

2008

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ  
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ  
ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΟ ΝΑΡΑ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΣΙΓΑΛΑ

ΜΕΛΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:

Γ. ΖΑΡΑΦΩΝΙΤΗΣ (ΕΠΙΒΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)

Π. ΚΑΚΛΗΣ

Α. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ

2008

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ  
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΛΟΙΩΝ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ  
ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ NARA**

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΣΙΓΑΛΑ

**ΜΕΛΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:**

**Γ. ΖΑΡΑΦΩΝΙΤΗΣ (ΕΠΙΒΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)**

**Π. ΚΑΚΛΗΣ**

**Α. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται την ανάπτυξη ενός λογισμικού για την παραμετρική μελέτη και σχεδίαση πλοίων υγρού φορτίου κάνοντας χρήση του προγράμματος NAPA.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου επ. καθηγητή Γεώργιο Ζαραφωνίτη για την άριστη συνεργασία που είχαμε και για όλα όσα έμαθα καθ' όλη την διάρκεια της έρευνας αυτής. Με την συνεχή βοήθεια, υποστοίριξη και καθοδήγησή του ολοκληρώθηκε επιτυχώς η παρούσα διπλωματική εργασία.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστίσω τον υποψήφιο διδάκτορα Σωτήρη Σκούπα για την πολύτιμη βοήθεια του, χωρίς την συμβολή του οποίου, η πραγματοποίηση αυτής της εργασίας θα ήταν αδύνατη. Θα ήθελα να ευχαριστίσω και τους συμφοιτητές μου Ορέστη Βαρελά και τον Συμεών Μπαφαλούκο για την βοήθεια και τις πληροφορίες που μου παρείχαν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Αντώνη και Κωνσταντίνα, την αδερφή μου Δέσποινα και την καλή μου φίλη Αγγελική Σχίζα για την συνεχή ενθάρρυνση και στήριξη τους.

*...Στην γιαγιά μου Αναστασία  
και στον Κάστωρα*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος

Εισαγωγή

- I. Η Ανάπτυξη Λογισμικού για την Παραγωγή της Γάστρας
  - I. 1 Ανάπτυξη Γραμμών Αρχικού πλοίου
  - I. 2 Ανάπτυξη Παραμετρικού Μοντέλου Γάστρας
    - I. 2.1 Μετασχηματισμός της γάστρας
    - I. 2.2 Παραμετροποίηση της γάστρας
- II. Γενική Διάταξη του Πλοίου
  - II. 1 Στεγανή Υποδιαίρεση του Πλοίου
  - II. 2 Υπερκατασκευές του Πλοίου
- III. Υπολογισμός του Βάρους Άφορτου Πλοίου (Light Ship)
- IV. Ανάλυση του Πρόσθετου Βάρους (DWT)
- V. Καταστάσεις Φόρτωσης και Κριτήρια Ευστάθειας
  - V.1.1. Full Load Departure
  - V.1.1. Full Load Arrival
  - V.2.1. Design Departure
  - V.2.2. Design Arrival
  - V.3. Ballast Departure
  - V.4. Ballast Arrival
- VI. Υπολογισμός Αντίστασης και Ισχύος Πρόωσης
  - VI.1 Υπολογισμός Αντίστασης με την μέθοδο HOLTROP-84
  - VI.2 Υπολογισμός Αντίστασης με την μέθοδο Lap-Keller
  - VI.3 Υπολογισμός Ισχύος Πρόωσης

VII. Αποτελέσματα-Παράδειγμα Εφαρμογής

VIII. Συμπεράσματα-Προτάσεις

Βιβλιογραφία

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I - Περιγραφή Αρχικού Πλοίου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II - Μεταβλητές

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III - Κανονισμοί - MARPOL/SOLAS/IMO

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV - Οδηγίες χρήσης του προγράμματος

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την ανάπτυξη λογισμικού για την προκαταρκτική μελέτη και σχεδίαση πλοίων υγρού φορτίου κάνοντας χρήση του προγράμματος NAPA. Όταν αναφερόμαστε στον όρο προκαταρκτική μελέτη εννοούμε το στάδιο εκείνο της διαδικασίας της μελέτης κατά το οποίο με βάση τις απαιτήσεις του ενδιαφερόμενου πλοιοκτήτη διερευνώνται και καθορίζονται τα κύρια τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν αποφασιστικά το κόστος ναυπήγησης καθώς και λειτουργίας του υπό μελέτη πλοίου.

Η διαδικασία της προμελέτης ξεκινά με τον καθορισμό κάποιων βασικών χαρακτηριστικών του πλοίου μέσω μεταβλητών σχεδίασης. Ο χρήστης ορίζει τις μεταβλητές σχεδίασης, εκτελεί διαδοχικά τις υπορουτίνες που έχουν αναπτυχθεί και παράγεται μια «αρχική» μορφή του πλοίου.

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η διπλωματική εργασία διαιρείται σε δυο μέρη. Το σχεδιαστικό και το υπολογιστικό μέρος. Στο σχεδιαστικό μέρος περιλαμβάνεται η δημιουργία του γεωμετρικού μοντέλου της γάστρας και η γενική διάταξη του πλοίου. Πιο αναλυτικά η δημιουργία του γεωμετρικού μοντέλου της γάστρας περιλαμβάνει την ανάπτυξη γραμμών του πλοίου ώστε να υπάρχει ένα μοντέλο πάνω στο οποίο θα δουλέψουμε στην συνέχεια. Οι γραμμές θα πρέπει να είναι ως ένα βαθμό εξομαλυμένες. Η γενική διάταξη περιλαμβάνει τη στεγανή υποδιαίρεση του πλοίου και τα υπερκατασκευάσματα του πλοίου άνωθεν του ανώτατου στεγανού καταστρώματος. Κατά τον καθορισμό της στεγανής υποδιαίρεσης ορίζεται ο αριθμός των δεξαμενών φορτίου και έρματος. Έχουμε την τοποθέτηση των φρακτών και τον ορισμό της θέσης και της έκτασης του μηχανοστασίου και των άλλων χώρων που σχετίζονται με την λειτουργικότητα του πλοίου.

Η στεγανή αυτή υποδιαίρεση του πλοίου γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε μετά από 'βλάβη' να αποφεύγεται η βύθιση του πλοίου λόγω προοδευτικής κατάκλισης ή η ανατροπή του πλοίου λόγω έλλειψης ευστάθειας και, ταυτόχρονα, να επιτυγχάνεται ο περιορισμός εκροής πετρελαίου. Ικανοποιούνται ορισμένες συμβατικές απαιτήσεις

πλευστότητας και ευστάθειας σύμφωνα με τους κανονισμούς της MARPOL της SOLAS και του IMO.

Επειτα αναπτύχθηκε το υπολογιστικό μέρος. Η πορεία που ακολουθείται από τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε συντίθεται από τα εξής βήματα:

- Υπολογισμός βάρους του άφορτου σκάφους
- Ανάλυση του πρόσθετου βάρους
- Σύνθεση καταστάσεων φόρτωσης
- Έλεγχος κριτηρίων ευστάθειας
- Υπολογισμός αντίστασης και ισχύος πρόωσης
- Έλεγχος της γραμμής φόρτωσης

Στο τέλος της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται η εφαρμογή του λογισμικού για ένα υπαρκτό πλοίο και συγκρίνονται τα αποτελέσματα του λογισμικού με το στοιχεία που διαθέταμε από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας (stability booklet) και μερικά σχέδια.

## I. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΑΣΤΡΑΣ

### I.1 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΡΧΙΚΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε επιλογή ενός αρχικού πλοίου, ώστε να κατασκευάσουμε μια αρκετά εξομαλυμένη γάστρα, την οποία θα χρησιμοποιούμε για να παίρνουμε τις γραμμές και την διαμερισματοποίηση των επιθυμητών πλοίων. Η επιλογή του αρχικού πλοίου έγινε με κριτήριο τα στοιχεία που διαθέταμε για αυτό. Το πλοίο που επιλέχτηκε παρουσιάζεται στο Παράρτημα I.

Όπως αναφέρεται και στο Παράρτημα I, δεν είχαμε το σχέδιο γραμμών για το πλοίο που επιλέξαμε, όμως διαθέταμε πολλά κατασκευαστικά σχέδια. Άρα τα δεδομένα που χρειαστήκαμε για να περάσουμε την γάστρα στο πρόγραμμα τα πήραμε από τα κατασκευαστικά σχέδια με την διαδικασία που περιγράφεται στην συνέχεια.

Χρησιμοποιήσαμε περίπου 35 νομείς καθ' όλο το μήκος του πλοίου. Σε κάθε νομέα πήραμε τουλάχιστον 15 σημεία, τα οποία τα εισάγαμε στο πρόγραμμα για να σχηματίσουμε μια αρχική γεωμετρία της γάστρας. Διαθέταμε τα κατασκευαστικά σχέδια για το προφίλ της πρόμνης και της πλώρης, από τα οποία μετρήσαμε σημεία για να τα εισάγουμε στο πρόγραμμα και να σχηματίσουμε το περίγραμμά τους. Το flat of bottom και flat of side τα περάσαμε προσεγγιστικά με βάση τα σημεία που παίρναμε από τους νομείς. Για τα τμήματα της γάστρας που δεν είχαμε στοιχεία σχεδιάσαμε τη γεωμετρία της γάστρας προσεγγιστικά. Στην συνέχεια εξομαλώναμε τις γραμμές πράγμα που επέφερε μικρής έκτασης αλλαγές στην αρχική γεωμετρία της γάστρας, που είχαμε μετρήσει από τα κατασκευαστικά σχέδια. Αυτό όμως δεν θεωρείται σοβαρό πρόβλημα για δύο βασικούς λόγους. Πρώτον οι μετρήσεις είχαν γίνει προσεγγιστικά, μετρώντας από τα σχέδια, γεγονός που μας δείχνει ότι τα δεδομένα είχαν σίγουρα επηρεαστεί από το ανθρώπινο λάθος. Και δεύτερον προτιμούσαμε να έχουμε μια σωστά εξομαλυμένη γάστρα, έστω και με μικρές αποκλίσεις από το πραγματικό πλοίο, αφού από την συγκεκριμένη γάστρα θα



παράγονταν οι γραμμές των πλοίων που θα παίρνομε με το πρόγραμμα. Παρόλα αυτά για να έχουμε, στο τέλος, όσο το δυνατόν πιο ακριβή εικόνα της γάστρας συγκρίναμε τα υδροστατικά στοιχεία που μας έδωσε το NAPA με τα υδροστατικά στοιχεία από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας για διάφορα βυθίσματα. Σε περίπτωση που οι διαφορές ήταν μεγάλες διορθώναμε τη γεωμετρία της γάστρας του μοντέλου. Πρώτα συγκρίναμε τον συντελεστή γάστρας ( $C_B$ ) που έδινε το πρόγραμμα στο βύθισμα σχεδίασης σε σχέση με τον συντελεστή γάστρας που έδιναν τα υδροστατικά στοιχεία από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας. Σε περίπτωση που υπήρχε διαφορά, χρησιμοποιώντας το υποσύστημα του NAPA transformation<sup>1</sup>, τροποποιήσαμε την επιφάνεια ώστε ο συντελεστής γάστρας στο βύθισμα σχεδίασης να ταυτίζεται με την τιμή που μας έδιναν τα υδροστατικά στοιχεία από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας. Επίσης ελέγξαμε κατά πόσο διαφέρει και το διάμηκες κέντρο άντωσης (LCB) που έδινε το πρόγραμμα στο βύθισμα σχεδίασης σε σχέση με το διάμηκες κέντρο άντωσης που έδιναν τα υδροστατικά στοιχεία από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας. Όπως και με τον συντελεστή γάστρας, χρησιμοποιώντας το υποσύστημα του NAPA transformation, απαιτήσαμε το διάμηκες κέντρο άντωσης που έδινε το πρόγραμμα στο βύθισμα σχεδίασης να ταυτίζεται με το διάμηκες κέντρο άντωσης που έδιναν τα υδροστατικά στοιχεία από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας. Στη συνέχεια για να επιτύχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια συγκρίναμε σε διάφορα βυθίσματα τα βασικά υδροστατικά στοιχεία (συντελεστής γάστρας, διάμηκες κέντρο άντωσης, μετακεντρικό ύψος) που έδινε το πρόγραμμα σε σχέση με τα στοιχεία από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας. Σε περίπτωση που είχαμε μικρές διαφορές σε μεμονωμένα σημεία της γάστρας, αλλάζαμε τη γεωμετρία της γάστρας χειροκίνητα μεταφέροντας ένα ένα τα σημεία στα συγκεκριμένα βυθίσματα ώστε να επιτύχουμε τιμές που θα ήταν όσο το δυνατόν πιο κοντά στις τιμές από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας. Ταυτόχρονα όμως δεν ξεφεύγαμε από τον αρχικό μας σκοπό, μια σωστά εξομαλυμένη γάστρα. Η

<sup>1</sup> Η υπορουτίνα του NAPA transformation δημιουργεί μια νέα γάστρα, μορφοποιημένη ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη χρησιμοποιώντας το αρχικό μοντέλο.

