώρων αποθήκευσης δειγμάτων κ.λπ., σε σύζευξη με την ελεύθερη και απρόσκοπτη εκτέλεση των ερευνητικών εργασιών. Επιπρόσθετα, ένα ωκεανογραφικό σκάφος θα πρέπει να διαθέτει διαμορφωμένους χώρους για την αποθήκευση δειγμάτων ή και εξοπλισμού που δε χρησιμοποιείται, καθώς επίσης και για την ψύξη και κατάψυξη δειγμάτων. Στην παρούσα παράγραφο θα αναλυθούν οι χώροι αυτοί, από το κατώτερο μέχρι και το ανώτερο κατάστρωμα του υπό μελέτη πλοίου.

Στο Lower Deck, προβλέπονται χώροι βοηθητικοί για την λειτουργία των ανοικτών καταστρωμάτων. Συγκεκριμένα, από το frame 4 – 16, είναι σχεδιασμένο ένα διαμέρισμα, το οποίο χρησιμοποιείται ως χώρος αποθήκευσης. Στα πλαίσια περαιτέρω μελέτης, ο χώρος αυτός μπορεί να προβλεφθεί για αποθήκευση εμπορευματοκιβωτίων, με πρόσβαση μέσω hatches από την οροφή του. Ο χώρος αυτός επικοινωνεί μέσω υδατοστεγούς θύρας με το διαμέρισμα που εκτείνεται μεταξύ των frames 16 – 28, στο οποίο είναι εγκατεστημένα τα βαρούλκα του πλοίου.



Σχήμα .2.1: Stores και βαρούλκα στο Lower Deck

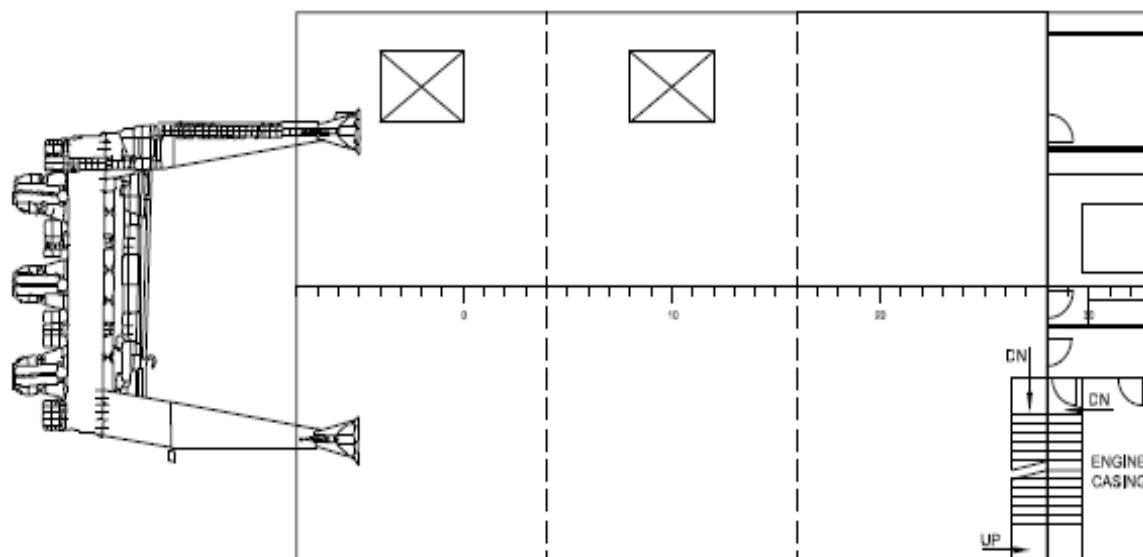
Από το frame 100 μέχρι το 116, έχει σχεδιαστεί χώρος ψυγείων, ο οποίος εκτός από τις προμήθειες του σκάφους θεωρείται επαρκής και για την αποθήκευση ερευνητικών δειγμάτων.



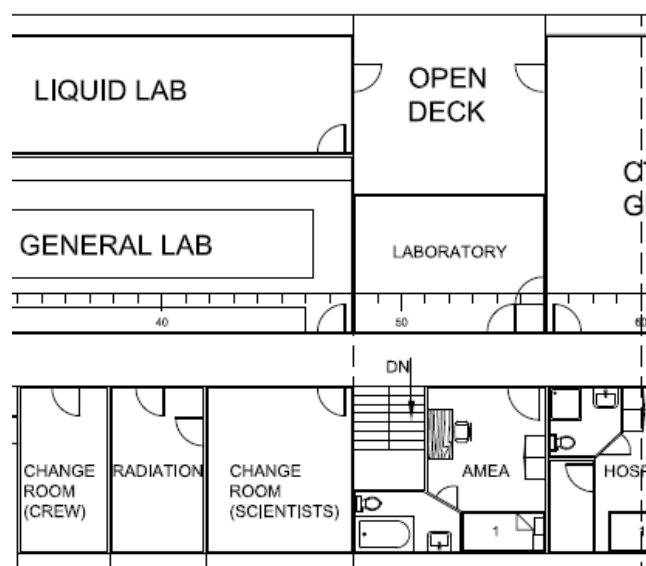
Σχήμα 2.2.2: Χώρος ψυγείων στο Lower Deck

Στο Main Deck, το ανοιχτό κατάστρωμα που προβλέπεται για τη χρήση των ερευνητών, εκτείνεται μέχρι το frame 28. Στο πρυμναίο του άκρο είναι τοποθετημένο A-frame, το οποίο συνεργάζεται με τα βαρούλκα που βρίσκονται στο Lower Deck. Το ανοιχτό κατάστρωμα έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατό πιο ελεύθερο για την εγκατάσταση ερευνητικού εξοπλισμού, καθώς επίσης και με πρόβλεψη για τη μεταφορά μικρού ερευνητικού σκάφους 15 m.

Εκτός από το πρυμναίο ανοιχτό κατάστρωμα, πάνω στο Main Deck και από το frame 48 μέχρι το frame 56 έχει σχεδιαστεί το Open Deck, ένα δεύτερο, ανοιχτό κατάστρωμα. Το Open Deck βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του πλοίου, έχει εμβαδό $21.6 m^2$ και είναι άμεσα προσβάσιμο πρυμναίως, από το Liquid Lab και πρωραίως, από το CTD & Geology Lab, των οποίων η περιγραφή θα ακολουθήσει σε επόμενο εδάφιο. Το συγκεκριμένο κατάστρωμα έχει σχεδιαστεί για την τοποθέτηση οργάνων από ποντίζονται από την πλευρά του πλοίου (ροζέτα & CTD). Μετά την ανέλκυσή τους τα όργανα αυτά τοποθετούνται στο Open Deck για την άμεση προώθηση δειγμάτων στα γειτονικά εργαστήρια.

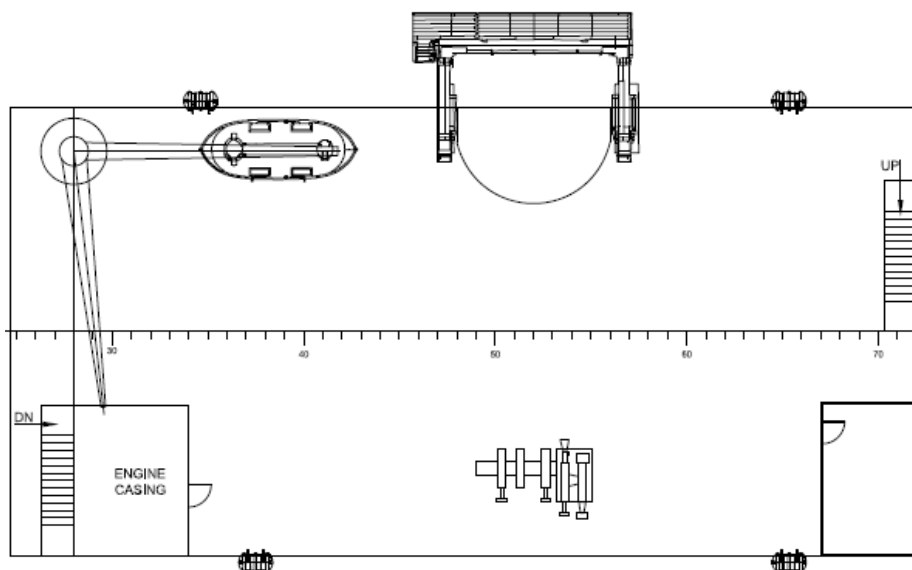


Σχήμα 2.2.3: Πρυμναίο Ανοιχτό Κατάστρωμα στο Main Deck



Σχήμα 2.2.4: Open Deck (Πλευρικό Ανοιχτό Κατάστρωμα)

Τέλος, στο Upper Deck, εκτείνεται πάλι πρυμναίο ανοιχτό κατάστρωμα από το frame 28 μέχρι το frame 72. Στην πρυμναία του περιοχή, βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του το Engine Casing, ενώ στα αριστερά υπάρχει ένας γερανός ανυψωτικής ικανότητας 6 ton, για το χειρισμό ερευνητικού εξοπλισμού και εφοδίων, για την καθέλκυση της σωσίβιας λέμβου και τη φόρτωση στο πλοίο εργαστηρίων container και την τοποθέτησή τους πάνω στο Upper Deck. Στις πλευρές του ανοιχτού καταστρώματος υπάρχουν σωστικά βαρελάκια. Στην περιοχή των frames 48 – 56, υπάρχει οπή στο κατάστρωμα, έτσι ώστε με τη συνεργασία του βιντσιού που βρίσκεται αντιδιαμετρικά της οπής και του A-frame που βρίσκεται πάνω σε αυτή, να γίνεται χειρισμός του εξοπλισμού που τοποθετείται στο πλευρικό Open Deck που βρίσκεται στο κύριο κατάστρωμα. Τέλος, στο πρωραίο άκρο του ανοιχτού χώρου του Upper Deck έχει σχεδιαστεί μία μικρή καμπίνα (frames 67 – 72), η οποία προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί ως αποθηκευτικός χώρος των ερευνητών.



Σχήμα 2.2.5: Ανοιχτό Κατάστρωμα στο Upper Deck

2.2.2 Χώροι Εργαστηρίων

Τα κυριότερα διαμερίσματα που από τα οποία αποτελείται ένα ωκεανογραφικό σκάφος είναι οι εργαστηριακοί χώροι, στους οποίους εκτελούνται οι εργασίες του ερευνητικού προσωπικού. Οι χώροι των εργαστηρίων στο υπό μελέτη πλοίο έχουν σχεδιασθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις που έχουν δοθεί από τους ερευνητές του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών και με τη μελέτη όμοιων ωκεανογραφικών σκαφών. Οι χώροι αυτοί εκτείνονται στο κύριο κατάστρωμα του πλοίου, με διαρρύθμιση τέτοια έτσι ώστε να διευκολύνονται οι ερευνητικές διαδικασίες.

Το General Lab είναι το εργαστήριο όπου εκτελούνται οι εργασίες της Χημικής Ωκεανογραφίας και της Θαλάσσιας Βιολογίας. Έχει εμβαδό $54 m^2$ και βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του σκάφους, εκτεινόμενο από το frame 28 μέχρι το frame 48. Επικοινωνεί μέσω θυρών με το ανοιχτό κατάστρωμα που εκτείνεται πρυμναία του frame 28, με το Liquid Lab, του οποίου η περιγραφή ακολουθεί παρακάτω, και με τον εσωτερικό διάδρομο που διασχίζει το Main Deck.

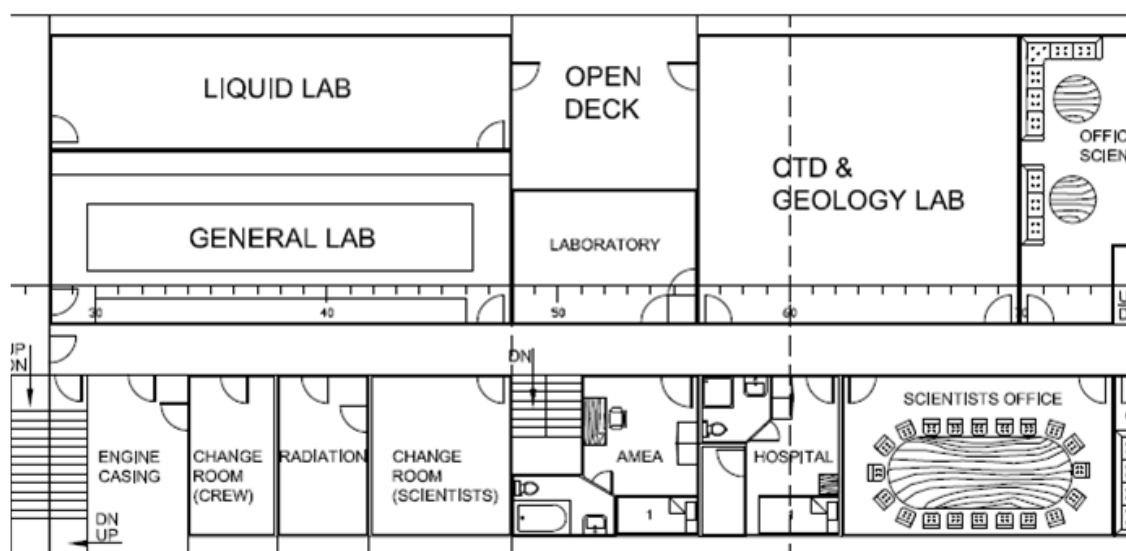
Το Liquid Lab, είναι ο εργαστηριακός χώρος στον οποίο εκτελούνται οι εργασίες που αφορούν τη διαχείριση υγρών στοιχείων, όπως του θαλασσινού νερού ή υγρών χημικών. Έχει εμβαδό $36 m^2$ και βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του σκάφους, εκτεινόμενο από το frame 28 μέχρι το frame 48. Επικοινωνεί μέσω θυρών με το ανοιχτό κατάστρωμα που εκτείνεται πρυμναία του frame 28, με το General Lab, και με το Open Deck, που εκτείνεται πρυμναία με το frame 48, με σκοπό να πραγματοποιείται η άμεση προώθηση των δειγμάτων που αντλούνται σε αυτό.

Το Radiation Room, είναι ο εργαστηριακός χώρος όπου γίνεται η διαχείριση των ραδιενεργών στοιχείων. Ο χώρος αυτός, ανεξάρτητος και αποκομμένος από τα υπόλοιπα εργαστήρια, έχει τοποθετηθεί στη δεξιά πλευρά του πλοίου, έχει εμβαδό $10 m^2$ κι εκτείνεται από το frame 38 μέχρι το frame 42. Η πρόσβαση στο χώρο αυτό πραγματοποιείται μόνο μέσω του εσωτερικού διαδρόμου που διασχίζει το Main Deck, κι επικοινωνεί και με ένα Change Room, έτσι ώστε οι επιστήμονες να έχουν άμεση πρόσβαση σε καθαρά ρούχα κατά την έξοδό τους από το εργαστήριο.

Το Laboratory, αποτελεί το εργαστήριο πρωτογενούς παραγωγής. Έχει εμβαδό $16.8 m^2$, και βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του σκάφους, εκτεινόμενο από το frame 48 μέχρι το frame 56. Επικοινωνεί μέσω θυρών με τον εσωτερικό διάδρομο που διασχίζει το Main Deck και με το CTD & Geology Laboratory, του οποίου η περιγραφή ακολουθεί ακριβώς παρακάτω.

Το CTD & Geology Laboratory, αποτελεί το εργαστήριο όπου γίνονται οι εργασίες της Φυσικής Ωκεανογραφίας και της Θαλάσσιας Γεωλογίας. Αποτελεί τον μεγαλύτερο εργαστηριακό χώρο, με εμβαδό $63 m^2$. Βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του πλοίου, εκτεινόμενο από το frame 56 μέχρι το frame 70. Επικοινωνεί πρυμναία με το Open Deck και με το Laboratory, και κατά το starboard μέσω δύο θυρών με τον εσωτερικό διάδρομο που διασχίζει το Main Deck.

Τέλος, σε κοντινή θέση από τους εργαστηριακούς χώρους έχει σχεδιαστεί και το γραφείο των επιστημόνων (Scientists Office). Ο χώρος αυτός είναι αρκετά μεγάλος, με εμβαδό $29.4 m^2$, έτσι ώστε να γίνει επιτρεπτή η εγκατάσταση εργαστηρίου Η/Υ, εάν αυτό απαιτηθεί. Βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του πλοίου, εκτεινόμενο από το frame 62 μέχρι το frame 74, και με άμεση πρόσβαση από τον εσωτερικό διάδρομο που διασχίζει το Main Deck.



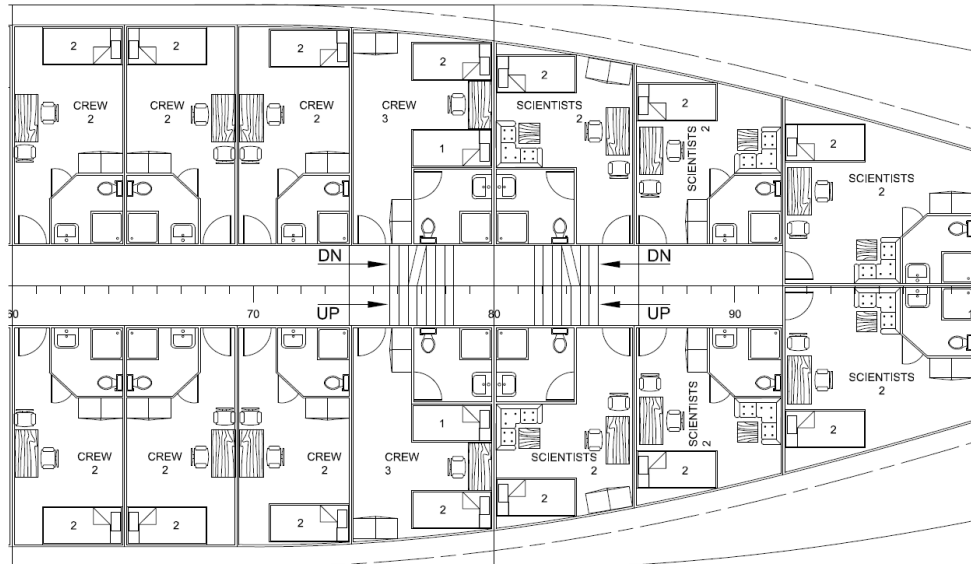
Σχήμα 2.2.6: Χώροι εργαστηρίων συγκεντρωμένοι στο Main Deck

2.2.3 Χώροι Ενδιαίτησης

Ένα Ωκεανογραφικό Σκάφος θα πρέπει να παρέχει χώρους, οι οποίοι να καλύπτουν τις προσωπικές ανάγκες του πληρώματος και του ερευνητικού προσωπικού για μεγάλα ταξίδια. Κατά συνέπεια στο υπό μελέτη πλοίο, έχει προβλεφθεί η δημιουργία καμπινών, χώρων εστίασης και ψυχαγωγίας των επιβαινόντων, με κύριο γνώμονα τη θέση τους και την εύκολη πρόσβασή τους στους χώρους εργασίας τους.

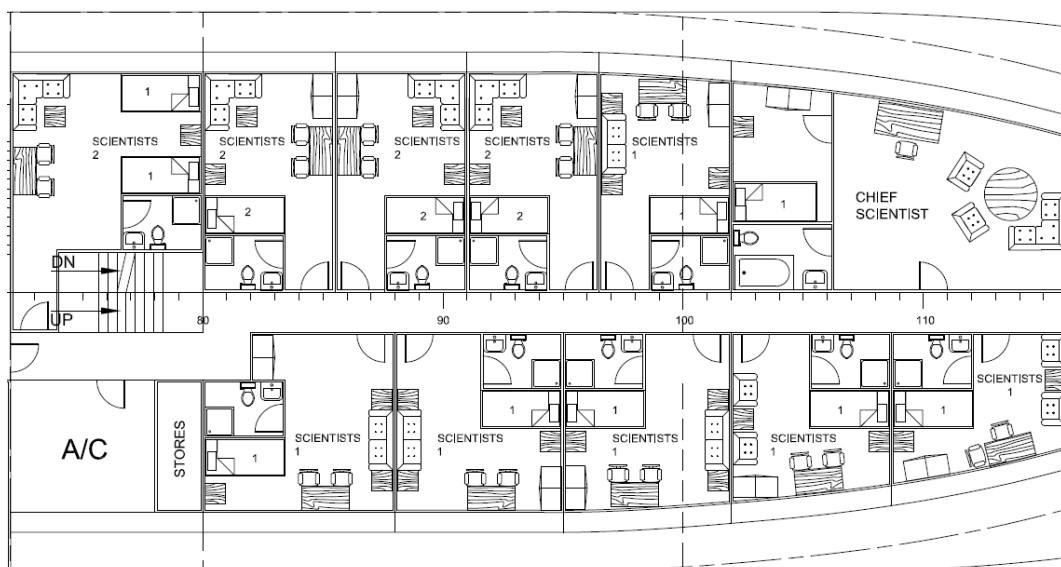
Οι καμπίνες του κατώτερου πληρώματος έχουν τοποθετηθεί στο Lower Deck, στο υδατοστεγές διαμέρισμα που εκτείνεται από το frame 60 μέχρι το frame 80. Συγκεκριμένα, έχουν σχεδιασθεί 3 δίκλινες και 1 τρίκλινη καμπίνα, στην αριστερή και δεξιά πλευρά του σκάφους, αντίστοιχα. Οι καμπίνες περιέχουν κλίνες, χώρους αποχωρητηρίου με νιπτήρα και λουτήρα, ντουλάπα και γραφείο.

Οι καμπίνες των επιστημόνων έχουν τοποθετηθεί σε διάφορα καταστρώματα, κι έχουν σχεδιαστεί με παροχές που εξασφαλίζουν μία άνετη διαμονή. Στο Lower Deck, έχουν τοποθετηθεί 6 δίκλινες καμπίνες στο υδατοστεγές διαμέρισμα που ορίζεται από το frame 80 μέχρι το frame 100, 3 στην αριστερή και 3 συμμετρικές στη δεξιά πλευρά του πλοίου. Οι καμπίνες αυτές περιέχουν τις κλίνες, χώρους αποχωρητηρίου με νιπτήρα και λουτήρα, ντουλάπα, γραφείο και σαλονάκι.



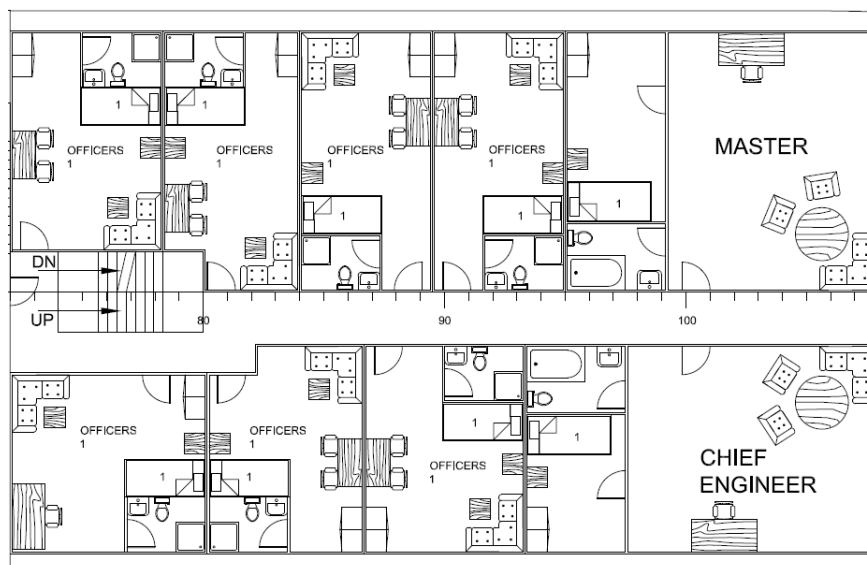
Σχήμα 2.2.7: Καμπίνες κατώτερου πληρώματος κι επιστημόνων στο Lower Deck

Το κλειστό κατάστρωμα του Upper Deck αξιοποιείται για την τοποθέτηση των καμπινών των υπολοίπων επιστημόνων. Δεξιά, υπάρχουν 5 μονόκλινες καμπίνες, ενώ στην αριστερή πλευρά υπάρχουν 2 μονόκλινες, 3 δίκλινες και από το frame 102 μέχρι το frame 116 η καμπίνα του αρχηγού της αποστολής, η οποία έχει ξεχωριστό χώρο για υπνοδωμάτιο και χώρο αποχωρητηρίου, και ξεχωριστό για το γραφείο και το σαλόνι. Όλες οι υπόλοιπες καμπίνες περιέχουν τις κλίνες, χώρους αποχωρητηρίου με νιπτήρα και λουτήρα, ντουλάπα, γραφείο και σαλονάκι.



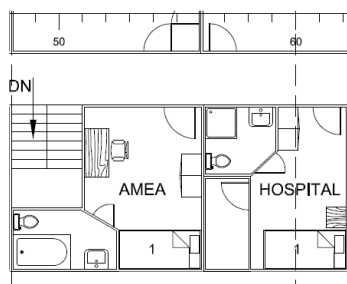
Σχήμα 2.2.8: Καμπίνες επιστημόνων στο Upper Deck

Στο A-Deck έχουν τοποθετηθεί οι καμπίνες των αξιωματικών πληρώματος, συγκεκριμένα, στην αριστερή πλευρά 4 μονόκλινες καμπίνες αξιωματικών και η καμπίνα του Καπετάνιου, ενώ στη δεξιά 3 μονόκλινες καμπίνες και η καμπίνα του Πρώτου Μηχανικού. Οι καμπίνες του Καπετάνιου και του Πρώτου Μηχανικού έχουν ανεξάρτητο χώρο για γραφείο και σαλόνι. Όλες οι υπόλοιπες καμπίνες διαθέτουν κλίνες, χώρους αποχωρητηρίου με νιπτήρα και λουτήρα, ντουλάπα, γραφείο και σαλονάκι.



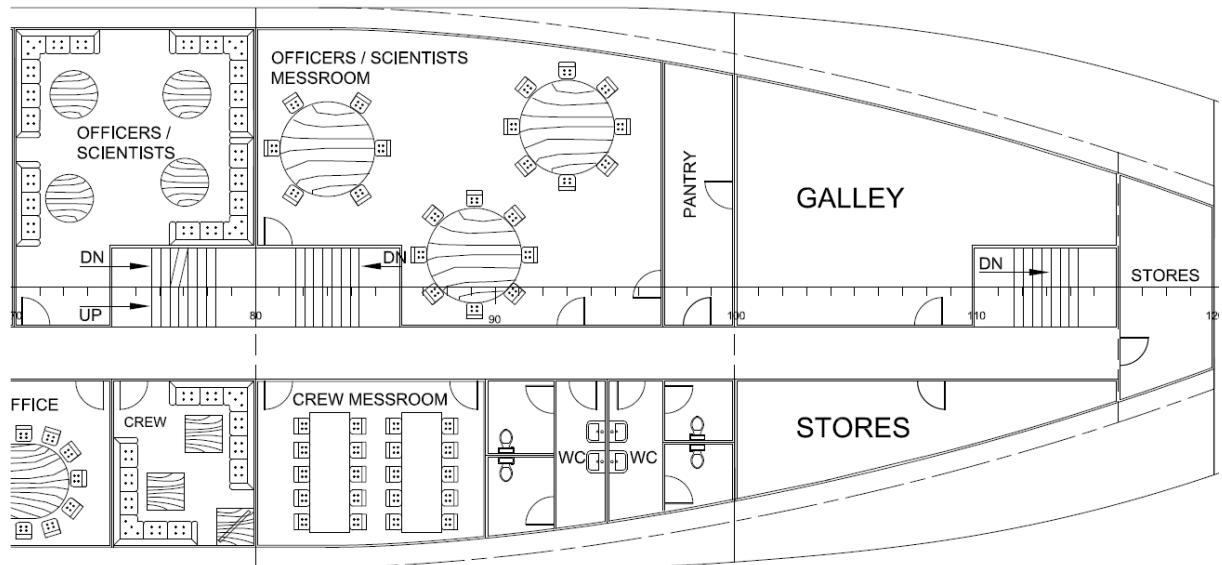
Σχήμα 2.2.9: Καμπίνες αξιωματικών πληρώματος στο A - Deck

Στο Main Deck, έχει γίνει πρόβλεψη για καμπίνα επιστημόνων με κινητικά προβλήματα, για να είναι εφικτή η άμεση και ανεμπόδιση πρόσβαση στους χώρους εργασίας. Η καμπίνα αυτή διαθέτει μία κλίνη, χώρο αποχωρητηρίου με νιπτήρα και μπανιέρα, ντουλάπα και γραφείο. Επίσης, δίπλα από την καμπίνα ΑΜΕΑ, έχει σχεδιασθεί και μία καμπίνα ιατρού.



Σχήμα 2.2.10: Καμπίνες ΑΜΕΑ & Hospital στο Main Deck

Προχωρώντας προς τα πλώρα, αριστερά συναντώνται το σαλόνι και ο χώρος εστίασης του ανώτερου πληρώματος και τον επιστημόνων, ενώ στη δεξιά πλευρά το σαλόνι και ο χώρος εστίασης του κατώτερου πληρώματος. Μέχρι το πρωραίο άκρο του κλειστού καταστρώματος, ακολουθούν η κουζίνα, κοινόχρηστοι χώροι αποχωρητηρίου ανδρών και γυναικών και αποθήκες τροφίμων.



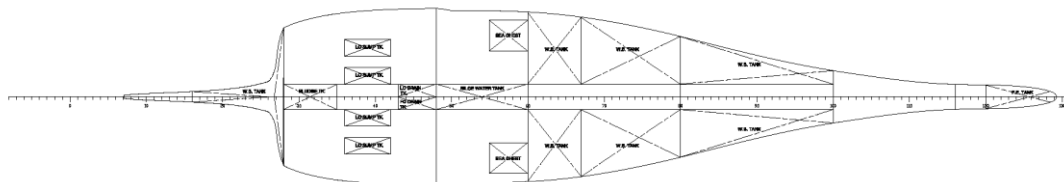
Σχήμα 2.2.11: Χώροι εστίασης και σαλόνια στο Main Deck

2.2.4 Χώροι Δεξαμενών και Μηχανοστάσιο

Οι χώροι των δεξαμενών και το μηχανοστάσιο τοποθετούνται χαμηλά στο διπύθμενο και στο Floor Deck. Ο υπολογισμός και η εκλογή των ανωτέρω για το πρώτο στάδιο της μελέτης, έχει γίνει με γνώμονα την πιο αποδοτική, ενεργειακά, πρόωση του πλοίου, σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις για αυτονομία ταξιδιού, η οποία έχει οριστεί αρχικά στις 15 ημέρες.

Για την πρόωση του πλοίου έχουν επιλεγεί 4 ηλεκτρογεννήτριες (MAN B&W L16/24, 7 cylinders) οι οποίες αποδίδουν 665 kW στις 1000 RPM η κάθε μία, έτσι ώστε οι ανάγκες του πλοίου σε ηλεκτρική ισχύ (περιλαμβανομένης της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης) να ικανοποιούνται με τη λειτουργία οποιονδήποτε τριών από αυτές, ενώ η 4^η να παραμένει ως εφεδρική. Ο χώρος του διπυθμένου, καθώς το πλοίο κινείται με σύστημα ηλεκτροπρόωσης και δεν υπάρχει η απαίτηση για εγκατάσταση συστημάτων αξόνων, αξιοποιείται ολοκληρωτικά για την τοποθέτηση δεξαμενών.

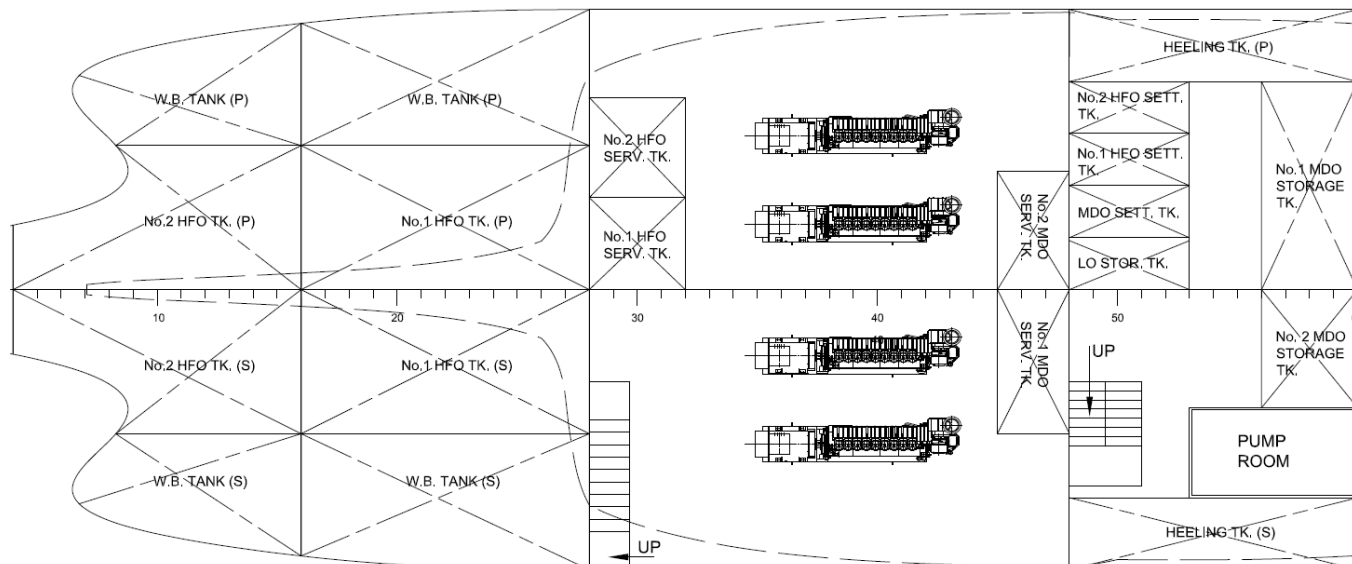
Κατά κύριο λόγο, στο διπύθμενο έχουν τοποθετηθεί δεξαμενές θαλάσσιου έρματος (Water Ballast Tanks), εκτός από τα διαμερίσματα που βρίσκονται κάτω από το μηχανοστάσιο (frames 28 – 48 και frames 48 – 60), στα οποία βρίσκονται οι δεξαμενές Lubricating Oil, οι δεξαμενές αποβλήτων (Sludge, L.O. / F.O. Drain, Bilge Water) και τα Sea Chests.



Σχήμα 2.2.12: Το διπύθμενο του υπό μελέτη πλοίου

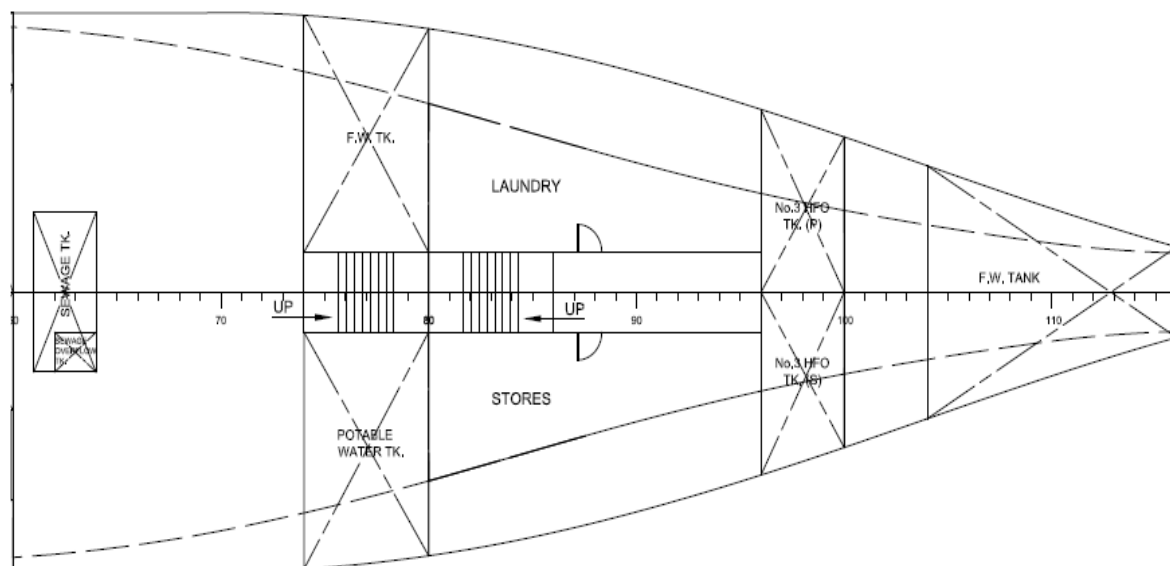
Στο Floor Deck, από το frame 28 μέχρι το frame 48, εκτείνεται η περιοχή του μηχανοστασίου, όπου έχουν τοποθετηθεί οι ηλεκτρογεννήτριες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στο μηχανοστάσιο έχουν τοποθετηθεί δεξαμενές Service H.F.O. και M.D.O. Πρύμνηθεν του

μηχανοστασίου (frames 4 – 16, 16 – 20) βρίσκονται 2 δεξαμενές Η.Φ.Ο. Storage και δεξαμενές θαλάσσιου έρματος. Πρώραθεν του μηχανοστασίου (frames 48 – 60) υπάρχει το αντλιοστάσιο (Pump Room), το οποίο περιβάλλεται από τις δεξαμενές ζυγοστάθμισης, δεξαμενές Settling και τις Μ.Δ.Ο. (1 & 2) και L.O. Storage.



Σχήμα 2.2.13: Floor Deck, frame 4 μέχρι frame 60

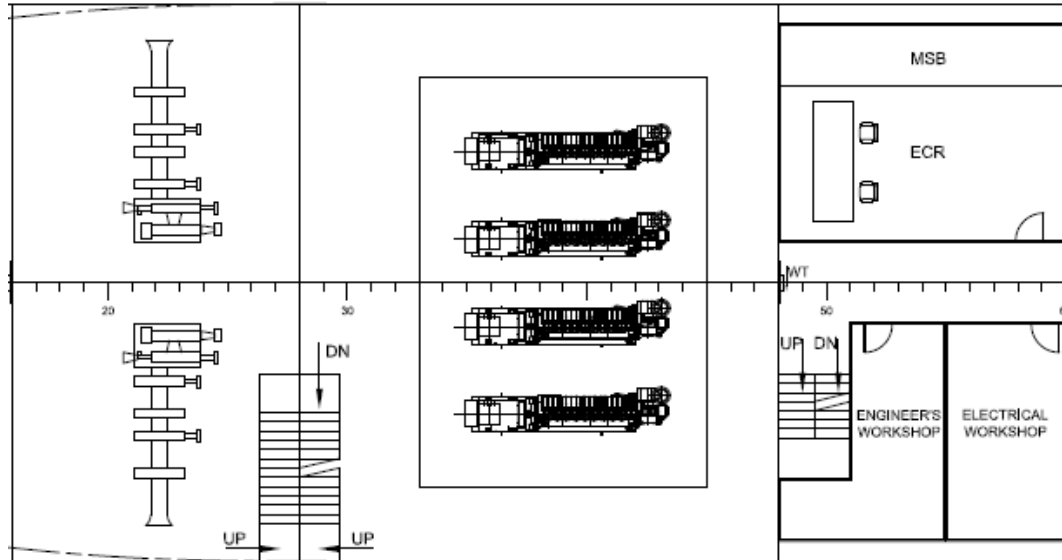
Το διαμέρισμα που εκτείνεται από το frame 60 μέχρι το frame 80 προβλέπεται για την εγκατάσταση ερευνητικού εξοπλισμού (multibeam), γι' αυτό διατηρείται σχετικά άδειο. Στο διαμέρισμα αυτό είναι εγκατεστημένα το Sewage Treatment Plant και οι δεξαμενές φρέσκου νερού. Προχωρώντας προς τα πρώρα, συναντώνται μία ακόμα δεξαμενή Η.Φ.Ο. Storage (frames 96 – 100) και μία ακόμα δεξαμενή φρέσκου νερού (frames 100 – 116).