κυκλική αυτή διαδικασία ακολουθήθηκε μέχρι στο τέλος να καταλήξουμε σε ένα μοντέλο της γάστρας, το οποίο το χρησιμοποιήσαμε στην υπόλοιπη διπλωματική εργασία, μια γάστρα αρκετά καλά εξομαλυσμένη και με υδροστατικά πολύ κοντά στα υδροστατικά του αρχικού πλοίου.

Στον Πίνακα 1 του κεφαλαίου αυτού παρουσιάζονται τα υδροστατικά στοιχεία του πλοίου από το πρόγραμμα NAPA. Μπορούμε να τα συγκρίνουμε με τα υδροστατικά στοιχεία από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας, τα οποία βρίσκονται στον Πίνακα 2 του Παραρτήματος Ι.

- Η μέγιστη απόκλιση μεταξύ του όγκου,  $V$ , που δίνει το πρόγραμμα και το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας παρουσιάζεται σε βύθισμα  $T=2$  m και είναι 0.0172%.
- Η μέγιστη απόκλιση μεταξύ του διαμήκους κέντρου άντωσης,  $LCB$ , που δίνει το πρόγραμμα και το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας παρουσιάζεται σε βύθισμα  $T=2$  m και είναι 0.0139%.
- Η μέγιστη απόκλιση του συντελεστή γάστρας,  $C_B$ , παρουσιάζεται σε βύθισμα  $T=2$  m και είναι 0.0096%.
- Η μέγιστη απόκλιση του πρισματικού συντελεστή,  $C_P$ , παρουσιάζεται σε βύθισμα  $T=13.5$  m και είναι 0.0098%.
- Η μέγιστη απόκλιση του συντελεστή ισάλου επιφάνειας,  $C_{WL}$ , παρουσιάζεται σε βύθισμα  $T=7.5$  m και είναι 0.0091%.
- Η μέγιστη απόκλιση του συντελεστή μέσης τομής,  $C_M$ , παρουσιάζεται σε βυθίσματα  $T=5, 7, 9.5$  m και είναι 0.0005%.
- Η μέγιστη απόκλιση του εγκάρσιου μετακεντρικού ύψους (μετρημένο από την base line),  $KM$ , παρουσιάζεται σε βύθισμα  $T=4.5$  m και είναι 0.0108%.
- Η μέγιστη απόκλιση του εγκάρσιου κέντρου άντωσης,  $VCB$ , παρουσιάζεται σε βύθισμα  $T=2.5$  m και είναι 0.0374%.

Πίνακας 1: ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ (NAPA)

Draft	Displ.	Mould Vol.	L.C.B.	VCB	KM	BM	C <sub>B</sub>	C <sub>P</sub>	C <sub>WL</sub>	C <sub>M</sub>
2.00	7640.9	7455	90.07	1.03	37.18	36.15	0.7157	0.7351	0.7645	0.9740
2.50	9696.8	9460	90.10	1.29	30.41	29.13	0.7266	0.7422	0.7758	0.9790
3.00	11780.3	11493	90.14	1.54	25.98	24.44	0.7356	0.7488	0.7854	0.9820
3.50	13887.8	13549	90.18	1.80	22.90	21.10	0.7433	0.7547	0.7938	0.9850
4.00	16017.1	15626	90.22	2.06	20.66	18.60	0.7501	0.7601	0.8014	0.9870
4.50	18166	17723	90.25	2.32	18.97	16.65	0.7562	0.7652	0.8086	0.9880
5.00	20333.5	19838	90.26	2.58	17.68	15.10	0.7618	0.7699	0.8156	0.9890
5.50	22519.2	21970	90.25	2.84	16.67	13.83	0.7670	0.7744	0.8225	0.9900
6.00	24722.7	24120	90.22	3.10	15.87	12.77	0.7719	0.7787	0.8294	0.9910
6.50	26943.4	26286	90.15	3.36	15.24	11.88	0.7765	0.7829	0.8364	0.9920
7.00	29181.1	28469	90.04	3.62	14.75	11.13	0.7809	0.7868	0.8445	0.9920
7.50	31464.3	30697	89.93	3.88	14.37	10.50	0.7859	0.7915	0.8555	0.9930
8.00	33768.2	32945	89.72	4.14	14.12	9.98	0.7907	0.7960	0.8729	0.9930
8.50	36126	35245	89.41	4.41	13.95	9.54	0.7962	0.8011	0.8942	0.9940
9.00	38536.4	37597	89.04	4.68	13.82	9.14	0.8021	0.8068	0.9107	0.9940
9.50	40980.7	39981	88.64	4.95	13.68	8.73	0.8081	0.8126	0.9204	0.9940
10.00	43446.7	42387	88.26	5.23	13.57	8.34	0.8139	0.8182	0.9273	0.9950
10.50	45929.1	44809	87.89	5.50	13.47	7.97	0.8194	0.8236	0.9328	0.9950
11.00	48424.8	47244	87.56	5.77	13.39	7.62	0.8247	0.8286	0.9373	0.9950
11.50	50931.7	49689	87.25	6.04	13.34	7.30	0.8297	0.8335	0.9412	0.9950
12.00	53448.5	52145	86.96	6.31	13.31	7.00	0.8344	0.8381	0.9447	0.9960
12.50	55974.3	54609	86.70	6.57	13.30	6.72	0.8388	0.8424	0.9479	0.9960
13.00	58508.5	57081	86.46	6.84	13.31	6.46	0.8431	0.8465	0.9509	0.9960
13.50	61050.7	59562	86.25	7.11	13.33	6.22	0.8472	0.8505	0.9538	0.9960
14.00	63600.3	62049	86.05	7.37	13.37	6.00	0.8510	0.8542	0.9565	0.9960
14.50	66157.1	64544	85.87	7.64	13.43	5.79	0.8547	0.8578	0.9590	0.9960
15.00	68720.9	67045	85.71	7.91	13.50	5.60	0.8582	0.8613	0.9615	0.9960

Για να περάσουμε τις γραμμές του πλοίου στο πρόγραμμα, το χωρίσαμε σε τρία τμήματα. Το HullA, το HullF και το HullM. Αυτά τα τμήματα χωρίζονται μεταξύ τους με δυο νομείς, τον FRA και τον FRF. Οι νομείς FRA και FRF είναι οι νομείς που σηματοδοτούν την αρχή και το τέλος (πρόμνηθεν και πρόραθεν αντίστοιχα) του παράλληλου τμήματος. Το HullA (έξοδος) είναι το τμήμα της γάστρας που είναι πρόμνηθεν του παράλληλου τμήματος, το HullM αποτελεί το παράλληλο τμήμα της γάστρας ενώ το HullF (είσοδος) είναι το τμήμα της γάστρας που βρίσκεται πρόραθεν του παράλληλου τμήματος. Κάθε τμήμα του πλοίου έχει παραχθεί ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, με εξαίρεση τις καμπύλες FRA και FRF που αποτελούν κοινό όριο των διαφόρων τμημάτων. Για να ορίσουμε κάθε τμήμα κατασκευάσαμε πρώτα κάποιες βασικές καμπύλες, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

Για το HullA είχαμε τις καμπύλες:

FRA= aft frame (ο πρυμναίος νομέας του παράλληλου τμήματος)

STERN= προφίλ της πρόμνης

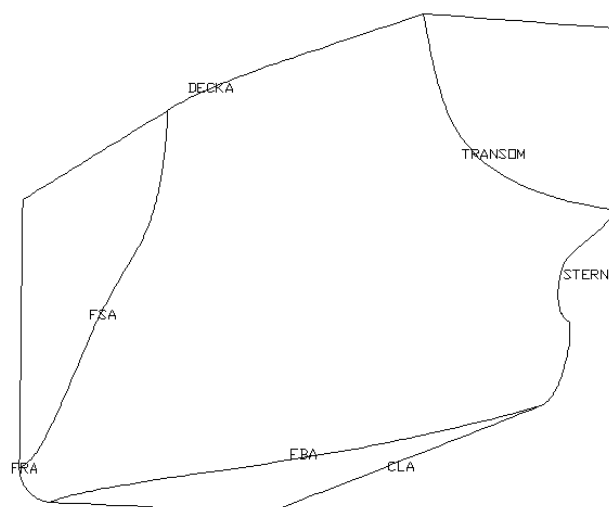
CLA= aft centre line

TRANSOM= line of transom

DECKA= aft line of deck

FBA= aft flat of bottom

και FSA= aft flat of side



**Σχήμα 1: Βασικές Καμπύλες για το Πρυμναίο Τμήμα του Πλοίου**

Για το HullF είχαμε τις καμπύλες:

FRF= fore frame (ο προωραίος νομέας του παράλληλου τμήματος)

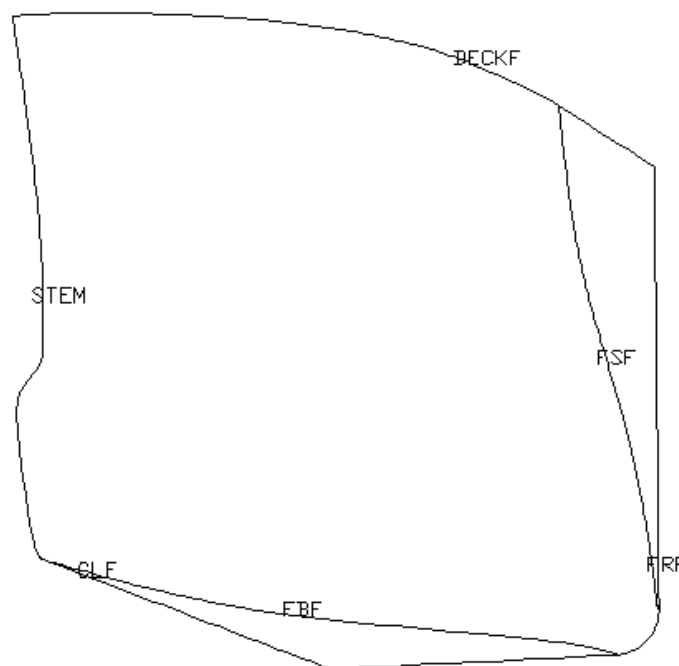
CLF= fore centre line

STEM= προφίλ της πρόμνης

FSF= fore flat of side

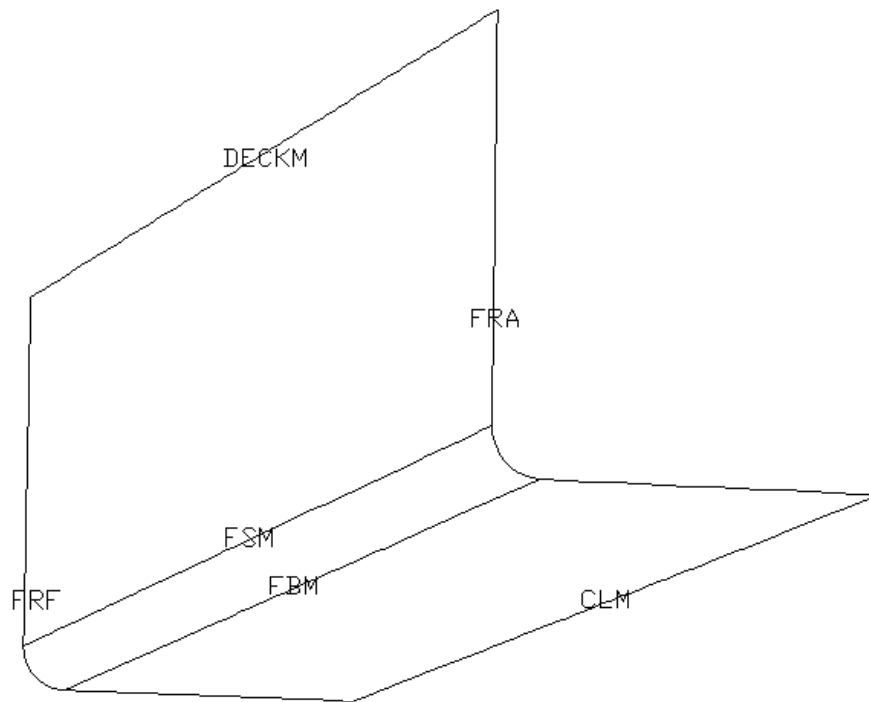
FBF= fore flat of bottom

DECKF= fore line of deck



**Σχήμα 2: Βασικές Καμπύλες για το Προωραίο Τμήμα του Πλοίου**

Όσον αφορά το HullM κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας τις καμπύλες FRA και FRF. Στο σημείο αυτό το πλοίο έχει το πλήρες πλάτος του έτσι μπορούμε να προσδιορίσουμε πλήρως τις άλλες βασικές καμπύλες του παράλληλου τμήματος (CLM, DECKM, FSM, FBM) χρησιμοποιώντας για τη δημιουργία τους μόνο τις καμπύλες FRA και FRF, χωρίς να χρειαζόμαστε κανένα άλλο δεδομένο. Στο παράλληλο τμήμα ο συντελεστής μέσης τομής ( $c_m$ ) έχει σταθερή τιμή και ίση με  $c_m=0.9938$  ενώ θεωρήσαμε ότι η ακτίνα καμπυλότητας ( $r$ ) έχει την τιμή  $r= 1.95$  m.



Σχήμα 3: Βασικές Καμπύλες για το Παράλληλο Τμήμα του Πλοίου

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω κάθε τμήμα της γάστρας κατασκευάστηκε ξεχωριστά. Έτσι παρακάτω θα περιγράψουμε πως δημιουργήθηκε το κάθε τμήμα. Ύστερα από τον προσδιορισμό των βασικών καμπύλων αρχίσαμε να προσθέτουμε νομείς. Μετά από τους νομείς και τις βασικές καμπύλες περάσαμε τις τρισδιάστατες καμπύλες (που αντικαθιστούν τις ισάλους, και τις προτιμήσαμε γιατί με αυτές μπορούμε να περιγράψουμε καλύτερα την γεωμετρία της γάστρας).

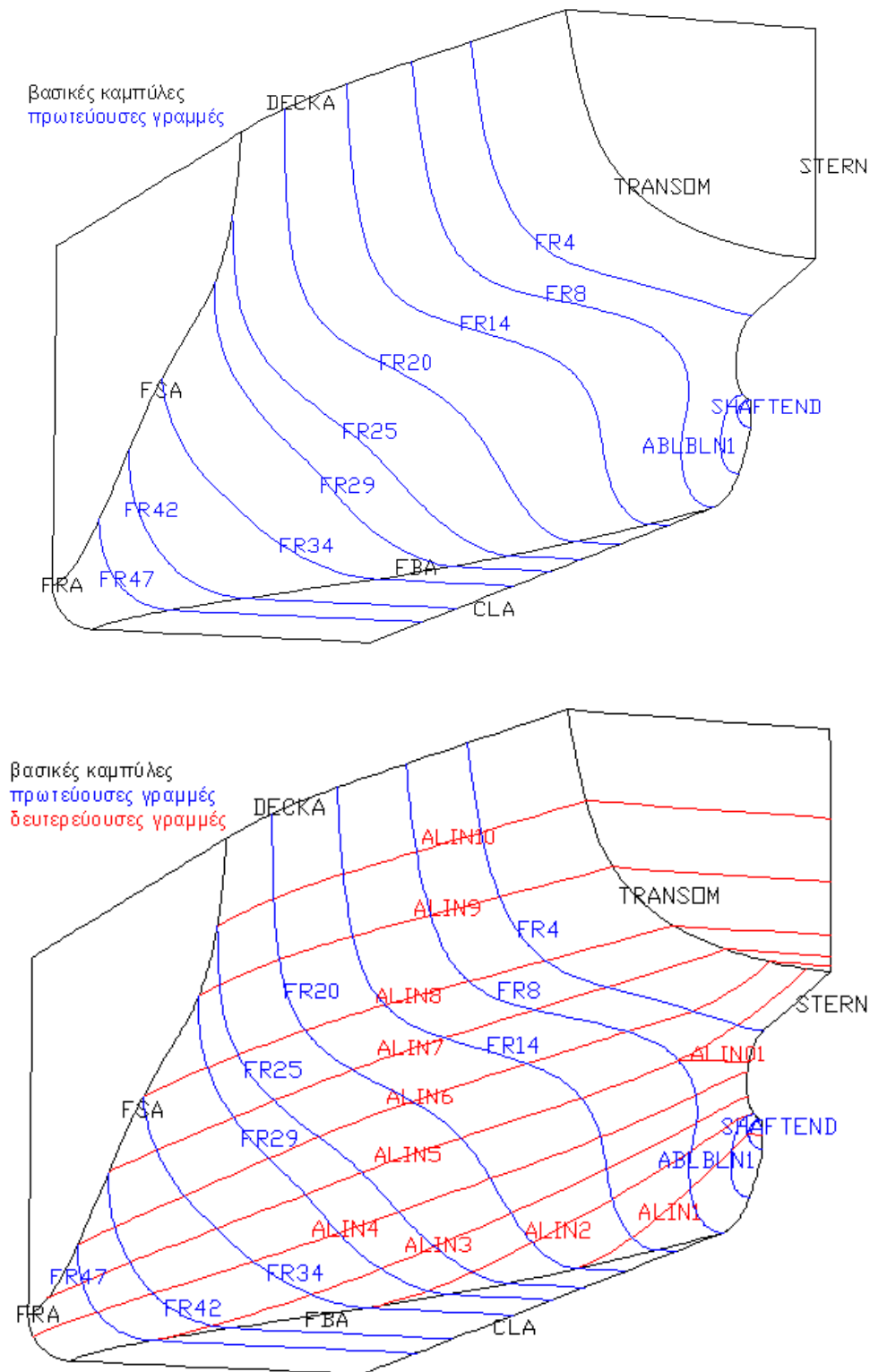
Αφού λοιπόν έχουμε κατασκευάσει όλες τις γραμμές που περιγράφουν αρκετά καλά την γάστρα ξεκινάμε την εξομάλυνση. Κάνουμε πρώτα μια αρχική εξομάλυνση σε όλες τις γραμμές και στη συνέχεια περνάμε στην συνολική εξομάλυνση της γάστρας μέσω της επιφάνειάς της. Αρχικά εξομαλύνουμε τις βασικές καμπύλες γιατί είναι ανεξάρτητες από κάθε άλλη γραμμή (εκτός από τα ακραία σημεία ορισμένων από αυτές) και επιπλέον αυτές περιγράφουν τα όρια της γάστρας. Στη συνέχεια εξομαλύνουμε κάθε νομέα και ύστερα κάθε τρισδιάστατη καμπύλη. Αφού ολοκληρώσαμε την εξομάλυνση των γραμμών προχωρήσαμε στην εξομάλυνση της γάστρας. Για να διευκολυνθούμε κατά την εξομάλυνση της γάστρας δημιουργήσαμε

πρωτεύουσες και δευτερεύουσες γραμμές. Με τον όρο πρωτεύουσες γραμμές εννοούμε ότι οι καμπύλες αυτές θα εξαρτώνται μόνο από τις βασικές καμπύλες και τα υπόλοιπα σημεία τους θα είναι ανεξάρτητα. Σε αντίθεση οι δευτερεύουσες γραμμές θα εξαρτώνται από τις βασικές καμπύλες και από τις πρωτεύουσες γραμμές, δηλαδή τα σημεία των καμπυλών αυτών θα είναι σε αναφορά των παραπάνω καμπυλών.

Μέχρι στιγμής έχουμε αναφέρει τρία είδη γραμμών σύμφωνα με τις οποίες το πρόγραμμα θα σχεδιάσει τη γάστρα, αυτές είναι οι βασικές καμπύλες, οι νομείς και οι τρισδιάστατες καμπύλες. Οι βασικές καμπύλες θα πρέπει να είναι ανεξάρτητες από τις άλλες καμπύλες. Καταλήγουμε λοιπόν στο γεγονός ότι είτε οι νομείς είτε οι τρισδιάστατες καμπύλες θα πρέπει να είναι πρωτεύουσες γραμμές.

Επιλέξαμε να κάνουμε πρωτεύοντες τους νομείς και δευτερεύουσες τις τρισδιάστατες καμπύλες. Έτσι η εξομάλυνση όλης της γάστρας θα γίνει από τους νομείς μόνο. Μετακινώντας ένα σημείο των νομέων μετακινούνται και όλες οι άλλες καμπύλες που περνάνε από αυτό το σημείο με αποτέλεσμα να αλλάζει η επιφάνεια στην περιοχή αυτή. Στα παρακάτω σχήματα μπορούμε να διακρίνουμε τις βασικές καμπύλες, τις πρωτεύουσες γραμμές και τις δευτερεύουσες γραμμές για την πρόμνη και την πλώρη.

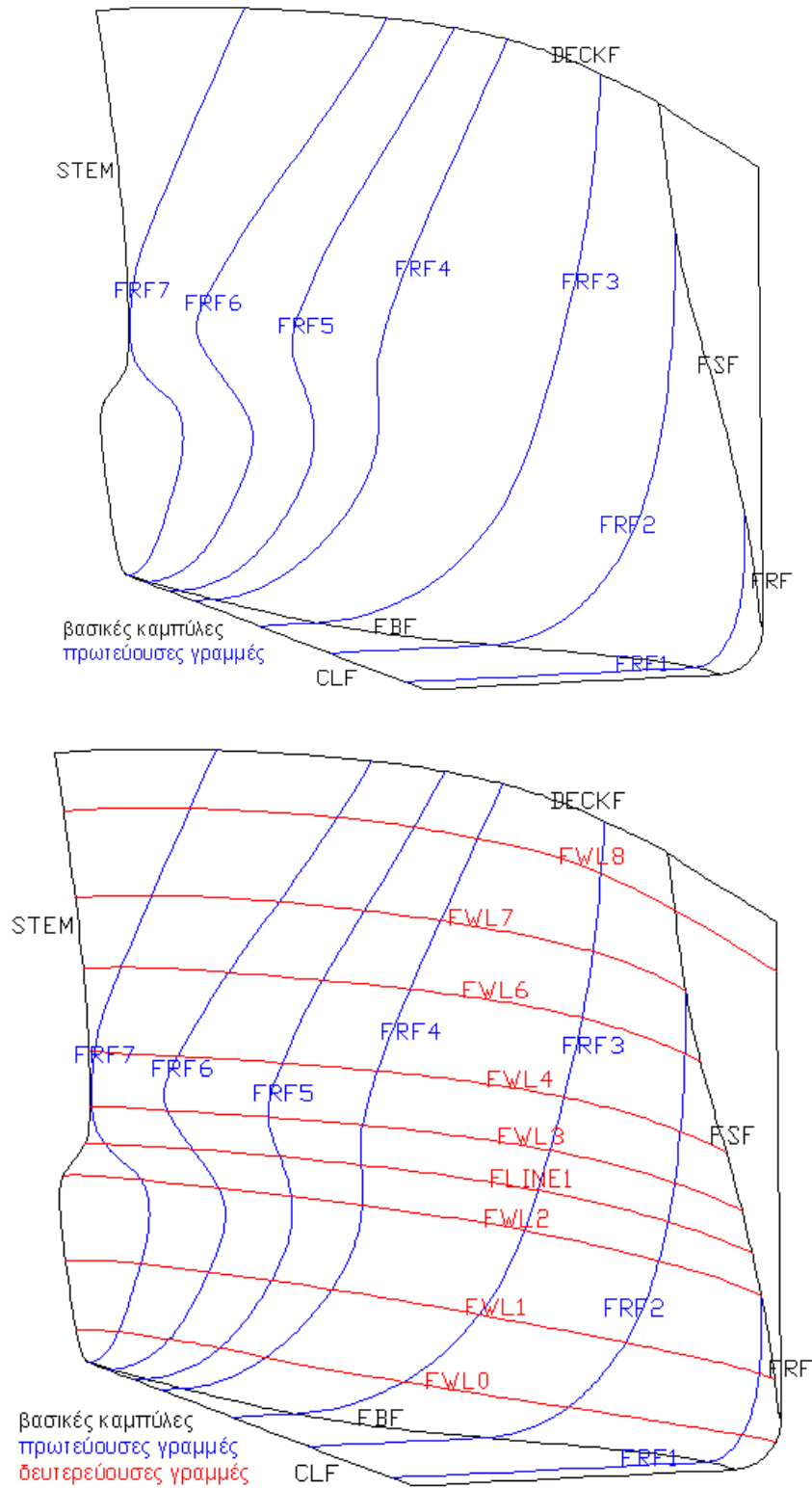
Πρόμνη



Σχήμα 4: Βασικές Καμπύλες, Πρωτεύουσες και Δευτερεύουσες Γραμμές για το Πρόμναίο Τμήμα του Πλοίου

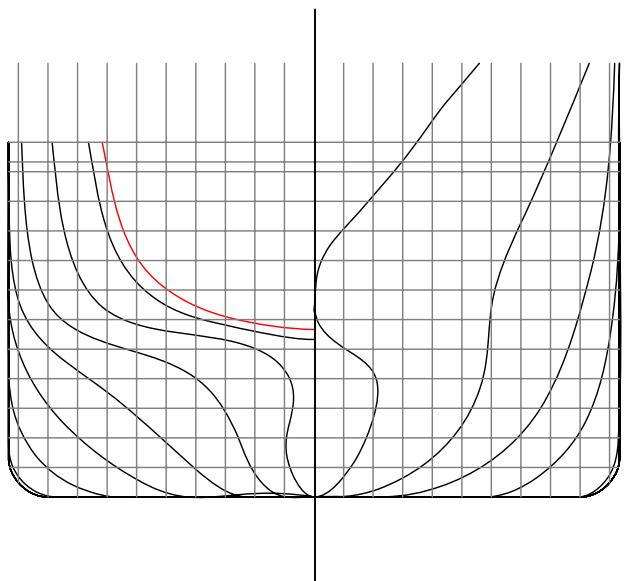


Πλώρη

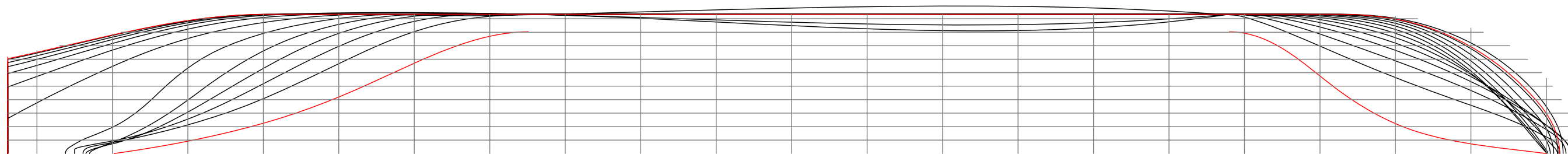


Σχήμα 5: Βασικές Καμπύλες, Πρωτεύουσες και Δευτερεύουσες Γραμμές για το Πρωαίο Τμήμα του Πλοίου

Καταλήξαμε λοιπόν σε μια ικανοποιητικά εξομαλυμένη γάστρα, της οποίας οι γραμμές φαίνονται στο σχέδιο που ακολουθεί.