Σχήμα 2.2.14: Floor Deck, frame 60 μέχρι frame 116

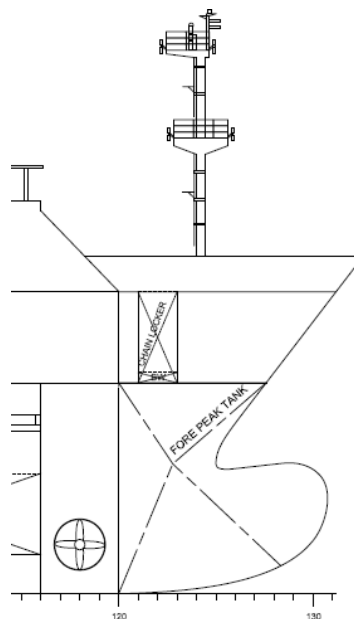
Στο Lower Deck, από το frame 28 μέχρι το frame 48, βρίσκεται η συνέχεια του μηχανοστασίου καθ' ύψος. Συγκεκριμένα, ο χώρος αυτός αποτελείται από μία πλατφόρμα η οποία εκτείνεται

στην περίμετρο του χώρου που καταλαμβάνεται από τις ηλεκτρογεννήτριες, και έχει σχεδιαστεί με τρόπο τέτοιο ώστε να διευκολύνονται οι εργασίες επιθεώρησης και συντήρησης των μηχανών. Μέσω υδατοστεγούς θύρας, το μηχανοστάσιο συνδέεται με το Auxiliary διαμέρισμα, που εκτείνεται στα frames 48 – 60, και στο οποίο βρίσκονται το Engine Control Room και τα Workshops.



Σχήμα 2.2.15: Lower Deck, βαρούλκα, μηχανοστάσιο και auxiliary περιοχή

Ο χώρος για την εγκατάσταση του μηχανισμού πηδαλιουχίας (Steering Gear), έχει σχεδιαστεί στο Lower Deck, πρύμνηθεν του frame 4, ενώ στο διαμέρισμα που βρίσκεται στα frames 116 – 120 και εκτείνεται από τον πυθμένα μέχρι το Main Deck εγκαθίσταται το σύστημα του Bow Thruster. Τέλος, από το frame 120 μέχρι το πρωραίο άκρο του πλοίου, συναντάται η δεξαμενή Fore Peak.



Σχήμα 2.2.16: Fore Peak Tank και χώρος Bow Thruster

2.2.5 Πρόσβαση και Μετακίνηση στα Καταστρώματα

Κατά γενικό κανόνα, το κάθε διαμέρισμα στα κλειστά καταστρώματα του υπό μελέτη πλοίου διαθέτει έναν κεντρικό διαμήκη διάδρομο, ο οποίος επικοινωνεί με κλίμακες, εγκάρσιες και διαμήκεις, που εξασφαλίζουν την επικοινωνία με τα υπόλοιπα καταστρώματα. Συγκεκριμένα, αναλύοντας ανά κατάσταση, ισχύουν τα παρακάτω:

Διπύθμενο: Η πρόσβαση στο διπύθμενο γίνεται με τη χρήση ανθρωποθυρίδων (manholes) από το αμέσως επόμενο κατάστρωμα (Floor Deck).

Floor Deck: Η πρόσβαση στο Floor Deck πραγματοποιείται από το αμέσως ανώτερο κατάστρωμα με τη χρήση κλιμάκων. Στο χώρο του μηχανοστασίου έχει τοποθετηθεί μία εγκάρσια κλίμακα. Στο χώρο που εκτείνεται στους νομείς 48 – 60 υπάρχει μία ακόμα εγκάρσια κλίμακα σχήματος Π. Διαμήκεις κλίμακες σχήματος Π έχουν τοποθετηθεί εκατέρωθεν του νομέα 80, επιτρέποντας την πρόσβαση στα αντίστοιχα διαμερίσματα τα οποία μεταξύ τους δεν έχουν άμεση επικοινωνία.

Lower Deck: Από το νομέα 48 μέχρι το νομέα 116, εκατέρωθεν της Centerline, σε κάθε διαμέρισμα που οριοθετείται από τις εγκάρσιες φρακτές που υπάρχουν στην περιοχή, εκτείνεται διάδρομος με πλάτος 2 m, με εξαίρεση το χώρο ανάμεσα στους νομείς 92 – 100, του οποίου τα όρια αποτελούν μεταλλικές, διαμήκεις φρακτές οι οποίες συμβάλλουν στην αντοχή του πλοίου, αποτελώντας συνέχεια της διαμήκουσ πρωτεύουσας ενίσχυσής του που έχει οριστεί στο 1 m από τη centerline.

Η πρόσβαση στο κατάστρωμα αυτό πραγματοποιείται από το αμέσως ανώτερο κατάστρωμα μέσω:

- εγκάρσιων κλιμάκων στην δεξιά πλευρά του πλοίου, στα διαμερίσματα των βιντσιών και του μηχανοστασίου,
- μίας εγκάρσιας κλίμακας σχήματος Π στην περιοχή του Auxiliary,
- δύο διαμήκων κλιμάκων σχήματος Π στους χώρους ενδιαιτήσεων εκατέρωθεν του νομέα 80 και
- μίας ακόμα διαμήκουσ κλίμακας σχήματος Π στο χώρο των ψυγείων.

Main Deck: Ο διάδρομος του κλειστού χώρου του Main Deck εκτείνεται από το νομέα 28 μέχρι το νομέα 116. Βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του σκάφους, σε απόσταση 1 m από την centerline, κι έχει πλάτος 1.3 m.

Εγκάρσια κλίμακα για πρόσβαση από το αμέσως ανώτερο κατάστρωμα υπάρχουν στο πρυμναίο ανοιχτό κατάστρωμα. Επίσης, στους νομείς 74 – 80, συνεχίζεται η προέκταση της διαμήκουσ κλίμακας σχήματος Π από το Lower Deck.

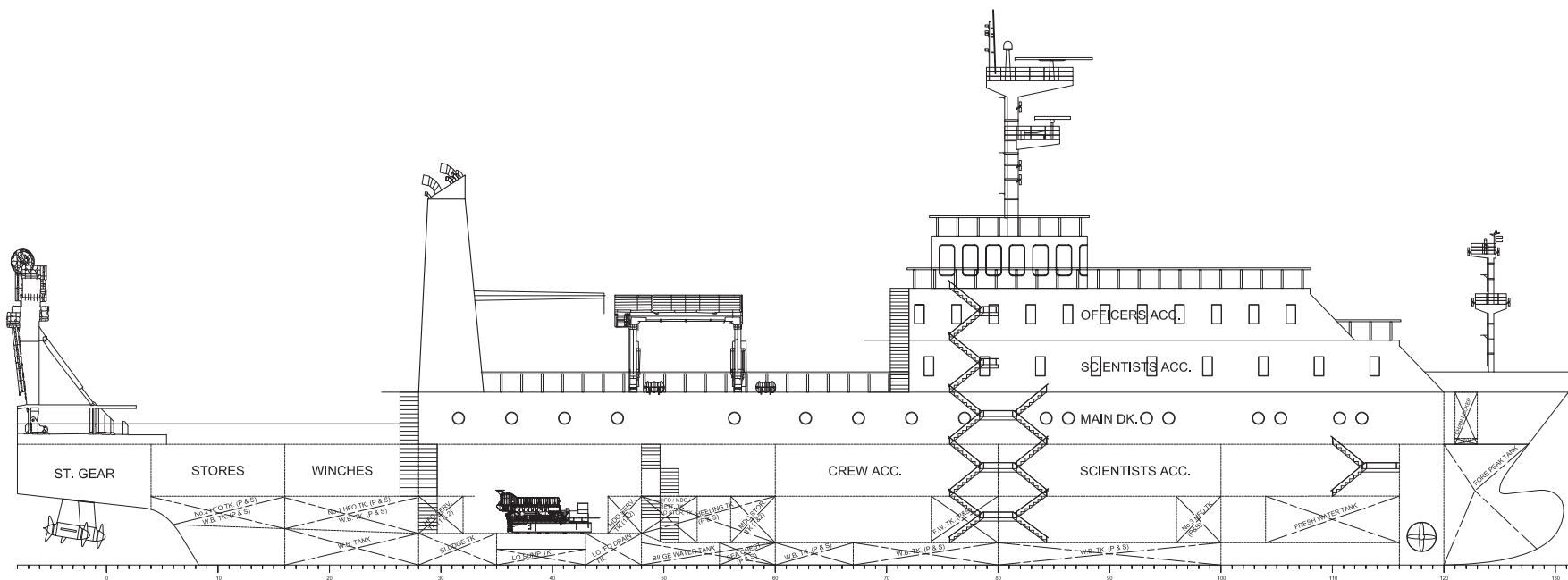
Upper Deck: Η είσοδος στο κλειστό χώρο του καταστρώματος από το νομέα 72 οδηγεί σε διάδρομο πλάτους 1.2 m, ο οποίος αρχικά βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του πλοίου, σε απόσταση 1 m από την centerline, μέχρι το νομέα 80. Στη συνέχεια, ο διάδρομος κάνει γωνία για να έρθει σε επαφή με την centerline, και λεπταίνει στο 1 m.

Η πρόσβαση από το αμέσως ανώτερο κατάστρωμα επιτυγχάνεται με τη χρήση μίας εγκάρσιας κλίμακας στο νομέα 72 και της συνέχειας της διαμήκουσ κλίμακας από το Main Deck, σχήματος Π, που βρίσκεται στους νομείς 74 – 80.

A-Deck: Η είσοδος στο κλειστό χώρο του καταστρώματος στο νομέα 72 οδηγεί σε προθάλαμο, πλάτους 1.2 m, ο οποίος οδηγεί σε διάδρομο, πλάτους 1 m, ο οποίος αρχικά βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του πλοίου, σε απόσταση 1 m από την centerline, μέχρι το νομέα 80. Στη συνέχεια, ο διάδρομος κάνει γωνία για να έρθει σε επαφή με την centerline, και φαρδαίνει σε πλάτος 1.3 m.

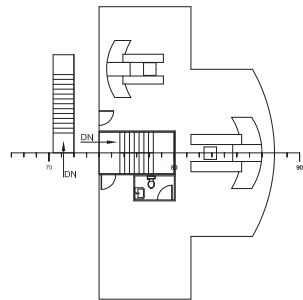
Η πρόσβαση από το αμέσως ανώτερο κατάστρωμα πραγματοποιείται με τη χρήση μίας εγκάρσιας κλίμακας στην περιοχή του υπόστεγου, και της συνέχειας της διαμήκου κλίμακας από το Upper Deck, σχήματος Π, που βρίσκεται στους νομείς 74 – 80.

Με την ολοκλήρωση της ανάλυσης των κυρίων χώρων που απαρτίζουν τη Γενική Διάταξη του υπό μελέτη πλοίου, ακολουθεί η παράθεση του ολοκληρωμένου Σχεδίου, στα ακόλουθα σχήματα:

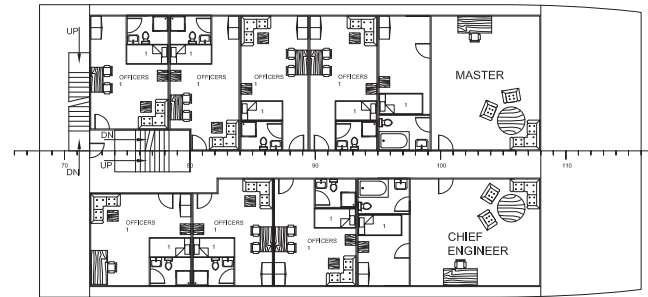


- Nav. Deck (~14900mm)*
- A - Deck (~12100mm)*
- Upper Dk (~9300mm)*
- Main Dk (~6500mm)*
- Lower Dk (~3700mm)*
- Floor (~1200mm)*

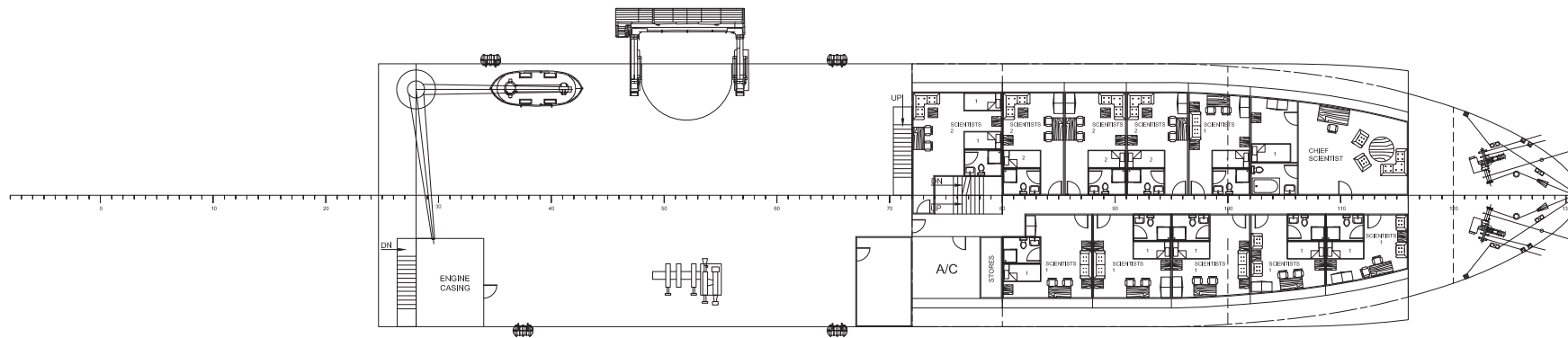
Σχήμα 2.2.17: Σχέδιο Γενικής Διατάξης – το Προφίλ του υπό Μελέτη Πλοίου



Nav. Deck (~14900mm)

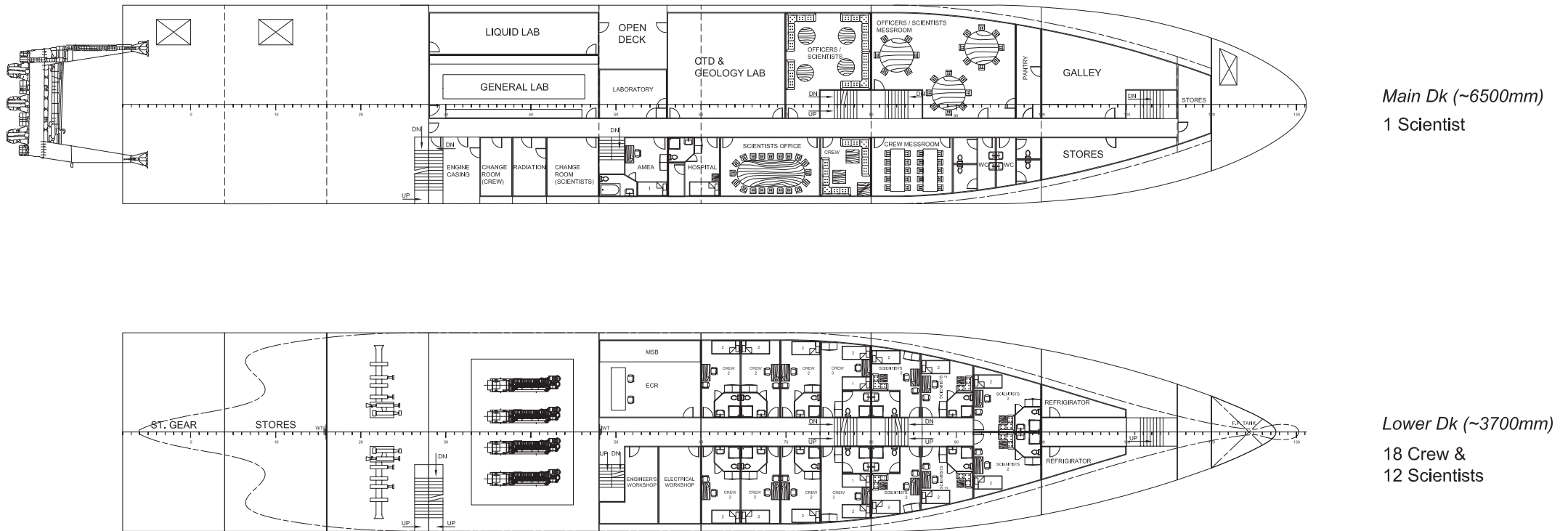


A - Deck (~12100mm)
9 Officers

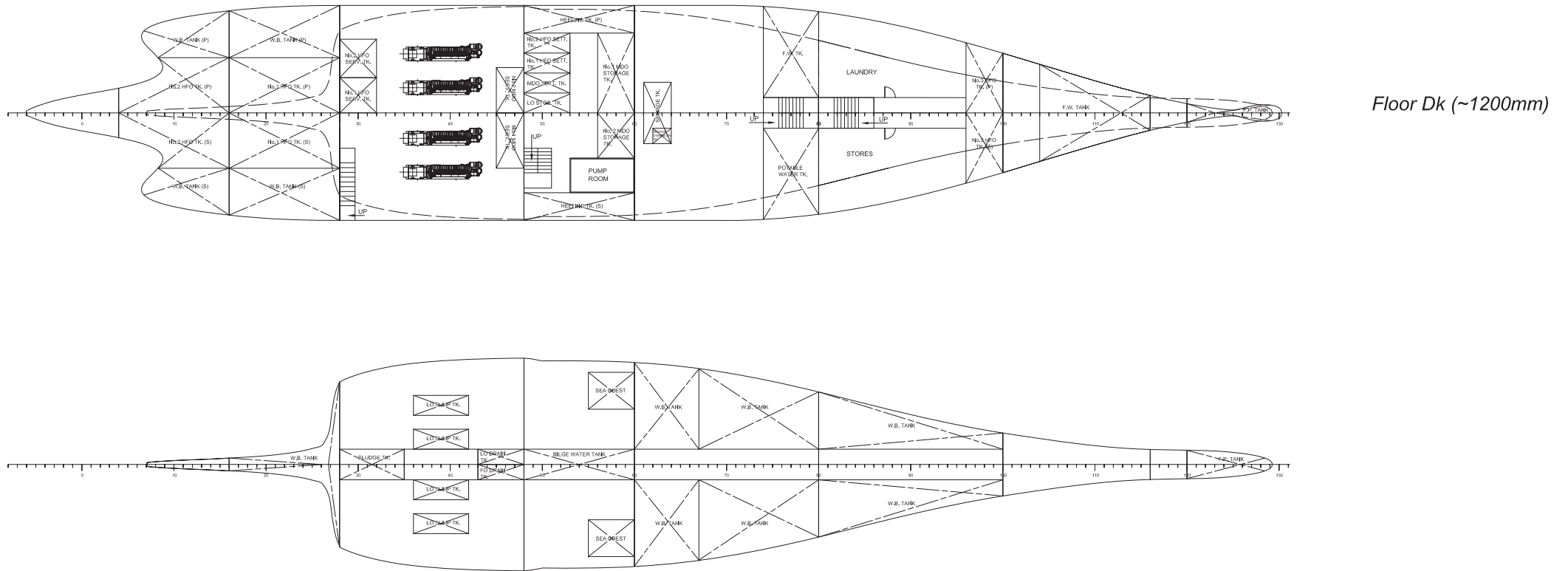


Upper Dk (~9300mm)
15 Scientists

Σχήμα 2.2.18: Σχέδιο Γενικής Διάταξης – Γέφυρα & Ανώτερα Καταστρώματα



Σχήμα 2.2.19: Σχέδιο Γενικής Διάταξης – Main & Lower Deck



Σχήμα 2.2.20: Σχέδιο Γενικής Διάταξης – Floor Deck & Πυθμένας Πλοίου

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

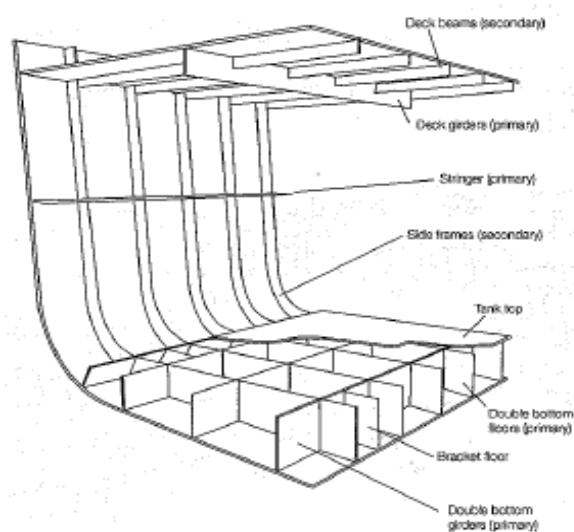
Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η προμελέτη της αντοχής του υπό μελέτη πλοίου, με στόχο να πραγματοποιηθεί μία όσο το δυνατό πιο αξιόπιστη εκτίμηση του βάρους της μεταλλικής του κατασκευής. Η διαδικασία που ακολουθείται για την προσέγγιση της αντοχής και εν συνεχεία του βάρους, είναι ο υπολογισμός των επιμέρους στοιχείων που απαρτίζουν την μεταλλική κατασκευή, δηλαδή, των παρακάτω:

1. Βάρος ελασμάτων και διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων
2. Βάρος εδρών διπυθμένου, εγκάρσιων και κατακόρυφων ενισχυτικών
3. Βάρος ενισχυμένων νομέων
4. Βάρος εγκάρσιων φρακτών
5. Βάρος υπερκατασκευών

Η αντοχή του σκάφους έχει καθοριστεί με βάση του κανονισμούς του Γαλλικού Νηογνώμονα για πλοία από χάλυβα (*Bureau Veritas, Rules for the Classification of Steel Ships, July 2014*). Ανάλογα με τη φύση των στοιχείων της αντοχής, έγινε χρήση της εφαρμογής Mars 2000 του Γαλλικού Νηογνώμονα, αναλυτικών υπολογισμών βάσει των κανονισμών και εμπειρικών μεθόδων.

Για το υπό μελέτη πλοίο, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια, επιλέχθηκε εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης, λόγω του μήκους και της γεωμετρίας του. Η ισαπόσταση των ενισχυτικών έχει οριστεί στα 600 mm , ενώ η ισαπόσταση των ενισχυμένων νομέων έχει οριστεί ανά 4 κατασκευαστικούς νομείς, δηλαδή στα 2.4 m . Όμως, σημειώνεται ότι πρυμναία, από το νομέα -8 μέχρι το νομέα 4, όλοι οι νομείς είναι ενισχυμένοι. Ως κατάστρωμα αντοχής έχει οριστεί το Main Deck, το οποίο βρίσκεται σε κατακόρυφη απόσταση 6.5 m από την baseline.

Για όλα τα δομικά στοιχεία του πλοίου, θεωρήθηκε ως υλικό κατασκευής ο απλός ναυπηγικός χάλυβας, με Yield Stress 250 N/mm^2 , Young Modulus 206000 N/mm^2 και ειδικό βάρος 7.78 t/m^3 .



Σχήμα 3.1: Εγκάρσιο Σύστημα Ενίσχυσης

3.1 Υπολογισμός Ελασμάτων και Διαμήκων Κατασκευαστικών Στοιχείων

Για τον υπολογισμό των ελασμάτων και των διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων, έγινε χρήση του προγράμματος BV Mars 2000, το οποίο βασίζεται στους κανονισμούς του Bureau Veritas. Τα στοιχεία της κατασκευής στα οποία αναφέρεται η συγκεκριμένη ενότητα είναι αυτά που εκτείνονται κατά το διάμηκες του πλοίου, δηλαδή, τα ελάσματα των καταστρωμάτων και του περιβλήματος του πλοίου, η κεντρική (όπου υπάρχει) και οι πλευρικές σταθμίδες (center & side girders), καθώς επίσης και οι διαμήκεις φρακτές στα καταστρώματα του πλοίου.

Στο πρόγραμμα Mars 2000, κατά την έναρξη της εφαρμογής εισήχθησαν τα βασικά δεδομένα του σκάφους, και σε επόμενο στάδιο έγινε η εισαγωγή 14 εγκάρσιων τομών, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί μία όσο το πιο δυνατό ακριβής περιγραφή της γεωμετρίας του υπό μελέτη πλοίου. Η συνολική εκτίμηση του βάρους προέκυψε μέσω του συνδυασμού των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από το πρόγραμμα, αναλυτικών υπολογισμών και μεθόδων ολοκλήρωσης. Αναλυτικά η διαδικασία που αναφέρθηκε ανωτέρω, παρατίθεται στο Παράρτημα Α (Παράγραφος Α.1) της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους υπολογισμούς, το ολικό βάρος και τα κέντρα βαρών των ελασμάτων και των διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3.1.1):

Πίνακας 3.1.1: Βάρος ελασμάτων και διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων

PLATES & LONGITUDINAL MEMBERS		
WEIGHT (tn)	LCG (m)	KG (m)
464.49	39.45	4.77

3.2 Υπολογισμός Εδρών Διπυθμένου, Εγκάρσιων και Κατακόρυφων Ενισχυτικών

Ο υπολογισμός των εγκάρσιων και κατακόρυφων στοιχείων του πλοίου (ενισχυτικά, έδρες διπυθμένου κ.λπ.), πραγματοποιείται αναλυτικά. Οι εγκάρσιες τομές που σχεδιάστηκαν στο πρόγραμμα BV Mars 2000, εισάγονται στο πρόγραμμα AutoCAD, όπου σχεδιάζονται τα κατασκευαστικά στοιχεία προς υπολογισμό. Μέσω αυτής της διαδικασίας, προκύπτει το εμβαδό και το κατακόρυφο κέντρο βάρους των τομών. Τα στοιχεία αυτά εισάγονται στους αναλυτικούς υπολογισμούς, που παρατίθενται στο Παράρτημα Α (Παράγραφος Α.2), με αποτέλεσμα να προκύπτει η εκτίμηση του βάρους των εδρών διπυθμένου, των εγκάρσιων και των κατακόρυφων ενισχυτικών. Συνδυάζοντας τα παραπάνω με τα αποτελέσματα της προηγούμενης παραγράφου, γίνεται η εκτίμηση του συνολικού βάρους των κατασκευαστικών νομέων, πλην των ενισχυμένων, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.2.1:

Πίνακας 3.2.1: Υπολογισμός κατασκευαστικών νομέων, πλην των ενισχυμένων

FRAMES TOTAL CALCULATION			
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	KG (m)
PLATES & LONG. MEMBERS	464.49	39.45	4.77
TRANSVERSE & VERTICAL STIFFENERS	42.58	29.31	5.89
FLOORS	44.43	31.95	1.28
W_{FR_TOT}	551.50	38.06	4.57

3.3 Υπολογισμός Ενισχυμένων Νομέων

Οι ενισχυμένοι νομείς, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, βρίσκονται σε ισαπόσταση τεσσάρων κατασκευαστικών νομέων, ή 2.4 m. Οι νομείς -9 μέχρι 4, αποτελούν όλοι ενισχυμένους νομείς. Οι εγκάρσιες τομές των ενισχυμένων νομέων εισάγονται στο πρόγραμμα AutoCAD, όπου σχεδιάζονται τα κατασκευαστικά στοιχεία προς υπολογισμό, δηλαδή τα ενισχυτικά και οι έδρες τους. Μέσω αυτής της διαδικασίας, προκύπτει το εμβαδό και το κατακόρυφο κέντρο βάρους των τομών. Τα στοιχεία αυτά εισάγονται στους αναλυτικούς υπολογισμούς, που παρατίθενται στο Παράρτημα Α (Παράγραφος Α.3), με αποτέλεσμα να προκύπτει η εκτίμηση του βάρους των ενισχυμένων νομέων.

Ο πίνακας που ακολουθεί (Πίνακας 3.3.1) παρουσιάζει το συνολικό βάρος και τα κέντρα βαρών των ενισχυμένων νομέων.

Πίνακας 3.3.1: Υπολογισμός ενισχυμένων νομέων

WEBS TOTAL CALCULATION			
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	KG (m)
WEB STIFFENERS	47.99	37.41	6.00
FLOORS	31.77	31.76	1.51
W_{WEBS}	79.76	35.16	4.21

3.4 Υπολογισμός Εγκαρσίων Φρακτών

Για τον υπολογισμό των εγκαρσίων φρακτών, έγινε χρήση του προγράμματος BV Mars 2000. Τα στοιχεία που υπολογίστηκαν μέσω του προγράμματος ήταν τα ελάσματα και τα κατακόρυφα ενισχυτικά που συνθέτουν την κάθε εγκάρσια φρακτή, ορίζοντας ταυτόχρονα και τη θέση και τα διαμερίσματα με τα οποία η φρακτή γειτνιάζει. Η αναλυτική διαδικασία εκτίμησης του βάρους των εγκαρσίων φρακτών παρατίθεται στο Παράρτημα Α (Παράγραφος Α.4).

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3.4.1), πραγματοποιείται ο υπολογισμός της μεταλλικής κατασκευής του υπό μελέτη πλοίου, πλην των υπερκατασκευών, συνοψίζοντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τους υπολογισμούς που αναφέρονται στις Παραγράφους 3.1 – 3.4:

Πίνακας 3.4.1: Υπολογισμός βάρους και κέντρου βαρών της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, πλην των υπερκατασκευών

TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	ML (t*m)	KG (m)	MT (t*m)
Frames	551.50	38.06	20989.53	4.57	2523.02
Webs	79.76	35.16	2804.16	4.21	335.77
Trans. Bulkheads	20.23	36.28	733.95	4.98	100.79
W_{HULL}	651.49	37.65	24527.65	4.54	2959.58

3.5 Υπολογισμός Υπερκατασκευών

Η διαδικασία υπολογισμού των βαρών των καταστρωμάτων που βρίσκονται πάνω από το Upper Deck ($h = 9.3$ m, δηλαδή της μεταλλικής κατασκευής του A-Deck και του Nav. Deck, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση της μεθόδου Müller-Köster (Παπανικολάου Α. 2009,

“Μελέτη Πλοίου”). Η διαδικασία αυτή περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα Α (Παράγραφος Α.5).

Τα κέντρα βαρών των υπερκατασκευών μπορούν να βρεθούν εύκολα από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης του υπό μελέτη πλοίου. Συνοπτικά, τα βάρη και τα κέντρα βαρών των υπερκατασκευών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.5.1):

Πίνακας 3.5.1: Υπολογισμός βάρους και κέντρου βαρών υπερκατασκευών

HYPERSTRUCTURES					
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	ML (t*m)	KG (m)	MT (t*m)
Upper Deck	58.43	56.40	3295.68	10.70	625.24
A-Deck	43.90	53.40	2344.28	13.50	592.66
Nav. Deck	8.97	47.90	429.70	16.30	146.22
W_{DH}	111.30	54.53	6069.66	12.26	1364.12

3.6 Υπολογισμός Συνολικού Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής

Βάσει των υπολογισμών των ανωτέρω παραγράφων (3.1 – 3.5), ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει συγκεντρωτικά το βάρος και τα κέντρα βαρών των στοιχείων που απαρτίζουν την μεταλλική κατασκευή. Τα στοιχεία αυτά θα χρησιμεύσουν για τον υπολογισμό του Lightship του υπό μελέτη πλοίου, που θα αναλυθεί στο αμέσως επόμενο Κεφάλαιο.

Πίνακας 3.6.1: Υπολογισμός συνολικού βάρους μεταλλικής κατασκευής

STEEL WEIGHT					
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	ML (t*m)	KG (m)	MT (t*m)
W _{HULL}	651.49	37.65	24527.65	4.54	2959.58
W _{DH}	111.30	54.53	6069.66	12.26	1364.12
W_{ST}	762.79	40.11	30597.30	5.67	4323.70

3.7 Ανάπτυξη Κατασκευαστικών Σχεδίων

Ύστερα από τον υπολογισμό όλων των επιμέρους στοιχείων που απαρτίζουν τη μεταλλική κατασκευή του υπό μελέτη πλοίου, ακολουθεί η απεικόνισή τους σε κατασκευαστικά σχέδια. Τα σχέδια αυτά παρέχουν μία ολοκληρωμένη εικόνα για την κατασκευαστική διάταξη του πλοίου, και μπορούν να αποτελέσουν βάση για περαιτέρω έρευνα έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η κατασκευή του πλοίου. Στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, δημιουργήθηκε ένα σχέδιο εγκάρσιων τομών, κι ένα κατασκευαστικό σχέδιο του προφίλ και των καταστρωμάτων του πλοίου, τα οποία αναλύονται αμέσως παρακάτω.

3.7.1 Σχέδιο Εγκάρσιων Τομών

Στο σχέδιο αυτό απεικονίζονται εγκάρσιες τομές σε νομείς που βρίσκονται κοντά στο μέσο του πλοίου. Συγκεκριμένα, απεικονίζονται οι νομείς 40 (Starboard), 48 (Port), 60 (Starboard), 62 (Port), 80 (Starboard) και 82 (Port). Στους νομείς αυτούς έχουν σχεδιαστεί οι εγκάρσιες έδρες στο διπύθμενο με τα κατακόρυφα ενισχυτικά τους, οι εγκάρσιες ενισχύσεις στην

πλευρά και στα καταστρώματα και οι εγκάρσιες φρακτές, όπου βρίσκονται, με τα κατακόρυφα ενισχυτικά τους. Επίσης, διακρίνονται οι διαμήκεις έδρες του διπυθμένου, οι διαμήκεις σταθμίδες που συμμετέχουν στην κύρια ενίσχυση και οι διαμήκεις φρακτές, όπου αυτές συναντώνται, με τα κατακόρυφα ενισχυτικά τους.

Ο υπολογισμός των διαστάσεων των μπρακέτων που φαίνονται στα κατασκευαστικά σχέδια, έχει πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς του Bureau Veritas.

- Συνδέσεις νομέων (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 4, Section 5/6.2*)
- Συνδέσεις ενισχυτικών (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 4, Section 7/2.3*)
- Tripping Brackets (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 4, Section 3/4.7.6*)

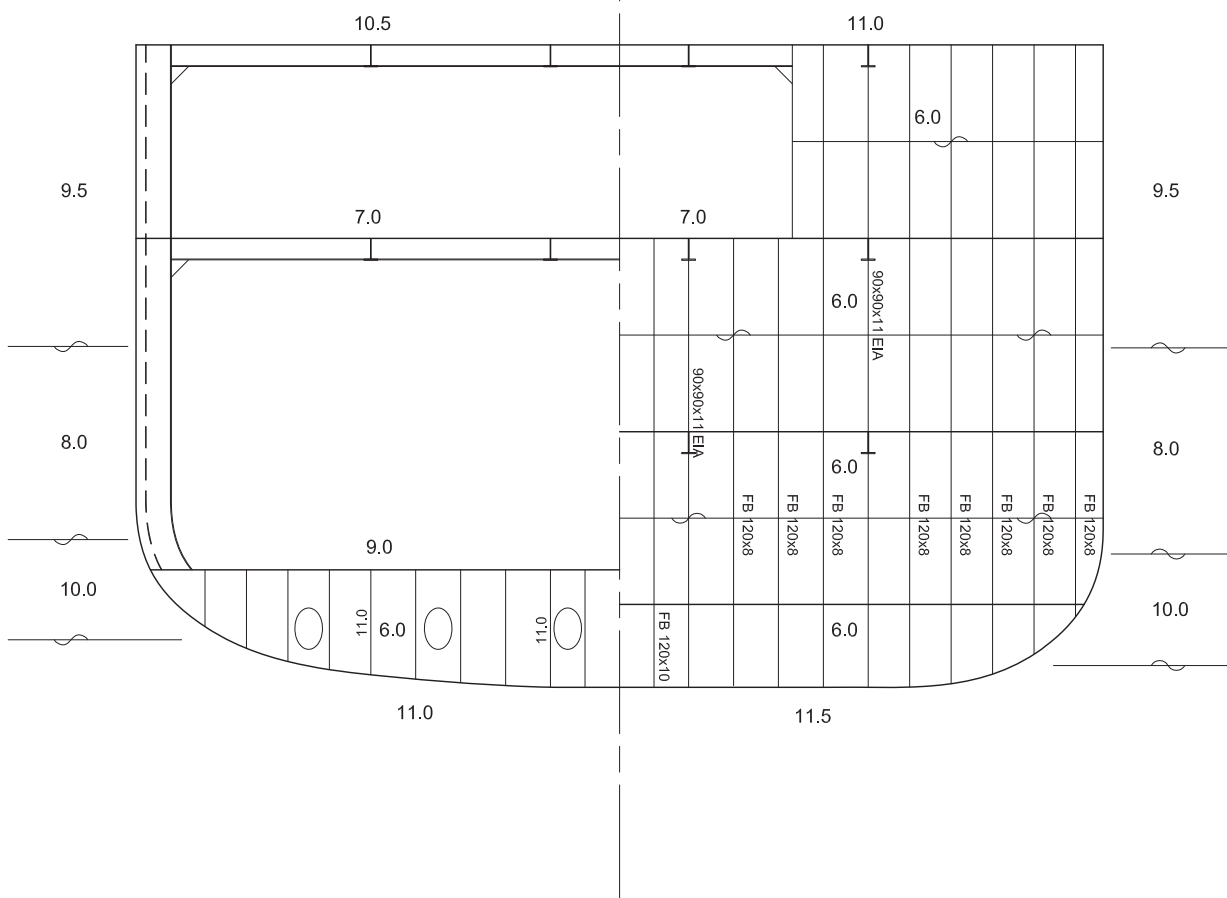
Στο σχέδιο καταγράφονται όλες οι διαστάσεις και η θέση των κατασκευαστικών στοιχείων που συνθέτουν τη δομή της εκάστοτε όψης. Στη συνέχεια, ακολουθεί ολόκληρο το κατασκευαστικό σχέδιο των εγκαρσίων τομών.