# LINES PLAN



## 1.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΑΣΤΡΑΣ

Αφού αναπτύξαμε την γάστρα του αρχικού πλοίου θα έπρεπε να την παραμετροποιήσουμε ώστε να δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να ορίζει κάποια βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πλοίου και να παίρνει τις γραμμές της νέας επιθυμητής γάστρας. Η παραμετροποίηση έγινε με υπορουτίνες, όμως πριν ξεκινήσει ο χρήστης να τρέχει τις υπορουτίνες θα πρέπει να εισάγει κάποια βασικά χαρακτηριστικά που επιθυμεί να έχει το πλοίο. Θα πρέπει λοιπόν να μπει στο πρόγραμμα NAPA και να ανοίξει το αρχείο κειμένου με το όνομα variables. Εκεί θα συμπληρώσει κάποιες μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την προμελέτη του πλοίου. Δίπλα από κάθε μεταβλητή υπάρχει μια μικρή επεξήγηση της κάθε μεταβλητής. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μεταβλητές στις οποίες θα πρέπει να αποδοθούν τιμές προκειμένου να παραχθεί η νέα γάστρα.

### Κύριες διαστάσεις του πλοίου:

L:	Μήκος
B:	Πλάτος
T:	Βύθισμα Σχεδίασης
LE:	Μήκος Εισόδου
LP:	Μήκος Παράλληλου τμήματος
LR:	Μήκος Εξόδου
C <sub>B</sub> :	Συντελεστής Γάστρας
LCB:	Διάμηκες Κέντρο Άντωσης

Το κοίλο του πλοίου δεν χρησιμοποιείται στην παραμετροποίηση της γάστρας, αλλά στις άλλες διαδικασίες του πλοίου, για παράδειγμα τη διαμερισματοποίηση, την εύρεση βάρους του πλοίου και σε άλλα. Στην παραμετροποίηση της γάστρας χρησιμοποιούμε το βύθισμα σχεδίασης.

Ανάλογα με το τι επιδιώκει ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε δυο μεθόδους για την παραμετροποίηση της γάστρας. Η βασική διαφορά των δύο μεθόδων έγκειται στο πως θα αναπτυχθεί η καινούρια γεωμετρία της γάστρας. Δηλαδή αν θέλει να προσαρμόσει την γάστρα ως προς τον συντελεστή γάστρας ( $C_B$ ) και το διάμηκες κέντρο άντωσης, θα πρέπει να χρησιμοποιήσει την πρώτη μέθοδο ενώ αν θέλει να προσαρμόσει την γάστρα με βάση το μήκος του παράλληλου τμήματος και ακολούθως το μήκος εισόδου και εξόδου είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσει την δεύτερη μέθοδο.

### 1.2.1 Μετασχηματισμός της γάστρας

Στη 1<sup>η</sup> Μέθοδο κάνουμε χρήση του υποσυστήματος transformation, μέσω του οποίου κατασκευάζεται το μοντέλο μιας νέας γάστρας με βάση ένα ήδη υπάρχον μοντέλο. Η κατασκευή της γάστρας γίνεται με βάση τα στοιχεία που επιλέγει ο χρήστης να καθορίσει. Τα στοιχεία αυτά είναι οι μεταβλητές του προβλήματος. Στο συγκεκριμένο υποσύστημα δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε και να αλλάξουμε τα παρακάτω γεωμετρικά στοιχεία του πλοίου:

- Κύριες διαστάσεις
  - Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendicular)
  - Πλάτος (Breadth)
  - Βύθισμα Σχεδίασης (Draught MLD)
- Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient,  $C_B$ )
- Διάμηκες Κέντρο Άντωσης (Longitudinal Centre of buoyancy, LCB)
- Εκτόπισμα, όγκο (Displacement, Volume)
- Και οι επιλογές PA και PF για τον έλεγχο του μήκους του παράλληλου τμήματος

Επιπλέον με το υποσύστημα transformation έχουμε την δυνατότητα να κρατήσουμε σταθερή την γεωμετρία της επιφάνειας της γάστρας και να την μετακινήσουμε κατά τους τρεις άξονες ( $X, Y, Z$ )<sup>2</sup> χωρίς να καταστρέψουμε την αρχική γάστρα. Για τη καλύτερη οργάνωση του προγράμματος τοποθετούμε σε διαφορετική version την καινούρια γάστρα ώστε να μην καταστρέψουμε την προηγούμενη γάστρα και να μην βρίσκονται στην ίδιο χώρο.

Συνήθως επιλέγουμε αυτή την μέθοδο για να μορφοποιήσουμε τη γάστρα ως προς το συντελεστή γάστρας και το διάμηκες κέντρο άντωσης.

---

<sup>2</sup> Δυνατότητα που θα μπορούσε να μας βοηθήσει στην μεταβολή του μήκους του παράλληλου τμήματος κρατώντας σταθερή τη μορφή των άκρων.

### 1.2.2 Παραμετροποίηση της γάστρας

Για να εισάγουμε μια γάστρα στο πρόγραμμα χρησιμοποιούμε κάποια λειτουργικά εργαλεία. Όλες τις εντολές που δίνουμε στο πρόγραμμα τις αποθηκεύουμε σε αρχεία κειμένου ώστε να μπορούμε στην συνέχεια να τροποποιήσουμε τα δεδομένα και να πάρουμε ένα άλλο αποτέλεσμα που μπορεί να επιδιώκουμε. Έτσι λοιπόν οι εντολές για την δημιουργία της γάστρας του αρχικού πλοίου υπάρχουν σε αρχεία κειμένου με τις ονομασίες INIT\_HULLA, INIT\_HULLF, INIT\_HULLM μέσα στα οποία υπάρχουν οι εντολές που κατασκευάζουν το πρυμναίο, το πρωραίο και το παράλληλο τμήμα του πλοίου αντίστοιχα. Οι εντολές αυτές χρησιμοποιούν δεδομένα, τα οποία μετρήσαμε από τα κατασκευαστικά σχέδια του αρχικού πλοίου. Συνεπώς παράγεται η γάστρα ενός πλοίου με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, μήκος, πλάτος, βύθισμα, συντελεστή γάστρας. Θα έπρεπε λοιπόν να παραμετροποιήσουμε τις παραπάνω εντολές ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να παραχθεί η γεωμετρία της γάστρας των νέων πλοίων με χαρακτηριστικά διαφορετικά από τα χαρακτηριστικά του αρχικού πλοίου. Τις νέες αυτές παραμετροποιημένες εντολές τις αποθηκεύσαμε σε τρία νέα αρχεία κειμένου με τις ονομασίες HULLA, HULLF, HULLM. Σε αυτά τα αρχεία κειμένου οι εντολές χρησιμοποιούν μεταβλητές αντί των σταθερών δεδομένων. Μια πρώτη ιδέα ήταν να παραμετροποιήσουμε αυτές τις εντολές συναρτήσει τριών μεταβλητών, το μήκος μεταξύ καθέτων, το πλάτος και το βύθισμα. Τελικά όμως, με σκοπό να υπάρχει η δυνατότητα να επιλέγεται το μήκος του παράλληλου τμήματος, καταλήξαμε στις παρακάτω μεταβλητές για την παραμετροποίηση της γάστρας. Τις τιμές αυτών των μεταβλητών θα τις όριζε ο χρήστης.

Μήκος μεταξύ καθέτων (L)

Μήκος εισόδου (LE)

Μήκος παράλληλου τμήματος (LP)

Βύθισμα σχεδίασης (T)

Πλάτος (B)

Ακτίνα καμπυλότητας του κυρτού της γάστρας (RB)

Ο χρήστης δίνει τις επιθυμητές τιμές για το μήκος εισόδου και το μήκος παράλληλου τμήματος, ενώ το μήκος εξόδου υπολογίζεται αυτόματα με την χρήση του απλού τύπου:

$$LR=L-(LE+LP)$$

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα για να γίνει πιο κατανοητή η διαδικασία παραμετροποίησης των εντολών συναρτήσει των παραπάνω μεταβλητών.

Η εντολή για την δημιουργία της βασικής καμπύλης FRA που βρίσκεται στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου και δείχνει το πρυμναίο όριο του παράλληλου τμήματος περιγράφεται αμέσως μετά. Η εντολή αυτή συμβάλει στην δημιουργία της γάστρας του αρχικού πλοίου.

CUR FRA; X 54.707

YZ (0,0), -/, (13.55,0), (15.5,1.95), /-, (15.5,18)

SC , M

Όπως παρατηρούμε, αποτελείται από ανεξάρτητα σημεία. Θα έπρεπε τα σημεία αυτά να τα παραμετροποιήσουμε συναρτήσει των παραπάνω μεταβλητών. Η εντολή παραμετροποιημένη παρουσιάζεται στην συνέχεια.

CUR FRA; X @LR

YZ (0,0), -/, (@YFR,0), (0.5\*@B, RB), /-, (0.5\*@B,2\*@T)

SC , M

Όπου @YFR=0.5\*B-RB για να παραμένει πάντα τεταρτοκύκλιο το κυρτό της γάστρας.

Δηλαδή, το ανεξάρτητο σημείο (13.55,0) μετά την παραμετροποίηση έγινε (@YFR,0). Αν δώσουμε στην μεταβλητή του πλάτους (@B) την τιμή του πλάτους που έχει το αρχικό πλοίο, δηλαδή 31 m, θα πάρουμε το αρχικό σημείο.



## II. ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

### II.1 ΣΤΕΓΑΝΗ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Η γεωμετρία ενός πλοίου είναι πλήρως προσδιορισμένη όταν είναι γνωστή η γεωμετρία της γάστρας αλλά και η στεγανή υποδιαίρεση του πλοίου. Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλύσαμε πως παίρνουμε την γεωμετρία της γάστρας, εδώ θα αναφερθούμε στην διαμερισματοποίηση του πλοίου. Δηλαδή από ποιους χώρους αποτελείται το πλοίο και ποιοι κανονισμοί εφαρμόζονται.

Η στεγανή αυτή υποδιαίρεση του πλοίου γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε μετά από 'βλάβη' να αποφεύγεται η βύθιση του πλοίου λόγω προοδευτικής κατάκλισης ή η ανατροπή του πλοίου λόγω έλλειψης ευστάθειας και, ταυτόχρονα, να ικανοποιούνται ορισμένες συμβατικές απαιτήσεις πλευστότητας και ευστάθειας. Σαν 'βλάβη' θεωρούμε οποιοδήποτε ρήγμα στο εξωτερικό περίβλημα ενός πλοίου, το οποίο συνεπάγεται προοδευτική κατάκλιση των χώρων του. Οι κυριότερες αιτίες πρόκλησης ρηγμάτων είναι οι συγκρούσεις και οι προσαράξεις των πλοίων. Στόχος μας ήταν λοιπόν, να καταλήξουμε σε μια βέλτιστη γενική διάταξη για να επιτύχουμε τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια του πλοίου και τον περιορισμό εκροής πετρελαίου σε περίπτωση βλάβης. Η διαρρύθμιση των χώρων του πλοίου θα πρέπει να συμμορφώνεται σύμφωνα με τους κανονισμούς της MARPOL για την περιβαλλοντική ασφάλεια και για την αποφυγή ανατροπής του πλοίου σε περίπτωση κατάκλισης, καθώς επίσης και σύμφωνα με την SOLAS για την προστασία του ανθρώπινου παράγοντα.

Για να βοηθηθούμε χρησιμοποιήσαμε την γενική διάταξη του αρχικού πλοίου, το οποίο περιγράφεται στο Παράρτημα I, αλλά τη τροποποιήσαμε ώστε να έχει όσο ήταν δυνατόν πιο απλή μορφή. Στο τέλος του κεφαλαίου έχουν επισυναφτεί δυο σχέδια, ένα της διάταξης που έχει το αρχικό πλοίο και ένα της γενικής διάταξης στην οποία καταλήξαμε.