Πίνακας 3.7.1: Σημειώσεις στο Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών

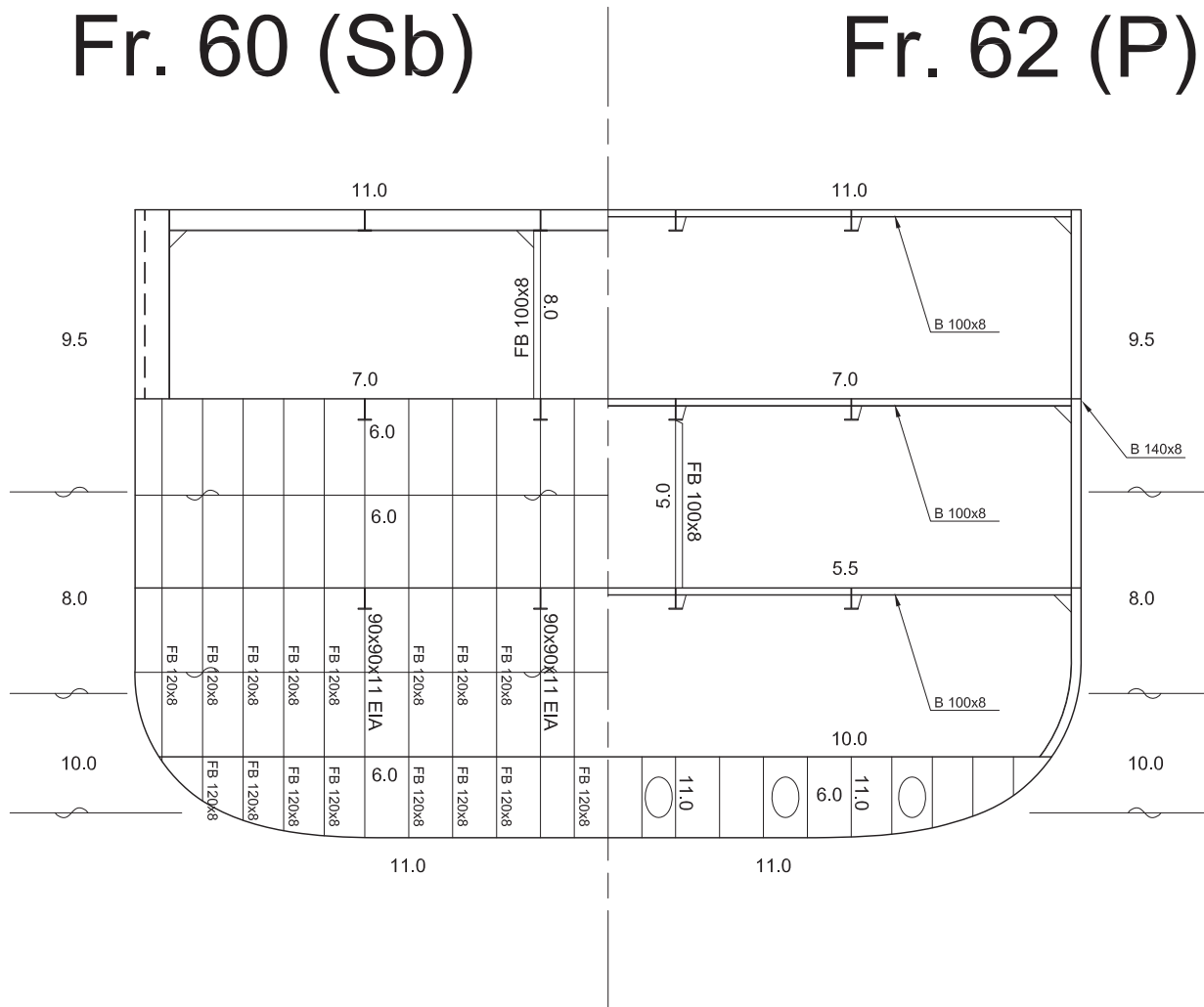
Notes:
1. Web Deck Stiffeners: B 300x12
2. Web Side Stiffeners: B 500x12
3. Deck Long. Girders: T 300x11 # 200x17 (1 m & 3.6 m off CL)
4. Trans. Bulkheads Vertical Stiffeners: FB 120x7 (except as shown)
5. Trans. Bulkheads Plate Thickness: 6 mm
6. Manholes: 600x400 mm
7. Brackets (unflanged): 250x250 mm

Fr. 40 (Sb)

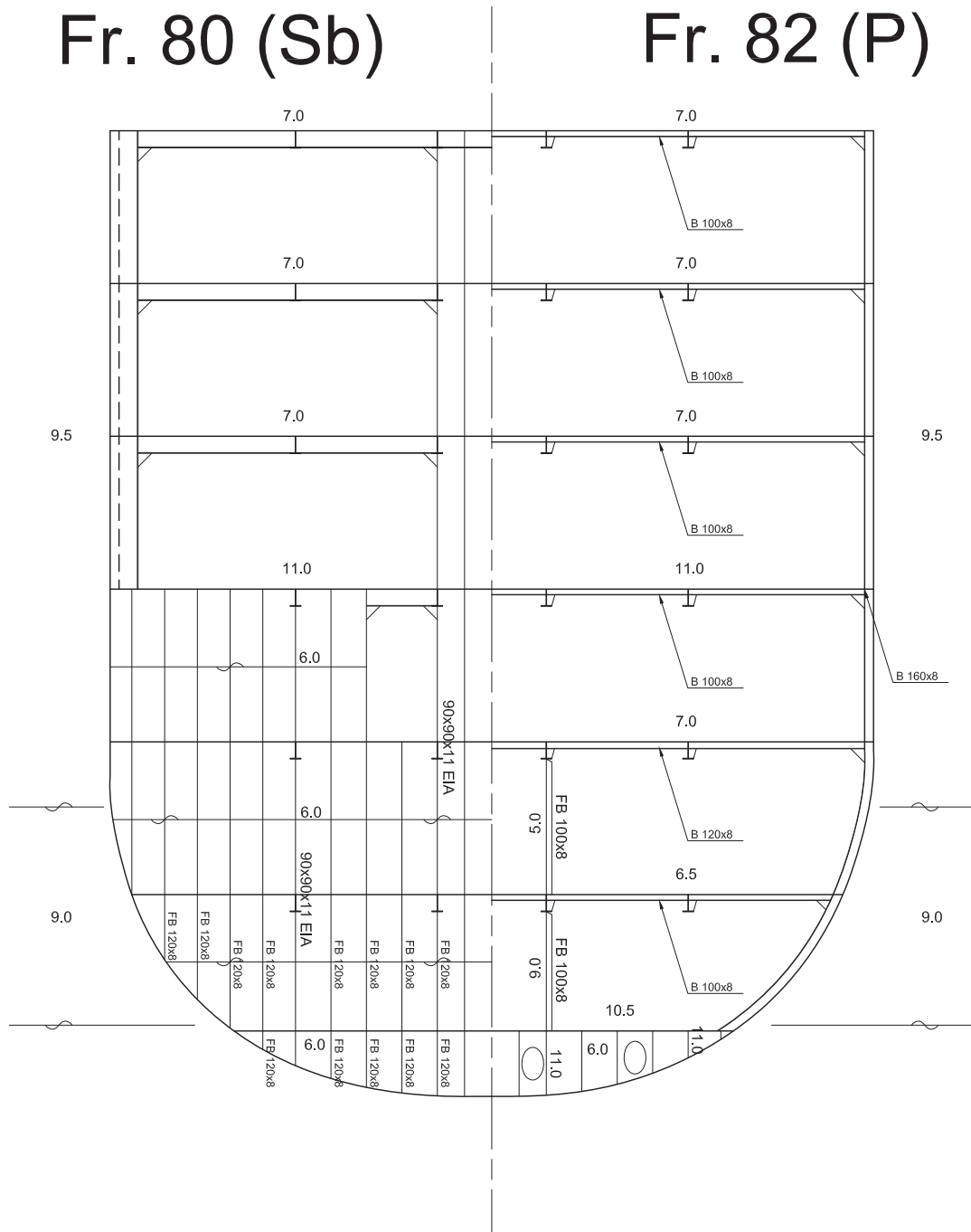
Fr. 48 (P)



Σχήμα 3.7.1: Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών – Νομείς 40 (Sb) και 48 (P)



Σχήμα 3.7.2: Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών – Νομείς 60 (Sb) και 62 (P)



Σχήμα 3.7.3: Σχέδιο Εγκαρσίων Τομών – Νομείς 80 (Sb) και 82 (P)

3.7.2 Κατασκευαστικό Σχέδιο Προφίλ και Καταστρωμάτων

Στο σχέδιο αυτό απεικονίζονται μία διαμήκης τομή του προφίλ του πλοίου πάνω στην centerline, και κατόψεις όλων των καταστρωμάτων.

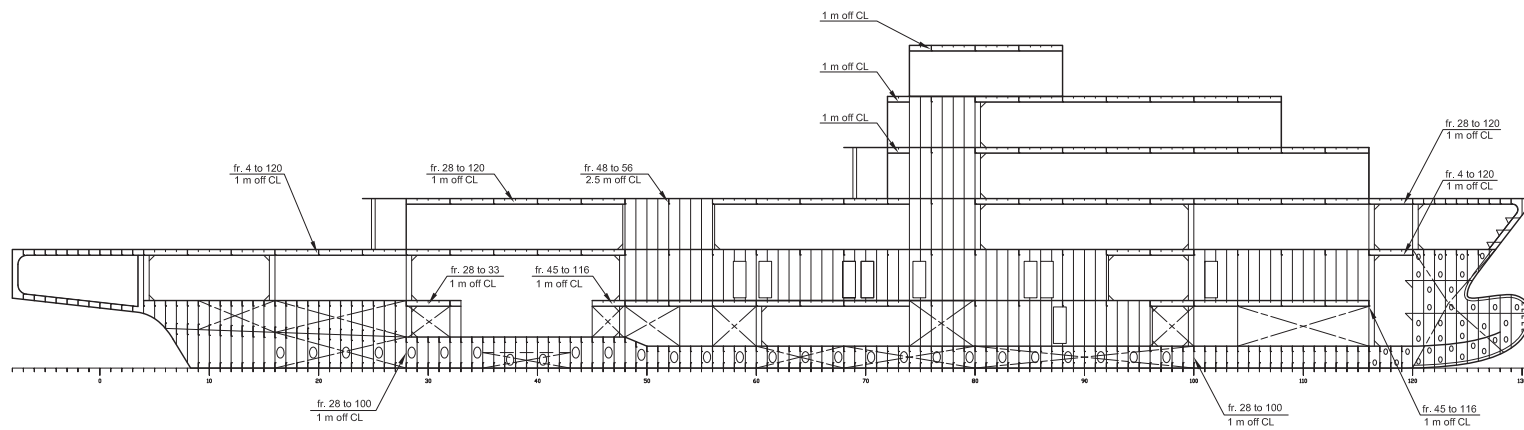
Στο προφίλ του πλοίου, απεικονίζονται οι διαμήκεις έδρες του διπυθμένου, οι διαμήκεις σταθμίδες των καταστρωμάτων και οι διαμήκεις φρακτές. Επίσης, διακρίνονται οι εγκάρσιες φρακτές του πλοίου με τα κατακόρυφα ενισχυτικά τους, τα εγκάρσια ενισχυτικά και ενισχυμένοι νομείς και οι εγκάρσιες έδρες στο διπύθμενο. Για πληρέστερη απεικόνιση, όπου χρειάζεται έχουν τοποθετηθεί στοιχεία που βρίσκονται σε εγκάρσια θέση διαφορετική της centerline, η οποία σημειώνεται πάνω στο σχέδιο.

Στις κατόψεις των καταστρωμάτων γίνεται η απεικόνιση των εγκάρσιων και διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων που τοποθετούνται κάτω από το έλασμά τους. Για κάθε κατάστρωμα, είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ των απλών ενισχυτικών και των ενισχυμένων νομέων και των διαμήκων εδρών και σταθμίδων. Οι φρακτές, εγκάρσιες και διαμήκεις, είναι επίσης διακριτές. Σε κάθε κατάστρωμα φαίνονται και τα ανοίγματα, που είτε πρόκειται για προσβάσεις μέσω κλιμάκων, είτε για ανοιχτά καταστρώματα.

Στο σχέδιο καταγράφονται όλες οι διαστάσεις και η θέση των κατασκευαστικών στοιχείων που συνθέτουν τη δομή της εκάστοτε όψης. Στις επόμενες σελίδες ακολουθεί ολόκληρο το κατασκευαστικό σχέδιο του προφίλ και των καταστρωμάτων.

Πίνακας 3.7.2: Σημειώσεις στο Κατασκευαστικό Σχέδιο Προφίλ και Καταστρωμάτων

Notes:
1. Profile View in CL (except as shown)
2. Long. Girders: 1 m & 3.6 m off CL (except as shown)
3. Long. Girders: T 300x11 # 200x17
4. Trans. Stiffeners: B 100x8 (except as shown)
5. Trans. Web Stiffeners: B 300x12
6. Vertical Stiffeners on Long. Bulkheads: FB 100x8
7. Manholes: 600x400 mm



Nav. Deck (~14900mm)

A - Deck (~12100mm)

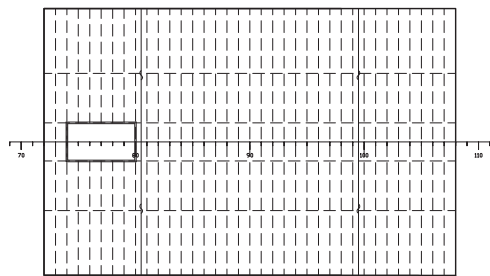
Upper Dk (~9300mm)

Main Dk (~6500mm)

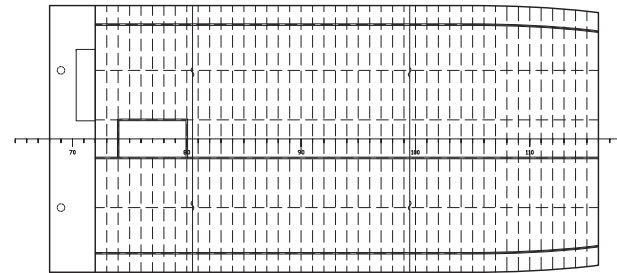
Lower Dk (~3700mm)

Floor (~1200mm)

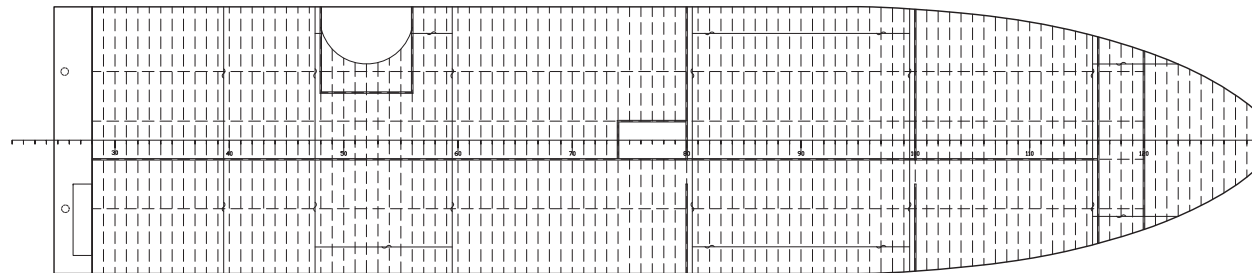
Σχήμα 3.7.4: Κατασκευαστικό Σχέδιο Προφίλ



Nav. Deck (~14900mm)



A - Deck (~12100mm)

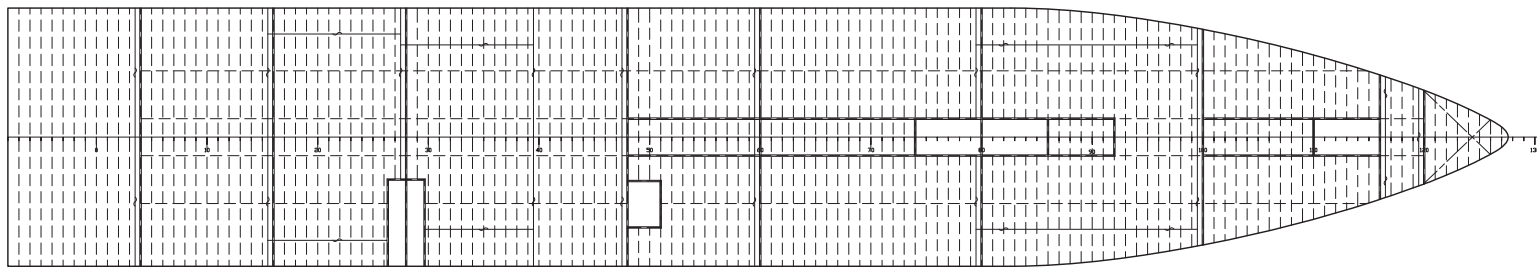


Upper Dk (~9300mm)
Fr. 120 to 131: Long. Girder at CL

Deck Plating:

- ~ Fr. 48: 10.5 mm
- ~ Fr. 100: 11.0 mm
- ~ Fr. 110: 10.0 mm
- ~ Fr. 116: 9.0 mm
- Fr. 116 ~: 8.0 mm

Σχήμα 3.7.5: Κατασκευαστικό Σχέδιο Ανώτερων Καταστρωμάτων



Main Dk (~6500mm)

Fr. -8 to 4, Fr. 120 to 128: Long. Girder at CL

Fr. 4 to 16: Trans. Stiffeners B 140x8

Deck Plating:

~ Fr. 20: 11.0 mm

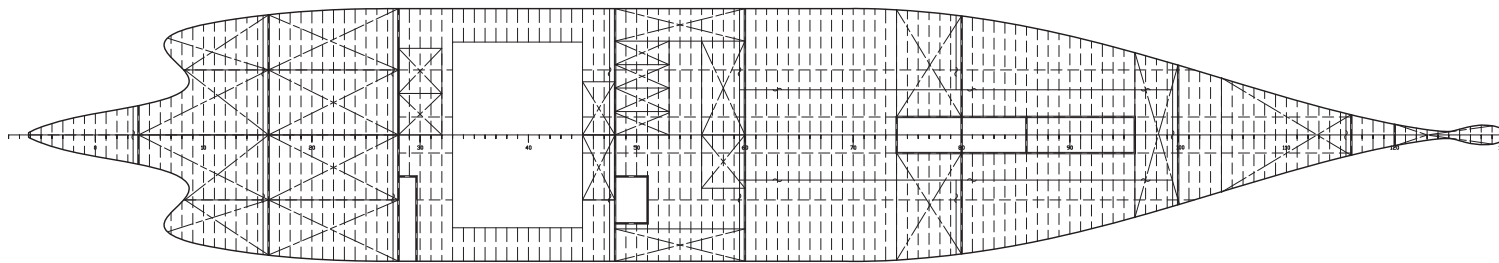
~ Fr. 28: 12.0 mm

~ Fr. 100: 7.0 mm

~ Fr. 110: 5.5 mm

Fr. 110 ~: 5.0 mm

Σχήμα 3.7.6: Κατασκευαστικό Σχέδιο Κυρίου Καταστρώματος

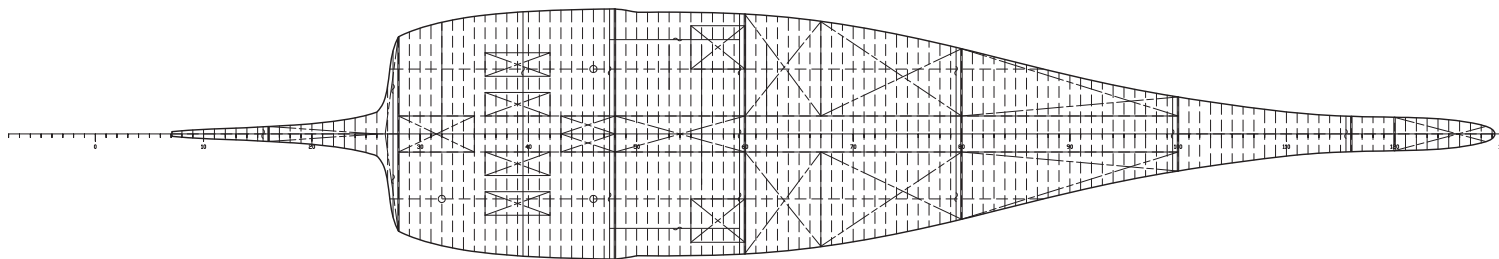


Lower Dk (~3700mm)

Fr. -6 to 28, Fr. 116 to 130: Long. Girder at CL
Trans. Floors Plating: 8.0 mm

Deck Plating:

- ~ Fr. 16: 9.5 mm
- ~ Fr. 48: 6.5 mm
- ~ Fr. 80: 6.0 mm
- ~ Fr. 100: 6.5 mm
- Fr. 110 ~: 7.5 mm



Floor Dk (~1200mm)

Fr. 8 to 28, Fr. 100 to 129: Long. Girder at CL
Trans. Floors Plating: 8.0 mm

Deck Plating:

- ~ Fr. 80: 10.0 mm
- ~ Fr. 110: 11.0 mm
- ~ Fr. 120: 9.0 mm
- Fr. 120 ~: 11.0 mm

Σχήμα 3.7.7: Κατασκευαστικό Σχέδιο Κατώτερων Καταστρωμάτων

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ

Συνέχεια στη διαδικασία μελέτης του πλοίου αποτελεί ο υπολογισμός του βάρους του κενού σκάφους. Στο παρόν Κεφάλαιο συγκεντρώνονται όλα τα βάρη που απαρτίζουν το κενό σκάφος (Lightship). Στα βάρη αυτά, συμπεριλαμβάνονται το βάρος της μεταλλικής κατασκευής (W_{ST}), το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης (W_M) και το βάρος του εξοπλισμού (W_{OT}).

Στις παρακάτω παραγράφους αναλύεται η διαδικασία υπολογισμού των επιμέρους βαρών, που απαρτίζουν το Lightship του πλοίου.

4.1 Υπολογισμός Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής

Η διαδικασία υπολογισμού του βάρους της μεταλλικής κατασκευής του υπό μελέτη πλοίου αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από την ανωτέρω διαδικασία, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1.1):

Πίνακας 4.1.1: Υπολογισμός συνολικού βάρους μεταλλικής κατασκευής

STEEL WEIGHT					
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	ML (t*m)	KG (m)	MT (t*m)
W_{HULL}	651.49	37.65	24527.65	4.54	2959.58
W_{DH}	111.30	54.53	6069.66	12.26	1364.12
W_{ST}	762.79	40.11	30597.30	5.67	4323.70

4.2 Υπολογισμός Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης

Το υπό μελέτη πλοίο θεωρείται ότι κινείται με σύστημα ηλεκτροπρόωσης. Αυτό συνεπάγεται ότι για τη λειτουργία και την πρόωσή του έχει επιλεγεί ένα σύστημα ηλεκτρογεννητριών, το οποίο κινεί ένα ενιαίο σύστημα προπέλας – πηδαλίου (rod). Συνεπώς, το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης προκύπτει από το άθροισμα των βαρών των παραπάνω συστημάτων, συμπεριλαμβανομένου και του βάρους των παρελκομένων, το οποίο προκύπτει εμπειρικά.

Η κύρια προωστήρια εγκατάσταση αποτελείται από σύστημα τεσσάρων ηλεκτρογεννητριών, τριών σε κανονική λειτουργία και μίας εφεδρικής. Για το υπό μελέτη πλοίο επιλέχθηκαν οι ηλεκτρογεννήτριες L16/24 της εταιρίας MAN B&W, 7 κυλίνδρων. Η κάθε ηλεκτρογεννήτρια, όπως προκύπτει από το Project Manual τους, έχει βάρος 11.4 t, και παρέχει ισχύ 665 kW, στις 1000 RPM.

Για την πρόωση και πηδαλιουχία του πλοίου χρησιμοποιούνται 2 azimuthing pulling propellers AZP085, της εταιρείας Rolls Royce, των οποίων τα χαρακτηριστικά μεγέθη φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 4.2.1):

Πίνακας 4.2.1: AZP085 azimuthing pulling propeller technical data

Technical Data	AZP085
Propeller diameter (mm)	1900 – 2300
Power (max. cont. rating)	900 – 1600
Nominal input speed (rpm)	1200 – 2000
Dry Weight (tn)	13 tonnes

Στη διαδικασία της αρχικής μελέτης, σε αυτά τα βάρη προστίθεται κι ένα βάρος παρελκομένων (αντλίες, αεροφυλάκια, μετασχηματιστές κ.λπ.) του μεγέθους των 20 t, για κάθε ηλεκτρογεννήτρια. Συνεπώς, το συνολικό βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης υπολογίζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 4.2.2):

Πίνακας 4.2.2: Υπολογισμός βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης

MACHINERY WEIGHT		
4 GenSets L16/24		
W_{GEN}	11.4	t
$4 \cdot W_{GEN}$	45.6	t
2 Azipulls RR AZP085		
W_{AZP}	13	t
$2 \cdot W_{AZP}$	26	t
Added Weights		
W_{ADD}	20	t
$4 \cdot W_{ADD}$	80	t
W_M	151.6	t

Το κατακόρυφο κέντρο βάρους KG για το συνολικό βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης προκύπτει από τον εμπειρικό συντελεστή KG/D για μικρό επιβατηγό σκάφος (Παπανικολάου Α., Αναστασόπουλος Κ., “Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου Ι Συλλογή Βοηθημάτων”, Σελίδα 101). Το διάμηκες κέντρο βάρους LCG από την άλλη, προκύπτει από υπολογισμούς στο Σχέδιο Γενικής Διάταξης του πλοίου. Κατά συνέπεια, το βάρος και τα κέντρα βαρών της μηχανολογικής εγκατάστασης συνοψίζονται στον Πίνακα 4.2.3., όπως παρουσιάζεται παρακάτω:

Πίνακας 4.2.3: Υπολογισμός βάρους και κέντρων βαρών μηχανολογικής εγκατάστασης

MACHINERY WEIGHT						
TYPE	WEIGHT (tn)	KG/D	KG (m)	MT (t*m)	LCG (m)	ML (t*m)
W_M	151.60	0.50	3.25	492.70	4.67	708.00

4.3 Υπολογισμός Βάρους Εξοπλισμού

Το βάρος εξοπλισμού συμπεριλαμβάνει όλα τα βάρη του πλοίου που αφορούν:

- Τον εξοπλισμό αγκυροβόλησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης (Βάρος εξαρτισμού)

- Το bow thruster
- Την κεντρική μονάδα κλιματισμού
- Τις ενδαιιτήσεις
- Τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό
- Τα ηλεκτρικά δίκτυα
- Τον ωκεανογραφικό εξοπλισμό - εξοπλισμό καταστρώματος
- Λοιπά βάρη, που δεν έχουν συμπεριληφθεί στα παραπάνω

Ο υπολογισμός των παραπάνω στοιχείων πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο με τη βοήθεια εμπειρικών τύπων, που προκύπτουν από τη διδακτορική διατριβή του Σωτήρη Σκούπα με τίτλο “Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για τη Μελέτη & Σχεδίαση – Βελτιστοποίηση Επιβατηγών – Οχηματαγωγών Πλοίων Νέας Τεχνολογίας” (Σκούπας Σ., 2011). Παρακάτω, παρατίθεται η ανάλυση των επιμέρους στοιχείων που αποτελούν το βάρος εξοπλισμού.

4.3.1 Υπολογισμός Βάρους Εξαρτισμού

Γενικά, ο καθορισμός των συστημάτων αγκυροβόλησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης, βασίζεται στο δείκτη εξαρτισμού (equipment number – EN), ο οποίος υπολογίζεται με βάση την εξίσωση (Σκούπας Σ., 2011):

$$EN = \Delta^{2/3} + 2BH + 0.1A \quad (1)$$

Όπου:

- Δ : το εκτόπισμα που αντιστοιχεί στο βύθισμα σχεδίασης $T = 4m$, και το οποίο στους υπολογισμούς του 1^{ου} κύκλου έχει υπολογισθεί ίσο με $\Delta = 1645.94 t$
- B : το μέγιστο πλάτος του πλοίου, $B = 14m$
- $H = \alpha + \sum h_i = 13.7 m$, όπου α η κατακόρυφη απόσταση σε m από την ίσαλο σχεδίασης έως το ανώτερο κατάστρωμα, μετρούμενη στο μέσο νομέα και στην πλευρά του πλοίου και i η κατακόρυφη απόσταση σε m των υπερστεγασμάτων που βρίσκονται πάνω από το ανώτερο κατάστρωμα και έχουν πλάτος μεγαλύτερο από 0.25B, μετρούμενη στο διάμηκες επίπεδο συμμετρίας.
- A : Ολική πλευρική επιφάνεια εξάλων του πλοίου στο summer draft, προβεβλημένη στο κατακόρυφο επίπεδο, $A = 1025.61 m^2$

Από την εξίσωση {1}, ο δείκτης εξαρτισμού προκύπτει ίσος με $EN = 625.6$

Με βάση το δείκτη εξαρτισμού, έχει αναπτυχθεί ένας εμπειρικός τύπος (Σκούπας Σ., 2011) ο οποίος καθιστά εφικτό τον υπολογισμό του βάρους εξαρτισμού:

$$W_{EN} = 6.549 \cdot 10^{-2} \cdot EN + 4.101 = 36.01 t$$

4.3.2 Υπολογισμός Βάρους Bow Thruster

Στο υπό μελέτη πλοίο τοποθετείται ένα bow thruster στη γάστρα του πλοίου, με σκοπό να διευκολύνονται οι ελικτικές του ικανότητες. Σύμφωνα με εμπειρικό τύπο, ο οποίος προέκυψε από ανάλυση στοιχείων κατασκευαστών για Ε/Γ - Ο/Γ πλοία (Σκούπας Σ., 2011), μπορεί να γίνει μία αρχική εκτίμηση του βάρους του Bow Thruster συναρτήσει της ισχύος:

$$W_{BTH} = 2.200 \cdot 10^{-3} \cdot P_{BTH}^{1.131} \quad \{2\}$$

Όπου W_{BTH} σε t και P_{BTH} η ισχύς λειτουργίας του bow thruster σε kW:

$$P_{BTH} = \max \left\{ 350, \frac{L_{BP}}{0.2} \right\} = \max \left\{ 350, \frac{75}{0.2} \right\} = \max \{ 350, 375 \} = 375 \text{ kW} \quad \{3\}$$

Οπότε προκύπτει ότι $\{1\} \Rightarrow W_{BTH} = 2.2 \text{ t}$

4.3.3 Υπολογισμός Βάρους Κεντρικής Μονάδας Κλιματισμού

Η κεντρική μονάδα κλιματισμού τοποθετείται συνήθως στο ανώτερο κατάστρωμα και αποτελείται από τρεις ανεξάρτητες υπομονάδες: τη μονάδα κλιματισμού ιδιωτικών χώρων (καμπίνες), τη μονάδα κοινόχρηστων χώρων, και τη μονάδα χώρων όπου εργάζεται το πλήρωμα. Παρακάτω, παρουσιάζεται για κάθε έναν από τους παραπάνω χώρους και σύμφωνα με το επίπεδο άνεσης η παροχή αέρα ανά άτομο σε lt/s (Σκούπας Σ., 2011):

Πίνακας 4.3.1: Εναλλαγές αέρα ανά επιβάτη και επίπεδο άνεσης

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

Η συνολική παροχή αέρα που πρέπει να διατεθεί μέσω κάθε υπομονάδας υπολογίζεται ως εξής:

$$F_i = N_i \cdot f_{ij}$$

όπου F_i σε lt/s, N_i ο μέγιστος αριθμός ατόμων που μπορεί να υπάρχουν στην περιοχή $i=A,B,C$ και f_{ij} η παροχή αέρα που αντιστοιχεί στην περιοχή i και σε επίπεδο άνεσης $j=1,2,3$, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.3.1.

Έτσι με γνωστή την τιμή της παροχής αέρα, το βάρος κάθε υπομονάδας μπορεί να εκτιμηθεί από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\text{Χώροι Καμπινών:} \quad W_A = 0.000434 \cdot F_A + 0.946 \quad \{4\}$$

$$\text{Δημόσιοι Χώροι:} \quad W_B = 0.000399 \cdot F_B + 0.824 \quad \{5\}$$

$$\text{Χώροι Εργασίας Πληρώματος:} \quad W_C = 0.000208 \cdot F_C + 0.507 \quad \{6\}$$

Στους παραπάνω τύπους 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 που βρίσκονται στον εκάστοτε χώρο. Επιλέγουμε επίπεδο άνεσης "2" (το 1 είναι το μέγιστο) για όλους τους χώρους και, έτσι, ύστερα από καταμέτρηση του μέγιστου αριθμού ανθρώπων κάθε κατηγορίας και με εφαρμογή των παραπάνω τύπων, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας (Πίνακας 4.3.2):

Πίνακας 4.3.2: Βάρη υποομάδων κλιματισμού

Περιοχή	Μέγιστος Αριθμός Επιβατών	Επίπεδο Άνεσης	Παροχή Αέρα ανά Άτομο (lt/s)	Παροχή Αέρα F (lt/s)	W (t)
Χώροι Καμπινών	55	2	10	550	1.18
Δημόσιοι Χώροι	45	2	10	450	1.00
Χώροι Εργασίας Πληρώματος	22	2	10	220	0.55

Συνεπώς, για το συνολικό βάρος της μονάδας κλιματισμού θα έχουμε:

$$W_{HVAC} = W_A + W_B + W_C = 1.18 + 1.00 + 0.55 = 2.74 t$$

4.3.4 Υπολογισμός Βάρους Ενδιαίτησης

Το βάρος ενδιαίτησης W_{ACC} περιλαμβάνει τα βάρη του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στα σαλόνια αναμονής επιβατών, στις καμπίνες και γενικά σε όλους τους χώρους που ενδιαίτωνται το πλήρωμα και οι επιβάτες. 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 κ.α. Για τον υπολογισμό του βάρους ενδιαίτησης έγινε χρήση εμπειρικών συντελεστών για Ε/Γ – Ο/Γ πλοία (Σκούπας Σ., 2011), οι οποίοι παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.3.3: Συντελεστές βαρών χώρων ενδιαίτησης

Περιοχή	Συντελεστής Βάρους (t/m ²)		
	Ελάχιστο w_i^{min}	Μέγιστο w_i^{max}	Μέσος όρος w_i^{mean}
Καμπίνες Επιβατών Δίκλινες	0.0676	0.0747	0.071
Καμπίνες Αξιωματικών	0.0646	0.0714	0.068
Καμπίνες Κατώτερου Πληρώματος	0.0449	0.0496	0.047
Κοινόχρηστοι Χώροι Υγιεινής Εσωτερικοί	0.0466	0.0515	0.049
Χώροι Αναμονής (Σαλόνια)	0.0288	0.0318	0.030
Self Service	0.0565	0.0624	0.059

Το συνολικό βάρος ενδιαίτησης προσδιορίζεται από το γινόμενο των επιμέρους συντελεστών επί την επιφάνεια που καταλαμβάνει η εκάστοτε περιοχή. Για το υπό μελέτη πλοίο, ο υπολογισμός προκύπτει από το γινόμενο της επιμέρους επιφάνειας με το μέσο όρο της μέγιστης και ελάχιστης τιμής του συντελεστή:

$$W_{ACC} = \sum_i w_i^{mean} \cdot A_i \quad \{7\}$$

Μετρώντας τις απαιτούμενες επιφάνειες μέσω του Σχεδίου Γενικής Διάταξης του υπό μελέτη πλοίου, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας. Σημειώνεται ότι όλες οι καμπίνες των επιστημόνων για τους προκειμένους υπολογισμούς έχουν θεωρηθεί δίκλινες:

Πίνακας 4.3.4: Υπολογισμός βάρους χώρων ενδιαίτησης

Περιοχή	Συντελεστής Βάρους (t/m ²)	Επιφάνεια Περιοχής (m ²)	Βάρος Περιοχής (t)
Καμπίνες Επιβατών Δίκλινες	0.07115	423.77	30.15
Καμπίνες Αξιωματικών	0.068	265.20	18.03
Καμπίνες Κατώτερου Πληρώματος	0.04725	154.41	7.30
Κοινόχρηστοι Χώροι Υγιεινής Εσωτερικοί	0.04905	22.21	1.09
Χώροι Αναμονής (Σαλόνια)	0.0303	173.65	5.26
Self Service	0.05945	11.73	0.70
W_{ACC}			62.53

4.3.5 Υπολογισμός Βάρους Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού

Το βάρος του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού εκτιμάται προσεγγιστικά μέσω συντελεστών βάρους, επί τη συνολική επιφάνεια των χώρων ενδιαίτησης (A_{ACC}) και των εργαστηριακών χώρων (A_{LAB}). Οι συντελεστές βάρους προκύπτουν από την μελέτη για Ε/Γ – Ο/Γ (Σκούπας Σ., 2011), θεωρώντας ότι οι χώροι εργαστηρίων έχουν τις ίδιες απαιτήσεις σε εξοπλισμό με τους χώρους ενδιαίτησης. Στην τιμή που βρίσκεται, καθώς αναφερόμαστε σε πλοίο ειδικού προορισμού, γίνεται μια προσαύξηση της τάξης των 30 t. Έτσι, γίνεται υπολογισμός της ακόλουθης εξίσωσης:

$$W_{EL} = 0.02 \cdot (A_{ACC} + A_{LAB}) + 30 \quad \{8\}$$

Τα εμβαδά των επιφανειών που χρειάζονται για τους υπολογισμούς προκύπτουν από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης. Συγκεκριμένα, έχουμε:

$$A_{ACC} = 1050.97 \text{ m}^2$$

$$A_{LAB} = 179.51 \text{ m}^2$$

Οπότε:

$$\{8\} \Rightarrow W_{EL} = 54.61 \text{ t}$$

4.3.6 Υπολογισμός Βάρους Ηλεκτρικού Δικτύου

Το βάρος του ηλεκτρικού δικτύου εκτιμάται προσεγγιστικά μέσω συντελεστών βάρους, επί τη συνολική επιφάνεια των χώρων ενδιαίτησης (A_{ACC}) και των εργαστηριακών χώρων (A_{LAB}). Οι συντελεστές βάρους προκύπτουν από την μελέτη για Ε/Γ – Ο/Γ (Σκούπας Σ., 2011), θεωρώντας ότι οι χώροι εργαστηρίων έχουν τις ίδιες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια με τους χώρους ενδιαίτησης. Συνεπώς, γίνεται υπολογισμός της ακόλουθης εξίσωσης:

$$W_{PP} = 0.03 \cdot (A_{ACC} + A_{LAB}) \quad \{9\}$$

Με τις επιφάνειες των χώρων ενδιαίτησης και εργαστηρίων ορισμένες από την προηγούμενη παράγραφο, προκύπτει:

$$\{9\} \Rightarrow W_{PP} = 36.91t$$

4.3.7 Υπολογισμός Βάρους Ωκεανογραφικού Εξοπλισμού – Εξοπλισμού Καταστρώματος

Τα βάρη του ωκεανογραφικού εξοπλισμού και του εξοπλισμού πάνω στα ελεύθερα καταστρώματα, ορίστηκαν κατά προσέγγιση σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 4.3.5):

Πίνακας 4.3.5: Υπολογισμός βάρους ωκεανογραφικού εξοπλισμού – εξοπλισμού καταστρώματος

Βάρη Ωκεανογραφικού Εξοπλισμού Καταστρώματος (t)		
Μεγάλα Βαρούλκα	$W_{win-lar}$	20
Μικρά Βαρούλκα	W_{win-sm}	5
Γερανός A Frame (Πρύμνη)	W_{pfr}	15
Γερανός A Frame (Port)	W_{Afr}	3
Γερανός	W_{crane}	10
Λοιπός εξοπλισμός	W_{other}	15
	W_{DECK}	68

4.3.8 Υπολογισμός Λοιπών Βαρών Εξοπλισμού

Ως λοιπά βάρη νοούνται όλα εκείνα τα βάρη τα οποία δεν έχουν προσδιοριστεί μέσω της παραπάνω διαδικασίας. Η συνολική τιμή τους προσδιορίζεται ως ποσοστό της τάξης του 5% επί του αθροίσματος των υπόλοιπων ομάδων βαρών, για να ληφθεί υπ' όψη ένα περιθώριο λάθους:

$$W_{RV} = 0.05 \cdot (W_{EN} + W_{BTH} + W_{HVAC} + W_{ACC} + W_{EL} + W_{PP} + W_{DECK}) = 13.15 t$$

4.3.9 Υπολογισμός Συνολικού Βάρους Εξοπλισμού

Βάσει των ανωτέρων παραγράφων (4.3.1 – 4.3.8), είναι δυνατός ο υπολογισμός του συνολικού βάρους εξοπλισμού του πλοίου, όπως παρατίθεται και στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.3.6):

Πίνακας 4.3.6: Υπολογισμός συνολικού βάρους εξοπλισμού

TYPE	OUTFIT WEIGHT (t)
W_{EN}	36.01
W_{BTH}	2.2
W_{HVAC}	2.74
W_{ACC}	62.53
W_{EL}	54.61
W_{PP}	36.91
W_{DECK}	68
W_{RV}	13.15
W_{OUT}	276.15

Το κατακόρυφο κέντρο βάρους KG και το διάμηκες κέντρο βάρους LCG για το συνολικό βάρος του εξοπλισμού του πλοίου προκύπτει από τους εμπειρικούς συντελεστές KG/D και LCG/L_{BP}, αντίστοιχα, για μικρό επιβατηγό σκάφος (Παπανικολάου Α., Αναστασόπουλος Κ., “Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου / Συλλογή Βοηθημάτων”, Σελίδα 101-2). Κατά συνέπεια, το βάρος και τα κέντρα βαρών της μηχανολογικής εγκατάστασης συνοψίζονται στον Πίνακα 4.3.7:

Πίνακας 4.3.7: Υπολογισμός βάρους και κέντρων βαρών εξοπλισμού

OUTFIT WEIGHT							
TYPE	WEIGHT (tn)	KG/D	KG (m)	MT (t*m)	LCG/L _{BP}	LCG (m)	ML (t*m)
W_{OUT}	276.15	0.9	5.85	1615.49	0.53	39.75	10977.06

4.4 Υπολογισμός Βάρους Κενού Σκάφους

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 4.4.1), παρατίθενται όλες οι ομάδες βάρους που συνθέτουν το Lightship του πλοίου κι έχουν αναλυθεί στις προηγούμενες παραγράφους. Καθώς δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για το συγκεκριμένο τύπο πλοίου, αναμένεται η εκτίμηση του βάρους του άφορτου σκάφους στο αρχικό αυτό, στάδιο της μελέτης να απέχει από την πραγματική. Κατά συνέπεια, για τη συνέχεια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, το συνολικό βάρος του άφορτου πλοίου προσαυξήθηκε κατά ποσοστό της τάξης του 20%, για να καλύπτονται επαρκώς τα περιθώρια λάθους.

Πίνακας 4.4.1: Υπολογισμός συνολικού βάρους άφορτου σκάφους. Το τελικό W_{LS} προκύπτει από την προσαύξηση του LS κατά 20%.