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως εφαρμόσαμε τους κανονισμούς της MARPOL και της SOLAS, όμως οι κανονισμοί αυτοί ορίζουν διαφορετικά το μήκος

μεταξύ καθέτων του πλοίου ( $L_{BP}$ ). Έτσι ξεκινήσαμε ορίζοντας το μήκος κατά MARPOL και το μήκος κατά SOLAS επειδή θα τα χρησιμοποιούσαμε κατά την δημιουργία των χώρων. Στο Παράρτημα III της διπλωματικής εργασίας περιγράφονται οι κανονισμοί που ορίζουν τα βασικά χαρακτηριστικά του πλοίου (μήκος, πλάτος, μέσο του πλοίου κλπ.).

Στη συνέχεια δημιουργήσαμε τους χώρους του πλοίου. Η στεγανή υποδιαίρεση ενός πλοίου επιτυγχάνεται με συνδυασμό εγκάρσιων και διαμήκων στεγανών διαφραγμάτων, έτσι ώστε να περιορίζεται η έκταση των χώρων που κατακλύζονται σε περίπτωση σύγκρουσης. Για να γίνει όμως αυτό θα έπρεπε να ακολουθηθεί μια κατάλληλη διαδικασία, δηλαδή θα έπρεπε να οριστούν πρώτα τα όρια των χώρων αυτών με επίπεδα και στη συνέχεια να οροθετήσουμε τους χώρους αυτούς. Αυτά τα επίπεδα αποτελούν τα εγκάρσια και διαμήκη στεγανά διαφράγματα, δηλαδή τις εγκάρσιες και διαμήκης φρακτές και τα καταστρώματα. Κάθε νέο δεξαμενόπλοιο, σύμφωνα με την MARPOL, θα πρέπει να έχει πλευρικές δεξαμενές έρματος. Οι πλευρικές δεξαμενές έρματος οριοθετούνται από το πλευρικό έλασμα του πλοίου και από ένα εσωτερικό πλευρικό έλασμα κατά την εγκάρσια τομή.

Το εξωτερικό περίβλημα του πλοίου στηρίζεται σε ένα σκελετό. Τα εγκάρσια πλευρικά στοιχεία του σκελετού του πλοίου ονομάζονται κατασκευαστικοί νομείς και ενώνονται ανά ζεύγη στην τρόπιδα. Η απόσταση ανάμεσα στους κατασκευαστικούς νομείς καθορίζεται από την ισαπόσταση νομέων (frame spacing). Συνεπώς για να προσδιορίσουμε τις εγκάρσιες φρακτές θα έπρεπε αρχικά να ορίσουμε την ισαπόσταση νομέων του πλοίου, ώστε οι φρακτές να πέφτουν πάνω στους κατασκευαστικούς νομείς. Η ισαπόσταση νομέων ορίζεται στο frame table που βρίσκεται στο υποσύστημα Reference (REF) του NAPA.

Τα περισσότερα πλοία έχουν διαφορετική ισαπόσταση νομέων στο μέσο του πλοίου από ότι στα άκρα του. Αυτό συμβαίνει γιατί στο πρυμναίο και πωραίο άκρο του πλοίου ασκούνται μεγαλύτερες δυνάμεις, ενώ επίσης και το φαινόμενο της σφυρόκρουσης είναι πιο έντονο. Έτσι ζητείται από το χρήστη να δώσει τρεις διαφορετικές τιμές για την ισαπόσταση νομέων. Μια τιμή για το πρυμναίο μέρος του

πλοίου που εκτείνεται από το πρυμναίο άκρο μέχρι την πωραία φρακτή του μηχανοστασίου. Μια τιμή για το μέσο του πλοίου, το οποίο περιλαμβάνει το χώρο του πλοίου μεταξύ της πωραίας φρακτής του μηχανοστασίου έως την φρακτή σύγκρουσης και μια τιμή για το πωραίο μέρος του πλοίου που ξεκινάει από την φρακτή σύγκρουσης και φτάνει μέχρι το πωραίο άκρο του πλοίου.

Το frame spacing για το πωραίο μέρος του πλοίου ξεκινάει να ισχύει από την φρακτή σύγκρουσης και πώρα του πλοίου, όμως αρχικά δεν είχε οριστεί ακόμα η φρακτή σύγκρουσης, άρα δεν ορίσαμε το frame table από την αρχή ολοκληρωμένο. Αφήσαμε λοιπόν το πλοίο να έχει από την πωραία φρακτή του μηχανοστασίου μέχρι το πωραίο άκρο του την ίδια ισαπόσταση νομέων, δηλαδή αυτή που έχουμε στο μέσο του πλοίου. Αφού οριστεί η φρακτή σύγκρουσης το πρόγραμμα επιστρέφει στο υποσύστημα Reference (REF) και διορθώνει αυτόματα την ισαπόσταση νομέων.

Αφού λοιπόν ορίσαμε το frame spacing ξεκινήσαμε να ορίζουμε τις εγκάρσιες φρακτές, η πρώτη εγκάρσια φρακτή που θα έπρεπε να οριστεί, όπως αναφέραμε και παραπάνω, ήταν η πωραία φρακτή σύγκρουσης. Η φρακτή σύγκρουσης προγραμματίστηκε να τοποθετείται σύμφωνα με τον κανονισμό της SOLAS «Regulation 11/ Peak and machinery space bulkheads and stern tubes in cargo tanks», ο οποίος περιγράφεται στο Παράρτημα III της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Μια επιπλέον δυνατότητα που δίνεται στον χρήστη είναι να επιλέξει μια από τις τρεις θέσεις για την πωραία φρακτή σύγκρουσης, οι οποίες και οι τρεις επαληθεύουν τον κανονισμό της SOLAS. Η πωραία φρακτή σύγκρουσης μπορεί να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν προς την πλώρη, την πρύμνη ή στο μέσο της δυνατής αυτής απόστασης, όταν ο χρήστης ορίσει την μεταβλητή POS.COLBHD ως FORE, AFT ή MEAN αντίστοιχα. Όταν ο χρήστης ορίσει τη μεταβλητή POS.COLBHD ως FORE τότε η φρακτή σύγκρουσης τοποθετείται σε απόσταση όχι μικρότερη από το 5% του μήκους του πλοίου ή από τα 10 m, όποια τιμή είναι μικρότερη. Αν επιλέξει να ορίσει τη μεταβλητή POS.COLBHD ως AFT, αυτή θα τοποθετείτε σε απόσταση 8% του μήκους του πλοίου και αν επιλέξει να ορίσει τη μεταβλητή POS.COLBHD ως

MEAN, τότε η φρακτική σύγκρουσης θα τοποθετείται στο μέσο των δυο παραπάνω αποστάσεων που υπολογίσαμε (δηλαδή την απόσταση για την AFT και FORE επιλογή). Οι παραπάνω αποστάσεις θα πρέπει να μετρηθούν από το μέσο του μήκους που επεκτείνεται το πλοίο πλώρα της πρωραίας καθέτου. Στην περίπτωση που υπάρχει βολβός το σημείο από το οποίο γίνονται οι μετρήσεις για τις παραπάνω αποστάσεις εξαρτάται από το μέγεθος του βολβού. Επιπλέον φροντίζουμε η φρακτική σύγκρουσης να πέφτει πάνω σε κατασκευαστικό νομέα.

Στην συνέχεια, αφού είναι γνωστή η θέση της φρακτικής σύγκρουσης το πρόγραμμα επιστρέφει στο frame table και ορίζει την σωστή ισαπόσταση νομέων, όπου από την φρακτική σύγκρουσης και μετά η ισαπόσταση νομέων αλλάζει και έχει την τιμή που έχει ορίσει ο χρήστης για το πρωραίο τμήμα του πλοίου.

Αφού έχει οριστεί πλήρως η ισαπόσταση νομέων του πλοίου θα μπορούσαμε να ορίσουμε τις υπόλοιπες εγκάρσιες φρακτές. Όμως σύμφωνα με την MARPOL η απόσταση ανάμεσα στις εγκάρσιες φρακτές δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από μια τιμή. Η τιμή αυτή εξαρτάται από την απόσταση του εσωτερικού πλευρικού ελάσματος από το πλευρικό έλασμα. Συνεπώς ορίσαμε πρώτα το εσωτερικό πλευρικό έλασμα.

Σε όλα τα δεξαμενόπλοια θα πρέπει να εφαρμόζονται δύο πολύ σημαντικοί κανονισμοί της MARPOL, Κανονισμοί 13 και 13F/ Κεφάλαιο II/Παράρτημα I, «Regulation 13/ Segregated ballast tanks, dedicated clean ballast tanks and crude oil washing» και «Regulation 13F/Prevention of oil pollution in the event of collision or stranding» , οι οποίοι περιγράφονται στο Παράρτημα III της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς αυτούς είναι πλέον υποχρεωτικό όλα τα καινούρια δεξαμενόπλοια να έχουν εσωτερικό πλευρικό έλασμα, γνωστό ως Inner Hull. Για λόγους απλότητας θεωρήσαμε πως το εσωτερικό πλευρικό έλασμα θα ακολουθεί τη γεωμετρία του πλευρικού ελάσματος δηλαδή της γάστρας. Έτσι πήραμε το πλευρικό έλασμα και το μετακινήσαμε προς το εσωτερικό του πλοίου κατά μια απόσταση, η οποία ορίζεται μέσω της μεταβλητής D.INS.SIDE. Η απόσταση αυτή

αποτελεί την κάθετη απόσταση του εξωτερικού πλευρικού ελάσματος από το εσωτερικό πλευρικό έλασμα. Στη συνέχεια κόψαμε τη νέα μετατοπισμένη επιφάνεια που δημιουργήθηκε, ώστε να εκτείνεται από την προραία φρακτή του μηχανοστασίου ως την φρακτή σύγκρουσης. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δώσει την τιμή που επιθυμεί στη μεταβλητή D.INS.SIDE. Θα πρέπει όμως να εξασφαλίσουμε ότι ικανοποιούνται οι παραπάνω κανονισμοί. Έτσι το πρόγραμμα ελέγχει αν η τιμή που έχει δώσει ο χρήστης στην μεταβλητή D.INS.SIDE είναι σύμφωνη με τους παραπάνω κανονισμούς. Σε περίπτωση που δεν τους επαληθεύει, το πρόγραμμα υπολογίζει την ελάχιστη τιμή που μπορεί να πάρει η παραπάνω μεταβλητή μέσω των τύπων:

$$w = 0.5 + \frac{DW}{20000}(m) \quad \text{ή}$$

$$w = 2(m)$$

Επιλέγουμε τον τύπο που δίνει την μικρότερη τιμή και η ελάχιστη τιμή που μπορεί να έχει το w είναι w=1.00m.

Το εσωτερικό πλευρικό έλασμα κατασκευάστηκε σαν να κατασκευάζουμε μια γάστρα. Δηλαδή πήραμε την γάστρα του αρχικού πλοίου που είχε παραχθεί και με την βοήθεια του υποσυστήματος Transformation μετακινήσαμε την γάστρα κατά την απόσταση D.INS.SIDE ως προς το εσωτερικό του πλοίου, κατά τον άξονα y. Έτσι αποκτήσαμε μια νέα επιφάνεια η οποία βρισκόταν κατά την απόσταση D.INS.SIDE προς το εσωτερικό του πλοίου και αποτελούσε το εσωτερικό πλευρικό έλασμα.

Έχει πλέον οριστεί πλήρως η ισαπόσταση νομέων του πλοίου και το εσωτερικό πλευρικό έλασμα για τον έλεγχο του μήκους των δεξαμενών, έτσι μπορούν να αρχίσουν να ορίζονται και οι υπόλοιπες εγκάρσιες φρακτές. Ο αριθμός των εγκάρσιων φρακτών και η θέση τους εξαρτώνται από τον αριθμό των δεξαμενών φορτίου που επιθυμεί ο χρήστης να έχει το πλοίο. Ο χρήστης ορίζει πόσες δεξαμενές φορτίου θέλει μέσω της μεταβλητής No.Holds. Τα πλοία που κατασκευάζονται έχουν το μηχανοστάσιο προς την πρόμνη και όχι στο μέσον του πλοίου, όπως

συνέβαινε σε κάποια παλιότερα πλοία. Έτσι ο χρήστης ορίζει σε ποίο κατασκευαστικό νομέα θέλει να βρίσκεται η πρυμναία και πρωραία φρακτή για το μηχανοστάσιο. Ανάμεσα στο μηχανοστάσιο και στις δεξαμενές φορτίου υπάρχουν οι δεξαμενές αποθήκευσης για το βαρύ πετρέλαιο. Η πρωραία φρακτή για τις δεξαμενές του βαρέος πετρελαίου απέχει από την πρωραία φρακτή του μηχανοστασίου τέσσερις<sup>3</sup> κατασκευαστικούς νομείς. Η φρακτή σύγκρουσης όπως είδαμε και πιο πάνω κατασκευάζεται από πριν με βάση τους κανονισμούς της SOLAS, άρα είναι πλέον οριοθετημένο το μήκος του πλοίου στο οποίο βρίσκεται το φορτίο. Το μήκος του πλοίου στο οποίο βρίσκεται το φορτίο (περιλαμβανομένων των δεξαμενών SLOP) μπορούμε να το υπολογίσουμε αν από τον κατασκευαστικό νομέα στο οποίο βρίσκεται η φρακτή σύγκρουσης αφαιρέσουμε τον κατασκευαστικό νομέα στον οποίο βρίσκεται η πρωραία φρακτή των δεξαμενών βαρέος πετρελαίου. Έτσι έχουμε τον αριθμό των κατασκευαστικών νομέων στους οποίους εκτείνονται οι δεξαμενές φορτίου. Ο χρήστης έχει δηλώσει πόσες δεξαμενές θέλει να έχει το πλοίο και θεωρούμε ότι όλες οι δεξαμενές θα έχουν περίπου το ίδιο μήκος. Διαιρώντας τον αριθμό των κατασκευαστικών νομέων που υπάρχουν κατά μήκος της περιοχής του φορτίου με τον αριθμό των δεξαμενών που επιθυμεί ο χρήστης, παίρνουμε τον αριθμό των κατασκευαστικών νομέων από τους οποίους θα αποτελείται η κάθε δεξαμενή φορτίου. Όμως θέλουμε οι φρακτές να πέφτουν πάνω σε κατασκευαστικούς νομείς, έτσι απαιτήσαμε ο αριθμός των κατασκευαστικών νομέων από τα οποία θα αποτελείται η κάθε δεξαμενή να είναι ακέραιος αριθμός. Η αρίθμηση των φρακτών έγινε από την πλώρη προς την πρύμνη, δηλαδή η φρακτή Νο.1 είναι η φρακτή σύγκρουσης και συνεχίζεται η αρίθμηση προς την πρύμνη. Με τον ίδιο τρόπο αριθμήθηκαν και οι δεξαμενές. Οι εγκάρσιες φρακτές κατασκευάστηκαν με μια κυκλική εντολή. Η κυκλική εντολή μας εξυπηρετεί στο να επαναλάβουμε μια εντολή αρκετές φορές, γράφοντας την όμως μόνο μια φορά, γεγονός που διευκολύνει όταν πρέπει να την εφαρμόσουμε πολλές φορές, το οποίο θα ήταν χρονοβόρο, κουραστικό

---

<sup>3</sup> Το μέγεθος αυτό μπορεί να αλλάξει σε περίπτωση που το επιθυμεί ο χρήστης

και θα μπορούσε να προκαλέσει τυχαία λάθη λόγω της συνεχούς επανάληψης. Παρόλο που ο αριθμός των δεξαμενών δεν μπορεί να είναι μεγάλος ώστε να είναι χρονοβόρα και κουραστική η διαδικασία της επανάληψης χρησιμοποιήσαμε την κυκλική εντολή, κατά τον προγραμματισμό για την δημιουργία εγκάρσιων φρακτών, γιατί δεν είναι σταθερός ο αριθμός των δεξαμενών που έχει το κάθε πλοίο.

Η επαναλαμβανόμενη εντολή εδώ είχε στόχο την εύρεση του κατασκευαστικού νομέα στον οποίο βρίσκεται κάθε φρακτή καθώς επίσης και τη δημιουργία της φρακτής. Μέσω μιας μεταβλητής  $i$ , η οποία εμπλέκεται στα ονόματα των μεταβλητών, μπορούμε να διαχωρίσουμε τις φρακτές αλλά και να δείξουμε σε ποια φρακτή βρισκόμαστε (η αρίθμηση των φρακτών όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, έγινε από την πλήρη προς την πρόμνη). Η τιμή της μεταβλητής  $i$  ξεκινάει από το 2 έως το αριθμό των δεξαμενών που έχει ορίσει ο χρήστης (μέσω της μεταβλητής No.Holds) με βήμα 1. Ο λόγος που η τιμή της μεταβλητής  $i$  ξεκινάει από το 2 είναι ότι η φρακτή 1 έχει ήδη οριστεί και είναι η πρωραία φρακτή σύγκρουσης. Η θέση της κάθε φρακτής βρίσκεται αν αφαιρέσουμε από την θέση της προηγούμενης φρακτής τον αριθμό των κατασκευαστικών νομέων από τους οποίους αποτελείται η κάθε δεξαμενή. Εκτός των φρακτών που ορίζονται μέσω της κυκλικής εντολής, έχει οριστεί η πρωραία φρακτή σύγκρουσης αλλά και άλλες τέσσερις φρακτές. Αυτές είναι η πρυμναία και πωραία φρακτή του μηχανοστασίου, η πωραία φρακτή για τις δεξαμενές του βαρέος πετρελαίου και η πωραία φρακτή των δεξαμενών SLOP. Οι θέσεις της πρυμναίας και πωραίας φρακτής του μηχανοστασίου είναι γνωστές αφού ορίζονται από τον χρήστη, η πωραία εγκάρσια φρακτή για τις δεξαμενές του βαρέος πετρελαίου έχει οριστεί παραπάνω ενώ η πωραία εγκάρσια φρακτή για τη slop δεξαμενή κατασκευάζεται αυτόματα αφού θεωρήθηκε ότι θα βρίσκεται έξι κατασκευαστικούς νομείς πώρα της πωραίας φρακτής των δεξαμενών βαρέος πετρελαίου. Το γεγονός ότι η slop δεξαμενή θα έχει μήκος έξι κατασκευαστικούς νομείς δεν είναι αμετάβλητο, ο χρήστης με βάση την κρίση του μπορεί να αλλάξει την τιμή αυτή και να της δώσει την τιμή που θέλει, οι έξι κατασκευαστικοί νομείς είναι μια ενδεικτική τιμή.

Στη συνέχεια ακολουθεί ένας έλεγχος για το μήκος των δεξαμενών σύμφωνα με τον Κανονισμό 24/Κεφάλαιο III/Παράρτημα I της MARPOL «Regulation 24/Limitation of size and arrangement of cargo tanks», ο οποίος περιγράφεται στο Παράρτημα III της διπλωματικής εργασίας.

Σύμφωνα με τον παραπάνω κανονισμό το μήκος κάθε δεξαμενής θα πρέπει να μην ξεπερνάει τα 10 m ή μια από τις παρακάτω τιμές, όποια είναι μεγαλύτερη από τις δυο:

(a) Όταν δεν υπάρχει διαμήκης φρακτή κατά μήκος των δεξαμενών φορτίου:

$$(0.5 \frac{b_i}{B} + 0.1)L$$

αλλά δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 0.2L

(b) Όταν υπάρχει διαμήκης φρακτή, κατά μήκος της centre line και σε όλη την έκταση των δεξαμενών φορτίου:

$$(0.25 \frac{b_i}{B} + 0.15)L$$

(c) Όταν υπάρχουν δυο ή περισσότερες διαμήκης φρακτές κατά μήκος των δεξαμενών φορτίου:

(i) Για τις πλευρικές δεξαμενές φορτίου:

1. αν  $\frac{b_i}{B}$  είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το ένα πέμπτο: 0.2L

2. αν  $\frac{b_i}{B}$  είναι μικρότερο από το ένα πέμπτο:

– όταν δεν υπάρχει διαμήκης φρακτή στο μέσον του πλοίου:

$$(0.5 \frac{b_i}{B} + 0.1)L$$

– όταν υπάρχει διαμήκης φρακτή στο μέσον του πλοίου:

$$(0.25 \frac{b_i}{B} + 0.15)L$$



(d) Το  $b_i$  είναι η ελάχιστη απόσταση από το πλευρικό έλασμα του πλοίου μέχρι την εξωτερική διαμήκη φρακτή της δεξαμενής, εν προκειμένω μετρημένη εσωτερικά σε ορθή γωνία ως προς την centreline στο επίπεδο που αντιστοιχεί στην γραμμή φόρτωσης θέρους.

Η διαδικασία για τον έλεγχο του μήκους των δεξαμενών περιγράφεται στην συνέχεια. Αρχικά υπολογίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος των δεξαμενών σύμφωνα με τον παραπάνω κανονισμό και τα χαρακτηριστικά του πλοίου, δηλαδή αν έχει μια ή δυο διαμήκης φρακτές, το πλάτος του και το μήκος του (εδώ το μήκος ορίζεται όπως το έχουμε υπολογίσει σύμφωνα με την MARPOL). Στη συνέχεια υπολογίζεται το πραγματικό μήκος που έχουν οι δεξαμενές που δημιουργούνται με βάση την επιλογή του χρήστη για τον αριθμό των δεξαμενών που θέλει να έχει το πλοίο. Σε περίπτωση που το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος (MAX.LENGTH) που ορίζει η MARPOL είναι μεγαλύτερο από το πραγματικό μήκος που ορίζεται μέσω του προγράμματος και του χρήστη (REAL.LENGTH) οι δεξαμενές μένουν ως έχουν και εμφανίζεται στην οθόνη η ένδειξη 'KEEP THE LENGTH OF THE CARGO TANKS'. Αν όμως σε αντίθεση είναι μικρότερο το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος από το πραγματικό μήκος, τότε το μήκος των δεξαμενών προσαρμόζεται αυτόματα με βάση το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος ώστε να επαληθεύεται ο κανονισμός της MARPOL. Τότε στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη 'CHANGE THE LENGTH OF THE CARGO TANKS'. Αφού οι δεξαμενές φορτίου έχουν περίπου το ίδιο μήκος και αυτό το μήκος είναι μεγαλύτερο από το επιτρεπόμενο θα πρέπει να αυξήσουμε τον αριθμό των δεξαμενών και να επανατοποθετήσουμε τις εγκάρσιες φρακτές. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να ελέγχει τι κάνει το πρόγραμμα ορίζοντας την μεταβλητή PLOT.RES (που σημαίνει plot results) ως 'YES'. Τότε τυπώνονται όλες οι συγκρίσεις και οι επιλογές που κάνει το πρόγραμμα για κάθε δεξαμενή ξεχωριστά.

Η στεγανή υποδιαίρεση ενός πλοίου επιτυγχάνεται με συνδυασμό εγκάρσιων και διαμήκων στεγανών φρακτών. Παραπάνω ορίσαμε τις εγκάρσιες στεγανές φρακτές, άρα πρέπει να οριστούν και οι διαμήκεις στεγανές φρακτές. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα σε μια ή δυο διαμήκεις φρακτές μέσω της

μεταβλητής NO.LONG.BHD. Αν αποδοθεί σε αυτή τη μεταβλητή η τιμή 1 τότε επιλέγεται μια διαμήκης στεγανή φρακτή η οποία τοποθετείται στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου, για οποιαδήποτε άλλη τιμή επιλέγονται δυο διαμήκεις φρακτές. Σε περίπτωση που επιλέξει δυο διαμήκεις φρακτές έχει την δυνατότητα να δώσει την απόσταση των διαμήκων φρακτών από το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου. Αυτή η απόσταση εκφράζεται ως ένα ποσοστό του πλάτους (LON.PER.B).

Σύμφωνα με το Κανονισμό 25/Κεφάλαιο III/Παράρτημα I της διεθνής σύμβασης MARPOL, ο οποίος περιγράφεται στο Παράρτημα III της διπλωματικής εργασίας, για να είναι αποτελεσματική η στεγανή υποδιαίρεση, θα πρέπει τόσο η ελάχιστη απόσταση μεταξύ διαφραγμάτων (εγκάρσιων ή διαμήκων), όσο και η ελάχιστη απόσταση τυχόν οριζόντιας υποδιαίρεσης από τον πυθμένα, να μην είναι μικρότερες από την υποτιθέμενη έκταση βλάβης. Σε αυτό το σημείο, που αναφερόμαστε για τις διαμήκεις στεγανές φρακτές, μας ενδιαφέρει μόνο η πλευρική βλάβη κατά την εγκάρσια έκταση. Σύμφωνα με τον παραπάνω κανονισμό η πλευρική βλάβη κατά την εγκάρσια έκταση, μετρημένη από την πλευρά του πλοίου στο ύψος της ανώτατης έμφορτης ισάλου γραμμής και κάθετα προς το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας του πλοίου, θεωρείται ότι είναι:

$$\frac{B}{5} \quad \text{ή} \quad 11.5m, \text{ όποιο δίνει την μικρότερη τιμή}$$

Στόχος μας είναι το ελάχιστο πλάτος των πλευρικών δεξαμενών φορτίου να είναι επαρκές ώστε να έχει νόημα από πλευράς βλάβης η ύπαρξη τους. Σε περίπτωση που η επιλογή του χρήστη για το πλάτος των πλευρικών δεξαμενών δεν επαληθεύει τον παραπάνω κανονισμό τότε το πρόγραμμα επιλέγει αυτόματα την ελάχιστη απόσταση που ορίζουν οι κανονισμοί.

Πρώρα του μηχανοστασίου και πριν την περιοχή του φορτίου κατασκευάζονται οι SLOP δεξαμενές ανάμεσα στις οποίες υπάρχει η RECOVERY δεξαμενή, οι οποίες έχουν την ίδια έκταση κατά μήκος του πλοίου. Για τον διαχωρισμό τους κατασκευάζονται δυο επιπλέον διαμήκεις φρακτές, οι LONG.PLA.SLOP.P/S, οι οποίες εκτείνονται μόνο κατά μήκος των SLOP/RECOVERY δεξαμενών και

βρίσκονται σε απόσταση από το μέσο του πλοίου  $8.7\%B$ . Το ποσοστό αυτό έχει βασιστεί στο αρχικό πλοίο από το οποίο πήραμε και τις γραμμές για την δημιουργία του βασικού μοντέλου της γάστρας.