LIGHTSHIP WEIGHT					
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	ML (t*m)	KG (m)	MT (t*m)
<i>W_{ST}</i>	762.79	40.11	30597.30	5.67	4323.70
<i>W_M</i>	151.60	4.67	708.00	3.25	492.70
<i>W_{OUT}</i>	276.15	39.75	10977.06	5.85	1615.49
<i>LS</i>	1190.54	35.52	42282.36	5.40	6431.89
W_{LS}	1428.65	35.52		5.40	

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΦΟΡΤΩΣΗΣ

Στο Κεφάλαιο αυτό, θα γίνει ο υπολογισμός του πρόσθετου βάρους του πλοίου, λαμβάνοντας υπ' όψη τις επιμέρους ομάδες που το συνθέτουν. Στη συνέχεια, έχοντας γνωστά όλα τα βάρη που απαρτίζουν το υπό μελέτη πλοίο, θα γίνει ο προσδιορισμός διαφόρων καταστάσεων φόρτωσης, με παράθεση των αποτελεσμάτων του, όπως αυτά προέκυψαν από το υπολογιστικό πρόγραμμα NAPA.

5.1 Ανάλυση Πρόσθετου Βάρους

Για τον υπολογισμό του πρόσθετου βάρους του πλοίου (Deadweight), θα πρέπει να γίνει ανάλυση των επιμέρους κατηγοριών του. Για την εκτέλεση των υπολογισμών, θεωρήθηκε αυτονομία πλοίου για 15 ημέρες, η οποία, σε επόμενο στάδιο της μελέτης, δύναται να αλλάξει.

Όπως έχει αναφερθεί και στο Κεφάλαιο 4, για την πρόωση του πλοίου έχει επιλεγεί σύστημα ηλεκτρογεννητριών (3 σε λειτουργία και μίας εφεδρικής) L16/24 της εταιρίας MAN B&W, 7 κυλίνδρων. Όπως αναφέρεται και στο Project Guide, για κάθε ηλεκτρογεννήτρια, η κατανάλωση καυσίμου (F.O.) ισούται με $b_{F.O.} = 195 \text{ g/kWh}$, ενώ η κατανάλωση λιπαντικού ελαίου με $b_{L.O.} = 0.6 \text{ g/kWh}$.

Κατά συνέπεια, με βάση τα παραπάνω στοιχεία, είναι εφικτός ο υπολογισμός των επιμέρους ομάδων που συνθέτουν το πρόσθετο βάρος του πλοίου. Οι ομάδες βαρών αυτές, αναφέρονται επιγραμματικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1.1):

Πίνακας 5.1.1: Κατηγορίες πρόσθετου βάρους (Deadweight)

Συμβολισμός	Επεξήγηση
$W_{F.O.}$	Βάρος καυσίμων (H.F.O.) ηλεκτρογεννητριών
$W_{D.O.}$	Βάρος καυσίμων (M.D.O.) ηλεκτρογεννητριών
$W_{L.O.}$	Βάρος λιπαντικών
$W_{F.W.}$	Βάρος γλυκού νερού
$W_{B.W.}$	Βάρος έρματος
$W_{CR.SC.}$	Βάρος πληρώματος κι επιστημόνων
W_{PR}	Βάρος εφοδίων
W_{CONT}	Βάρος εμπορευματοκιβωτίων

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό των προαναφερθέντων ομάδων ήταν αρχικά, να υπολογιστούν σύμφωνα με τους τύπους που ορίζονται στο βιβλίο "Μελέτη Πλοίου" (Παπανικολάου Α., 2009), έτσι ώστε να δοθεί μία αρχική εκτίμηση για το μέγεθος των δεξαμενών και των χώρων στους οποίους θα τοποθετηθούν. Στη συνέχεια, μετά τον προσδιορισμό της διάταξης του πλοίου, τα απαραίτητα στοιχεία εισήχθησαν στο υπολογιστικό πρόγραμμα NAPA, στο οποίο, τελικά, ελέγχθηκαν οι διάφορες καταστάσεις φόρτωσης του πλοίου, όπως θα παρουσιαστεί στην επόμενη παράγραφο.

Βάρος καυσίμων (H.F.O. και M.D.O)

Το βάρος των καυσίμων (heavy fuel oil και marine diesel oil) υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$W_{F.O.-D.O.} = 4 \cdot P \cdot b \cdot t_s \cdot C \cdot 10^{-6} \quad \{1\}$$

Όπου

$W_{F.O.-D.O.}$ το βάρος των καυσίμων σε t

$P = 665 \cdot 0.85 = 565.25 \text{ kW}$ η ισχύς της κάθε ηλεκτρογεννήτριας στο 0.85 του MCR

$b = 195 \text{ gr/ kWh}$ η ειδική κατανάλωση καυσίμου

$t_s = 15 \text{ days} \cdot 24 \text{ h} = 360 \text{ h}$ ο χρόνος λειτουργίας των μηχανών σε h

$C = 1.3$ εφεδρεία δεξαμενών σε περίπτωση ανάγκης

Συνεπώς, το συνολικό βάρος των δεξαμενών των καυσίμων heavy fuel oil και marine diesel oil ισούται με:

$$\{1\} \Rightarrow W_{F.O.-D.O.} = 4 \cdot 565.25 \cdot 195 \cdot 360 \cdot 1.3 \cdot 10^{-6} = 206.34 \text{ t}$$

Παρακάτω ακολουθεί η διάταξη των δεξαμενών, όπως αυτές εισήχθησαν στο πρόγραμμα NAPA (Πίνακες 5.1.2 και 5.1.3). Είναι σαφές ότι η χωρητικότητα των δεξαμενών καλύπτει τους προκαταρκτικούς υπολογισμούς που προηγήθηκαν παραπάνω. Σημειώνεται πως στους πίνακες που ακολουθούν, τα βάρη και τα κέντρα τους αναφέρονται σε δεξαμενές που είναι γεμισμένες στο 100%, αλλά, για την εκάστοτε κατάσταση φόρτωσης, τα νούμερα αυτά ενδέχεται να υποστούν μικρές αλλαγές.

Πίνακας 5.1.2: Βάρος και κέντρα βαρών H.F.O., όπως υπολογίσθηκαν από το NAPA

Name		Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	F.S.M.
Heavy Fuel Oil, RHO=0.940						
HFO 1	HFO Storage	19.0	58.76	0	1.97	62.86
HFO 2P	HFO Storage	41.2	13.34	1.80	2.74	0.00
HFO 2S	HFO Storage	41.2	13.34	-1.80	2.74	0.00
HFO 3P	HFO Storage	25.0	6.49	1.59	3.07	0.00
HFO 3S	HFO Storage	25.0	6.49	-1.59	3.07	0.00
HFO SET1	HFO Settling	4.8	30.38	4.55	1.96	0.00
HFO SET2	HFO Settling	4.8	30.38	3.25	1.96	0.00
HFO SER1	HFO Service	4.8	18.00	1.15	2.17	0.00
HFO SER2	HFO Service	5.3	18.00	3.55	2.17	0.00
W_{F.O.}	Total HFO	170.9	17.62	0.36	2.67	62.86

Πίνακας 5.1.3: Βάρος και κέντρα βαρών M.D.O., όπως υπολογίσθηκαν από το NAPA

Name		Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	F.S.M.
Diesel Oil, RHO=0.860						
MDO STOR1	MDO Storage	15.0	34.80	2.60	1.91	0.00
MDO STOR2	MDO Storage	8.9	34.80	-1.48	1.91	0.00
MDO SET1	MDO Settling	4.4	30.38	1.95	1.96	0.00
MDO SERV1	MDO Service	5.2	27.90	-1.80	2.17	0.00
MDO SERV2	MDO Service	4.4	27.90	1.48	2.17	0.00
W_{D.O.}	Total MDO	37.9	32.56	1.55	1.98	0.00

Βάρος λιπαντικών (L.O.)

Το βάρος των λιπαντικών (lubricating oil) υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$W_{L.O.} = 4 \cdot P \cdot b \cdot t_s \cdot C \cdot 10^{-6} \quad \{2\}$$

Όπου

$W_{L.O.}$ το βάρος των λιπαντικών σε t

$P = 665 \cdot 0.85 = 565.25 \text{ kW}$ η ισχύς της κάθε ηλεκτρογεννήτριας στο 0.85 του MCR

$b = 0.6 \text{ gr/kWh}$ η ειδική κατανάλωση καυσίμου

$t_s = 15 \text{ days} \cdot 24 \text{ h} = 360 \text{ h}$ ο χρόνος λειτουργίας των μηχανών σε h

$C = 1.3$ εφεδρεία δεξαμενών σε περίπτωση ανάγκης

Συνεπώς, το συνολικό βάρος των δεξαμενών των λιπαντικών ισούται με:

$$\{2\} \Rightarrow W_{L.O.} = 4 \cdot 565.25 \cdot 0.6 \cdot 360 \cdot 1.3 \cdot 10^{-6} = 0.75 \text{ t}$$

Παρακάτω ακολουθεί η διάταξη των δεξαμενών, όπως αυτές εισήχθησαν στο πρόγραμμα NAPA (Πίνακας 5.1.4). Να σημειωθεί ότι δεξαμενές λιπαντικών δεν αδειάζουν στο τέλος του ταξιδιού, καθώς υπάρχει μια κυκλική ροή του υγρού στα διάφορα μηχανήματα. Συνεπώς, οι δεξαμενές λιπαντικών θα έχουν πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από την απαιτούμενη ποσότητα που βρήκαμε.

Πίνακας 5.1.4: Βάρος και κέντρα βαρών L.O., όπως υπολογίσθηκαν από το NAPA

Name		Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	F.S.M.
Lubricating Oil, RHO=0.900						
LO STOR1	LO Storage	4.6	30.38	0.65	1.96	0.00
LO SUMP 1P	LO Sump	0.6	23.45	3.84	0.87	0.00
LO SUMP 1S	LO Sump	0.6	23.45	-3.84	0.87	0.00
LO SUMP 2P	LO Sump	0.7	23.42	1.65	0.82	0.00
LO SUMP 2S	LO Sump	0.7	23.42	-1.65	0.82	0.00
W_{L.O.}	Total LO	7.2	26.95	-0.08	1.30	0.00

Βάρος γλυκού νερού (F.W.)

Η ποσότητα του γλυκού νερού (fresh water) που καταναλώνεται σε διάρκεια 15 ημερών (360 hours) από το πλήρωμα και τους επιστήμονες (συνολικά 55 άτομα), καθορίζεται ως εξής:

- Η κατανάλωση του πόσιμου νερού ορίζεται στα $10 \text{ kg/ανθρωποημέρα}$, οπότε

$$W_{F.W.-DR} = 10 \cdot 55 \cdot \frac{15}{1000} = 8.25 \text{ t}$$

- Η κατανάλωση του νερού καθαριότητας, ελλείψει συντελεστών ορίζεται ως

$$W_{F.W.-CL} = 50 \text{ t}$$

Κατά συνέπεια, το βάρος του γλυκού νερού συνολικά ισούται με:

$$W_{F.W.} = 50 + 8.25 = 58.25 \text{ t}$$

Παρακάτω ακολουθεί η διάταξη των δεξαμενών, όπως αυτές εισήχθησαν στο πρόγραμμα NAPA (Πίνακας 5.1.5). Είναι σαφές ότι η χωρητικότητα των δεξαμενών καλύπτει τους προκαταρκτικούς υπολογισμούς που προηγήθηκαν παραπάνω. Σημειώνεται πως στους πίνακες που ακολουθούν, τα βάρη και τα κέντρα τους αναφέρονται σε δεξαμενές που είναι γεμισμένες στο 100%, αλλά, για την εκάστοτε κατάσταση φόρτωσης, τα νούμερα αυτά ενδέχεται να υποστούν μικρές αλλαγές.

Πίνακας 5.1.5: Βάρος και κέντρα βαρών F.W., όπως υπολογίσθηκαν από το NAPA

Name		Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	F.S.M.
Fresh Water, RHO=1.000						
FW 1P	FW Tank	36.3	45.96	3.57	2.15	0.00
FW 1S	FW Tank	36.3	45.96	-3.57	2.15	0.00
FW 1C	FW Tank	56.0	65.44	0.00	2.56	68.21
W_{L.O.}	Total LO	128.5	54.44	0.00	2.33	68.21

Βάρος πληρώματος κι επιστημόνων (CR-SC)

Για το σύνολο των επιστημόνων και του πληρώματος (55 άτομα), θεωρήθηκε κατά μέσο όρο βάρος 135 kg/άτομο , μαζί με τις αποσκευές, οπότε:

$$W_{CR-SC} = 135 \cdot \frac{55}{1000} = 7.425 \text{ t}$$

Βάρος εφοδίων (PR)

Για το σύνολο των επιστημόνων και του πληρώματος (55 άτομα), για 15 ημέρες, θεωρήθηκε κατά μέσο όρο βάρος εφοδίων $8 \text{ kg/ανθρωποημέρα}$, οπότε:

$$W_{PR} = 8 \cdot \frac{55}{1000} \cdot 15 = 6.6 \text{ t}$$

Βάρος containers (Cont)

Στο βάρος του υπό μελέτη πλοίου συνυπολογίζεται και το βάρος 2 εμπορευματοκιβωτίων 20', τα οποία τοποθετούνται στο ανοιχτό κατάστρωμα του Upper Deck.

$$W_{Cont} = 44.1 t$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλα τα σταθερά βάρη που υπολογίστηκαν ανωτέρω (πλήρωμα κι επιστήμονες / εφόδια / containers), όπως αυτά εισήχθησαν στο πρόγραμμα NAPA (Πίνακας 5.1.6).

Πίνακας 5.1.6: Βάρος και κέντρα βαρών Crew&Scientists, Provisions, Containers, όπως υπολογίστηκαν από το NAPA

Name		Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	F.S.M.
Πλήρωμα κι Επιστήμονες						
CREW 1	Crew in E/R	0.5	26.40	0.00	5.10	0.00
CREW 2	Crew in Galley	0.2	65.42	0.00	7.90	0.00
CREW 3	Crew in Open Dk	0.2	30.00	0.00	10.70	0.00
CREW 4	Crew in Wheelh.	0.2	47.90	0.00	16.30	0.00
CREW 5	Crew in Main Dk	0.9	37.50	0.00	7.90	0.00
SCIE 1	Scient. in Lower Dk	1.4	38.40	0.00	7.90	0.00
SCIE 2	Scient. in Main Dk	0.3	53.44	0.00	5.10	0.00
SCIE 3	Scient. in Upper Dk	0.4	56.40	0.00	10.70	0.00
LUG LD	Luggage in Lower Dk	1.8	46.94	0.00	5.10	0.00
LUG MD	Luggage in Main Dk	0.1	31.20	0.00	7.90	0.00
LUG UD	Luggage in Upper Dk	0.9	55.92	0.00	10.70	0.00
LUG AD	Luggage in A Dk	0.5	54.00	0.00	13.50	0.00
W_{CR-SC}	Total	7.4	44.99	0.00	8.089	0.00
Εφόδια						
PROV	Provisions	6.6	28.17	0.00	5.09	0.00
W_{PR}	Total	6.6	28.17	0.00	5.09	0.00
Containers						
CONTRS	Containers	44.1	30.00	0.00	10.61	0.00
W_{Cont}	Total	44.1	30.00	0.00	10.61	0.00
W_{ST.W}	Total W_{CR-SC}, W_{PR}, W_{Cont}	58.1	31.70	0.00	9.66	0.00

5.2 Προσδιορισμός Καταστάσεων Φόρτωσης

Ο προσδιορισμός των καταστάσεων φόρτωσης πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του προγράμματος NAPA. Εισάγοντας τη γάστρα παρόμοιου σκάφους, σχεδιάστηκε η διάταξη του πλοίου, έγινε ο ορισμός των διαμερισμάτων και στη συνέχεια, εισήχθησαν τα απαραίτητα βάρη για τον υπολογισμό των διάφορων καταστάσεων φόρτωσης.

Για τη λειτουργία του υπό μελέτη πλοίου επιλέχθηκαν οι παρακάτω καταστάσεις φόρτωσης, των οποίων η περιγραφή παρατίθεται στο Παράρτημα Γ:

- Normal Load Departure
- Normal Load Arrival

Παρακάτω, παρουσιάζονται οι συγκεντρωτικοί πίνακες βαρών και τα αποτελέσματα που προέκυψαν στο Normal Load Departure και Normal Load Arrival του υπό μελέτη πλοίου (Πίνακες 5.2.1 – 5.2.4).

Πίνακας 5.2.1: Συγκεντρωτικός πίνακας βαρών σκάφους στο Normal Load Departure

Normal Load Departure					
Name	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	F.S.M.
DWT	358.8	33.54	0.27	3.34	137.9
LS	1430.0	35.52	0.00	5.40	0.00
Δ	1788.8	35.12	0.05	4.99	137.9

Πίνακας 5.2.2: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA στο Normal Load Departure

Normal Load Departure	
Draught Moulded	3.024 m
Trim	-0.039 m
Heel	(PS) +1.0 deg
T _A	3.043 m
T _F	3.005 m
Trimming Moment	-132 ton-m
KM	8.04 m
KG	4.99 m
GM ₀	3.05 m
GM _{CORR}	-0.08 m
GM	2.97 m

Πίνακας 5.2.3: Συγκεντρωτικός πίνακας βαρών σκάφους στο Normal Load Arrival

Normal Load Arrival					
Name	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	F.S.M.
DWT	567.5	32.37	0.01	2.41	188.2
LS	1430.0	35.52	0.00	5.40	0.00
Δ	1997.5	34.63	0.05	4.55	188.2

Πίνακας 5.2.4: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA στο Normal Load Arrival

Normal Load Arrival	
Draught Moulded	3.264 m
Trim	-0.099 m
Heel	(PS) +0.1 deg
T _A	3.314 m
T _F	3.214 m
Trimming Moment	-424 ton-m
KM	8.09 m
KG	4.55 m
GM ₀	3.54 m
GM _{CORR}	-0.09 m
GM	3.44 m

6. ΜΕΛΕΤΗ ΑΘΙΚΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΛΑΒΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί έλεγχος των κριτηρίων άθικτης ευστάθειας και ευστάθειας μετά από βλάβη για τις καταστάσεις φόρτωσης που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος NAPA και τα εξαγόμενα αποτελέσματα του ελέγχου παρατίθενται παρακάτω.

6.1 Μελέτη Άθικτης Ευστάθειας

Οι διάφοροι χειρισμοί του πλοίου, η κατανάλωση καυσίμων και πόσιμου ύδατος, η ποσότητα του μεταφερόμενου φορτίου, η πλήρωση ή εκκένωση θαλάσσιου έρματος κ.λ.π. είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ευστάθεια του πλοίου. Η γνώση της ευστάθειας του πλοίου θεωρείται ζωτικής σημασίας, αφού από αυτήν εξαρτάται ο κίνδυνος ανατροπής του πλοίου.

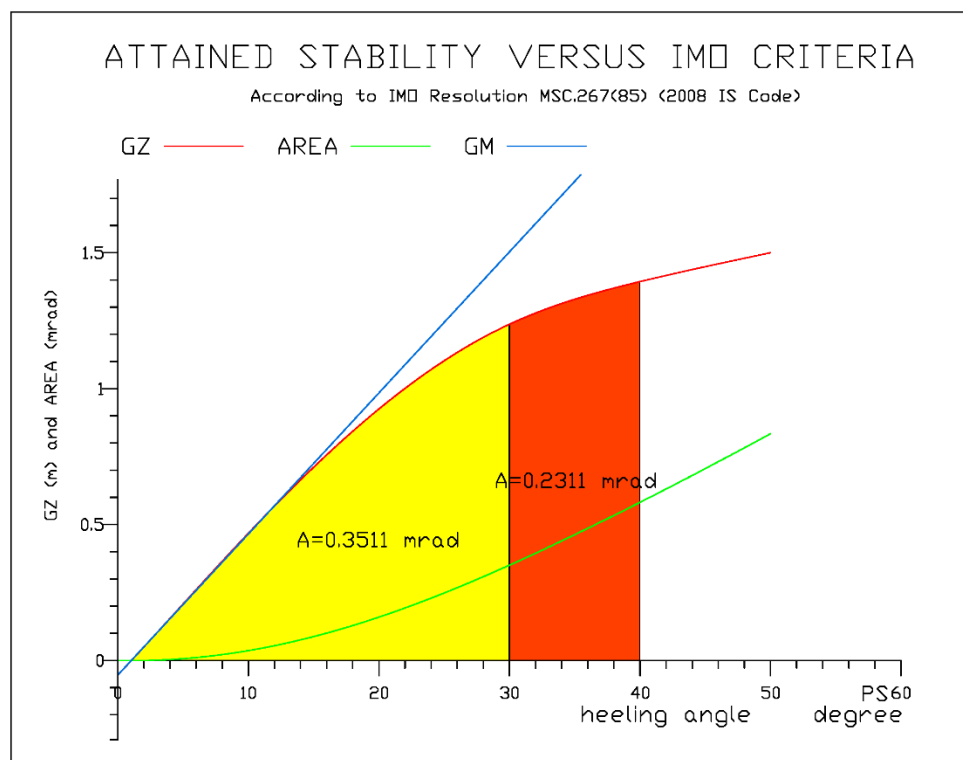
Ο έλεγχος των κριτηρίων άθικτης ευστάθειας (Intact Stability) πραγματοποιείται σύμφωνα με τους ορισμούς των σχετικών κανονισμών του IMO (*IMO Res. A.749 (18), Chapter 3*), για τις καταστάσεις φόρτωσης Normal Load Departure και Normal Load Arrival που ορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στη μελέτη της άθικτης ευστάθειας χρησιμοποιήθηκαν και ειδικά κριτήρια που αφορούν αμιγώς επιβατηγά πλοία, αφενός γιατί ο τύπος του υπό μελέτη πλοίου μοιάζει με αυτόν ενός επιβατηγού κι αφετέρου, για αυστηρότερο έλεγχο των κριτηρίων ευστάθειας. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν αναλύονται στους πίνακες 6.1.1 και 6.1.2.

Πίνακας 6.1.1: Αποτελέσματα ελέγχου κριτηρίων άθικτης ευστάθειας για την κατάσταση φόρτωσης Normal Load Departure, στο πρόγραμμα NAPA

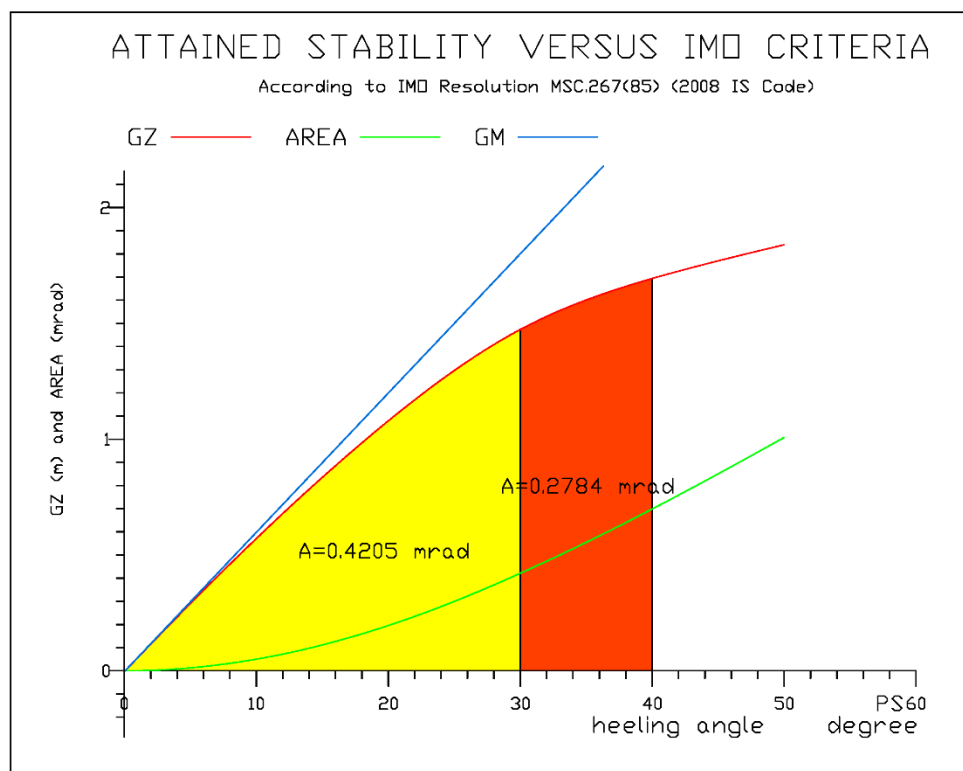
IMO 749 INTACT STABILITY CRITERIA		
Normal Load Departure		
Criteria	Limit	Value
Area under GZ curve up to 30 degrees	>0.055 mrad	0.351 mrad
Area under GZ curve up to 40 degrees	>0.09 mrad	0.582 mrad
Area under GZ curve between 30 & 40 degrees	>0.03 mrad	0.231 mrad
Minimum GZ (at an angle of heel ≥ 30 deg)	>0.2 m	1.5 m
Maximum GZ to be at an angle >25 deg	>25 deg	50 deg
Initial GM ₀ to be >0.15 m	>0.15 m	2.974 m
IMO Weather Criterion	>1	2.539
Heeling angle due to steady wind	<16 deg	2.151 deg
Maximum heel due to crowding of passengers	<10 deg	1.353 deg
Maximum heel due to turning	<10 deg	1.787 deg

Πίνακας 6.1.2: Αποτελέσματα ελέγχου κριτηρίων άθικτης ευστάθειας για την κατάσταση φόρτωσης Normal Load Arrival, στο πρόγραμμα NAPA

IMO 749 INTACT STABILITY CRITERIA		
Normal Load Arrival		
Criteria	Limit	Value
Area under GZ curve up to 30 degrees	>0.055 mrad	0.420 mrad
Area under GZ curve up to 40 degrees	>0.09 mrad	0.699 mrad
Area under GZ curve between 30 & 40 degrees	>0.03 mrad	0.278 mrad
Minimum GZ (at an angle of heel ≥ 30 deg)	>0.2 m	1.839 m
Maximum GZ to be at an angle >25 deg	>25 deg	50 deg
Initial GM ₀ to be >0.15 m	>0.15 m	3.444 m
IMO Weather Criterion	>1	3.101
Heeling angle due to steady wind	<16 deg	0.891 deg
Maximum heel due to crowding of passengers	<10 deg	0.304 deg
Maximum heel due to turning	<10 deg	0.609 deg



Σχήμα 6.1.1: Αποτελέσματα ελέγχου κριτηρίων άθικτης ευστάθειας για την κατάσταση φόρτωσης Normal Load Departure, στο πρόγραμμα NAPA



Σχήμα 6.1.2: Αποτελέσματα ελέγχου κριτηρίων άδικτης ευστάθειας για την κατάσταση φόρτωσης Normal Load Arrival, στο πρόγραμμα NAPA

6.2 Μελέτη Ευστάθειας μετά από Βλάβη

Η μελέτη της ευστάθειας μετά από βλάβη (Damage Stability) πραγματοποιείται βάσει των απαιτήσεων της SOLAS (MSC. Res. 216(82)) και του IMO (Res. A 534(13)). Ο έλεγχος των απαιτήσεων αυτών πραγματοποιείται με τη χρήση του προγράμματος NAPA.

Το πιθανοτικό μοντέλο της ευστάθειας μετά από βλάβη βασίζεται σε στατιστικά δεδομένα που αφορούν το τι πραγματικά συμβαίνει κατά την πρόσκρουση των πλοίων, λαμβάνοντας υπ' όψη την κατάσταση της θάλασσας και τις καιρικές συνθήκες, την έκταση και την θέση της βλάβης, την ταχύτητα και πορεία του πλοίου, κι αν τελικά το πλοίο επέζησε ή βυθίστηκε.

Η μελέτη εστιάζει στην εκτίμηση της πιθανότητας του πλοίου να παραμείνει στην επιφάνεια, χωρίς να βυθιστεί ή να ανατραπεί ως αποτέλεσμα μίας τυχαίας σύγκρουσης σε μία δοθείσα διαμήκη θέση του.

Με τον υπολογισμό της πιθανότητας του περιστατικού για κάθε σενάριο βλάβης, και μετά της πιθανότητας επιβίωσης για κάθε ένα από αυτά τα σενάρια, μπορεί να γίνει η εκτίμηση της συνολικής πιθανότητας επιβίωσης του πλοίου μετά από βλάβη. Αυτή ορίζεται ως "Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης" ("Attained Subdivision Index"), A.

Ορίζοντας μία ελάχιστη τιμή για το A, δημιουργείται μια απαίτηση για το υπό μελέτη πλοίο. Η ελάχιστη αυτή τιμή ισούται με τον "Απαιτούμενο Δείκτη Υποδιαίρεσης" ("Required Subdivision Index"), R, που υπολογίζεται από τύπο που βασίζεται στο μήκος του πλοίου και στον αριθμό των επιβαιόντων. Κατά συνέπεια, για να θεωρείται ένα πλοίο ασφαλές, θα πρέπει να ισχύει η ανισότητα $A \geq R$.

6.2.1 Απαιτούμενος Δείκτης Υποδιαίρεσης (R)

Ο Απαιτούμενος Δείκτης Υποδιαίρεσης R για το υπό μελέτη πλοίο, υπολογίστηκε για δύο περιπτώσεις, με τη θεώρηση ότι ανήκει στην κατηγορία των επιβατηγών πλοίων, και με τη θεώρηση ότι βρίσκεται στην κατηγορία των Special Purpose Ships. Συνεπώς, οι υπολογισμοί βασίστηκαν στο εδάφιο της SOLAS 2013 (*SOLAS 74/78 Chapter II-1, Part B Subdivision and Stability, Reg. 6*) και του SPS Code (*IMO Resolution A. 534(13), Chapter 2 Stability and Subdivision, Reg. 2.2*), για τις 2 περιπτώσεις αντίστοιχα.

Ο κανονισμός της SOLAS 2013 στην περίπτωση των επιβατηγών πλοίων ορίζει τον R:

$$R_{PASS} = 1 - \frac{5000}{L_S + 2.5N + 15225}$$

Όπου,

$$N = N_1 + 2 \cdot N_2, \text{ με}$$

$N_1 = 0$, ο αριθμός των ατόμων για τους οποίους παρέχονται σωστικές λέμβοι

$N_2 = 55$, ο αριθμός των ατόμων (συνυπολογιζομένων αξιωματικών και πληρώματος) οι οποίοι επιτρέπεται να επιβαίνουν στο πλοίο επιπρόσθετα του N_1

Σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτει $R_{PASS} = 0.6791$.

Αντίστοιχα, ο κανονισμός του IMO στην περίπτωση των Special Purpose Ships ορίζει τον R:

1. Εάν ο αριθμός του ειδικού προσωπικού είναι μεγαλύτερος από 200 άτομα, ή ο συνολικός αριθμός των επιβαινόντων είναι μεγαλύτερος από 240 άτομα, τότε $R_{SPS} = R_{PASS}$
2. Εάν ο αριθμός του ειδικού προσωπικού είναι μικρότερος από 50 άτομα, ή ο συνολικός αριθμός των επιβαινόντων είναι μικρότερος από 60 άτομα, τότε $R_{SPS} = 0.8 \cdot R_{PASS}$
3. Σε ενδιάμεσες τιμές, το R_{SPS} καθορίζεται από γραμμική παρεμβολή.

Το υπό μελέτη πλοίο υπάγεται στην περίπτωση 2, οπότε $R_{SPS} = 0.8 \cdot R_{PASS} = 0.5433$.

6.2.2 Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης (A)

Για τον υπολογισμό του Επιτευχθέντα Δείκτη Υποδιαίρεσης A, σύμφωνα με τους κανονισμούς της SOLAS 2013, πρέπει να καθοριστούν 3 καταστάσεις φόρτωσης:

1. Deepest Subdivision Draught (D_S): είναι η ίσαλος γραμμή που αντιστοιχεί στην γραμμή φόρτωσης θέρους του πλοίου.
2. Light Service Draught (D_L): είναι το βύθισμα υπηρεσίας που αντιστοιχεί στη μικρότερη φόρτωση του πλοίου, μαζί με το έρμα που απαιτείται για την επίτευξη του απαιτούμενου βυθίσματος και της ευστάθειας.
3. Partial Subdivision Draught (D_P): προκύπτει από την D_L , προσαυξημένη κατά 60% της διαφοράς μεταξύ των D_L και D_S .

Για το υπό μελέτη πλοίο, για τον προσδιορισμό του D_S ορίζεται η κατάσταση φόρτωσης όπου:

- Οι δεξαμενές HFO είναι γεμάτες στο 100%, εκτός από τις HFO3 (P&S) που είναι γεμάτες στο 73%.
- Οι δεξαμενές MDO είναι γεμάτες στο 100%.

- Οι δεξαμενές Fresh Water στο port και Fresh Water στο starboard φορτώνονται κατά 82.3% και 90.8% της χωρητικότητάς τους, αντίστοιχα, ενώ η πρωραία δεξαμενή Fresh Water κατά 58.5% της χωρητικότητάς της.
- Οι Heeling Tanks έχουν πληρωθεί στο 30% της χωρητικότητάς τους.

Τα αποτελέσματα των υδροστατικών υπολογισμών που εκτελέστηκαν από το πρόγραμμα NAPA για τη συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 6.2.1):

Πίνακας 6.2.1: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA για την κατάσταση φόρτωσης D_S

Deepest Subdivision Draught (D_S) Loading Condition	
Draught Moulded	3.027 m
Trim	-0.002 m
Heel	(PS) +0.9 deg
T_A	3.028 m
T_F	3.026 m
Trimming Moment	-8 ton-m
KM	8.01 m
KG	4.99 m
GM_0	3.03 m
GM_{CORR}	-0.08 m
GM	2.95 m

Για τον προσδιορισμό του D_L , ορίζεται κατάσταση φόρτωσης όμοια με τη Normal Load Arrival που ορίστηκε στο Κεφάλαιο 5, με τη διαφορά ότι εκκενώνονται όλες οι ballast tanks, εκτός από τις heeling tanks που φορτώνονται στο 30% της χωρητικότητάς τους. Τα αποτελέσματα των υδροστατικών υπολογισμών που εκτελέστηκαν από το πρόγραμμα NAPA για τη συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 6.2.2):

Πίνακας 6.2.2: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA για την κατάσταση φόρτωσης D_L

Light Service Draught (D_L) Loading Condition	
Draught Moulded	2.793 m
Trim	-0.256 m
Heel	(PS) +0.1 deg
T_A	2.921 m
T_F	2.665 m
Trimming Moment	-797 ton-m
KM	8.25 m
KG	5.20 m
GM_0	3.05 m
GM_{CORR}	-0.08 m
GM	2.95 m

Το βύθισμα Partial Subdivision Draught (D_P), όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, προκύπτει από τον ακόλουθο τύπο:

$$D_P = D_L + 0.6(D_S + D_L) \Rightarrow D_P = 2.793 + 0.6(3.027 + 2.793) \Rightarrow D_P = 2.932 \text{ m}$$

Με γνωστό το απαιτούμενο βύθισμα, δημιουργήθηκε στο πρόγραμμα NAPA μία νέα κατάσταση φόρτωσης, τα αποτελέσματα της οποίας παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 6.2.3):

Πίνακας 6.2.3: Υδροστατικοί υπολογισμοί NAPA για την κατάσταση φόρτωσης D_p

Partial Subdivision Draught (D_p) Loading Condition	
Draught Moulded	2.932 m
Trim	-0.001 m
Heel	(PS) +0.2 deg
T_A	2.933 m
T_F	2.932 m
Trimming Moment	-4 ton-m
KM	8.05 m
KG	5.09 m
GM_0	2.96 m
GM_{CORR}	-0.08 m
GM	2.88 m

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τον καθορισμό των απαιτούμενων καταστάσεων φόρτωσης, συνεχίστηκε η διαδικασία υπολογισμού της ευστάθειας μετά από βλάβη μέσω του υπολογιστικού μοντέλου του NAPA, "Probabilistic DAM" ($MGR*PROB$).

Ο Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης A , υπολογίζεται σύμφωνα με το εδάφιο της SOLAS 2013 (SOLAS 74/78 Chapter II-1, Part B Subdivision and Stability, Reg. 7):

$$A = 0.4A_s + 0.4A_p + 0.2A_l$$

Όπου:

A_s = ο Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης στο Deepest Subdivision Draught

A_p = ο Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης στο Partial Subdivision Draught

A_l = ο Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης στο Lightest Service Draught

Ο δείκτης A , για κάθε κατάσταση υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$A_i = \sum p_i \cdot r_i \cdot v_i \cdot s_i$$

Όπου οι δείκτες p , r , v και s εξαρτώνται από την υδατοστεγή διάταξη του πλοίου, το σχήμα του και την πραγματική θέση ισορροπίας σύμφωνα με τα ακόλουθα:

- Η πιθανότητα ότι η βλάβη θα συμβεί κατά το εγκάρσιο μόνο στην εξεταζόμενη ζώνη συμβολίζεται με το δείκτη p .
- Η πιθανότητα ότι η βλάβη έχει εγκάρσια εισχώρηση όχι μεγαλύτερη από μία απόσταση σε ένα δοθέν διάμηκες εύρος συμβολίζεται με το δείκτη r .
- Η πιθανότητα ότι η βλάβη έχει κατακόρυφη έκταση που περιλαμβάνει μόνο τους χώρους που βρίσκονται κάτω από ένα δοθέν οριζόντιο όριο, όπως ένα υδατοστεγές κατάστρωμα, συμβολίζεται με το δείκτη v .

- Η πιθανότητα ότι το πλοίο επιβιώνει από την κατάκλυση που προκαλείται από τη βλάβη συμβολίζεται με το δείκτη s .

Το εδάφιο της SOLAS 2013 (*SOLAS 74/78 Chapter II-1, Part B Subdivision and Stability, Reg. 8.2-3*), ορίζει ότι, για επιβατηγά πλοία που μεταφέρουν παραπάνω από 36 άτομα, ο δείκτης s για μικρές πλευρικές βλάβες δε θα πρέπει να είναι μικρότερος της τιμής 0.9, όταν υπολογίζεται στα πλαίσια του Regulation 7-2 της SOLAS.

Το εδάφιο της SOLAS 2013 (*SOLAS 74/78 Chapter II-1, Part B Subdivision and Stability, Reg. 9*), ορίζει ότι, για επιβατηγά πλοία ή πλοία εκτός από Tankers, ο δείκτης s για βλάβες στην περιοχή του διπυθμένου δε θα πρέπει να είναι μικρότερος της μονάδας (1), όταν υπολογίζεται στα πλαίσια του Regulation 7-2 της SOLAS.

Κατά συνέπεια, η λειτουργία του μοντέλου MGR*PROB, είναι να υπολογίζει τον Επιτευχθέντα Δείκτη Υποδιαίρεσης A σύμφωνα με τα Reg. 7, 8.2-3 και 9 της SOLAS για το υπό μελέτη πλοίο και να τον συγκρίνει με τον Απαιτούμενο Δείκτη Υποδιαίρεσης R , για την περίπτωση που το πλοίο θεωρείται ως επιβατηγό (*SOLAS 74/78 Chapter II-1, Part B Subdivision and Stability, Reg. 6*), και για την περίπτωση που το πλοίο θεωρείται ειδικού σκοπού (*IMO Resolution A. 534(13), Chapter 2 Stability and Subdivision, Reg. 2.2*).