Ένα δεξαμενόπλοιο διαθέτει συνήθως ένα κατάστρωμα, το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα και τον εσωτερικό πυθμένα. Τα ύψη στα οποία βρίσκονται τα παραπάνω καταστρώματα τα δίνει ο χρήστης μέσα από τις μεταβλητές H.MD για το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα και H.DB.AFT, H.DB.MIDDLE, H.DB.FORE για τον εσωτερικό πυθμένα. Το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα βρίσκεται σε ένα μόνο επίπεδο ενώ ο εσωτερικός πυθμένας μπορεί να αναπτυχθεί σε τρία επίπεδα σε περίπτωση που το επιθυμεί ο χρήστης. Το πρώτο επίπεδο ορίζεται από το πρυμναίο άκρο μέχρι την προραία φρακτή του μηχανοστασίου, το δεύτερο επίπεδο είναι από την προραία φρακτή του μηχανοστασίου ως την πρυμναία φρακτή της πρώτης δεξαμενής και το τελευταίο επίπεδο ορίζεται από την πρυμναία φρακτή της πρώτης δεξαμενής έως το προραίο άκρο του πλοίου.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 13F/Κεφάλαιο II/Παράρτημα I/Παράγραφος 3(b) της MARPOL, ο οποίος περιγράφεται στο Παράρτημα III της διπλωματικής εργασίας, ο εσωτερικός πυθμένας έχει ένα ελάχιστο ύψος για την προστασία του περιβάλλοντος σε περιπτώσεις προσάραξης του πλοίου. Σε κάθε τομή του πλοίου το ύψος των διπύθμενων θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε η κάθετη απόσταση  $h$  του πυθμένα του πλοίου από το έλασμα των διπύθμενων (ή αλλιώς από το κατώτερο έλασμα των δεξαμενών φορτίου) να καθορίζεται από τους παρακάτω τύπους:

$$h = \frac{B}{15}(m) \text{ και}$$

$$h = 2(m)$$

Επιλέγουμε τον τύπο που δίνει την μικρότερη τιμή και η ελάχιστη τιμή που μπορεί να έχει το  $h$  είναι  $h=1.00m$ .

Αν η επιλογή του χρήστη δεν επαληθεύει την απαίτηση αυτή τότε το πρόγραμμα επιλέγει την ελάχιστη απόσταση που ορίζει ο κανονισμός για το ύψος του εσωτερικού πυθμένα.

Στο μηχανοστάσιο υπάρχει μια πλατφόρμα η οποία βρίσκεται σε ύψος 0.77·DEPTH. Το μέγεθος 0.77 το υπολογίσαμε από το αρχικό πλοίο.

Έως εδώ έχουμε ορίσει τα όρια που χρειάζονται για να οριστούν οι χώροι του πλοίου. Στη συνέχεια ορίσαμε τους χώρους του πλοίου με την βοήθεια των παραπάνω ορίων. Τα όρια κατά τους τρεις άξονες εκφράζονται μέσω των εγκάρσιων και διαμήκων στεγανών φρακτών, του εσωτερικού πλευρικού ελάσματος, του ανώτατου στεγανού καταστρώματος, του εσωτερικού πυθμένα και της γάστρας του πλοίου. Πιο αναλυτικά οι χώροι του πλοίου που δημιουργούμε είναι οι εξής:

Stabhull:

Αποτελεί όλη τη γάστρα του πλοίου, δηλαδή περικλείει την γάστρα από το πρυμναίο άκρο έως το πρωραίο άκρο, από το πυθμένα μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα και όλο το πλάτος του πλοίου. Χρησιμοποιείται στους υδροστατικούς υπολογισμούς και στους υπολογισμούς ευστάθειας.

Afterpeak:

Αποτελεί μια δεξαμενή έρματος και βρίσκεται από το πρυμναίο άκρο του πλοίου μέχρι την πρυμναία φρακτή του μηχανοστασίου, από το πυθμένα μέχρι το ύψος της πλατφόρμας του μηχανοστασίου και καθ' όλο το πλάτος του πλοίου. Χρησιμοποιείται κυρίως κατά τις αλλαγές καταστάσεων του πλοίου για να διατηρείται η διαγωγή του πλοίου σε επιτρεπτά όρια.

Forepeak:

Αποτελεί μια δεξαμενή έρματος και βρίσκεται από το προωαίο άκρο του πλοίου μέχρι την προωαία φρακτή σύγκρουσης, από το πυθμένα μέχρι το ανώτερο στεγανό κατάστρωμα και καθ' όλο το πλάτος του πλοίου. Χρησιμοποιείται κυρίως κατά τις αλλαγές καταστάσεων του πλοίου για να διατηρείται η διαγωγή του πλοίου σε επιτρεπτά όρια.

FW.P/S:

Αποτελεί τις δεξαμενές (ΔΕ, ΑΡ) αποθήκευσης γλυκού νερού. Βρίσκεται από το πρυμναίο άκρο του πλοίου μέχρι το μέσο της απόστασης από το πρυμναίο άκρο μέχρι τη πρυμναία φρακτή του μηχανοστασίου, από το ύψος της πλατφόρμας του μηχανοστασίου μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα. Το πλάτος των δεξαμενών αυτών είναι το ένα τρίτο του πλάτους του transom και ξεκινάει να εκτείνεται από το πλευρικό έλασμα.

STEERING.GEAR.ROOM:

Αποτελεί το χώρο του μηχανισμού του πηδαλίου. Εκτείνεται από το πρυμναίο άκρο του πλοίου μέχρι τη πρυμναία φρακτή του μηχανοστασίου, από το ύψος της πλατφόρμας του μηχανοστασίου μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα και καθ' όλο το πλάτος του πλοίου, αφαιρώντας από τον παραπάνω χώρο τις δεξαμενές γλυκού νερού.

ERoom:

Αποτελεί το χώρο του μηχανοστασίου, εκεί βρίσκεται κυρίως όλη η μηχανολογική εγκατάσταση. Εκτείνεται από την πρυμναία μέχρι την προωαία φρακτή του μηχανοστασίου, τη θέση των οποίων ορίζει ο χρήστης μέσω των μεταβλητών FR.EROOM.AFT και FR.EROOM.FORE αντίστοιχα.

Slop P/S:

Αποτελούν δεξαμενές που συγκρατούν τα αποπλύματα που προέρχονται από τον καθαρισμό των δεξαμενών, τα λύματα λαδιού και τα λύματα βρόμικου έρματος. Εκτείνονται από την πρωραία φρακτή των δεξαμενών βαρέος πετρελαίου μέχρι την αμέσως επόμενη φρακτή (προς την πλώρη), από τον εσωτερικό πυθμένα μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα και από το εσωτερικό πλευρικό έλασμα μέχρι τις διαμήκεις φρακτές που προορίζονται για τις δεξαμενές αυτές, δηλαδή τις LONG.PLA.SLOP.P/S, τις οποίες έχουμε αναλύσει παραπάνω. Σύμφωνα με την αναθεωρημένη έκδοση της MARPOL κάθε δεξαμενόπλοιο θα πρέπει να έχει slop δεξαμενές, οι οποίες θα πρέπει να ικανοποιούν τον Κανονισμό 29/Κεφάλαιο IV/ Παράρτημα I, «Regulation 29/ Slop tanks», ο οποίος περιγράφεται στο Παράρτημα III της διπλωματικής εργασίας.

Recovery:

Όπως είδαμε προηγουμένως τα αποπλύματα που προέρχονται από τον καθαρισμό των δεξαμενών, τα λύματα λαδιού και τα λύματα βρόμικου έρματος που συγκεντρώνονται στις slop δεξαμενές θα πρέπει με κάποιο τρόπο να καθαριστούν ώστε κατά την εκροή τους να μην προκαλέσουν μόλυνση. Για αυτό τον σκοπό χρησιμοποιείται ένα σύστημα καθαρισμού των αποπλυμάτων αυτών, το οποίο είναι γνωστό ως «Oil Discharge Monitoring and Control System» (ODME). Σε περίπτωση που η περιεκτικότητα σε πετρέλαιο είναι μικρότερη των 15 points per million η ειδική βαλβίδα επιτρέπει την εκροή των υγρών αυτών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Αν η περιεκτικότητα σε πετρέλαιο είναι μεγαλύτερη των 15 points per million, η ειδική βαλβίδα ανοίγει προς άλλη κατεύθυνση και τα παραπάνω αποπλύματα οδηγούνται στην Recovery δεξαμενή στην οποία παραμένουν εκεί το απαραίτητο χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να γίνει καθίζηση του νερού από το καύσιμο. Το νερό και τα καύσιμα,

πετρέλαιο και λάδια, έχουν διαφορετικές πυκνότητες με αποτέλεσμα ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα τα καύσιμα να επιπλέουν πάνω από το νερό. Μια ειδική αντλία αναρροφά το πετρέλαιο μέχρι να συναντήσει την διαχωριστική επιφάνεια με το νερό. Η Recovery δεξαμενή ορίζεται από την προραία φρακτή των δεξαμενών βαρέος πετρελαίου μέχρι την αμέσως επόμενη φρακτή (προς την πλώρη), από τον εσωτερικό πυθμένα μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα και είναι ανάμεσα στις διαμήκεις φρακτές που προορίζονται για τις slop δεξαμενές, δηλαδή τις LONG.PLA.SLOP.P/S, τις οποίες έχουμε αναλύσει παραπάνω.

Hold.P@i/ Hold.S@i/ Hold.M@i:

Πρόκειται για τις δεξαμενές φορτίου. Ανάλογα με πόσες διαμήκεις φρακτές επιλέγει ο χρήστης να έχει, δημιουργούνται και οι ανάλογες δεξαμενές. Σε περίπτωση που υπάρχει μόνο μια διαμήκης φρακτή στο μέσο του πλοίου, δημιουργούνται δυο δεξαμενές η Hold.P@i και η Hold.S@i. Το i δείχνει τον αριθμό της δεξαμενής στην οποία βρισκόμαστε και η αρίθμηση των δεξαμενών έχει γίνει από τη πλώρη προς πρύμνη. Οι δυο παραπάνω δεξαμενές εκτείνονται ανάμεσα σε δυο διαδοχικές εγκάρσιες φρακτές, από την διαμήκη φρακτή μέχρι το εσωτερικό πλευρικό έλασμα και από τον εσωτερικό πυθμένα μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα. Όταν υπάρχουν δύο διαμήκεις φρακτές κατασκευάζεται και μια δεξαμενή στο μέσο του πλοίου, η Hold.M@i, ανάμεσα στην Hold.P@i και την Hold.S@i. Και οι τρεις αυτές δεξαμενές εκτείνονται ανάμεσα σε δυο διαδοχικές εγκάρσιες φρακτές από τον εσωτερικό πυθμένα μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα. Κατά την εγκάρσια τομή η δεξαμενή που βρίσκεται στο μέσο του πλοίου, Hold.M@i, είναι ανάμεσα στις δύο διαμήκεις φρακτές, ενώ οι Hold.P@i και την Hold.S@i εκτείνονται από το εσωτερικό πλευρικό έλασμα μέχρι την αντίστοιχη διαμήκη φρακτή.

Wing.Tank.P@i/Wing.Tank.S@i:

Πρόκειται για τις δεξαμενές έρματος. Χρησιμοποιούνται για την προστασία των δεξαμενών φορτίου σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης. Έχουν την μορφή «L» και εκτείνονται ανάμεσα σε δυο διαδοχικές εγκάρσιες φρακτές, από το εσωτερικό πλευρικό έλασμα μέχρι το εξωτερικό πλευρικό έλασμα και από τον εσωτερικό πυθμένα μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα. Επιπλέον καταλαμβάνουν και το χώρο από τον εσωτερικό πυθμένα μέχρι τον πυθμένα. Η Wing.Tank.P@i και η Wing.Tank.S@i είναι συμμετρικές ως προς το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας (centre plane). Το i δείχνει τον αριθμό της δεξαμενής στην οποία βρισκόμαστε και η αρίθμηση των δεξαμενών έχει γίνει από τη πλώρη προς πρύμνη, όπως και στις δεξαμενές φορτίου.

HFO.STORE.P/S:

Πρόκειται για τις δεξαμενές αποθήκευσης βαρέος πετρελαίου. Εκτείνονται από την προραία φρακτή του μηχανοστασίου μέχρι την αμέσως επόμενη φρακτή (προς την πλώρη), από τον εσωτερικό πυθμένα μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα και από το εσωτερικό πλευρικό έλασμα μέχρι το μέσο του πλάτους του πλοίου.

DO.STORE.P/S:

Πρόκειται για τις δεξαμενές αποθήκευσης πετρελαίου Diesel και εκτείνονται στον χώρο των διπύθμενων.

LO.STORE:

Πρόκειται για την δεξαμενή αποθήκευσης λιπαντικών και εκτείνονται στον χώρο των διπύθμενων κάτω από την κύρια μηχανή.