6.2.3 Αποτελέσματα Υπολογισμών Ευστάθειας μετά από Βλάβη

Το υπό μελέτη πλοίο θεωρήθηκε ότι έχει ανοίγματα ανάμεσα στα διαμερίσματα του μηχανοστασίου και του χώρου των βαρούλκων, και ανάμεσα στα διαμερίσματα ενδιατήσεων πληρώματος και επιστημονικού προσωπικού, στο Lower Deck του πλοίου, τα οποία κλείνουν με υδατοστεγείς θύρες. Επίσης, θεωρήθηκε ότι όλοι οι επιβαίνοντες στο σκάφος (ερευνητές, πλήρωμα και αξιωματικοί), υπάγονται στον αριθμό ατόμων N_2 , που ορίζεται από τους κανονισμούς της SOLAS 2013 για τον υπολογισμό του Απαιτούμενου Δείκτη Υποδιαίρεσης R για επιβατηγά πλοία, έτσι ώστε να επιτευχθεί μία αυστηρότερη απαίτηση.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους υπολογισμούς του μοντέλου MGR*PROB παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 6.2.4: Απαιτούμενος κι Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης, όπως προέκυψαν από το μοντέλο MGR*PROB του προγράμματος NAPA

Attained and Required Subdivision Index	
Subdivision length	83.338 m
Breadth at the load line	14.002 m
Breadth at the bulkhead deck	14.005 m
Number of persons N_1	0
Number of persons N_2	55
Required subdivision index R_{PASS}	0.67914
Required subdivision index R_{SPS}	0.54332
Attained subdivision index A	0.89703

Από τον Πίνακα 6.2.4 προκύπτει ότι: $A > R_{PASS}$ και $A > R_{SPS}$, οπότε το υπό μελέτη πλοίο θεωρείται ασφαλές. Παρατηρείται ότι, ο Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης A είναι αρκετά υψηλός, και σε επόμενη εκτίμηση, όπου θα εισαχθεί η ακριβής μορφολογία του υπό μελέτη

πλοίου, αναμένεται να μειωθεί, όχι όμως σε τιμές μικρότερες των περιορισμών που ορίζουν οι Απαιτούμενοι Δείκτες Υποδιαίρεσης.

Παρακάτω, ακολουθούν τα υπόλοιπα αποτελέσματα καθώς και τα διαγράμματα του δείκτη s , όπως προέκυψαν από το υπολογιστικό πρόγραμμα NAPA.

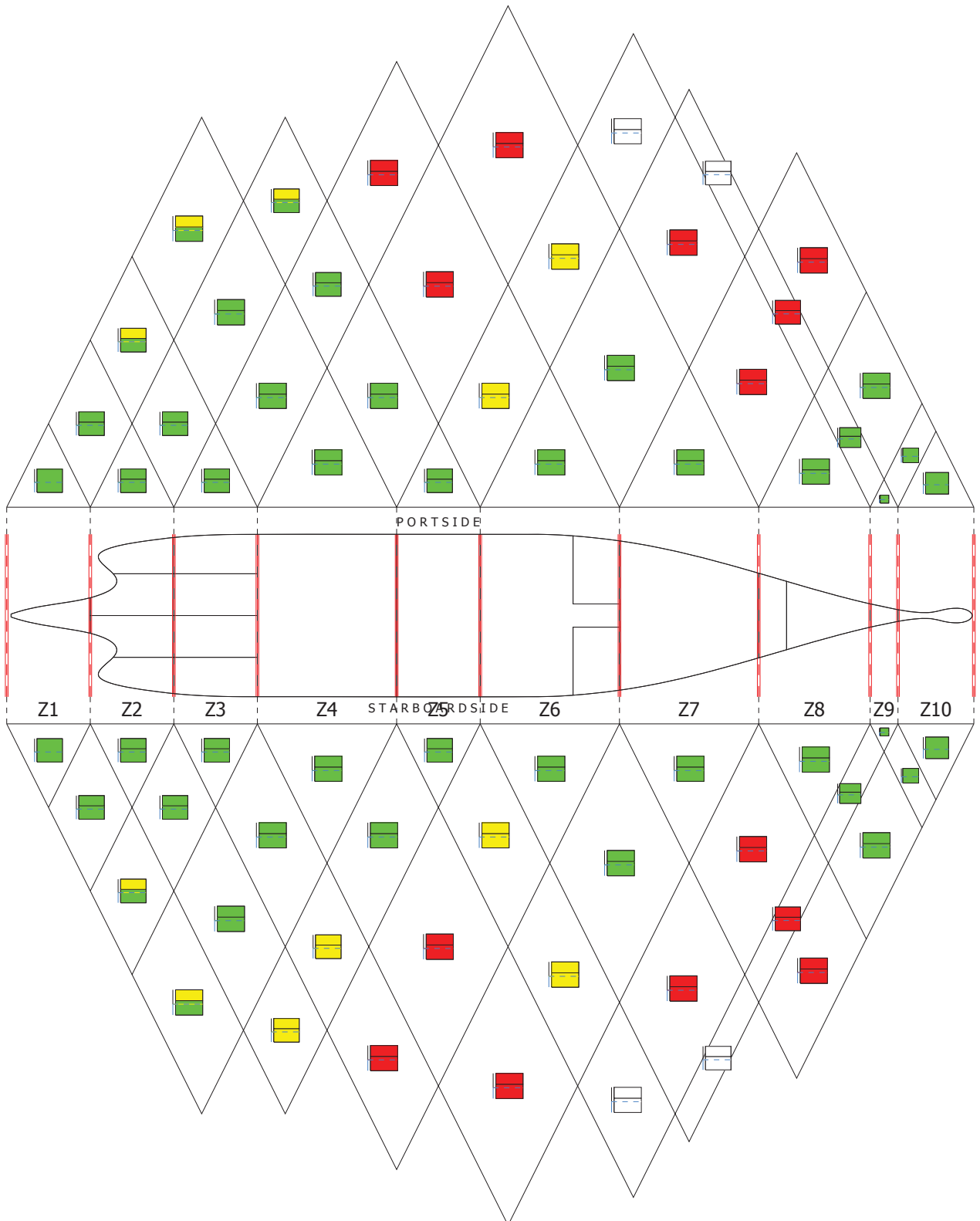
Πίνακας 6.2.5: Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης για τα βυθίσματα D_S , D_P και D_L , όπως προέκυψε από το μοντέλο MGR*PROB του προγράμματος NAPA

INIT	T (m)	GM (m)	A	A x W_{COEF}	W_{COEF}
D_L	2.793	2.950	0.89420	0.17884	0.200
D_P	2.933	2.881	0.89799	0.35919	0.400
D_S	3.027	2.950	0.89749	0.35900	0.400

Πίνακας 6.2.6: Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης για κάθε ζώνη, όπως προέκυψε από το μοντέλο MGR*PROB του προγράμματος NAPA

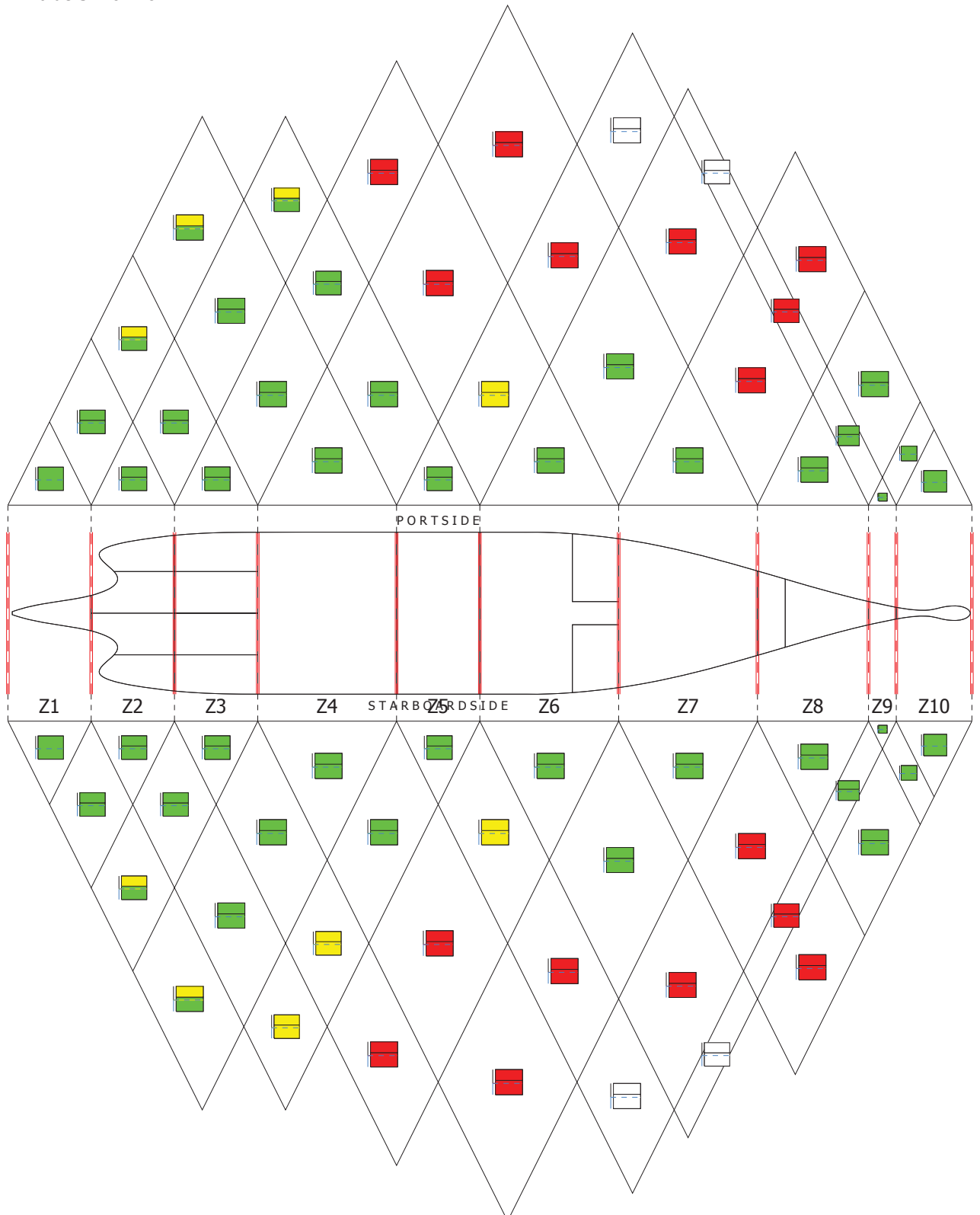
Index according to number of zones	
Damages	$W \times P \times V \times S$
1-ZONE DAMAGES	0.52103
2-ZONE DAMAGES	0.31700
3-ZONE DAMAGES	0.05826
4-ZONE DAMAGES	0.00074
A-INDEX TOTAL	0.89703

RESULT TABLE: TAB*SDDS1RES2-TR0
 INITIAL CONDITION: DL
 DRAUGHT: 2.793
 GM: 2.95
 A-value PS: 0.0904
 A-value SB: 0.0884



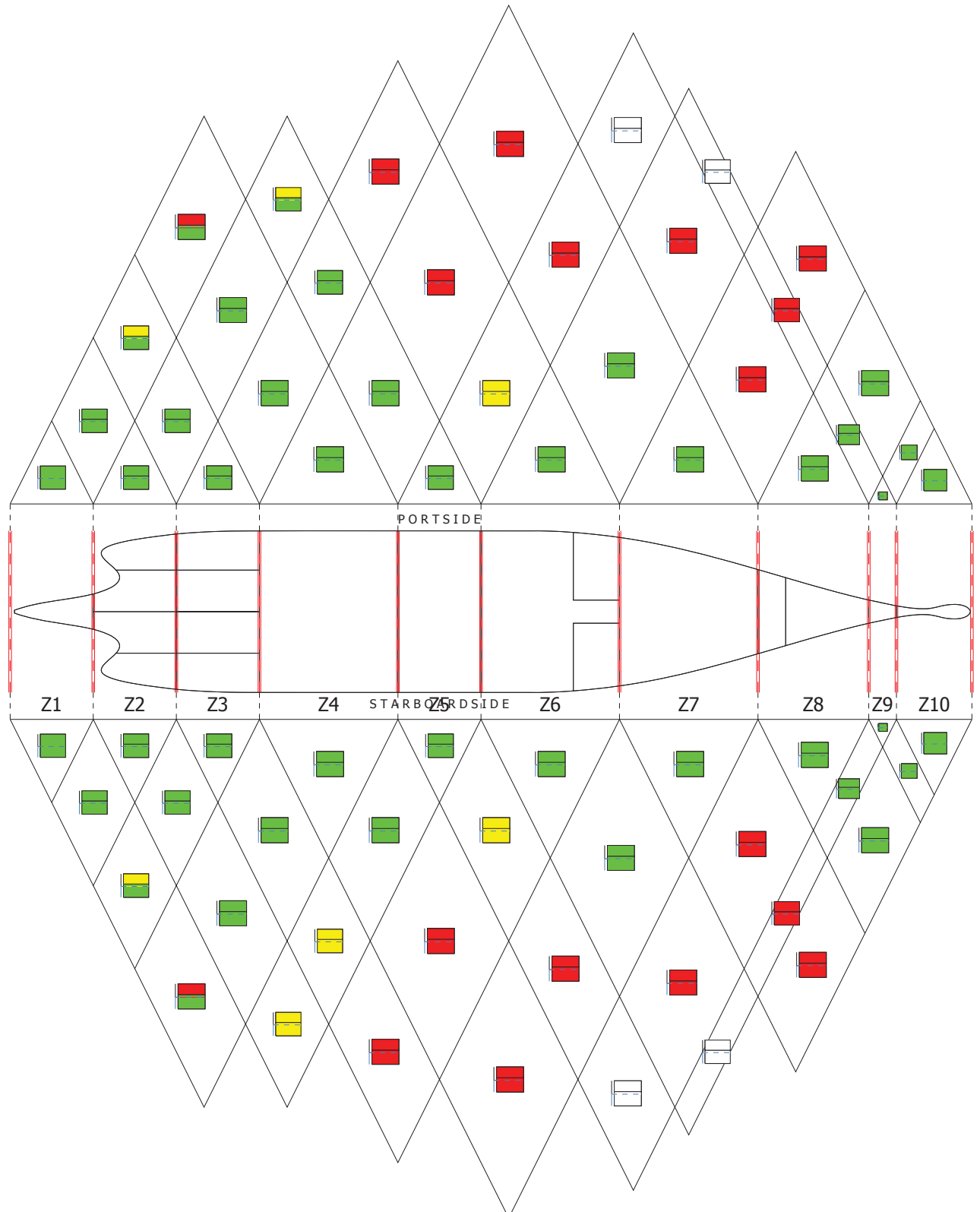
Σχήμα 6.2.1: Διάγραμμα του s factor για το βύθισμα D_L.

RESULT TABLE: TAB*SDD1RES2-TR0
 INITIAL CONDITION: DP
 DRAUGHT: 2.933
 GM: 2.881
 A-value PS: 0.1808
 A-value SB: 0.1784



Σχήμα 6.2.2: Διάγραμμα του s factor για το βύθισμα D_p.

RESULT TABLE: TAB*SDSD1RES2-TR0
 INITIAL CONDITION: DS
 DRAUGHT: 3.027
 GM: 2.95
 A-value PS: 0.1806
 A-value SB: 0.1784



Σχήμα 6.2.3: Διάγραμμα του s factor για το βύθισμα D_s .

6.2.4 Προσδιορισμός Ελαχίστου GM για Ευστάθεια μετά από Βλάβη

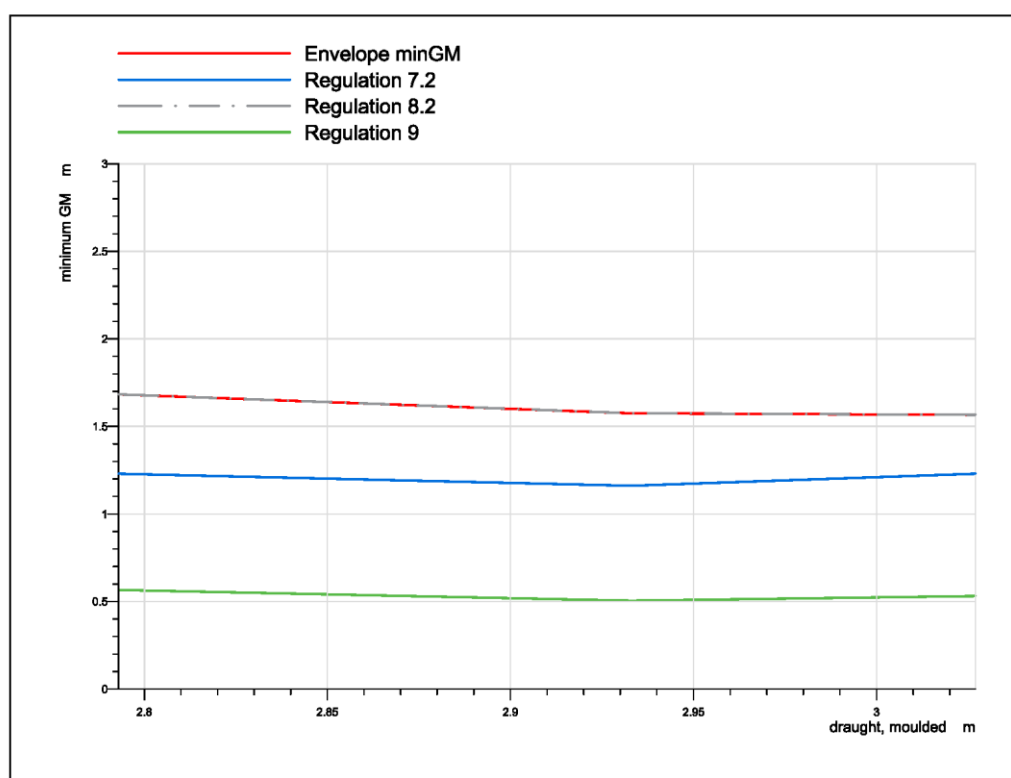
Επόμενο βήμα στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν η εύρεση της ελάχιστης τιμής του μετακεντρικού ύψους (GM), για την οποία το πλοίο επιβιώνει μετά από βλάβη. Η εύρεση αυτής της τιμής πραγματοποιείται θέτοντας $A = R$, και ακολουθώντας αντίστροφη πορεία υπολογισμών από αυτήν που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Οι υπολογισμοί για την εύρεση του ελάχιστου GM έγιναν με τη χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος NAPA.

Ελάχιστο GM σύμφωνα με τους κανονισμούς για ευστάθεια μετά από βλάβη επιβατηγού πλοίου

Σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο, η τιμή του Απαιτούμενου Δείκτη Υποδιαίρεσης για το υπό μελέτη πλοίο, υπό τη θεώρηση ότι υπόκειται στους κανονισμούς για επιβατηγά πλοία, ισούται με $R_{PASS} = 0.6791$. Εάν λοιπόν θεωρηθεί ότι, ο Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης ισούται με $A = R_{PASS} = 0.6791$, τότε το ελάχιστο GM που προκύπτει παρουσιάζεται στα παρακάτω:

Πίνακας 6.2.7: Εύρεση ελαχίστου GM για τα βυθίσματα D_S , D_P και D_L για $A = R_{PASS}$

		SOLAS Reg. 7.2	SOLAS Reg. 8.2-3	SOLAS Reg. 9	Envelope
INIT	T (m)	Min GM (m)	Min GM (m)	Min GM (m)	Min GM (m)
D_L	2.793	1.230	1.683	0.566	1.683
D_P	2.933	1.161	1.575	0.505	1.575
D_S	3.027	1.230	1.566	0.531	1.566



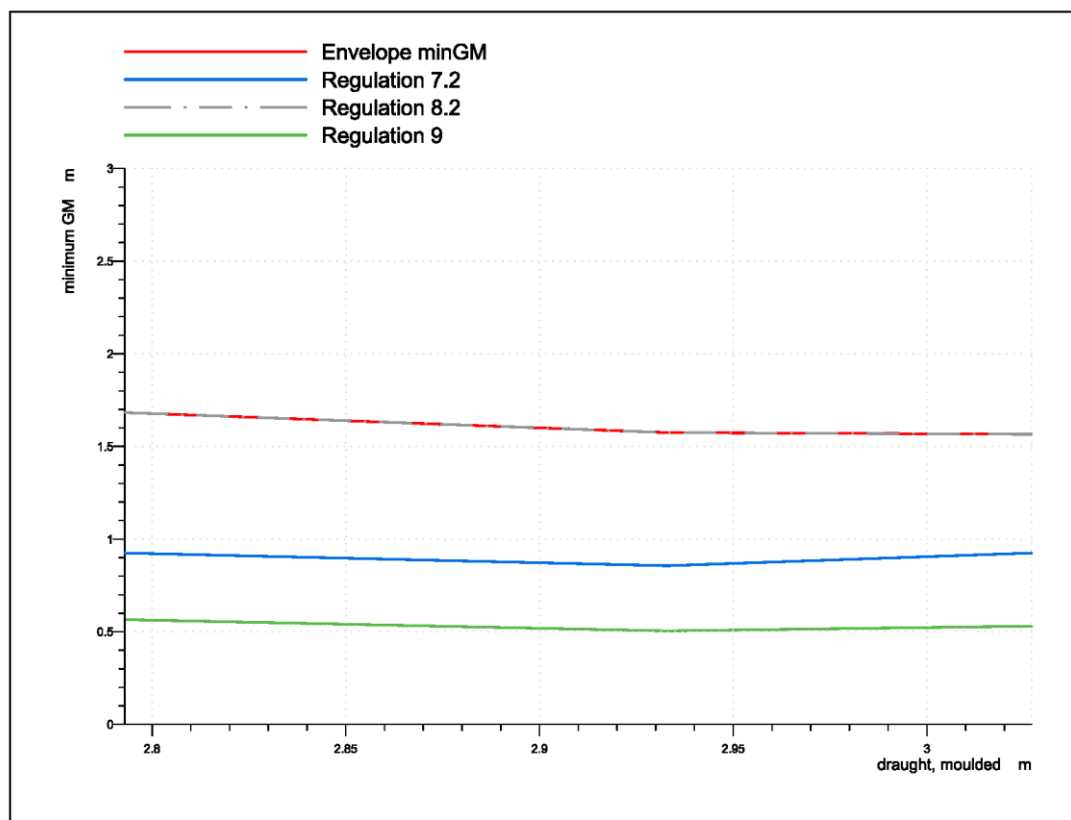
Σχήμα 6.2.4: Διάγραμμα ελαχίστου GM για $A=R_{PASS}$

Ελάχιστο GM σύμφωνα με τους κανονισμούς για ευστάθεια μετά από βλάβη πλοίου ειδικού σκοπού

Σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο, η τιμή του Απαιτούμενου Δείκτη Υποδιαίρεσης για το υπό μελέτη πλοίο, υπό τη θεώρηση ότι υπόκειται στους κανονισμούς για πλοία ειδικού σκοπού, ισούται με $R_{SPS} = 0.5433$. Εάν λοιπόν θεωρηθεί ότι, ο Επιτευχθείς Δείκτης Υποδιαίρεσης ισούται με $A = R_{PASS} = 0.5433$, τότε το ελάχιστο GM που προκύπτει παρουσιάζεται στα παρακάτω:

Πίνακας 6.2.8: Εύρεση ελαχίστου GM για τα βυθίσματα D_S , D_P και D_L για $A = R_{SPS}$

		SOLAS Reg. 7.2	SOLAS Reg. 8.2-3	SOLAS Reg. 9	Envelope
INIT	T (m)	Min GM (m)	Min GM (m)	Min GM (m)	Min GM (m)
D_L	2.793	0.925	1.683	0.566	1.683
D_P	2.933	0.856	1.575	0.504	1.575
D_S	3.027	0.925	1.566	0.530	1.566



Σχήμα 6.2.5: Διάγραμμα ελαχίστου GM για $A=R_{SPS}$

7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της αντίστασης του υπό μελέτη πλοίου. Η αντίσταση θα υπολογιστεί με τη χρήση της μεθόδου Formdata και του προγράμματος NAPA.

Σε αυτό το στάδιο της μελέτης, συνεπώς, θα γίνει ο υπολογισμός της αντίστασης και της ισχύος ρυμούλκησης, και στη συνέχεια, θα γίνει σύγκριση με τα στοιχεία της επιλεχθείσας προωστήριας εγκατάστασης, έτσι ώστε, να γίνει μία πρωταρχική αξιολόγηση για περαιτέρω μελέτη.

7.1 Μέθοδος Formdata

Ο υπολογισμός της αντίστασης με τη Μέθοδο Formdata πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη διαδικασία που βρίσκεται στις σημειώσεις του μαθήματος “Αντίσταση και Πρόωση Πλοίου” (Πολίτης Γ., 2008). Τα στοιχεία που απαιτούνται για την εκτέλεση των υπολογισμών παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.1.1):

Πίνακας 7.1.1: Στοιχεία για υπολογισμό με τη μέθοδο Formdata

Στοιχεία για Υπολογισμό Αντίστασης με τη Μέθοδο Formdata		
Μήκος Ισάλου Πλεύσεως	$L_{WL} =$	82.268 m
Μήκος Μεταξύ Καθέτων	$L_{BP} =$	75.0 m
Πλάτος	$B =$	14 m
Βύθισμα	$T_{des} =$	4 m
Πρισματικός Συντελεστής	$C_p =$	0.6352
Διάμηκες Κέντρο Άντωσης	$LCB =$	31.687 m
Όγκος Εκτοπίσματος	$\nabla =$	2197.3 m ³
Εμβαδό Μέσης Τομής	$A_x =$	46.144 m ²
Εμβαδό Επιφάνειας Βολβού	$A_{BT} =$	10.9 m ²
Βρεχόμενη Επιφάνεια Γάστρας	$S =$	1221 m ²
Λόγος Μήκους Εκτοπίσματος	$L/\nabla^{1/3} =$	5.769
Υπηρεσιακή Ταχύτητα	$V_S =$	14 - 15 kn

7.1.1 Καθορισμός Υπολοίπου Αντιστάσεως

Οι τιμές του συντελεστή υπολοίπου αντιστάσεως C_R δίνονται από διαγράμματα που έχουν κατασκευαστεί με βάση πειραματικά αποτελέσματα, στα πλαίσια της διαδικασίας δημιουργίας της μεθόδου. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι καμπύλες των διαγραμμάτων αντιστοιχούν σε πλοία που έχουν “πρότυπη” (standard) μορφή, δηλαδή πρότυπη θέση του LCB, πρότυπη τιμή B/H, κανονικά σχήματα εγκάρσιων τομών, πρύμνη τύπου καταδρομικού και πλήρη με κλίση χωρίς βολβό. Για πλοία που διαφέρουν από την πρότυπη μορφή, πρέπει να γίνονται αντίστοιχες διορθώσεις στον C_R .

Για $C_p = 0.6352$ και $L/\nabla^{1/3} = 5.769$, με γραμμική παρεμβολή από τα διαγράμματα της μεθόδου για $L/\nabla^{1/3} = 5.5$ και $L/\nabla^{1/3} = 6$, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Πίνακας 7.1.2: Υπολογισμός Συντελεστή Υπολοίπου Αντίστασης (μέθοδος Formdata)

V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
V_s [m/s]	6.18	6.695	7.21	7.725	8.24	8.755
F_n	0.228	0.247	0.266	0.285	0.304	0.323
Από το Σχήμα 5.5.8 για $L/\nabla^{1/3} = 5.5$						
$10^3 C_R$	0.85	1.18	1.6	2.4	3.22	3.83
Από το Σχήμα 5.5.9 για $L/\nabla^{1/3} = 6.0$						
$10^3 C_R$	0.78	0.98	1.38	2	2.65	3.21
Με γραμμική παρεμβολή						
$10^3 C_{R[1]}$	0.812	1.072	1.482	2.185	2.913	3.496

Διόρθωση για B/H

Ο λόγος B/H του υπό μελέτη πλοίου ισούται με $B/H = 3.5$, και διαφέρει από την πρότυπη τιμή της μεθόδου $B/H = 2.5$. Κατά συνέπεια, ο συντελεστής υπολοίπου αντίστασης πρέπει να διορθωθεί, σύμφωνα με τη σχέση:

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(B/H=2.5)} + 0.16(B/H - 2.5)$$

Πίνακας 7.1.3: Διόρθωση για διαφορετικό B/H (μέθοδος Formdata)

V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
$10^3 C_{R[1]}$	0.812	1.072	1.482	2.185	2.913	3.496
δ_1	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
$10^3 C_{R[2]}$	0.972	1.232	1.642	2.345	3.073	3.656

Διόρθωση για θέση LCB

Το σχήμα 10 της μεθόδου Formdata δίνει τη θέση του LCB σα συνάρτηση του αριθμού F_n (Froude), για την οποία ο συντελεστής C_R που δίνεται από τα διαγράμματα $L/\nabla^{1/3} - C_R$ της μεθόδου είναι ο σωστός (LCB Standard).

Πίνακας 7.1.4: Εύρεση LCB Standard (μέθοδος Formdata)

V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
V_s [m/s]	6.18	6.695	7.21	7.725	8.24	8.755
F_n	0.228	0.247	0.266	0.285	0.304	0.323
LCB_{ST}	-0.70%	-1.40%	-2.10%	-2.90%	-3%	-3%

Το LCB του υπό μελέτη πλοίου βρίσκεται στη θέση $LCB = 31.687 \text{ m}$, δηλαδή, για $L_{BP} = 75 \text{ m}$, προκύπτει ο λόγος $LCB/L_{BP} = 42.25\%$, ή αλλιώς, το LCB βρίσκεται κατά -7.75% πιο πρύμα από το μέσο του πλοίου. Σύμφωνα με τη μέθοδο Formdata, για θέση του LCB πιο πρύμα από τη θέση του LCB Standard για την εκάστοτε ταχύτητα, ο συντελεστής υπολοίπου αντίστασης δεν επιδέχεται καμία διόρθωση.

Διόρθωση για μορφή γάστρας

Σύμφωνα με τη μέθοδο Formdata, σε περίπτωση που υπάρχει βολβός στην πλήρη με $A_{BT}/A_X \geq 0.1$, όπου A_{BT} το εμβαδό της επιφάνειας του βολβού στην πρωραία κάθετο και A_X το εμβαδό της μέσης τομής, η τιμή του συντελεστή υπολοίπου αντιστάσεως διορθώνεται σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 7.1.5: Συντελεστές διόρθωσης για μορφή βολβού (μέθοδος Formdata)

F_n	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.3	0.33	0.36
C_p								
0.5			+0.2	0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4
0.6			+0.2	0	-0.2	-0.3	-0.3	
0.7		+0.2	0	-0.2	-0.3	-0.3		
0.8	+0.1	0	-0.2					

Στο υπό μελέτη πλοίο, το εμβαδό της επιφάνειας του βολβού στην πρωραία κάθετο ισούται με $A_{BT} = 10.9 \text{ m}^2$, ενώ το εμβαδό της μέσης τομής ισούται με $A_X = 46.144 \text{ m}^2$. Κατά συνέπεια, προκύπτει λόγος $A_{BT}/A_X = 0.236$. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, με χρήση γραμμικής παρεμβολής μπορεί να γίνει ο υπολογισμός της διόρθωσης του συντελεστή C_R για τη μορφή του βολβού.

Πίνακας 7.1.6: Διόρθωση για μορφή βολβού (μέθοδος Formdata)

V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
V_s [m/s]	6.18	6.695	7.21	7.725	8.24	8.755
F_n	0.228	0.247	0.266	0.285	0.304	0.323
$10^3 C_{R[2]}$	0.972	1.232	1.642	2.345	3.073	3.656
δ_2	0.18	-0.05	-0.15	-0.3	-0.4	-0.4
$10^3 C_{R[3]}$	1.152	1.182	1.492	2.045	2.673	3.256

Διόρθωση για αντίσταση αέρα και πηδαλιουχήσεως

Εάν δεν είναι δυνατός ο ακριβής υπολογισμός της αντιστάσεως αέρα, η μέθοδος Formdata προτείνει την προσαύξηση του $10^3 C_R$ κατά 0.07. Αντίστοιχα, για αντίσταση πηδαλιουχήσεως, προτείνει προσαύξηση κατά 0.04. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα αποτελέσματα της προσαυξήσεως για αντίσταση αέρα και πηδαλιουχήσεως (Πίνακας 7.1.7):

Πίνακας 7.1.7: Διόρθωση για αντίσταση αέρα και πηδαλιουχήσεως (μέθοδος Formdata)

V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
$10^3 C_{R[3]}$	1.152	1.182	1.492	2.045	2.673	3.256
δ_3	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
$10^3 C_{R[4]}$	1.262	1.292	1.602	2.155	2.783	3.366

Με βάση τα στοιχεία από τους Πίνακες 7.1.2 μέχρι 7.1.7, ο συντελεστής υπολοίπου αντιστάσεως μπορεί να προσδιοριστεί, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.1.8):

Πίνακας 7.1.8: Υπολογισμός Συντελεστή Υπολοίπου Αντιστάσεως με τη μέθοδο Formdata

Συντελεστής Υπολοίπου Αντιστάσεως						
V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
V_s [m/s]	6.18	6.695	7.21	7.725	8.24	8.755
F_n	0.228	0.247	0.266	0.285	0.304	0.323
$10^3 C_{R[1]}$	0.812	1.072	1.482	2.185	2.913	3.496
Διόρθωση για διαφορετικό B/H						
$10^3 C_{R[2]}$	0.972	1.232	1.642	2.345	3.073	3.656
Διόρθωση για μορφή βολβού						
$10^3 C_{R[3]}$	1.152	1.182	1.492	2.045	2.673	3.256
Διόρθωση για αντίσταση αέρα και πηδαλιουχήσεως						
$10^3 C_{R[4]}$	1.262	1.292	1.602	2.155	2.783	3.366
Συνολικός Συντελεστής Υπολοίπου Αντιστάσεως						
$10^3 C_R$	1.262	1.292	1.602	2.155	2.783	3.366

7.1.2 Καθορισμός Αντιστάσεως Τριβής

Ο συντελεστής αντιστάσεως τριβής C_F υπολογίζεται από την αναλυτική μορφή της I.T.T.C. 1957, ανάλογα με τον αριθμό Reynolds που αντιστοιχεί στο εύρος των ταχυτήτων που εξετάζεται για το υπό μελέτη και σχεδίαση πλοίο:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} R_n - 2)^2}$$

Ο Πίνακας 7.1.9 παρουσιάζει τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον παραπάνω τύπο, στο ορισμένο εύρος ταχυτήτων:

Πίνακας 7.1.9: Υπολογισμός Συντελεστή Αντιστάσεως Τριβής (μέθοδος Formdata)

V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
V_s [m/s]	6.18	6.695	7.21	7.725	8.24	8.755
R_n	3.90E+08	4.23E+08	4.55E+08	4.88E+08	5.20E+08	5.53E+08
$10^3 C_{F[1]}$	1.726	1.708	1.692	1.677	1.663	1.650

Διόρθωση με το συντελεστή συσχέτισεως C_A

Ο συντελεστής C_F που βρίσκεται από τον Πίνακα 7.1.9 πρέπει να διορθωθεί για τις επιδράσεις της τραχύτητας και της κλίμακας με το συντελεστή συσχέτισεως C_A που δίδεται από τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 7.1.10: Συντελεστές συσχέτισης
(μέθοδος Formdata)

Μήκος Ισάλου L (m)	$10^3 C_A$
≤ 100	0.4
= 150	0.2
= 200	0
= 250	-0.2
≥ 300	-0.3

Για μήκος ισάλου του υπό μελέτη πλοίου ίσο με $L_{WL} = 82.268 \text{ m}$, η διόρθωση με το συντελεστή συσχέτισης προκύπτει σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.1.11):

Πίνακας 7.1.11: Διόρθωση με το συντελεστή συσχέτισης (μέθοδος Formdata)

V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
$10^3 C_{F[1]}$	1.726	1.708	1.692	1.677	1.663	1.650
$10^3 C_A$	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$10^3 C_{F[2]}$	2.126	2.108	2.092	2.077	2.063	2.050

Διόρθωση για παρελκόμενα

Η διόρθωση του συντελεστή αντίστασης τριβής για τα παρελκόμενα γίνεται με απλή προσαύξησή του ανάλογα με τη βρεχόμενη επιφάνεια των παρελκομένων:

$$C'_F = C_F \cdot \frac{S_1}{S}$$

Όπου S είναι η βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας του πλοίου και S_1 το άθροισμα των βρεχόμενων επιφανειών της γάστρας και των παρελκομένων.

Για το υπό μελέτη πλοίο, η βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας ισούται με $S = 1221 \text{ m}^2$, ενώ ο λόγος του αθροίσματος της βρεχόμενης επιφάνειας της γάστρας και των παρελκομένων προς τη βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας θεωρείται ίσος με $S_1/S = 1.002$. Κατά συνέπεια, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας (Πίνακας 7.1.12):

Πίνακας 7.1.12: Διόρθωση για παρελκόμενα (μέθοδος Formdata)

V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
$10^3 C_{F[2]}$	2.126	2.108	2.092	2.077	2.063	2.050
S_1/S	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002
$10^3 C_{F[3]}$	2.131	2.113	2.096	2.081	2.067	2.054

Με βάση τα στοιχεία από τους Πίνακες 7.1.9 μέχρι 7.1.12, ο συντελεστής υπολοίπου αντιστάσεως μπορεί να προσδιοριστεί, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.1.13):

Πίνακας 7.1.13: Υπολογισμός Συντελεστή Αντιστάσεως Τριβής με τη μέθοδο Formdata

Συντελεστής Αντιστάσεως Τριβής						
V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
V_s [m/s]	6.18	6.695	7.21	7.725	8.24	8.755
R_n	3.90E+08	4.23E+08	4.55E+08	4.88E+08	5.20E+08	5.53E+08
$10^3 C_{F[1]}$	1.726	1.708	1.692	1.677	1.663	1.650
Διόρθωση με το συντελεστή συσχέτισεως C_A						
$10^3 C_{F[2]}$	2.126	2.108	2.092	2.077	2.063	2.050
Διόρθωση για παρελκόμενα						
$10^3 C_{F[3]}$	2.131	2.113	2.096	2.081	2.067	2.054
Συνολικός Συντελεστής Αντιστάσεως Τριβής						
$10^3 C_F$	2.131	2.113	2.096	2.081	2.067	2.054

7.1.3 Καθορισμός Συνολικής Αντίστασης

Ο συντελεστής ολικής αντίστασης $10^3 C_T$ προκύπτει από το άθροισμα των συντελεστών $10^3 C_R$ και $10^3 C_F$ που υπολογίστηκαν προηγουμένως. Στη συνέχεια, επιδέχεται μία προσαύξηση της τάξης του 20%, διότι οι τιμές της αντιστάσεως πρόωσης που υπολογίζονται από τα διαγράμματα Formdata ισχύουν για την κατάσταση δοκιμών των πλοίων, δηλαδή ιδανικές συνθήκες ανέμου και κυματισμού, βαθύ προστατευμένο νερό και καθαρή γάστρα.

Τελικά, η ολική αντίσταση του υπό μελέτη πλοίου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \quad [kp]$$

Και η ισχύς ρυμούλκησης:

$$EHP = R_T \cdot \frac{V_s}{75} \quad [PS]$$

Ο ακόλουθος πίνακας (Πίνακας 7.1.14) παρουσιάζει τα αποτελέσματα των υπολογισμών της συνολικής αντίστασης και της ισχύος ρυμούλκησης, στο ορισμένο εύρος ταχυτήτων.

Πίνακας 7.1.14: Υπολογισμός Συνολικής Αντίστασης και Ισχύος Ρυμούλκησης με τη μέθοδο Formdata

Υπολογισμός Συνολικής Αντίστασης και Ισχύος Ρυμούλκησης						
V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
$10^3 C_R$	1.262	1.292	1.602	2.155	2.783	3.366
$10^3 C_F$	2.131	2.113	2.096	2.081	2.067	2.054
$10^3 C_T$	3.393	3.405	3.698	4.236	4.850	5.420
$10^3 C_T \times 20\%$	4.072	4.086	4.437	5.083	5.820	6.504
R_T [kp]	9931.19	11696.46	14731.34	19371.53	25238.33	31840.72
EHP [PS]	818.33	1044.10	1416.17	1995.27	2772.85	3716.87
EHP [kW]	601.88	767.94	1041.59	1467.52	2039.43	2733.76

7.2 Υπολογισμός Αντίστασης με Χρήση του Προγράμματος NAPA

Μέσω ενσωματωμένου μοντέλου μέσα στο σχεδιαστικό πρόγραμμα NAPA, έγινε ο υπολογισμός της προβλεπόμενης αντίστασης με τα στοιχεία που είχαν εισαχθεί για το υπό μελέτη πλοίο. Η διαδικασία υπολογισμού που επιλέχθηκε για την πρόβλεψη της αντίστασης βασίστηκε στη μέθοδο HOLTROP.

Οι ακόλουθοι πίνακες παρουσιάζουν συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από την ανωτέρω διαδικασία, για το εύρος ταχυτήτων 12 – 17 kn (Πίνακες 7.2.1 – 7.2.2):

Πίνακας 7.2.1: Υπολογισμός Συντελεστών Αντίστασης με τη μέθοδο Holtrop (HL84)

V_s [kn]	$10^3 C_T$	$10^3 C_F$	$10^3 C_R$	$10^3 C_{R_App}$	$10^3 C_{R_Wind}$	$10^3 C_{A_Ex}$
12	2.964	0.506	1.705	0.051	0.144	0.558
13	3.038	0.598	1.687	0.051	0.144	
14	3.151	0.728	1.671	0.05	0.144	
15	3.282	0.874	1.656	0.05	0.144	
16	3.385	0.992	1.643	0.049	0.144	
17	3.474	1.093	1.63	0.049	0.144	

Πίνακας 7.2.2: Υπολογισμός Αντίστασης και Ισχύος Ρυμούλκησης με τη μέθοδο Holtrop (HL84)

V_s [kn]	R_T [kN]	P_e [kW]	R_{Hull} [kN]	R_{Wind} [kN]	R_{App} [kN]	R_{Visc} [kN]	R_{Wave} [kN]	R_{Bulb} [kN]
12	73	453	69	4	1	49	4	1
13	88	590	83	4	1	57	8	1
14	106	764	100	5	2	65	14	1
15	127	979	119	6	2	74	22	1
16	149	1226	140	6	2	84	30	1
17	173	1509	163	7	2	94	39	1

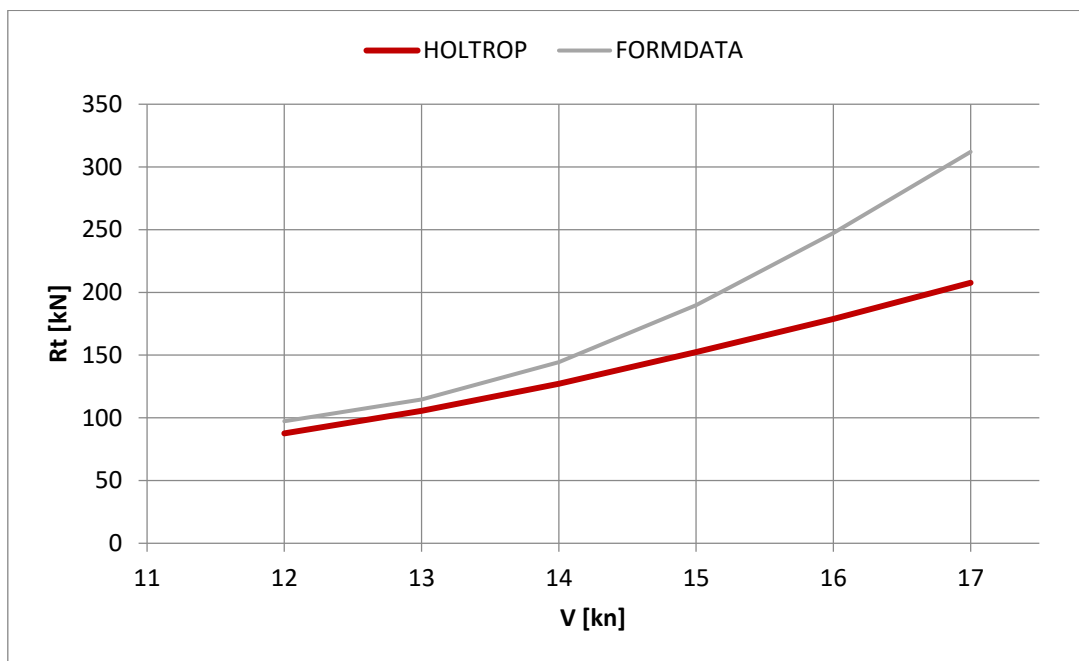
Στην αντίσταση που προκύπτει από τους υπολογισμούς της μεθόδου Holtrop, δίνεται μία προσαύξηση της τάξης του 20%, για τη θεώρηση ότι το υπό μελέτη πλοίο δεν πλέει σε ιδανικές συνθήκες. Έτσι, προκύπτει ο Πίνακας 7.2.3:

Πίνακας 7.2.3: Υπολογισμός Προσαυξημένης Αντιστάσεως που προέκυψε από τη μέθοδο Holtrop (HL84)

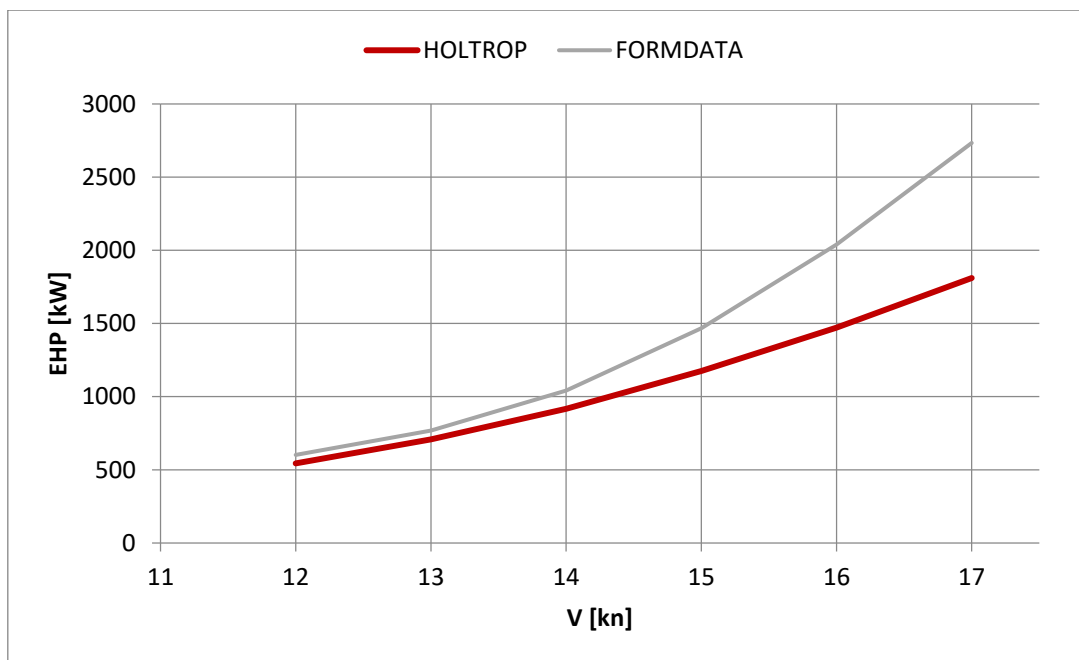
V_s [kn]	R_T [kN]	$R_T \times 20\%$ [kN]	P_e [kW]
12	73	87.6	543.6
13	88	105.6	708
14	106	127.2	916.8
15	127	152.4	1174.8
16	149	178.8	1471.2
17	173	207.6	1810.8

7.3 Εκτίμηση Αποτελεσμάτων Αντίστασης

Το γράφημα που ακολουθεί απεικονίζει την αντίσταση (R_t) [kN] και την ισχύ ρυμούλκησης (EHP) [kW] συγκεντρωτικά, για τις δύο μεθόδους υπολογισμού που αναπτύχθηκαν στο παρόν κεφάλαιο, σε εύρος ταχυτήτων από 12 – 17 κόμβους.



Σχήμα 7.3.1: Διάγραμμα της αντίστασης [kN] συναρτήσει της ταχύτητας [kn], για τις μεθόδους υπολογισμού που αναφέρθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο



Σχήμα 7.3.2: Διάγραμμα της ισχύος ρυμούλκησης [kW] συναρτήσει της ταχύτητας [kn], για τις μεθόδους υπολογισμού που αναφέρθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο

Εστιάζοντας στις ταχύτητες $V = 13 - 15$ kn, στο εύρος των οποίων βρίσκεται η ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου, κατασκευάζεται ο ακόλουθος πίνακας, για την εύρεση της συνολικής ισχύος λειτουργίας του υπό μελέτη πλοίου. Για τους υπολογισμούς, θεωρείται ότι:

- Οι απώλειες μειωτήρων ισούνται με $n_p = 0.63$
- Η ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται θεωρείται ίση με $P_{el} = 500 \text{ kW}$
- Η ισχύς που αποδίδει το επιλεγθέν σύστημα των 3 ηλεκτρογεννητριών (που συμμετέχουν στην κανονική λειτουργία του πλοίου) ισούται με $P_{Gen-set} = 3 \cdot 665 = 1995 \text{ kW}$, στο 85% του MCR τους.

Πίνακας 7.3.1: Υπολογισμός Απαιτούμενης Ισχύος υπό μελέτη πλοίου

Δεδομένα αντίστασης και απαιτούμενης ισχύος από μέθοδο Formdata							
V_s [kn]	R_s [kN]	EHP [kW]	SHP [kW]	Electric [kW]	Total [kW]	$P_{Gen-Set}$ [kW]	MCR
13	114.63	767.94	1218.95	500	1718.95	1995	0.86
14	144.37	1041.59	1653.32	500	2153.32	1995	1.08
15	189.84	1467.52	2329.40	500	2829.40	1995	1.42
Δεδομένα αντίστασης και απαιτούμενης ισχύος από μέθοδο Holtrop							
V_s [kn]	R_s [kN]	EHP [kW]	SHP [kW]	Electric [kW]	Total [kW]	$P_{Gen-Set}$ [kW]	MCR
13	105.6	708	1123.81	500	1623.81	1995	0.81
14	127.2	916.8	1455.24	500	1955.24	1995	0.98
15	152.4	1174.8	1864.76	500	2364.76	1995	1.19
Μέσος Όρος							
V_s [kn]	R_s [kN]	EHP [kW]	SHP [kW]	Electric [kW]	Total [kW]	$P_{Gen-Set}$ [kW]	MCR
13	110.11	737.97	1171.38	500	1671.38	1995	0.84
14	135.78	979.20	1554.28	500	2054.28	1995	1.03
15	171.12	1321.16	2097.08	500	2597.08	1995	1.30

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον Πίνακα 7.3.1, για να δουλεύει το επιλεγμένο σύστημα των 3 ηλεκτρογεννητριών MAN B&W L16/24 στο 85% του MCR, το πλοίο θα πρέπει να κινείται με ταχύτητα λίγο μεγαλύτερη από τους 13 kn.

8. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Κάνοντας μία γενική ανασκόπηση, εξάγεται το συμπέρασμα ότι ένα ωκεανογραφικό σκάφος με το μέγεθος και τις υπηρεσιακές ικανότητες που αναφέρθηκαν στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, θα μπορούσε να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις που ορίζουν οι ωκεανογραφικές έρευνες τη σημερινή εποχή. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία θα μπορούσε να αποτελέσει ένα προκαταρκτικό στάδιο πάνω στο οποίο, μπορούν να στηριχθούν λεπτομερέστερες μελέτες ή αλλαγές σε επιμέρους τομείς έτσι ώστε να προκύψει η βέλτιστη κατασκευή του υπό μελέτη σκάφους.

Κύριος στόχος ενός Ναυπηγού Μηχανολόγου Μηχανικού, όταν του ανατίθεται η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός νέου σκάφους από έναν Πλοιοκτήτη, είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεών του, μέσα σε εφικτά τεχνοοικονομικά πλαίσια. Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε την κάλυψη των απαιτήσεων που τέθηκαν από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., μέσα από την προκαταρκτική μελέτη του σκάφους σε τεχνικό επίπεδο.

Ιδιαίτερη μνεία στην πορεία της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας δόθηκε στο σχεδιασμό μίας Γενικής Διάταξης τέτοιας, ώστε το υπό μελέτη πλοίο να προσαρμόζεται στις ανάγκες της σύγχρονης Ωκεανογραφίας, δίνοντας παράλληλα έμφαση και σε άλλα ζητήματα, όπως στην αποδοτικότητα της εκτέλεσης των ερευνητικών εργασιών, στην κάλυψη των σύγχρονων απαιτήσεων ασφαλείας, στην παροχή ανέσεων στους επιβαίνοντες και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Στο υπό μελέτη πλοίο έχουν σχεδιαστεί μεγάλα ανοιχτά καταστρώματα, με εξοπλισμό που διευκολύνει το χειρισμό βαρέων ερευνητικών οργάνων. Στα πλαίσια του σχεδιασμού επίσης, έχει προβλεφθεί η διαθεσιμότητα ελεύθερων χώρων πάνω στα καταστρώματα, για τη δυνατότητα μεταφοράς μικρού σκάφους και εργαστηριακών containers.

Η συγκεκριμένη διάταξη παρέχει ευρύχωρα εργαστήρια, όπου μπορεί να εγκατασταθεί χωρίς προβλήματα ο απαραίτητος ερευνητικός εξοπλισμός. Τα εργαστήρια διατάχθηκαν στο χώρο ανάλογα με τη λειτουργία τους, και με τρόπο τέτοιο ώστε να διευκολύνεται η επικοινωνία μεταξύ του προσωπικού και να μεγιστοποιείται η αποδοτικότητά τους.

Οι καμπίνες και οι χώροι εστίασης και ψυχαγωγίας του ερευνητικού προσωπικού, έχουν σχεδιαστεί με σκοπό την παροχή ενός άνετου και ευχάριστου ταξιδιού. Οι χώροι ενδιαίτησης έχουν σχεδιαστεί κατά κύριο λόγο, προς τη μέση του πλοίου για αποφυγή ταλαντεύσεων, και σε χώρους απομακρυσμένους από τα ανοιχτά καταστρώματα και το μηχανοστάσιο για αποφυγή θορύβων, ενώ η πρόσβαση στους χώρους εργασίας είναι εύκολη και άμεση, μέσω κλιμάκων και διαδρόμων που έχουν τοποθετηθεί σε καίρια σημεία.

Το υπό μελέτη σκάφος έχει προβλεφθεί να κινείται με σύστημα ηλεκτροπρόωσης, σε συνδυασμό με rod propulsion. Με αυτό το σύστημα πρόωσης, διευκολύνεται ο χειρισμός της ταχύτητας και των ελιγμών του συστήματος έλικας – πηδαλίου. Επιπρόσθετα, προσφέρεται ικανοποιητική λειτουργία ακόμα και σε χαμηλές ταχύτητες και μεγαλύτερη ασφάλεια στην πλοήγηση, καθώς η λειτουργία του πλοίου συνεχίζεται ανεμπόδιστα, σε περίπτωση αστοχίας μίας ηλεκτρογεννήτριας, με την ενεργοποίηση όμοιας εφεδρικής. Τέλος, με την απουσία αξονικών συστημάτων, απομένει πολύτιμος ελεύθερος χώρος στο πλοίο για αξιοποίηση. Όλα τα παραπάνω, προσδίδουν σαφή προτερήματα στη λειτουργία του υπό μελέτη ωκεανογραφικού σκάφους.

Η ταχύτητα, οι διαστάσεις, η χωρητικότητα και η διάταξη του υπό μελέτη πλοίου, το καθιστούν ικανό να σταθεί στις ανάγκες της σύγχρονης έρευνας. Τα χαρακτηριστικά του πλοίου είναι τέτοια, ώστε οι δραστηριότητές του να μην περιορίζονται μονάχα στα ελληνικά ύδατα, αλλά να επεκτείνονται στη Μεσόγειο, στην Ερυθρά Θάλασσα, ακόμα και στον Ινδικό Ωκεανό, καθιστώντας το Ερευνητικό Κέντρο που το λειτουργεί ανταγωνιστικό έναντι των υπολοίπων ανά τον κόσμο.

9. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η προμελέτη στην περίπτωση του υπό μελέτη σκάφους, αλλά και οποιουδήποτε πλοίου γενικότερα, αποτελεί μια πολυσύνθετη διαδικασία, με τομείς που δεν μπορούν να προσδιοριστούν απόλυτα αλλά δυναμικά, σε αλληλεπίδραση με όλους τους υπόλοιπους τομείς. Κατά συνέπεια, το θέμα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας είναι ανοιχτό σε βελτιώσεις, εναλλακτικές προτάσεις αλλά και σε περαιτέρω μελέτη και επέκταση. Μερικά από τα θέματα που θα μπορούσαν να εξεταστούν παρατίθενται ακολούθως:

- Προτάσεις για εναλλακτικό τρόπο σχεδίασης της Γενικής Διάταξης, δοκιμές με διαφορετικές κύριες διαστάσεις, για έλεγχο, σύγκριση και βελτιστοποίηση της διάταξης.
- Εμβάθυνση στον υπολογισμό της μεταλλικής κατασκευής, με τον πιο λεπτομερή υπολογισμό των ενισχύσεων, ελασμάτων κ.α., τον τρόπο σύνδεσής τους, τις συγκολλήσεις, κ.λπ.
- Χρήση πεπερασμένων στοιχείων με κατάλληλα προγράμματα Η/Υ για τη μελέτη της αντοχής των κατασκευαστικών στοιχείων του υπό μελέτη πλοίου σε δυναμικές φορτίσεις.
- Μελέτη για την επιλογή των υλικών κατασκευής του πλοίου.
- Αναλυτική σχεδίαση των χώρων του μηχανοστασίου κι επιλογή των απαραίτητων για τη λειτουργία του μηχανημάτων κι εξαρτημάτων, καθώς επίσης, έρευνα για την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού, τόσο για την έρευνα όσο και για τη γενική λειτουργία του σκάφους, έτσι ώστε να προκύψει μία λεπτομερής εκτίμηση του βάρους Lightship.
- Εισαγωγή λεπτομερούς μορφολογίας πλοίου σε περιβάλλον Η/Υ για τη σαφή εκτίμηση της ευστάθειας (άθικτης και μετά από βλάβη).
- Έλεγχος της αντίστασης μέσω πειραματικών προτύπων και μεθόδων CFD.
- Μελέτη συμπεριφοράς σε κυματισμούς (seakeeping) και μελέτη ελικτικών ικανοτήτων (maneuvering).
- Πλήρης τεχνοοικονομική μελέτη με στόχο τον προσδιορισμό των κοστών κτίσεως και λειτουργίας του υπό μελέτη πλοίου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Baltsersen J. P., Erichsen H.**, *Presentation of Probabilistic Damage Stability Regulations, New SPS Code and MARPOL Regulation 12A, Presentation*, Lloyds Register
- **Bureau Veritas 2014**, *Rules for the Classification of Steel Ships*, Bureau Veritas
- **David Laurence Hansch 2008**, *Methods of Determining the Longitudinal Weight Distribution of a Ship, Presentation*, Joint Meeting between the Hampton Roads Section of the Society of Naval Architects and Marine Engineers & Hampton Roads Chapter of the Society of Allied Weight Engineers
- **Det Norske Veritas 2003**, *Technical Report: Definition of Stability Criteria in NAPA, Report No. 2003-0563 (Rev. No.1)*, Det Norske Veritas
- **Eklund R., Lindroth D. 2009**, *Damage Stability According to SOLAS 2009*, Napa Ltd.
- **Fye P. M. 1980**, *Oceanography: The Past*, Springer - Verlag, New York - Heidelberg - Berlin
- **Germanischer Lloyd 2008**, *Leaflet for Damage Stability Calculation According to SOLAS 2009 (Ver. 1.2)*, Germanischer Lloyd, Hamburg
- **Res. A. 534 (13) 1983**, *Code of Safety for Special Purpose Ships*, IMO
- **Res. MSC. 216 (82) 2006**, *Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as Amended*, IMO
- **Res. MSC. 281 (85) 2008**, *Explanatory Notes to the SOLAS Chapter II-1 Subdivision and Damage Stability Regulations*, IMO
- **SOLAS 2013**, *Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates*, Germanischer Lloyd
- **Καρύδης Π. Α. 2000**, *Η Μεταλλική Κατασκευή του Πλοίου*, Εκδόσεις Γ. Αργυρόπουλος Ε.Π.Ε., Αθήνα
- **Λεοντάρης Σ. Ν. 1995**, *Εισαγωγή στην Ωκεανογραφία*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
- **Π. Δ. 221/2001**, *Κανονισμός Ενδιαίτησης Επιβατών και Πληρώματος των Ταχυπλόων Σκαφών (High Speed Craft)*, ΦΕΚ Α' 171
- **Π. Δ. 245/2004**, *Τροποποίηση και Συμπλήρωση Διατάξεων του Π.Δ. 101/1995 "Κανονισμός Ενδιαίτησεως και Καθορισμού Αριθμού Επιβατών των Επιβατηγών Πλοίων" (ΦΕΚ 61/Α')*, ΦΕΚ Α' 226
- **Π. Δ. 279/2002**, *Τροποποίηση και Συμπλήρωση Διατάξεων του Π.Δ. 101/1995 "Κανονισμός Ενδιαίτησεως και Καθορισμού Αριθμού Επιβατών των Επιβατηγών Πλοίων" (ΦΕΚ 61/Α')*, ΦΕΚ Α' 244
- **Π. Δ. 381/1996**, *Τροποποίηση Διατάξεων του Π.Δ. 101/1995 "Κανονισμός Ενδιαίτησεως και Καθορισμού Αριθμού Επιβατών των Επιβατηγών Πλοίων" (ΦΕΚ 61/Α')*, ΦΕΚ Α' 252
- **Παπανικολάου Α. 2004**, *Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου II (Γενική Διάταξη, Ενδιαίτηση και Εξοπλισμός)*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
- **Παπανικολάου Α. Δ. 2009**, *Μελέτη Πλοίου, Α' Τόμος*, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα
- **Παπανικολάου Α. Δ. 2009**, *Μελέτη Πλοίου, Β' Τόμος*, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα
- **Παπανικολάου Α., Αναστασόπουλος Κ. 2006**, *Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου II Συλλογή Βοηθημάτων*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
- **Παπανικολάου Α., Αναστασόπουλος Κ. 2007**, *Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου I Συλλογή Βοηθημάτων*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
- **Πολίτης Γ. Κ. 2008**, *Σημειώσεις Μαθήματος "Αντίστασης και Πρόωσης Πλοίου"*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
- **Σαμουηλίδης Μ. 2010**, *Σημειώσεις Αντοχής Πλοίου*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
- **Σκούπας Σ. Α. 2011**, *Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για τη Μελέτη & Σχεδίαση - Βελτιστοποίηση Επιβατηγών - Οχηματαγωγών Πλοίων Νέας Τεχνολογίας, Διδακτορική Διατριβή*, Ε.Μ.Π., Αθήνα

- **Υ. Δ. 3522.2/08/2013**, Κανονισμός για την Εφαρμογή Απαιτήσεων της Σύμβασης Ναυτικής Εργασίας, 2006 της Διεθνούς Οργάνωσης Εργασίας, ΦΕΚ Β' 1671
- **Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας 2006**, Κατάρτιση Σχεδίου Δράσης για την Εφαρμογή της ΚΟ 24/2003 'Απαιτήσεις Ασφάλειας για ΑΜΕΑ στα Δρομολογιακά Πλοία', Πειραιάς

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

- **Bureau Veritas VeriSTAR** - <http://www.veristar.com/portal/veristarinfo>
- **Eurofleets** - <http://www.eurofleets.eu/np4/63>
- **Hellenic Centre for Marine Research** - <http://www.hcmr.gr/>
- **MAN Marine GenSets** - <https://marine.man.eu/gensets/marine-gensets>
- **Marine Institute (Ireland)** - <http://www.marine.ie/Home/>
- **National Oceanic and Atmospheric Administration (US) Ocean Explorer** - <http://oceanexplorer.noaa.gov/>
- **National Oceanography Centre (UK)** - <http://noc.ac.uk/>
- **Oceanology International** - <http://www.oceanologyinternational.com/>
- **Office of Coast Survey** - <http://www.nauticalcharts.noaa.gov/>
- **Rolls Royce Propulsion & Manoeuvring Systems** - <http://www.rolls-royce.com/products-and-services/marine/product-finder/propulsion-systems.aspx#section-product-search>
- **Scripps Institution of Oceanography (US)** - <http://shipsked.ucsd.edu/>
- **Sea Bird Electronics** - <http://www.seabird.com/>

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ Η/Υ

- **Autodesk Inc.** - AutoCAD 2014, 2016
- **Bureau Veritas VeriSTAR** - Mars 2000
- **ABS** - Stifflib
- **Napa Ltd.** - NAPA

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στο Παράρτημα αυτό, θα γίνει η παρουσίαση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για τον αναλυτικό υπολογισμό της μεταλλικής κατασκευής του υπό μελέτη πλοίου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη διαδικασία, χρησιμοποιήθηκαν για τον τελική εκτίμηση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής.

Όπως αναφέρθηκε και στο κυρίως μέρος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, η διαδικασία που ακολουθείται για την προσέγγιση της αντοχής και εν συνεχεία του βάρους, είναι ο υπολογισμός των επιμέρους στοιχείων που απαρτίζουν την μεταλλική κατασκευή, δηλαδή, των παρακάτω:

1. Βάρος ελασμάτων και διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων
2. Βάρος εδρών διπτυγμένου, εγκάρσιων και κατακόρυφων ενισχυτικών
3. Βάρος ενισχυμένων νομέων
4. Βάρος εγκάρσιων φρακτών
5. Βάρος υπερκατασκευών

A.1 Υπολογισμός Ελασμάτων και Διαμήκων Κατασκευαστικών Στοιχείων

Για τον υπολογισμό των ελασμάτων και των διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων, έγινε χρήση του προγράμματος Mars 2000 του Bureau Veritas. Αρχικά, κατά την έναρξη της εφαρμογής εισήχθησαν τα βασικά δεδομένα του σκάφους:

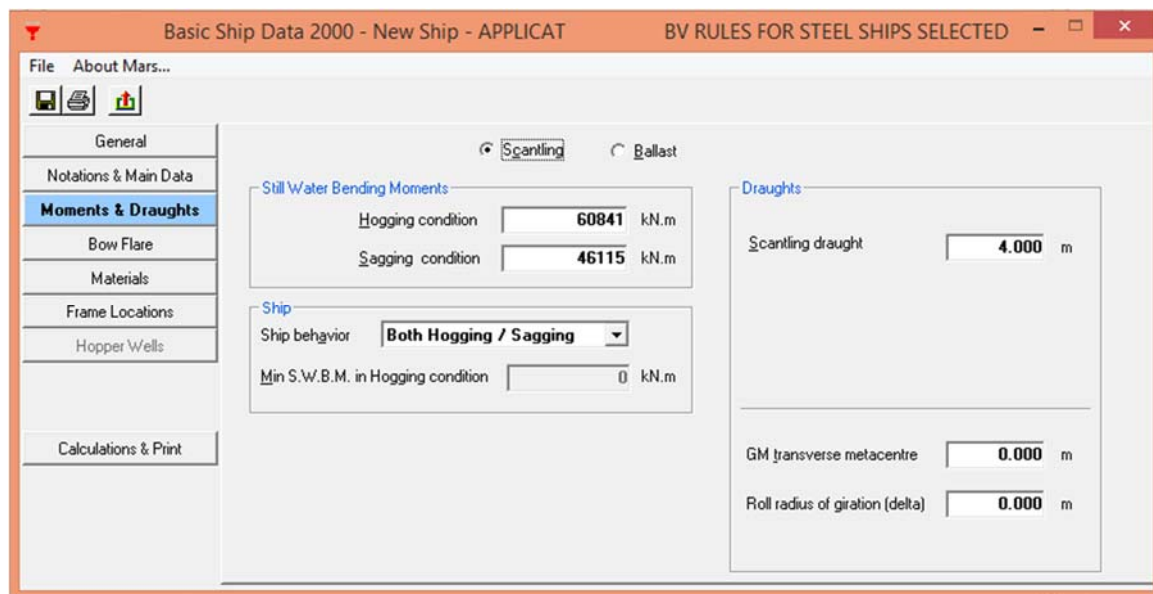
The screenshot shows the 'Basic Ship Data 2000' software interface. The window title is 'Basic Ship Data 2000 - New Ship - APPLICAT' and 'BV RULES FOR STEEL SHIPS SELECTED'. The interface includes a menu bar (File, About Mars...), a toolbar, and a sidebar with navigation options: General, Notations & Main Data (selected), Moments & Draughts, Bow Flare, Materials, Frame Locations, Hopper/Wells, and Calculations & Print. The main area contains several input fields:

- Notations:** Service: Passenger ship, Navigation: Unrestricted navigation.
- Additional Notation:** Polar Class: None.
- Main dimensions:** Scantling length: 75.000 m, Breadth moulded: 14.000 m, Block coefficient: 0.620, Maximum service speed: 15.0 Knots.
- Fore, central and aft parts (from AE):** After peak bulkhead: 2.400 m, Collision bulkhead: 72.000 m.
- Depths:** At strength deck: 6.500 m, At freeboard deck: 6.500 m, At top of continuous member: 6.500 m.
- Additional Notation (2):** VeriSTAR HULL DFL: [] years.

Σχήμα A.1.1: Basic Ship Data [1]

Όπως φαίνεται στο Σχήμα A.1.1, στο συγκεκριμένο παράθυρο του προγράμματος αρχικά ζητείται ο τύπος του υπό μελέτη πλοίου. Από τη λίστα που παρέχει το πρόγραμμα, ορίσθηκε Service του πλοίου "Passenger Ship", το οποίο θεωρείται πιο κοντινό στον τύπο του υπό μελέτη πλοίου. Στη συνέχεια, εισήχθησαν το μήκος του πλοίου (75 m), το πλάτος (14 m), ο συντελεστής γάστρας (0.620) και η μέγιστη ταχύτητα υπηρεσίας (15 kn). Επιπλέον, ζητούνται κάποιες διαμήκεις αποστάσεις μετρούμενες από το πρυμναίο άκρο του πλοίου (A.E.), δηλαδή η απόσταση μέχρι την πρυμναία φρακτή (4.80 m) και η απόσταση μέχρι την πρωραία φρακτή σύγκρουσης (76.80 m). Τέλος, ζητούνται κατακόρυφες αποστάσεις, δηλαδή το ύψος του καταστρώματος αντοχής (6.50 m), το κατάστρωμα εξάλων (6.50 m) και το ύψος στο οποίο εκτείνονται στοιχεία πέρα από

το κατάστρωμα αντοχής που συμβάλλουν στη διαμήκη αντοχή του πλοίου. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, το ορίζουμε ίσο με το κατάστρωμα αντοχής.



Σχήμα A.1.2: Basic Ship Data [2]

Στο παράθυρο αυτό ορίζονται τα Still Water Bending Moments (M_{SW}), σε kN.m, τα οποία έχουν υπολογισθεί, απουσία άλλων στοιχείων, σύμφωνα με τους κανονισμούς του Bureau Veritas (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 5, Section 2/2.2*), όπου:

$$\text{Hogging Condition: } M_{SWM,H} = 175 n_1 C L^2 B (C_B + 0.7) 10^{-3} - M_{WV,H} = 60841.46 \text{ kN.m}$$

$$\text{Sagging Condition: } M_{SWM,S} = 175 n_1 C L^2 B (C_B + 0.7) 10^{-3} + M_{WV,S} = 46114.82 \text{ kN.m}$$

Όπου:

$n_1 = 1$, συντελεστής για unrestricted navigation, σύμφωνα με τον Πίνακα A.1.1 (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 5, Section 1/2.6*),

Πίνακας A.1.1: Συντελεστές πλοήγησης

Table 1 : Navigation coefficients

Navigation notation	Navigation coefficient n	Navigation coefficient n_1
Unrestricted navigation	1,00	1,00
Summer zone	0,90	0,95
Tropical zone	0,80	0,90
Coastal area	0,80	0,90
Sheltered area	0,65	0,80

$C = \frac{(118-0.36L)L}{1000} = 6.825$, wave parameter, για πλοία μήκους $65 \text{ m} \leq L < 90 \text{ m}$ (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 5, Section 2/Symbols*),

$L = 75 \text{ m}$, το μήκος του υπό μελέτη πλοίου,

$B = 14 \text{ m}$, το πλάτος του υπό μελέτη πλοίου,

$C_B = 0.62$, ο συντελεστής γάστρας,

$M_{WV,H}$ και $M_{WV,S}$ τα vertical wave bending moments, τα οποία υπολογίζονται σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 5, Section 2/3.1*):

Hogging Condition: $M_{WV,H} [kN \cdot m] = 190 F_M n C L^2 B C_B 10^{-3} = 63313.82$

Sagging Condition: $M_{WV,S} [kN \cdot m] = -110 F_M n C L^2 B (C_B + 0.7) 10^{-3} = -78040.46$

Όπου:

$F_M = 1$, συντελεστής distribution, σύμφωνα με τον Πίνακα A.1.2, ο οποίος λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα καθώς αναφερόμαστε στη μέση τομή του πλοίου (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 5, Section 2/3.1.1*),

Πίνακας A.1.2: Distribution Factor

Table 1 : Distribution factor F_M

Hull transverse section location	Distribution factor F_M
$0 \leq x < 0,4 L$	$2,5 \frac{x}{L}$
$0,4 L \leq x \leq 0,65 L$	1
$0,65 L < x \leq L$	$2,86 \left(1 - \frac{x}{L}\right)$

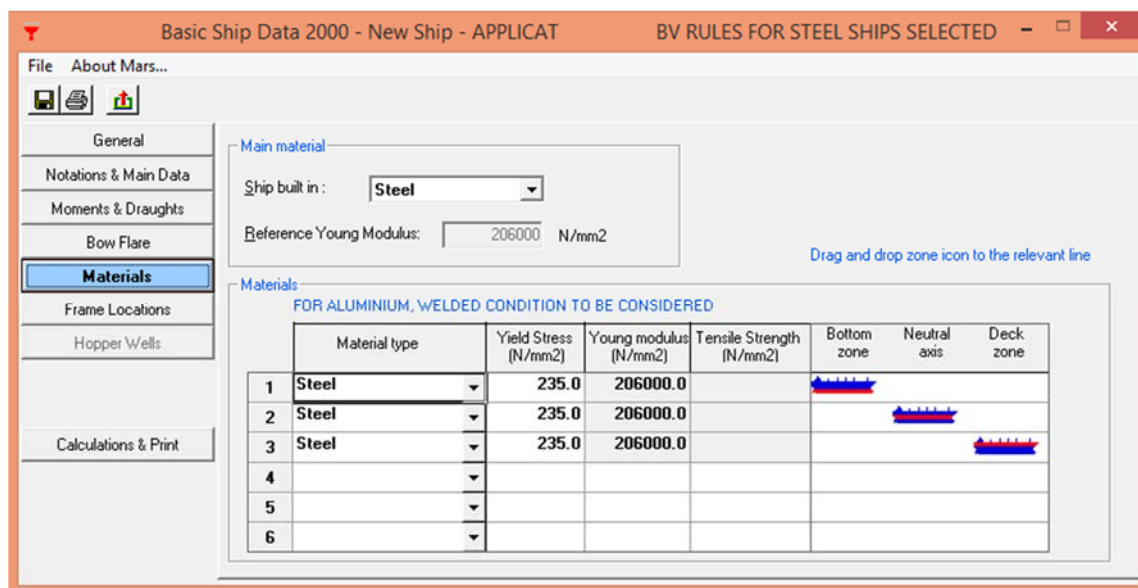
$n = 1$, συντελεστής για unrestricted navigation, σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1.1 (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 5, Section 1/2.6*),

$C = \frac{(118-0.36L)L}{1000} = 6.825$, wave parameter, για πλοία μήκους $65 \text{ m} \leq L < 90 \text{ m}$ (*Rules for the Classification of Steel Ships, Chapter 5, Section 2/Symbols*),

$L = 75 \text{ m}$, το μήκος του υπό μελέτη πλοίου,

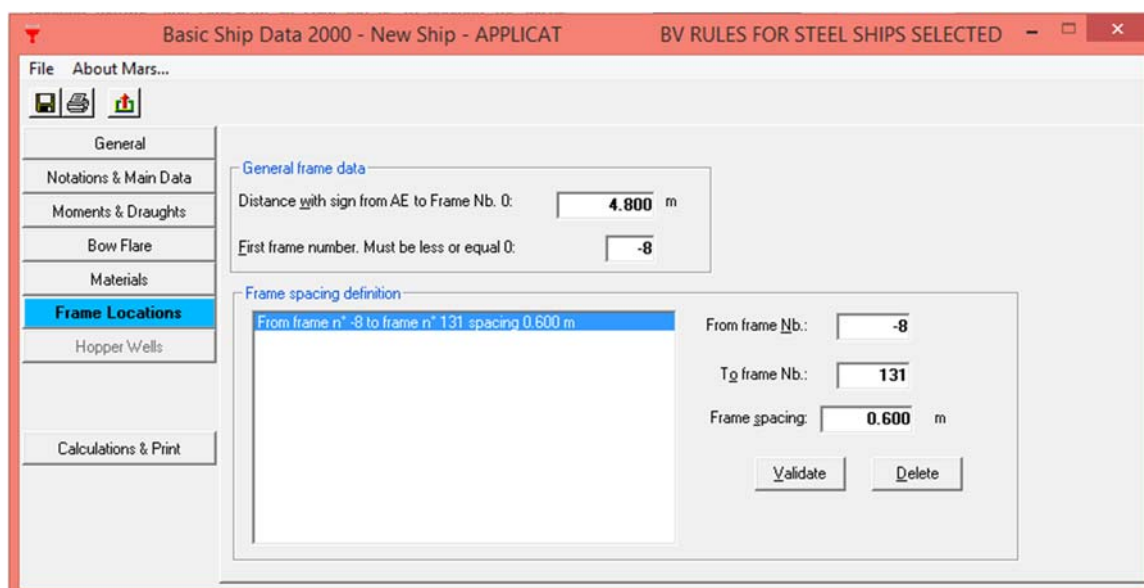
$B = 14 \text{ m}$, το πλάτος του υπό μελέτη πλοίου,

$C_B = 0.62$, ο συντελεστής γάστρας.



Σχήμα A.1.3: Basic Ship Data [3]

Εδώ επιλέγεται το υλικό από το οποίο αποτελούνται όλα τα μεταλλικά στοιχεία των τομών, το οποίο είναι ο απλός ναυπηγικός χάλυβας, με Yield Stress 250 N/mm^2 , μέτρο ελαστικότητας 206000 N/mm^2 και ειδικό βάρος 7.78 t/m^3 .



Σχήμα A.1.4: Basic Ship Data [4]

Στο σημείο αυτό εισάγεται η απόσταση μεταξύ του πρυμναίου άκρου (A.E.) και της πρυμναίας καθέτου (A.P.), ίση με 4.800 m , ο πρώτος κατασκευαστικός νομέας (-8) και η ισαπόσταση των κατασκευαστικών νομέων από τον -8 μέχρι τον 131, ίση με 0.600 m .

Το επόμενο στάδιο είναι η εισαγωγή των απαιτούμενων εγκάρσιων τομών για να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί από το πρόγραμμα BV Mars 2000. Εισάχθηκαν στο πρόγραμμα αρκετές εγκάρσιες τομές (14 στον αριθμό) έτσι ώστε να γίνει μία όσο το πιο δυνατό ακριβής περιγραφή της γεωμετρίας του πλοίου, και στη συνέχεια η συνολική αντοχή της γάστρας προέκυψε μέσω του συνδυασμού των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από το πρόγραμμα, αναλυτικών υπολογισμών και μεθόδων ολοκλήρωσης.

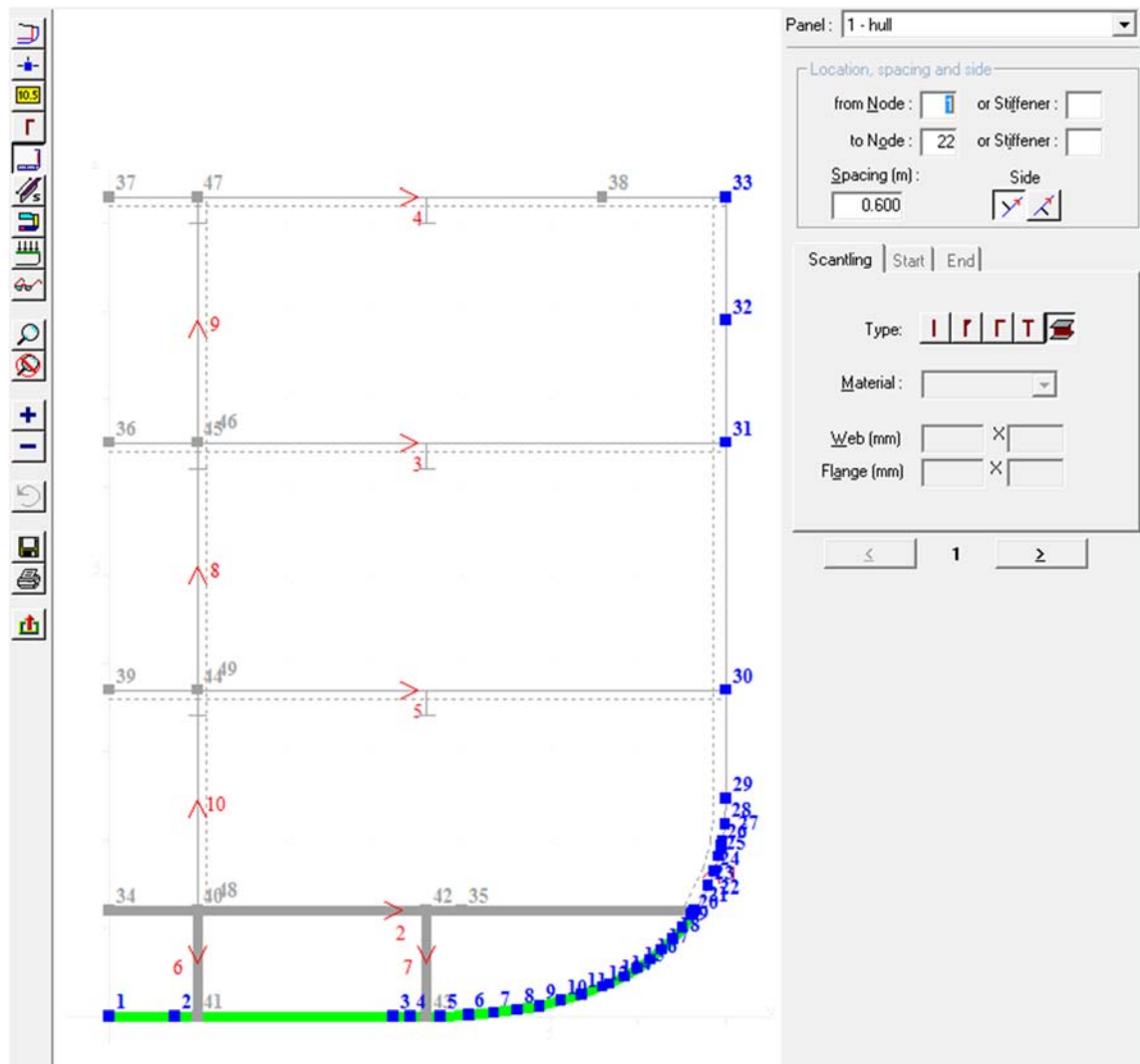
Η γεωμετρία των εγκαρσίων τομών που εισήχθησαν στο πρόγραμμα ελήφθη από γραμμές προτύπου πλοίου, οι οποίες είχαν προέλθει από το πρόγραμμα NARA. Οι τομές έγιναν σε συγκεκριμένες αποστάσεις από την Α.Ρ., οι οποίες αναφέρονται παρακάτω:

Πίνακας Α.1.3: Λίστα εγκαρσίων τομών που εισήχθησαν στο Mars 2000

Mars Sections	
Frame	Distance from A.P.
-8	-4.8 m
4	2.4 m
16	9.6 m
20	12 m
28	16.8 m
40	24 m
48	28.8 m
60	36 m
70	42 m
80	48 m
100	60 m
116	69.6 m
120	72 m

Μετά την εισαγωγή των εγκαρσίων τομών, γίνεται η δήλωση των χαρακτηριστικών τους στοιχείων. Για κάθε εγκάρσια τομή, δηλώνεται η θέση, το πάχος και το μήκος των ελασμάτων (Panels) με βάση τα σημεία (Nodes) που έχουν εισαχθεί. Επίσης δηλώνεται η ισαπόσταση (spacing of primary transverse structure) των ενισχυμένων νομέων (web frames), η οποία ορίζεται ίση με 2.4 m, δηλαδή ίση με την απόσταση τεσσάρων κατασκευαστικών νομέων. Τα Panels αφορούν τα ελάσματα του περιβλήματος της γάστρας, των καταστρωμάτων, των διαμήκων φρακτών και των σταθμίδων. Για τα ελάσματα που αποτελούν τον πυθμένα του πλοίου (keel & bottom plate), τα ελάσματα του Floor Deck και οι σταθμίδες που ενισχύουν το διπύθμενο του πλοίου, ορίζεται στο πρόγραμμα ότι ανήκουν σε περιοχές που υποστηρίζονται από primary supporting members (floors), για όλα τα frames του πλοίου. Τα ελάσματα που αποτελούν τα υπόλοιπα καταστρώματα, το περίβλημα της γάστρας και τις διαμήκεις φρακτές ενισχύονται με εγκάρσια ενισχυτικά (Transverse Stiffeners). Τέλος, στην κύρια ενίσχυση συμμετέχουν και διαμήκη ενισχυτικά (girders), σε απόσταση 1 m και 3.6 m, αντίστοιχα, από τη centerline του πλοίου, τα οποία ξεκινούν από το Lower Deck και βρίσκονται σε κατακόρυφη συνέχεια από τις σταθμίδες που έχουν τοποθετηθεί στο διπύθμενο.

Ενδεικτικά, παρακάτω φαίνεται η εισαγωγή του νομέα 60 στο πρόγραμμα BV Mars 2000:

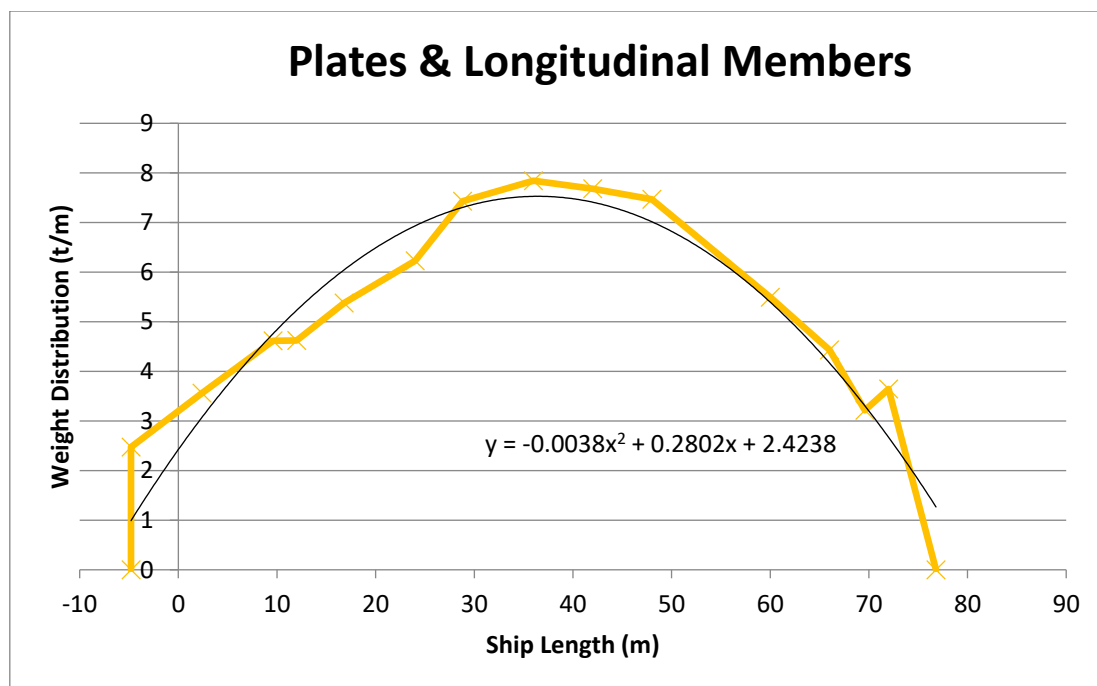


Σχήμα Α.1.5: Εισαγωγή του νομέα 60 στο πρόγραμμα BV Mars 2000

Από τα αποτελέσματα του προγράμματος (Εντολή Rule), αφού γίνει έλεγχος της αντοχής σε όλες τις τομές που θεωρήθηκαν, εξάγεται για κάθε μία από αυτές το βάρος ανά τρέχον μέτρο και η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους, μαζί με τα LCG τα οποία προκύπτουν από τις θέσεις των εγκαρσίων τομών. Με τη μέθοδο των ροών υπολογίζουμε τα KG, LCG του τελικού βάρους, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας Α.1.4). Στη συνέχεια, σχεδιάζεται η κατανομή του βάρους της μεταλλικής κατασκευής ανά μέτρο μήκους του πλοίου (tn/m). Παρεμβάλλοντας την καμπύλη που προκύπτει με μία καμπύλη 2^{ου} βαθμού (με τη θεώρηση ότι γίνεται ικανοποιητική περιγραφή) και ολοκληρώνοντάς την στο $L_{OA} = 83.5 m$, εξάγεται το ζητούμενο ολικό βάρος ίσο με $W_{Long} = 441.8 tons$. Η καμπύλη αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα Α.1.6. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας, το τελικό βάρος επελέγη σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Πίνακα Α.4, και ίσο με $W_{Long} = 464.5 tons$.

Πίνακας Α.1.4: Αποτελέσματα εφαρμογής Mars 2000, για διαμήκη ελάσματα και κατασκευαστικά στοιχεία

PLATES & LONGITUDINAL MEMBERS										
I	II	III	IV	V=III*IV	VI	VII=V*VI*0.6	VIII	IX=VII*VIII	X	XI=X*VII
Frame	Distance from AP (m)	Area (m ²)	Density (t/m ³)	Weight Distribution (t/m)	Number of Frames (#)	Sum Weight (t)	LCG (m)	ML (t*m)	KG (m)	MT (t*m)
-8	-4.8	0.00	7.78	0.00	0.00	0.00	-4.80	0.00	0.00	0.00
-7	-4.8	0.32	7.78	2.47	12.00	17.82	-1.20	-21.38	5.27	93.88
4	2.4	0.46	7.78	3.56	12.00	25.63	6.00	153.81	5.10	130.61
16	9.6	0.59	7.78	4.62	4.00	11.08	10.80	119.65	4.01	44.44
20	12	0.59	7.78	4.62	8.00	22.19	14.40	319.53	4.06	90.11
28 (fwd)	16.8	0.69	7.78	5.38	12.00	38.72	20.40	789.97	4.96	192.15
40	24	0.80	7.78	6.23	8.00	29.90	26.40	789.39	4.39	131.15
48 (fwd)	28.8	0.95	7.78	7.43	12.00	53.48	32.40	1732.85	4.47	239.28
60	36	1.01	7.78	7.84	10.00	47.06	39.00	1835.25	4.41	207.67
70	42	0.99	7.78	7.68	10.00	46.09	45.00	2074.01	4.56	210.17
80	48	0.96	7.78	7.47	20.00	89.63	54.00	4840.14	4.74	425.04
100	60	0.71	7.78	5.49	10.00	32.97	63.00	2077.00	5.30	174.80
110	66	0.57	7.78	4.43	6.00	15.96	67.80	1082.02	5.81	92.67
116 (fwd)	69.6	0.41	7.78	3.22	4.00	7.72	70.80	546.41	6.06	46.78
120	72	0.47	7.78	3.64	12.00	26.23	75.60	1983.33	5.21	136.55
128	76.8	0.00	7.78	0.00	0.00	0.00	76.80	0.00	0.00	0.00
W_{LONG_MEMB}						464.49	39.45	18321.96	4.77	2215.29



Σχήμα Α.1.6: Κατανομή του βάρους ελασμάτων και διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων ανά μέτρο μήκους του πλοίου

Πίνακας Α.1.5: Βάρος ελασμάτων και διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων

PLATES & LONGITUDINAL MEMBERS		
WEIGHT (tn)	LCG (m)	KG (m)
464.49	39.45	4.77

A.2 Υπολογισμός Εδρών Διπυθμένου, Εγκάρσιων και Κατακόρυφων Ενισχυτικών

Ο υπολογισμός των εγκάρσιων και κατακόρυφων στοιχείων του πλοίου (ενισχυτικά, έδρες διπυθμένου κ.λ.π.) πραγματοποιείται αναλυτικά. Οι εγκάρσιες τομές που θεωρήθηκαν στην ανωτέρω παράγραφο εισάγονται στο πρόγραμμα AutoCAD, όπου σχεδιάζονται τα κατασκευαστικά στοιχεία προς υπολογισμό.

Στη συνέχεια, με τις εντολές Region και Mass Properties του προγράμματος AutoCAD, έγιναν οι υπολογισμοί των εμβαδών των τομών και του KG τους. Έτσι, για τους θεωρούμενους νομείς, κατασκευάστηκαν οι παρακάτω πίνακες στους οποίους πραγματοποιείται αναλυτικά ο υπολογισμός του βάρους των εγκάρσιων και κατακόρυφων στοιχείων του πλοίου (Πίνακες Α.2.1, Α.2.2). Σημειώνεται ότι, από τους υπολογισμούς αποκλείστηκαν οι ενισχυμένοι νομείς, οι οποίοι βρίσκονται σε ισαπόσταση 2.4 m (ανά 4 κατασκευαστικούς νομείς), και των οποίων ο υπολογισμός πραγματοποιείται ξεχωριστά και θα αναλυθεί στην επόμενη παράγραφο. Ως ενισχυμένοι νομείς θεωρούνται επίσης όλοι οι νομείς -9 μέχρι και τον 4, οπότε στους υπολογισμούς του Πίνακα Α.6 εισάγονται οι νομείς -7 μέχρι -5, -3 μέχρι -1 και 1 μέχρι 3, σχεδιασμένοι ως ενισχυμένοι.

Πίνακας Α.2.1: Αποτελέσματα εφαρμογής AutoCAD, για εγκάρσια και κατακόρυφα ενισχυτικά

TRANSVERSE & VERTICAL STIFFENERS											
I	II	III	IV	V	VI=III*IV*V	VII	VIII=VI*VII	IX	X=VIII*IX	XI	XII=XI*VIII
Frame	Distance from AP (m)	Area (m ²)	Density (t/m ³)	Thickness (m)	Weight (t)	Number of Frames (#)	Sum Weight (t)	KG (m)	MT (t*m)	LCG (m)	ML (t*m)
-9	-5.4	0.00	7.78	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	-5.40	0.00
-8	-4.8	12.15	7.78	0.012	1.13	3	3.40	5.13	17.45	-3.90	-13.28
-4	-2.4	12.26	7.78	0.012	1.14	3	3.43	5.09	17.48	-2.40	-8.24
0	0	12.42	7.78	0.012	1.16	3	3.48	5.04	17.52	0.00	0.00
4	2.4	4.78	7.78	0.008	0.30	9	2.68	7.01	18.77	5.10	13.66
16	9.6	2.16	7.78	0.008	0.13	3	0.40	5.95	2.41	10.50	4.24
20	12	2.15	7.78	0.008	0.13	6	0.80	5.96	4.79	13.80	11.10
28	16.8	5.39	7.78	0.008	0.34	9	3.02	6.56	19.79	19.50	58.83
40	24	4.87	7.78	0.008	0.30	6	1.82	6.82	12.42	25.80	46.95
48	28.8	6.93	7.78	0.008	0.43	9	3.88	6.16	23.92	31.50	122.23
60	36	7.95	7.78	0.008	0.52	7	3.63	5.86	21.25	38.10	138.17
70	42	8.32	7.78	0.008	0.54	7	3.77	5.81	21.88	44.10	166.15
80	48	8.65	7.78	0.008	0.47	15	7.10	5.79	41.14	52.50	372.92
100	60	7.61	7.78	0.008	0.43	7	3.03	5.93	17.95	62.10	187.96
110	66	6.95	7.78	0.008	0.35	4	1.41	6.23	8.78	67.20	94.64
116	69.6	5.66	7.78	0.008	0.12	3	0.36	6.46	2.30	70.50	25.09
120	72	1.91	7.78	0.008	0.06	6	0.37	8.30	3.10	73.80	27.56
128	76.8	0.00	7.78	0.008	0.00	0	0.00	0.00	0.00	76.80	0.00
W_{STF}							42.58	5.89	250.93	29.31	1247.97

Πίνακας Α.2.2: Αποτελέσματα εφαρμογής AutoCAD, για τις έδρες διπυθμένου

FLOORS											
I	II	III	IV	V	VI=III*IV*V	VII	VIII=VI*VII	IX	X=VIII*IX	XI	XII=XI*VIII
Frame	Distance from AP (m)	Area (m ²)	Density (t/m ³)	Thickness (m)	Weight (t)	Number of Frames (#)	Sum Weight (t)	KG (m)	MT (t*m)	LCG (m)	ML (t*m)
3	1.8	0.00	7.78	0.008	0.00	0	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00
4	2.4	1.05	7.78	0.008	0.07	9	0.59	3.46	2.04	5.10	3.00
16	9.6	12.80	7.78	0.008	0.80	3	2.39	2.92	6.98	10.50	25.09
20	12	19.13	7.78	0.008	1.19	6	7.14	2.82	20.13	13.80	98.59
28	16.8	5.99	7.78	0.008	0.37	9	3.36	1.24	4.15	19.50	65.48
40	24	18.70	7.78	0.008	1.16	6	6.98	0.95	6.64	25.80	180.12
48	28.8	14.46	7.78	0.008	0.90	9	8.10	0.63	5.12	31.50	255.07
60	36	14.12	7.78	0.008	0.73	7	5.13	0.64	3.27	38.10	195.61
70	42	11.78	7.78	0.008	0.52	7	3.63	0.66	2.40	44.10	160.23
80	48	8.34	7.78	0.008	0.21	15	3.13	0.69	2.17	52.50	164.46
100	60	3.36	7.78	0.008	0.13	7	0.94	0.71	0.67	62.10	58.23
110	66	2.15	7.78	0.008	0.11	4	0.43	0.69	0.30	67.20	28.86
116	69.6	1.73	7.78	0.008	0.74	3	2.23	0.70	1.57	70.50	157.30
120	72	11.95	7.78	0.008	0.06	6	0.37	3.72	1.39	73.80	27.56
128	76.8	0.00	7.78	0.008	0.00	0	0.00	0.00	0.00	76.80	0.00
W_{FLOOR}							44.43	1.28	56.81	31.95	1419.61

Στο σημείο αυτό, λαμβάνοντας υπ' όψη και την Παράγραφο Α.1, μπορεί να πραγματοποιηθεί ο συνολικός υπολογισμός των κατασκευαστικών νομέων, πλην των ενισχυμένων, όπως φαίνεται στον Πίνακα Α.2.3:

Πίνακας Α.2.3: Υπολογισμός κατασκευαστικών νομέων, πλην των ενισχυμένων

FRAMES TOTAL CALCULATION			
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	KG (m)
<i>PLATES & LONG. MEMBERS</i>	464.49	39.45	4.77
<i>TRANSVERSE & VERTICAL STIFFENERS</i>	42.58	29.31	5.89
<i>FLOORS</i>	44.43	31.95	1.28
W_{FR_TOT}	551.50	38.06	4.57

A.3 Υπολογισμός Ενισχυμένων Νομέων

Οι ενισχυμένοι νομείς, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, βρίσκονται σε ισαπόσταση τεσσάρων κατασκευαστικών νομέων, ή 2.4 m. Οι νομείς -9 μέχρι 4, αποτελούν όλοι ενισχυμένους νομείς. Ο υπολογισμός των βαρών και των κέντρων βαρών LCG και KG των εν λόγω νομέων πραγματοποιείται με τρόπο ανάλογο με αυτόν που παρουσιάστηκε στην Παράγραφο Α.2.

Οι εγκάρσιες τομές των ενισχυμένων νομέων εισάγονται στο πρόγραμμα AutoCAD, όπου σχεδιάζονται τα κατασκευαστικά στοιχεία προς υπολογισμό, δηλαδή τα ενισχυτικά και οι έδρες τους. Στη συνέχεια, με τις εντολές Region και Mass Properties του προγράμματος AutoCAD, έγιναν οι υπολογισμοί των εμβαδών των τομών και του KG των νομέων. Έτσι, δημιουργήθηκαν οι παρακάτω πίνακες (Πίνακες Α.3.1 και Α.3.2), όπου στον πρώτο υπολογίζονται τα ενισχυτικά των νομέων, και στο δεύτερο οι έδρες τους:

Πίνακας Α.3.1: Αποτελέσματα εφαρμογής AutoCAD, για τα ενισχυτικά των ενισχυμένων νομέων

WEB STIFFENERS											
I	II	III	IV	V	VI=III*IV*V	VII	VIII=VI*VII	IX	X=VIII*IX	XI	XII=VIII*X
Frame	Distance from AP (m)	Area (m ²)	Density (t/m ³)	Thickness (m)	Weight	Number of Frames (#)	Sum Weight (t)	LCG (m)	ML (t*m)	KG(m)	MT (t*m)
-8	-4.8	12.15	7.78	0.012	1.13	1	1.13	-4.80	-5.45	5.13	5.82
-4	-2.4	12.26	7.78	0.012	1.14	1	1.14	-2.40	-2.75	5.09	5.83
0	0	12.42	7.78	0.012	1.16	1	1.16	0.00	0.00	5.04	5.84
4	2.4	11.63	7.78	0.012	1.09	1	1.09	2.40	2.61	5.09	5.53
8	4.8	11.32	7.78	0.012	1.06	1	1.06	4.80	5.07	5.06	5.35
12	7.2	8.61	7.78	0.012	0.80	1	0.80	7.20	5.79	5.39	4.33
16	9.6	6.82	7.78	0.012	0.64	1	0.64	9.60	6.12	5.79	3.69
20	12	6.73	7.78	0.012	0.63	1	0.63	12.00	7.53	5.82	3.65
24	14.4	6.70	7.78	0.012	0.63	1	0.63	14.40	9.01	5.83	3.65
28	16.8	13.40	7.78	0.012	1.25	1	1.25	16.80	21.01	7.23	9.04
32	19.2	15.85	7.78	0.012	1.48	1	1.48	19.20	28.41	6.51	9.63
36	21.6	15.54	7.78	0.012	1.45	1	1.45	21.60	31.34	6.60	9.57
40	24	15.45	7.78	0.012	1.44	1	1.44	24.00	34.61	6.62	9.55
44	26.4	15.42	7.78	0.012	1.44	1	1.44	26.40	38.00	6.63	9.55
48	28.8	15.41	7.78	0.012	1.44	1	1.44	28.80	41.43	6.64	9.55
52	31.2	19.86	7.78	0.012	1.85	1	1.85	31.20	57.85	5.89	10.91
56	33.6	19.87	7.78	0.012	1.85	1	1.85	33.60	62.31	5.89	10.91

60	36	19.89	7.78	0.012	1.86	1	1.86	36.00	66.86	5.88	10.92
64	38.4	19.95	7.78	0.012	1.86	1	1.86	38.40	71.53	5.87	10.93
68	40.8	20.07	7.78	0.012	1.87	1	1.87	40.80	76.43	5.84	10.95
72	43.2	20.22	7.78	0.012	1.89	1	1.89	43.20	81.55	5.81	10.97
76	45.6	20.32	7.78	0.012	1.90	1	1.90	45.60	86.51	5.79	10.98
80	48	20.36	7.78	0.012	1.90	1	1.90	48.00	91.25	5.77	10.98
84	50.4	20.32	7.78	0.012	1.90	1	1.90	50.40	95.62	5.78	10.96
88	52.8	20.09	7.78	0.012	1.88	1	1.88	52.80	99.01	5.80	10.87
92	55.2	19.68	7.78	0.012	1.84	1	1.84	55.20	101.41	5.84	10.73
96	57.6	19.11	7.78	0.012	1.78	1	1.78	57.60	102.76	5.91	10.55
100	60	18.35	7.78	0.012	1.71	1	1.71	60.00	102.78	5.99	10.26
104	62.4	17.49	7.78	0.012	1.63	1	1.63	62.40	101.92	6.07	9.92
108	64.8	16.56	7.78	0.012	1.55	1	1.55	64.80	100.16	6.15	9.51
112	67.2	15.51	7.78	0.012	1.45	1	1.45	67.20	97.28	6.20	8.98
116	69.6	14.02	7.78	0.012	1.31	1	1.31	69.60	91.10	6.27	8.21
120	72	7.74	7.78	0.012	0.72	1	0.72	72.00	52.02	8.10	5.85
124	74.4	4.93	7.78	0.012	0.46	1	0.46	74.40	34.25	8.13	3.74
W_{WEB_STF}							47.99	37.41	1795.35	6.00	287.73

Πίνακας Α.3.2: Αποτελέσματα εφαρμογής AutoCAD, για τις έδρες διπυθμένου των ενισχυμένων νομέων

FLOORS											
I	II	III	IV	V	VI=III*IV*V	VII	VIII=VI*VII	IX	X=VIII*IX	XI	XII=VIII*XII
Frame	Distance from AP (m)	Floor Area (m ²)	Density (t/m ³)	Floor Thickness (m)	Weight	Number of Frames (#)	Sum Weight (t)	LCG (m)	ML (t*m)	KG(m)	MT (t*m)
-8	-4.8	0.00	7.78	0.008	0.00	1	0.00	-4.80	0.00	0.00	0.00
-4	-2.4	0.00	7.78	0.012	0.00	1	0.00	-2.40	0.00	0.00	0.00
0	0	0.00	7.78	0.012	0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	2.4	1.05	7.78	0.012	0.10	1	0.10	2.40	0.24	3.46	0.34
8	4.8	2.96	7.78	0.012	0.28	1	0.28	4.80	1.33	2.79	0.77
12	7.2	7.29	7.78	0.012	0.68	1	0.68	7.20	4.90	2.91	1.98
16	9.6	12.80	7.78	0.012	1.19	1	1.19	9.60	11.47	2.92	3.49
20	12	19.13	7.78	0.012	1.79	1	1.79	12.00	21.43	2.82	5.03
24	14.4	25.82	7.78	0.012	2.41	1	2.41	14.40	34.71	2.65	6.39
28	16.8	32.35	7.78	0.012	3.02	1	3.02	16.80	50.74	2.46	7.42
32	19.2	10.96	7.78	0.012	1.02	1	1.02	19.20	19.65	1.16	1.19
36	21.6	15.39	7.78	0.012	1.44	1	1.44	21.60	31.04	1.05	1.50
40	24	18.70	7.78	0.012	1.75	1	1.75	24.00	41.89	0.95	1.66
44	26.4	20.50	7.78	0.012	1.91	1	1.91	28.80	55.13	0.91	1.74
48	28.8	21.30	7.78	0.012	1.99	1	1.99	31.20	62.04	0.90	1.78
52	31.2	14.62	7.78	0.012	1.36	1	1.36	33.60	45.86	0.63	0.86
56	33.6	14.54	7.78	0.012	1.36	1	1.36	33.60	45.60	0.63	0.86
60	36	14.12	7.78	0.012	1.32	1	1.32	36.00	47.46	0.64	0.84
64	38.4	13.38	7.78	0.012	1.25	1	1.25	38.40	47.97	0.65	0.81
68	40.8	12.38	7.78	0.012	1.16	1	1.16	40.80	47.15	0.65	0.76

72	43.2	11.13	7.78	0.012	1.04	1	1.04	43.20	44.91	0.67	0.69
76	45.6	9.71	7.78	0.012	0.91	1	0.91	45.60	41.35	0.68	0.61
80	48	8.34	7.78	0.012	0.78	1	0.78	48.00	37.37	0.69	0.54
84	50.4	7.01	7.78	0.012	0.65	1	0.65	50.40	32.97	0.70	0.46
88	52.8	5.83	7.78	0.012	0.54	1	0.54	52.80	28.75	0.71	0.39
92	55.2	4.84	7.78	0.012	0.45	1	0.45	55.20	24.95	0.71	0.32
96	57.6	4.03	7.78	0.012	0.38	1	0.38	57.60	21.65	0.71	0.27
100	60	3.36	7.78	0.012	0.31	1	0.31	60.00	18.80	0.71	0.22
104	62.4	2.80	7.78	0.012	0.26	1	0.26	62.40	16.33	0.71	0.18
108	64.8	2.35	7.78	0.012	0.22	1	0.22	64.80	14.23	0.70	0.15
112	67.2	1.99	7.78	0.012	0.19	1	0.19	67.20	12.46	0.69	0.13
116	69.6	1.73	7.78	0.012	0.16	1	0.16	69.60	11.21	0.70	0.11
120	72	11.95	7.78	0.012	1.12	1	1.12	72.00	80.32	3.72	4.15
124	74.4	7.91	7.78	0.012	0.74	1	0.74	74.40	54.91	3.24	2.39
W_{WEB_FL}							31.77	31.76	1008.82	1.51	48.04

Από τους ανωτέρω πίνακες, μπορεί να γίνει ο αναλυτικός υπολογισμός του βάρους και των κέντρων βαρών των ενισχυμένων νομέων, σύμφωνα με τον Πίνακα Α.3.3:

Πίνακας Α.3.3: Υπολογισμός ενισχυμένων νομέων

WEBS TOTAL CALCULATION			
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	KG (m)
<i>WEB STIFFENERS</i>	47.99	37.41	6.00
<i>FLOORS</i>	31.77	31.76	1.51
W_{WEBS}	79.76	35.16	4.21

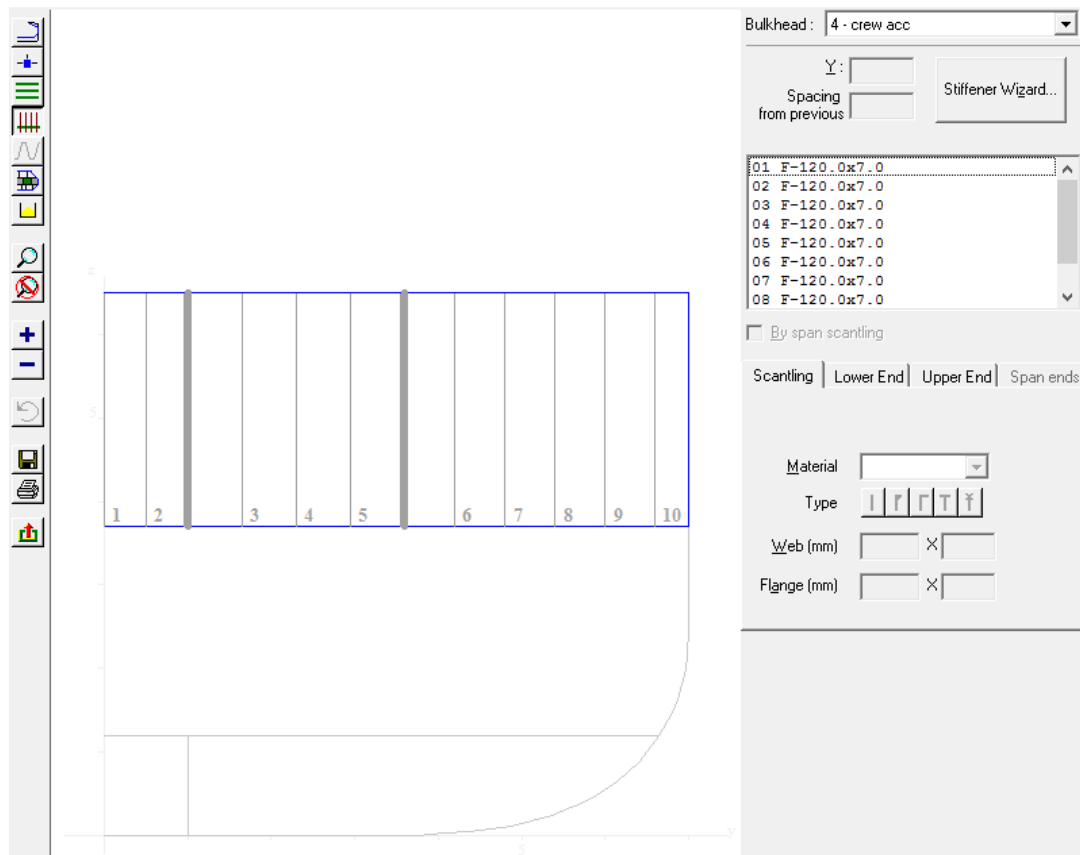
A.4 Υπολογισμός Εγκάρσιων Φρακτών

Για τον υπολογισμό των εγκάρσιων φρακτών, έγινε χρήση του προγράμματος BV Mars 2000. Αρχικά, ορίστηκε η θέση των φρακτών, πάνω στους νομείς που είχαν ήδη σχεδιαστεί για τον υπολογισμό της διαμήκουσ αντοχής. Οι θέσεις αυτές ήταν οι παρακάτω:

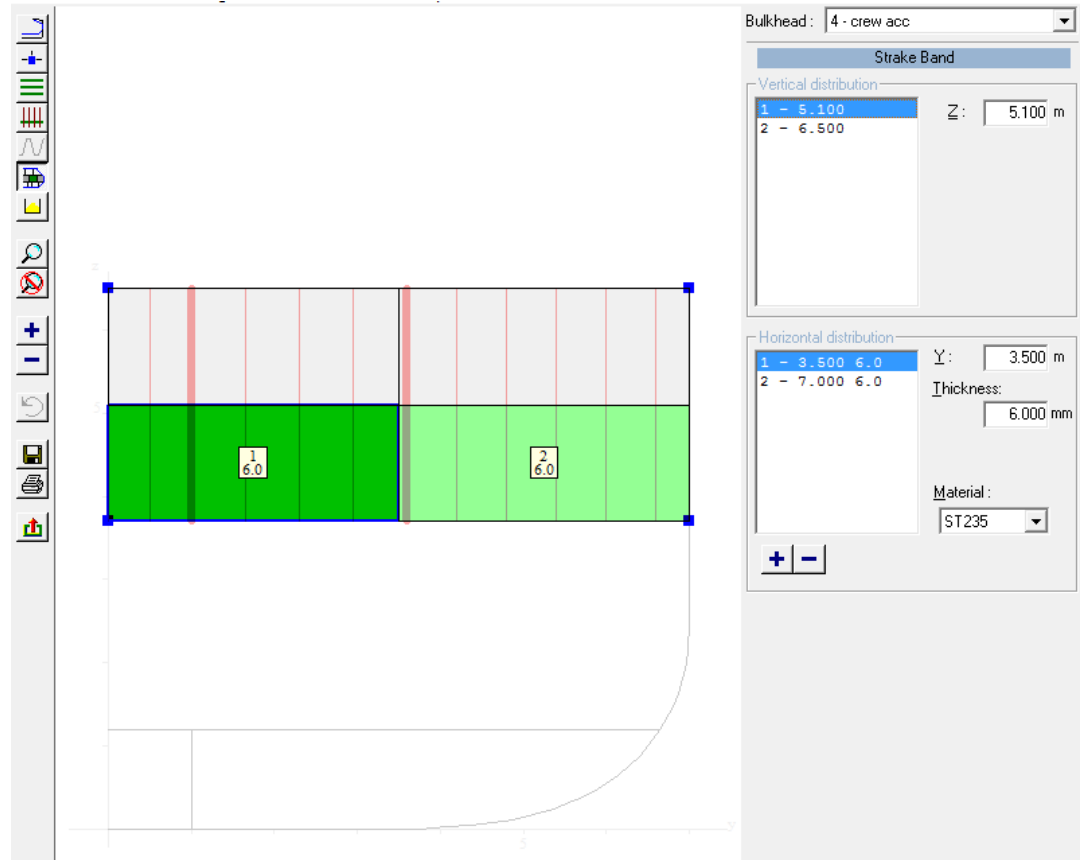
Πίνακας Α.4.1: Λίστα εγκάρσιων φρακτών που εισήχθησαν στο Mars 2000

Mars Bulkheads	
Frame	Distance from A.P.
4	2.4 m
16	9.6 m
28	16.8 m
48	28.8 m
60	36 m
80	48 m
100	60 m
116	69.6 m
120	72 m

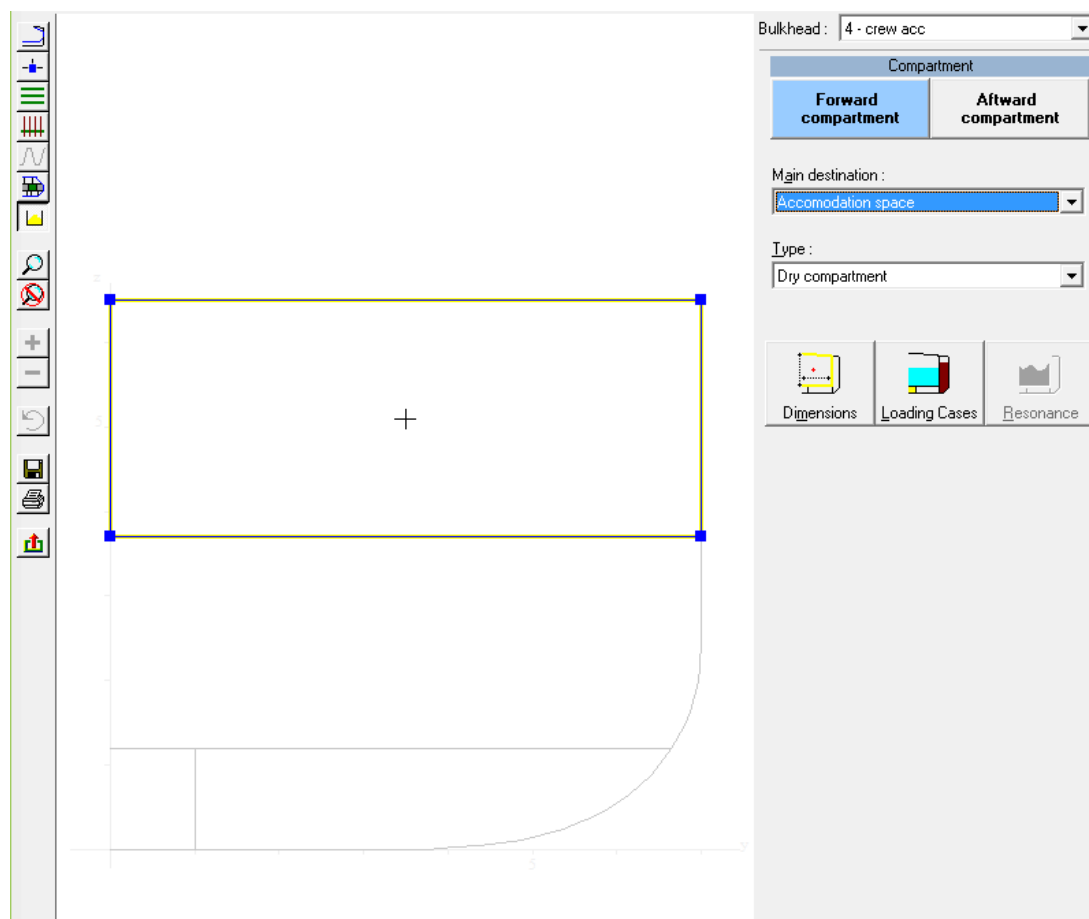
Στη συνέχεια, για την εκάστοτε φρακτή, ορίστηκε η θέση και ο τύπος των ενισχυτικών της. Για το υπό μελέτη πλοίο, τα ενισχυτικά των φρακτών τοποθετούνται στην πρυμναία όψη της, και είναι κατακόρυφα. Οι ενισχύσεις όπου η εγκάρσια φρακτή συναντάται με διαμήκη σταθμίδα ή διαμήκη φρακτή, ορίζονται ως primary supporting members (δηλαδή, στις αποστάσεις 1 m και 3.6 m από την centerline). Ακολουθεί ο ορισμός των κατακόρυφων ενισχυτικών, των ραφών και του πάχους των ελασμάτων, και του τύπου των διαμερισμάτων με τα οποία η φρακτή επικοινωνεί, έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί στο Mars Rule.



Σχήμα Α.4.1: Ορισμός κατακόρυφων ενισχυτικών εγκάρσιων φρακτών στο Mars 2000 (νομέας 60)



Σχήμα Α.4.2: Ορισμός πάχους και ραφών ελασμάτων εγκάρσιων φρακτών στο Mars 2000 (νομέας 60)



Σχήμα Α.4.3: Ορισμός γειτονικών διαμερισμάτων στη φρακτή στο Mars 2000 (νομέας 60)

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το Mars Rule για την κάθε φρακτή, εισάγονται σε πίνακα για τον αναλυτικό υπολογισμό του βάρους και των κέντρων βαρών του συνόλου των εγκαρσίων φρακτών του πλοίου.

Πίνακας Α.4.2: Υπολογισμός εγκάρσιων φρακτών

BULKHEADS (Strakes & Stiffeners)							
I	II	III	IV	V=III*IV	VI=II*V	VII	VIII=VII*V
Frame	Distance from AP (m) - LCG	Volume (m ³)	Density (t/m ³)	Weight	ML(t*m)	KG(m)	MT(t*m)
4	2.40	0.15	7.78	1.14	2.74	5.14	5.87
16	9.60	0.20	7.78	1.53	14.72	4.54	6.96
28	16.80	0.45	7.78	3.49	58.66	5.18	18.07
48	28.80	0.46	7.78	3.60	103.72	4.71	16.97
60	36.00	0.32	7.78	2.49	89.78	3.33	8.30
80	48.00	0.42	7.78	3.25	156.04	5.07	16.48
100	60.00	0.30	7.78	2.31	138.72	5.72	13.21
116	69.60	0.18	7.78	1.42	98.86	6.05	8.59
120	72.00	0.13	7.78	0.98	70.71	6.45	6.34
W_{BHDS}	36.28			20.23	733.95	4.98	100.79

Συνολικά, μπορεί να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, πλην των υπερκατασκευών, λαμβάνοντας υπ' όψη τις Παραγράφους Α.1 – Α.4. Ο Πίνακας Α.4.3 που ακολουθεί, συνοψίζει όλα τα βάρη που υπολογίσθηκαν στις προηγούμενες Παραγράφους:

Πίνακας Α.4.3: Υπολογισμός βάρους και κέντρου βαρών της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, πλην των υπερκατασκευών

TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	ML (t*m)	KG (m)	MT (t*m)
Frames	551.50	38.06	20989.53	4.57	2523.02
Webs	79.76	35.16	2804.16	4.21	335.77
Trans. Bulkheads	20.23	36.28	733.95	4.98	100.79
W_{HULL}	651.49	37.65	24527.65	4.54	2959.58

A.5 Υπολογισμός Υπερκατασκευών

Η διαδικασία υπολογισμού των βαρών των καταστρωμάτων που βρίσκονται πάνω από το Upper Deck ($h = 9.3 \text{ m}$), δηλαδή της μεταλλικής κατασκευής του A-Deck και του Nav. Deck, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση της μεθόδου Müller-Köster (Παπανικολάου Α. 2009, "Μελέτη Πλοίου"). Το βάρος της υπερκατασκευών δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$W_{DH} = C_{DH} \cdot A_m \cdot h \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

Όπου:

- C_{DH} : Ογκομετρικός συντελεστής βάρους (tn/m^3)
- A_m : Μέση επιφάνεια στεγάσματος = $0.5 \cdot (A_o + A_U)$ (m^2)
- A_o : Επιφάνεια υπερκείμενου καταστρώματος, συμπεριλαμβανόμενης της επιφάνειας των εξωτερικών αστέγαστων διαδρομών (m^2).
- A_U : Επιφάνεια πραγματικά στεγασμένου καταστρώματος (m^2).
- k_1 : Διόρθωση για ύψος στεγάσματος διάφορο του 2.6 m.
 $k_1 = 1 + 0.02 \cdot (h - 2.6)$
- k_2 : Διόρθωση για μήκος εσωτερικών τοιχωμάτων διάφορο του κανονισμού
 $k_2 = 1 + 0.05 \cdot (4.5 - L_I/L_{DH})$
 L_I : ολικό μήκος εσωτερικών τοιχωμάτων.
 L_{DH} : μήκος στεγάσματος.
- k_3 : Διόρθωση για μήκος πλοίου διάφορο του κανονικού $L_{BP} = 150 \text{ m}$.
 δηλ. $\delta L_{PP} > \pm 30 \text{ m}$
 $k_3 = 0.95$, για $L_{BP} = 100 \text{ m}$
 $k_3 = 1.10$, για $L_{BP} = 230 \text{ m}$
 (γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσα μήκη).

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, εξάγοντας τα απαραίτητα εμβαδά από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης του υπό μελέτη πλοίου, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας Α.5.1):

Πίνακας Α.5.1: Υπολογισμός βάρους υπερκατασκευών με τη μέθοδο Müller-Köster.

ΜΕΘΟΔΟΣ MULLER-KOSTER			
Θέση Στεγάσματος	Upper Deck	A-Deck	Nav. Deck
A _U [m ²]	303.26	285.58	90.87
H [m]	2.8	2.8	2.8
A ₀ [m ²]	368.02	302.37	90.87
A ₀ /A _U	1.21	1.06	1
A _m [m ²]	335.64	293.98	90.87
C _{DH} [κρ/m ³]	62.98	55	40
L _i [m]	73.89	68.80	43.06
L _{DH} [m]	26.4	21.6	8.4
k ₁	1.004	1.004	1.004
k ₂	1.085	1.066	0.969
k ₃	0.906	0.906	0.906
W _{DH} [t]	58.43	43.90	8.97
SUM (W_{DH}) [t]	111.30		

Τα κέντρα βαρών των υπερκατασκευών μπορούν να βρεθούν εύκολα από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης του υπό μελέτη πλοίου. Συνοπτικά, τα βάρη και τα κέντρα βαρών των υπερκατασκευών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας Α.5.2):

Πίνακας Α.5.2: Υπολογισμός βάρους και κέντρου βαρών υπερκατασκευών

HYPERSTRUCTURES					
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	ML (t*m)	KG (m)	MT (t*m)
<i>Upper Deck</i>	58.43	56.40	3295.68	10.70	625.24
<i>A-Deck</i>	43.90	53.40	2344.28	13.50	592.66
<i>Nav. Deck</i>	8.97	47.90	429.70	16.30	146.22
W_{DH}	111.30	54.53	6069.66	12.26	1364.12

A.6 Υπολογισμός Συνολικού Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής

Ο ακόλουθος πίνακας (Πίνακας Α.6.1) παρουσιάζει συγκεντρωτικά το βάρος και τα κέντρα βαρών των στοιχείων που απαρτίζουν την μεταλλική κατασκευή. Τα στοιχεία αυτά προκύπτουν από τους υπολογισμούς των επιμέρους βαρών της μεταλλικής κατασκευής, που αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους (Α.1 – Α.5).

Πίνακας A.6.1: Υπολογισμός συνολικού βάρους μεταλλικής κατασκευής

STEEL WEIGHT					
TYPE	WEIGHT (tn)	LCG (m)	ML (t*m)	KG (m)	MT (t*m)
W_{HULL}	651.49	37.65	24527.65	4.54	2959.58
W_{DH}	111.30	54.53	6069.66	12.26	1364.12
W_{ST}	762.79	40.11	30597.30	5.67	4323.70

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "

ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΩΣΗΣ

Στο παράρτημα αυτό θα γίνει παρουσίαση των κυρίων στοιχείων των ηλεκτρογεννητριών και του συστήματος προπέλας – πηδαλίου (rod), που επελέχθησαν για το υπό μελέτη πλοίο.

Για την πρόωση του πλοίου έχουν επιλεγεί 4 ηλεκτρογεννήτριες (MAN B&W L16/24, 7 cylinders) οι οποίες αποδίδουν 665 kW στις 1000 RPM η κάθε μία, έτσι ώστε οι ανάγκες του πλοίου σε ηλεκτρική ισχύ (περιλαμβανομένης της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης) να ικανοποιούνται με τη λειτουργία οποιονδήποτε τριών από αυτές, ενώ η 4^η να παραμένει ως εφεδρική. Τα στοιχεία των ηλεκτρογεννητριών που παρατίθενται ακολούθως έχουν ληφθεί από το Project Manual της κατασκευάστριας εταιρείας.

Πίνακας Β.1: Αποδιδόμενη Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών

Engine ratings

Engine type No of cylinders	1000 rpm		1200 rpm	
	1000 rpm	Available turning direction	1200 rpm	Available turning direction
	kW	CW ¹⁾	kW	CW ¹⁾
5L16/24	450	Yes	500	Yes
6L16/24	570	Yes	660	Yes
7L16/24	665	Yes	770	Yes
8L16/24	760	Yes	880	Yes
9L16/24	855	Yes	990	Yes

¹⁾ CW clockwise

Table 1: Engine ratings for emission standard - IMO Tier II

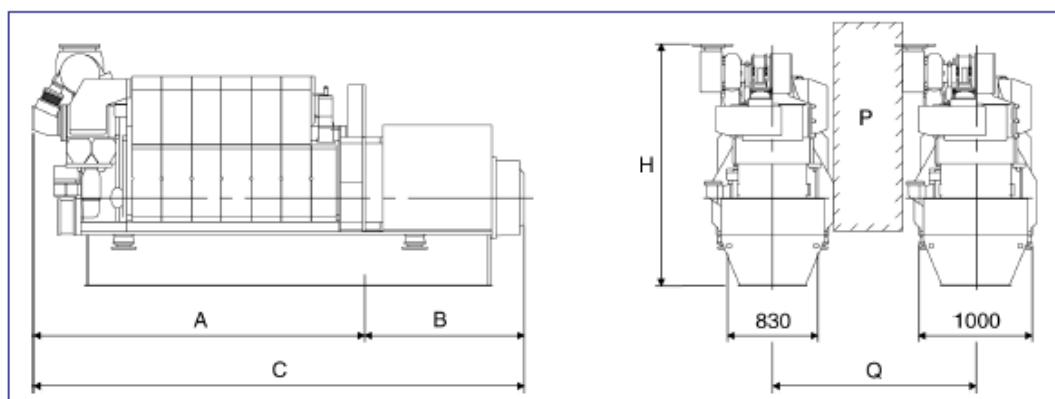
Definition of engine ratings

General definition of diesel engine rating (according to ISO 15550: 2002; ISO 3046-1: 2002)

Reference conditions: ISO 3046-1: 2002; ISO 15550: 2002		
Air temperature T_a	K/°C	298/25
Air pressure p_a	kPa	100
Relative humidity Φ_r	%	30
Cooling water temperature upstream charge air cooler T_{cw}	K/°C	298/25

Table 2: Standard reference conditions.

General



Cyl. no	A (mm)	* B (mm)	* C (mm)	H (mm)	** Dry weight GenSet (t)
5 (1000 rpm)	2807	1400	4207	2337	9.5
5 (1200 rpm)	2807	1400	4207	2337	9.5
6 (1000 rpm)	3082	1490	4572	2337	10.5
6 (1200 rpm)	3082	1490	4572	2337	10.5
7 (1000 rpm)	3557	1585	5142	2337	11.4
7 (1200 rpm)	3557	1585	5142	2415	11.4
8 (1000 rpm)	3832	1680	5512	2415	12.4
8 (1200 rpm)	3832	1680	5512	2415	12.4
9 (1000 rpm)	4107	1680	5787	2415	13.1
9 (1200 rpm)	4107	1680	5787	2415	13.1

P Free passage between the engines, width 600 mm and height 2000 mm.

Q Min. distance between engines: 1800 mm.

* Depending on alternator

** Weight included a standard alternator

All dimensions and masses are approximate, and subject to changes without prior notice.

Σχήμα Β.1: Κύριες Διαστάσεις Ηλεκτρογεννητριών

Ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του azimuth thruster της εταιρείας Rolls Royce που επελέγη για το υπό μελέτη πλοίο, όπως αυτά ελήφθησαν από την επίσημη ιστοσελίδα του κατασκευαστή.

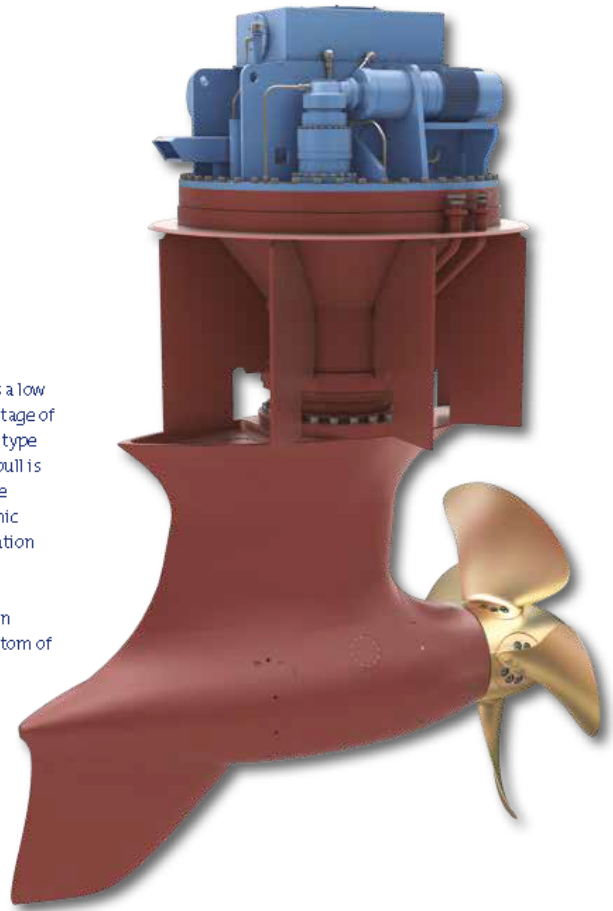
Propulsion

Azimuthing pulling propeller

The Rolls-Royce azimuthing pulling propeller, type Azipull, is a low drag, highly efficient pulling thruster. It combines the advantage of the pulling propeller with the flexibility of using almost any type of drive to suit the customer's specific requirement. The Azipull is designed for continuous service speed up to 24 knots, while maintaining excellent manoeuvrability. High hydrodynamic efficiency, fuel efficiency, course stability, low noise and vibration levels are other key characteristics of the Azipull.

Internally, it has a purely mechanical drive system based on well-proven technology using bevel gears at the top and bottom of the leg. Power is fed to the unit through a horizontal input shaft within the hull, and the unit incorporates its own steering motors for azimuthing.

The Azipull combines the advantages of an azimuthing thruster offering high manoeuvrability, and a low drag, highly efficient propulsor, enabling high speeds. The flexibility of the unit is also enhanced by the fact that it is available in both CP and FP versions. The Azipull is delivered with remote control systems.

**Typical applications:**

- Offshore supply/service vessels
- Offshore stand-by vessels
- Coastal ferries
- Cargo vessels
- Naval vessels



The streamlined leg and skeg recover swirl energy from the slipstream, raising the overall propulsive efficiency. The leg has a wide chord to optimise rudder effect and improve the vessel's course stability.

Technical data	AZP085	AZP100	AZP120	AZP150
Propeller diameter (mm)	1900 - 2300	2300 - 2800	2800 - 3300	3300 - 4200
Power (max contracting)	900 - 1600	1400 - 2500	1800 - 3500	3000 - 5000
Nominal input speed (rpm)	1200 - 2000	720 - 1800	720 - 1200	600 - 1000
Dry weight (kg)	13 tonnes	31 tonnes	45 tonnes	85 tonnes

All data subject to change without prior notice.

Σχήμα Β.2: Τεχνικά Στοιχεία Συστήματος προπέλας – πηδαλίου (rod system)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΕΩΝ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ NARA

Γ.1 Normal Load Departure

Στην κατάσταση αυτή, επιλέγεται η φόρτωση όλων των δεξαμενών H.F.O στο 100%, εκτός από τις H.F.O. 3P & 3S που φορτώνονται στο 73%. Επιπρόσθετα, οι Heeling Tanks (P&S) φορτώνονται στο 30% και η πρωραία Fresh Water Tank στο 50%, ενώ οι υπόλοιπες δεξαμενές έρματος παραμένουν κενές. Τα αποτελέσματα της προκείμενης κατάστασης φόρτωσης παρουσιάζονται παρακάτω:

LOADING CONDITION FLD.NORM, Normal Departure

L O A D I N G C O M P O N E N T S

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

Heavy Fuel oil, RHO=0.940							

HFO1	HFO Storage .	19.0	19.0	58.76	0.00	1.97	62.86
HFO2P	HFO Storage .	41.2	41.2	13.34	1.80	2.74	0.00
HFO2S	HFO Storage .	41.2	41.2	13.34	-1.80	2.74	0.00
HFO3P	HFO Storage .	25.0	18.1	6.49	1.59	3.07	0.00
HFO3S	HFO Storage .	25.0	18.1	6.49	-1.59	3.07	0.00
HFOSET1	HFO Settling.	4.8	4.8	30.38	4.55	1.96	0.00
HFOSET2	HFO Settling.	4.8	4.8	30.38	3.25	1.96	0.00
HFOSER1	HFO Service .	4.8	4.8	18.00	1.15	2.17	0.00
HFOSER2	HFO Service .	5.3	5.3	18.00	3.55	2.17	0.00

Total of HFO		171.0	157.2	22.21	0.51	2.64	62.86

Diesel oil, RHO=0.860

MDOSTOR1	MDO Storage .	15.0	15.0	34.80	2.60	1.91	0.00
MDOSTOR2	MDO Storage .	8.9	8.9	34.80	-1.48	1.91	0.00
MDOSET1	MDO Settling.	4.4	4.4	30.38	1.95	1.96	0.00
MDOSERV1	MDO Service .	5.2	5.2	27.90	-1.80	2.17	0.00
MDOSERV2	MDO Service .	4.4	4.4	27.90	1.48	2.17	0.00

Total of DO		37.9	37.9	32.56	1.55	1.98	0.00

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

Lubricating oil, RHO=0.900							

LOSTOR1 LO Stor Tank	4.6	4.6	30.38	0.65	1.96	0.00	0.00
LOSUMP1PLO Sump Tank.	0.6	0.6	23.45	3.84	0.87	0.00	0.00
LOSUMP1SLO Sump Tank.	0.6	0.6	23.45	-3.84	0.87	0.00	0.00
LOSUMP2PLO Sump Tank.	0.7	0.7	23.42	1.65	0.82	0.00	0.00
LOSUMP2SLO Sump Tank.	0.7	0.7	23.42	-1.65	0.82	0.00	0.00

Total of LO	7.2	7.2	26.95	-0.08	1.30	0.00	0.00
Fresh Water, RHO=1.000							

FW1P FW Tank No 1.	36.3	36.3	45.96	3.57	2.15	0.00	0.00
FW1S FW Tank No 1.	36.3	36.3	45.96	-3.57	2.15	0.00	0.00
FW1C FW Tank No 1.	56.0	28.0	65.45	0.00	1.96	68.21	68.21

Total of FW	128.5	100.5	51.39	0.00	2.10	68.21	68.21
Ballast water, RHO=1.025							

HEELTK1PHeeling Tank.	18.7	5.6	32.66	6.06	1.46	3.40	3.40
HEELTK1SHeeling Tank.	18.7	5.6	32.66	-6.06	1.46	3.40	3.40

Total of BW	37.4	11.2	32.66	0.00	1.46	6.80	6.80
CREW1							

(CREW1) Crew in E/R	0.0	0.5	26.40	0.00	5.10	0.00	0.00
CREW2							

(CREW2) Crew in Gall.	0.0	0.2	65.42	0.00	7.90	0.00	0.00
CREW3							

(CREW3) Crew in Open.	0.0	0.2	30.00	0.00	10.70	0.00	0.00

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

CREW4						

(CREW4) Crew in whee.	0.0	0.2	47.90	0.00	16.30	0.00
CREW5						

(CREW5) Crew in Main.	0.0	0.9	37.50	0.00	7.90	0.00
SCIE1						

(SCIE1) Scientists i.	0.0	1.4	38.40	0.00	7.90	0.00
SCIE2						

(SCIE2) Scientists i.	0.0	0.3	53.44	0.00	5.10	0.00
SCIE3						

(SCIE3) Scientists i.	0.0	0.4	56.40	0.00	10.70	0.00
LUGLD						

(LUGLD) Luggage in L.	0.0	1.8	46.94	0.00	5.10	0.00
LUGMD						

(LUGMD) Luggage in M.	0.0	0.1	31.20	0.00	7.90	0.00
LUGUD						

(LUGUD) Luggage in U.	0.0	0.9	55.92	0.00	10.70	0.00
LUGAD						

(LUGAD) Luggage in A.	0.0	0.5	54.00	0.00	13.50	0.00

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

PROV						

(PROV) Provisions	0.0	6.6	28.17	0.00	5.09	0.00
CONTRS						

(CONTRS)Containers	0.0	44.1	30.00	0.00	10.61	0.00
Deadweight		358.8	33.54	0.27	3.34	137.9
Lightweight		1430.0	35.52	0.00	5.40	
Displacement (rho=1.025)		1788.8	35.12	0.05	4.99	137.9

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

Draught moulded	3.024 m	KM	8.04 m
Trim	-0.039 m	KG	4.99 m
Heel, PS=+	1.0 deg		
TA	3.043 m	GM0	3.05 m
TF	3.005 m	GMCORR	-0.08 m
Trimming moment	-132 tonm	GM	2.97 m

Γ.2 Normal Load Arrival

Στην κατάσταση αυτή, εκκενώνονται οι storage δεξαμενές των heavy fuel oil και marine diesel oil, ενώ οι αντίστοιχες service και settling δεξαμενές, είναι γεμάτες στο 10%. Όλες οι δεξαμενές drain, sludge και bilge water γεμίζουν στο 100% της χωρητικότητάς τους, ενώ όλες οι fresh water tanks στο 10%. Τέλος, γεμίζουν όλες οι ballast water tanks στο 100%, εκτός από τις heeling και την Fore Peak tank που φορτώνονται στο 40% και στο 80% της χωρητικότητάς τους, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα της αναφερόμενης κατάστασης φόρτωσης παρουσιάζονται παρακάτω:

LOADING CONDITION ARR.NORM, Normal Arrival ver.1

LOADING COMPONENTS

```

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

```

Heavy Fuel Oil, RHO=0.940

```

-----
HF0SET1 HFO Settling.   4.8    0.5  30.78  4.55  1.30    0.00
HF0SET2 HFO Settling.   4.8    0.5  30.78  3.25  1.30    0.00
HF0SER1 HFO Service .   4.8    0.5  18.00  1.15  1.75    0.00
HF0SER2 HFO Service .   5.3    0.5  18.00  3.55  1.75    0.00
-----
Total of HFO            38.6    2.0  24.22  3.13  1.53   62.86

```

Diesel Oil, RHO=0.860

```

-----
MDOSET1 MDO Settling.   4.4    0.4  30.78  1.95  1.30    0.00
MDOSERV1MDO Service .   5.2    0.5  27.90 -1.80  1.75    0.00
MDOSERV2MDO Service .   4.4    0.4  27.90  1.48  1.75    0.00
-----
Total of DO            14.0    1.3  29.22 -0.09  1.72    0.00

```

Lubricating Oil, RHO=0.900

```

-----
LOSTOR1 LO Stor Tank    4.6    0.5  30.78  0.65  1.30    0.00
LOSUMP1PLO Sump Tank.   0.6    0.6  23.85  3.77  0.18    0.00
LOSUMP1SLO Sump Tank.   0.6    0.6  23.85 -3.77  0.18    0.00
LOSUMP2PLO Sump Tank.   0.7    0.7  23.55  1.63  0.10    0.00
LOSUMP2SLO Sump Tank.   0.7    0.7  23.55 -1.63  0.10    0.00
-----
Total of LO            7.2    3.1  25.18  0.28  0.43    0.00

```

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

Sludge, RHO=2.380						

FODRAIN1FO Drain Tan.	11.5	11.5	27.30	-0.50	0.81	0.60
LODRAIN1LO Drain Tan.	11.5	11.5	27.30	0.50	0.81	0.60
SLUDGE1 Sludge Tank .	30.8	30.8	18.93	0.00	0.85	6.66
BWTANK1 Bilge water .	40.4	40.4	32.40	0.00	0.59	11.42

Total of SLU	94.3	94.3	26.75	0.00	0.73	19.28

Fresh Water, RHO=1.000						

FW1P FW Tank No 1.	36.3	3.6	45.94	3.21	1.31	0.00
FW1S FW Tank No 1.	36.3	3.6	45.94	-3.21	1.31	0.00
FW1C FW Tank No 1.	56.0	5.6	65.61	0.00	1.37	68.21

Total of FW	128.5	12.9	54.51	0.00	1.33	68.21

Ballast water, RHO=1.025						

FPEAK Fore Peak (B.	56.9	45.5	74.19	0.00	3.42	30.89
HEELTK1PHeeling Tank.	18.7	7.5	32.59	6.07	1.53	3.49
HEELTK1SHeeling Tank.	18.7	7.5	32.59	-6.07	1.53	3.49
DB03PF BW Tank (DB).	29.6	29.6	44.12	2.88	0.69	0.00
DB03SF BW Tank (DB).	29.6	29.6	44.12	-2.88	0.69	0.00
DB03PA BW Tank (DB).	26.4	26.4	38.34	3.36	0.66	0.00
DB03SA BW Tank (DB).	26.4	26.4	38.34	-3.36	0.66	0.00
DB02PS BW Tank (DB).	39.9	39.9	52.38	0.00	0.78	0.00
WB1P BW Tank (Dk .	40.7	40.7	13.43	5.18	2.84	0.00
WB1S BW Tank (Dk .	40.7	40.7	13.43	-5.18	2.84	0.00
WB2P BW Tank (Dk .	19.9	19.9	6.61	5.05	3.21	0.00
WB2S BW Tank (Dk .	19.9	19.9	6.61	-5.05	3.21	0.00
DB06 BW Tank in S.	46.6	46.6	14.05	0.00	1.32	0.00
SEACH1P Sea Chest 1 .	7.8	7.8	34.48	4.73	0.65	0.00
SEACH1S Sea Chest 1 .	7.8	7.8	34.48	-4.73	0.65	0.00

Total of BW	429.7	395.9	33.20	0.00	1.81	37.86

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

CREW1						

(CREW1) Crew in E/R	0.0	0.5	26.40	0.00	5.10	0.00
CREW2						

(CREW2) Crew in Gall.	0.0	0.2	65.42	0.00	7.90	0.00
CREW3						

(CREW3) Crew in Open.	0.0	0.2	30.00	0.00	10.70	0.00
CREW4						

(CREW4) Crew in whee.	0.0	0.2	47.90	0.00	16.30	0.00
CREW5						

(CREW5) Crew in Main.	0.0	0.9	37.50	0.00	7.90	0.00
SCIE1						

(SCIE1) Scientists i.	0.0	1.4	38.40	0.00	7.90	0.00
SCIE2						

(SCIE2) Scientists i.	0.0	0.3	53.44	0.00	5.10	0.00
SCIE3						

(SCIE3) Scientists i.	0.0	0.4	56.40	0.00	10.70	0.00
LUGLD						

(LUGLD) Luggage in L.	0.0	1.8	46.94	0.00	5.10	0.00

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

LUGMD	-----					
(LUGMD) Luggage in M.	0.0	0.1	31.20	0.00	7.90	0.00
LUGUD	-----					
(LUGUD) Luggage in U.	0.0	0.9	55.92	0.00	10.70	0.00
LUGAD	-----					
(LUGAD) Luggage in A.	0.0	0.5	54.00	0.00	13.50	0.00
PROV	-----					
(PROV) Provisions	0.0	6.6	28.17	0.00	5.09	0.00
CONTRS	-----					
(CONTRS) Containers	0.0	44.1	30.00	0.00	10.61	0.00
Deadweight		567.5	32.37	0.01	2.41	188.2
Lightweight		1430.0	35.52	0.00	5.40	
Displacement (rho=1.025)		1997.5	34.63	0.00	4.55	188.2

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

Draught moulded	3.264 m	KM	8.09 m
Trim	-0.099 m	KG	4.55 m
Heel, PS=+	0.1 deg		
TA	3.314 m	GMO	3.54 m
TF	3.214 m	GMCORR	-0.09 m
Trimming moment	-424 tonm	GM	3.44 m

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΛΑΒΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
ΝΑΡΑ**

Στο παράρτημα αυτό, θα γίνει παρουσίαση των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων από τους υπολογισμούς της ευστάθειας μετά από βλάβη, όπως προέκυψαν από το Report του προγράμματος NAPA.

PRINCIPAL PARTICULARS

Length over all (LOA)	91.616 m
Length betw. perpendiculars (LPP)	75.004 m
Subdivision length	83.338 m
Freeboard length	78.119 m
Load line draught	5.525 m
Design draught (moulded)	3.500 m
Breadth (moulded)	14.010 m

CALCULATION SUMMARY**INITIAL CONDITIONS****INIT GROUP SDSINI**

INIT		DL	DP	DS
T0	m	2.793	2.933	3.027
TR0	m	-0.256	0.000	0.000
HEEL0	degree	0.0	0.0	0.0
DSP0	t	1616.7	1715.7	1791.8
LCB	m	35.038	35.396	35.285
TCB	m	0.000	0.000	0.000
VCB	m	1.598	1.671	1.727
GM0	m	2.950	2.881	2.950
GM	m	2.950	2.881	2.950
KG	m	5.26	5.13	5.06
KMT	m	8.215	8.016	8.011

HEELING MOMENTS

```
MOM, PROBSDSMAX,  
      'Maximum moment (PROBSDSPASS, PROBSDSWIND, PROBSDSSURV)'  
MAX, PROBSDSPASS, PROBSDSWIND, PROBSDSSURV  
OK
```

```
MOM, PROBSDSPASS, 'Passenger moment'  
CURV, CONSTANT  
MOME, 25.9905  
OK
```

```
MOM, PROBSDSWIND, 'Wind moment'  
TYPE, WIND  
PARA, C=0.012237, PROF=WINDPROFILE, TP2  
OK
```

```
MOM, PROBSDSSURV, 'Survival craft moment'  
CURV, CONSTANT  
MOME, 0  
OK
```

INDEX SUMMARY

TRIM 0

ATTAINED AND REQUIRED SUBDIVISION INDEX

Subdivision length 83.338 m
 Breadth at the load line 14.002 m
 Breadth at the bulkhead deck 14.005 m
 Number of persons N1 0
 Number of persons N2 55
 Required subdivision index R = 0.67914
 Attained subdivision index A = 0.89703

INIT	T	GMA/R	A	A*WCOE F	WCOEF
	m	m			
DL	2.793	2.950 1.32	0.89420	0.17884	0.200
DP	2.933	2.881 1.32	0.89799	0.35919	0.400
DS	3.027	2.950 1.32	0.89749	0.35900	0.400

INDEX ACCORDING TO NUMBER OF ZONES

DAMAGES	W*P*V*S
1-ZONE DAMAGES	0.52103
2-ZONE DAMAGES	0.31700
3-ZONE DAMAGES	0.05826
4-ZONE DAMAGES	0.00074
A-INDEX TOTAL	0.89703

REGULATION 8 SUMMARY

REQUIREMENT REGULATION 8.2 and 8.3: SFAC \geq 0.9

TRIM 0
STATUS: OK
WORST DAMAGE: DL/SDSR8.2S6.1.1
SFAC: 1
MINGM: 2.509

REGULATION 9 SUMMARY

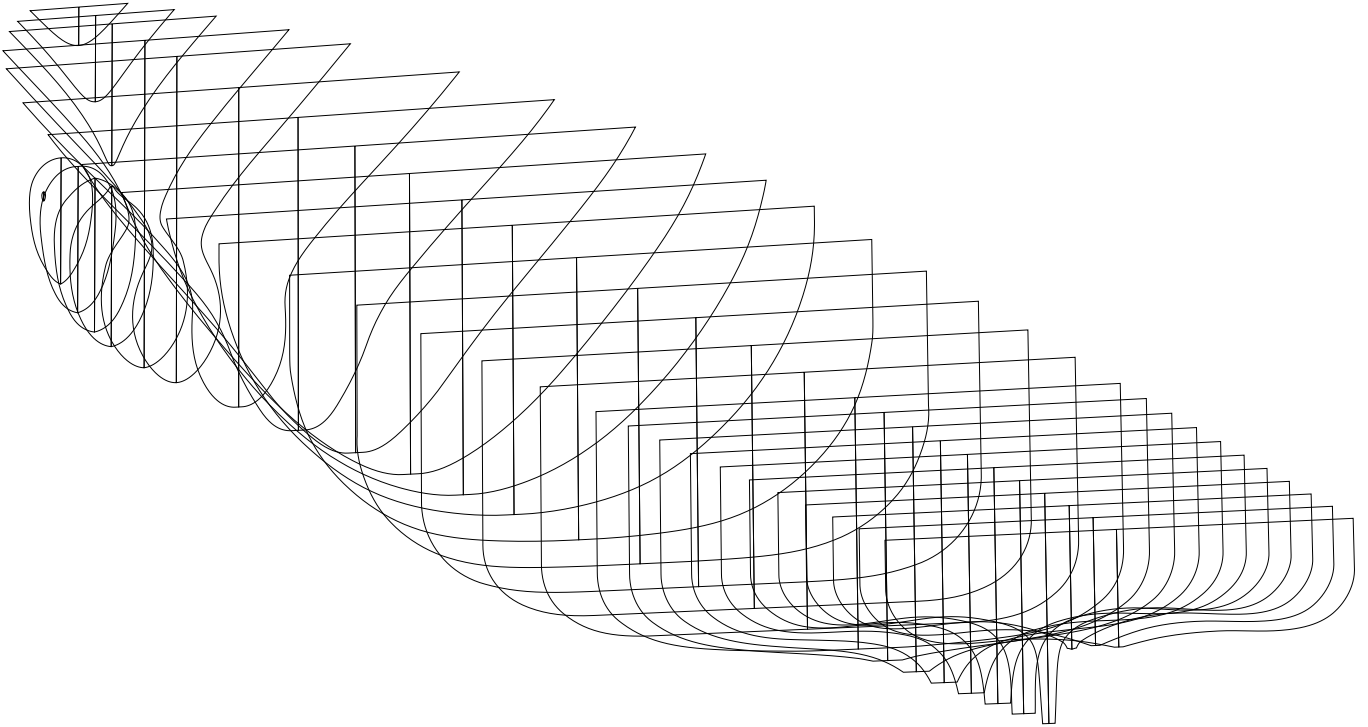
REQUIREMENT: SFAC = 1

TRIM 0
STATUS: OK
WORST DAMAGE: DL/SDSR9A5-50
SFAC: 1
MINGM: 0.563

GENERAL DATA

BUOYANT HULL

Name of buoyant hull: DAMHULL
Date of buoyant hull: 2016-03-02



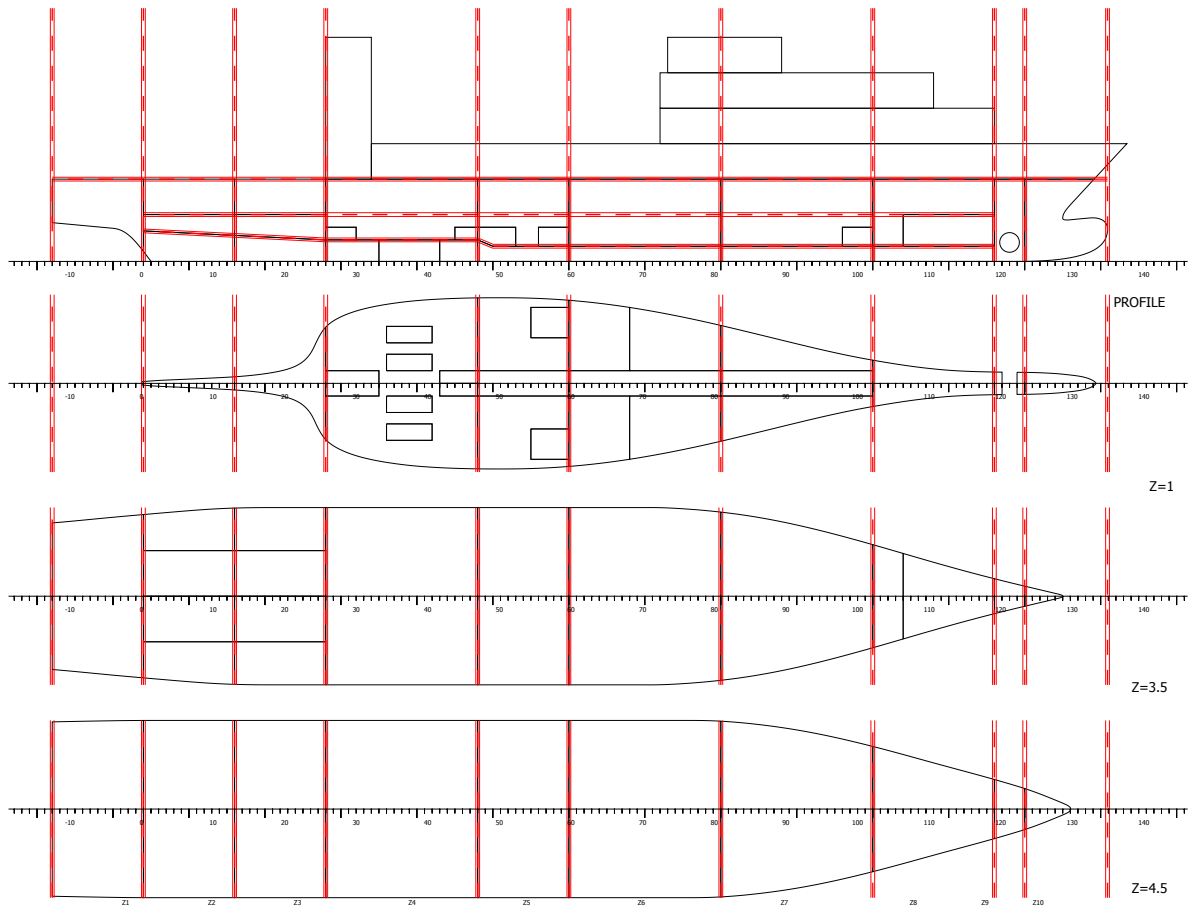
Description of DAMHULL:

```
ROOM DAMHULL  
LIM TRANSM, -, 0, HULL, -, DK3, >BOWTHR. TUN  
SYM
```

HYDROSTATIC DATA

T m	DISP t	CB	LCB m	LCF m	TPC t/cm	MCT tm/cm	KMT m
1.000	416.1	0.3810	36.516	36.69	5.3	14.4	13.758
1.500	703.9	0.4314	36.435	35.93	6.2	18.8	11.041
2.000	1027.6	0.4733	36.187	35.32	6.8	22.2	9.446
2.500	1382.0	0.5099	35.827	34.06	7.5	27.2	8.560
3.000	1769.7	0.5445	35.319	32.62	8.1	33.9	8.001
3.500	2209.9	0.5830	34.426	29.43	9.4	48.9	8.021
4.000	2688.1	0.6210	33.565	29.81	9.7	53.5	7.593
4.500	3181.0	0.6535	33.028	30.40	10.0	57.3	7.258
5.000	3685.8	0.6818	32.716	31.09	10.2	60.8	7.028
5.500	4201.2	0.7067	32.558	31.77	10.4	64.0	6.904
6.000	4726.7	0.7290	32.508	32.40	10.6	67.2	6.859

SUBDIVISION OF THE VESSEL



SUBDIVISION DEFINITION

ZONE	X1 m	X2 BP m	BS	HHS D	HHS U	PLIMIT	SLIMIT
Z1	-4.800	2.400 -	-	-	6.5		
Z2	2.400	9.600 -	-	2.408	3.7/6.5		
Z3	9.600	16.800 -	-	2.052	3.7/6.5		
Z4	16.800	28.800 -	-	1.7	3.7/6.5		
Z5	28.800	36.000 -	-	1.67	3.7/6.5		
Z6	36.000	48.000 -	-	1.2	3.7/6.5		
Z7	48.000	60.000 -	-	1.2	3.7/6.5		
Z8	60.000	69.600 -	-	1.2	3.7/6.5		
Z9	69.600	72.000 -	-	-	6.5		
Z10	72.000	78.538 -	-	-	6.5		

COMPARTMENT CONNECTIONS LISTING

CONN	COMP	OPEN	OPENING	STAGE
ROOM03	ROOM02	Y	OPE_C	
ROOM02	ROOM03	Y	OPE_C	
ROOM05	ROOM06	Y	OPE_ENG	
ROOM06	ROOM05	Y	OPE_ENG	

LIGHT SERVICE CONDITION

INIT		DL
T0	m	2.793
TR0	m	-0.256
HEEL0	degree	0.0
DSP0	t	1616.7
LCB	m	35.038
TCB	m	0.000
VCB	m	1.598
GM0	m	2.950
GM	m	2.950
KG	m	5.26
KMT	m	8.215