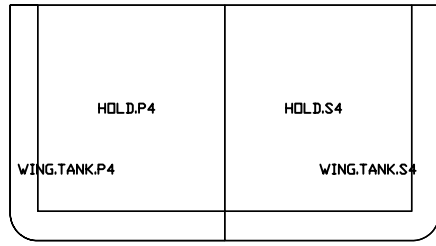


## II.2 ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

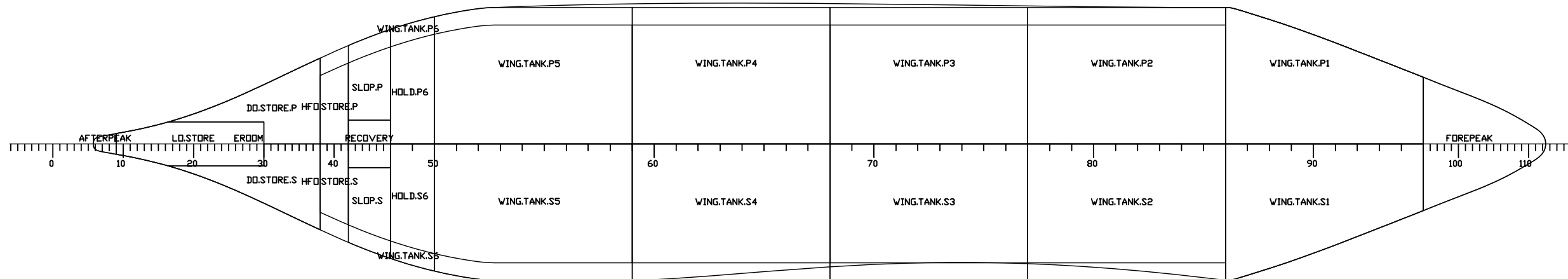
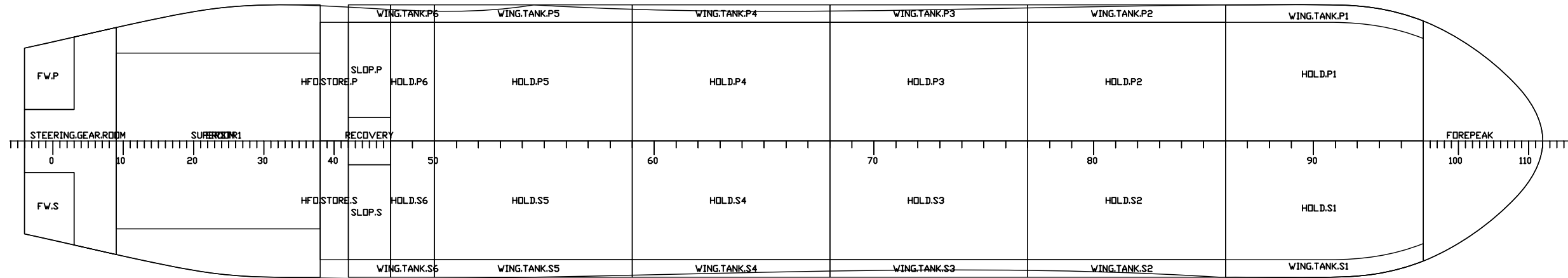
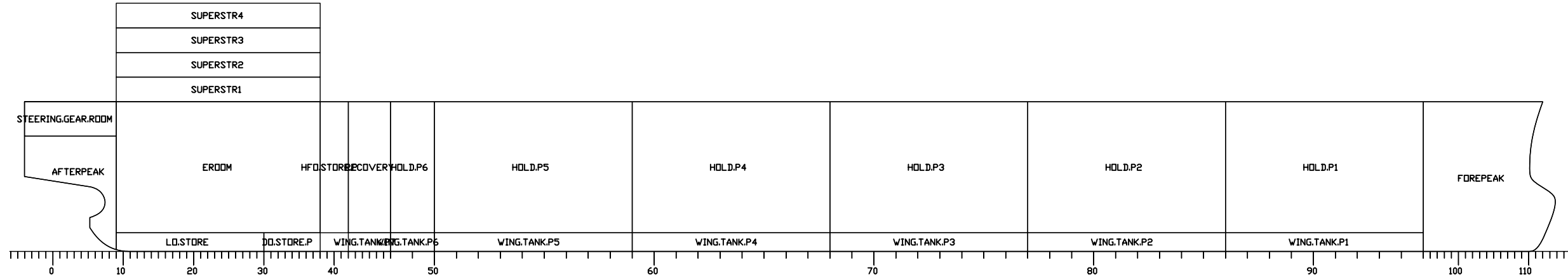
Για να θεωρήσουμε ότι έχει οριστεί πλήρως η γενική διάταξη ενός πλοίου, εκτός από τη διαμερισματοποίηση είναι απαραίτητο να ορίσουμε και τις υπερκατασκευές. Υποθέσαμε ότι οι υπερκατασκευές που θα κατασκευάζονται στα νέα πλοία θα είναι ίδιες με αυτές του αρχικού πλοίου. Ο χρήστης, σε περίπτωση που το επιθυμεί, μπορεί να τις αλλάξει μέσω των μεταβλητών:

- SUPERSTR.AFT : πρυμναίο όριο υπερστεγάσματος
- SUPERSTR.FORE : πρῶραίο όριο υπερστεγάσματος
- SUPERSTR.BREADTH : πλάτος υπερστεγάσματος
- SUPERSTR.HEIGHT : ύψος υπερστεγάσματος

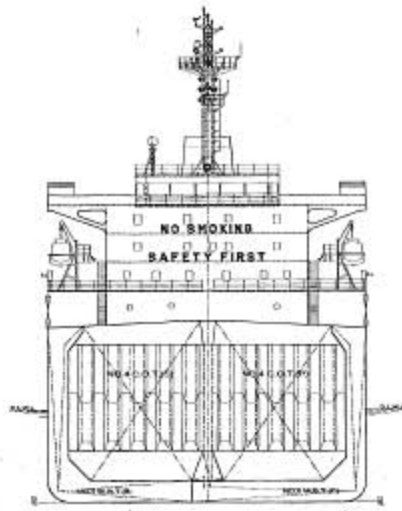
Ο αριθμός των υπερστεγασμάτων από τα οποία αποτελούνται οι υπερκατασκευές ορίζεται μέσω της μεταβλητής SUPERSTR.NO και για λόγους απλότητας θεωρούμε ότι όλα τα υπερστεγάσματα έχουν την ίδια γεωμετρία.



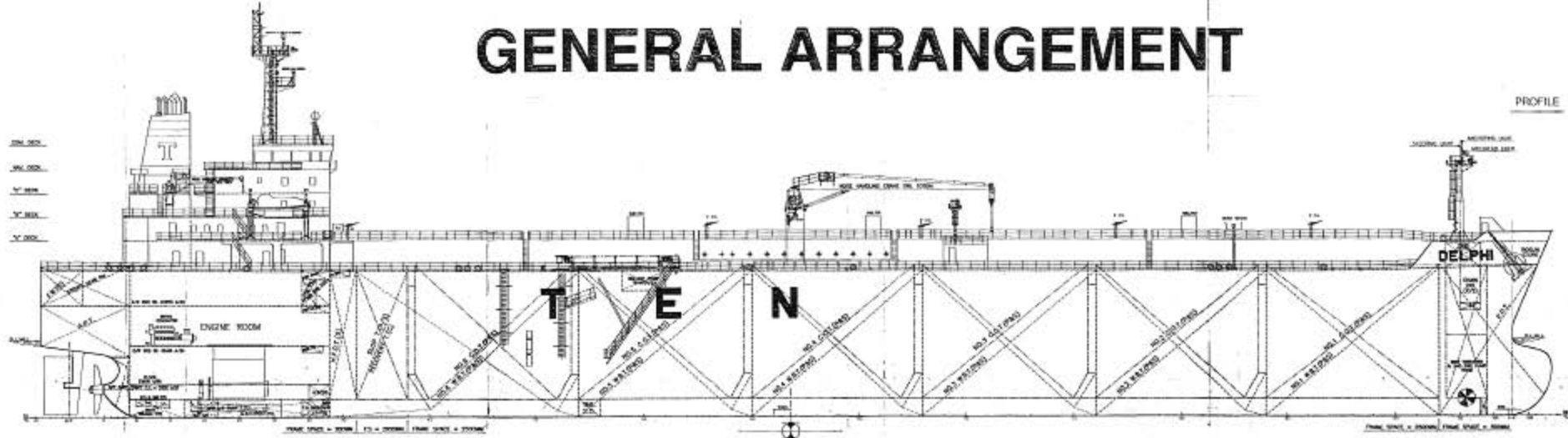
# CAPACITY PLAN (NAPA)



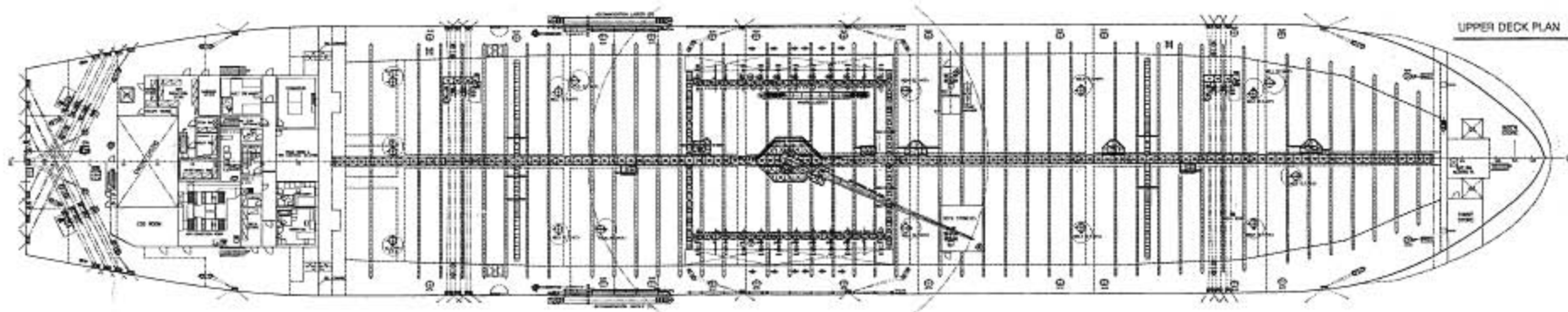
# GENERAL ARRANGEMENT



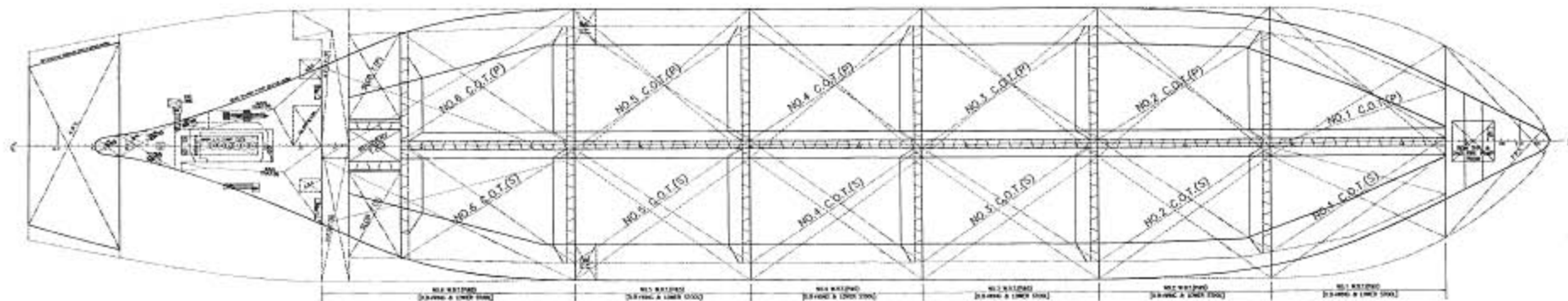
MOSHUP SECTION



PROFILE



UPPER DECK PLAN



NO. 6 C.O.T. (S) NO. 5 C.O.T. (S) NO. 4 C.O.T. (S) NO. 3 C.O.T. (S) NO. 2 C.O.T. (S) NO. 1 C.O.T. (S)

### III. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΤΟΥ ΑΦΟΡΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ (LIGHT SHIP)

Το εκτόπισμα του πλοίου ισούται με το άθροισμα του βάρους του άφορτου πλοίου (Light Ship Weight) και του πρόσθετου βάρους (Deadweight).

$$\Delta = W_L + DWT$$

Στο κεφαλαίο αυτό θα αναφερθούμε στον υπολογισμό του βάρους άφορτου πλοίου (Light Ship Weight). Το βάρος του άφορτου πλοίου αντιστοιχεί στο βάρος του έτοιμου, πλήρως εξοπλισμένου και αξιόπλοου πλοίου χωρίς εφόδια και ωφέλιμο φορτίο. Στο βάρος αυτό περιέχονται: τα λιπαντικά και το νερό ψύξης των μηχανών, το τροφοδοτικό νερό των λεβήτων και το βάρος των υγρών στις σωληνώσεις. Γενικά αποτελεί το βάρος του πλοίου κατά την κατάσταση παράδοσης του πλοίου από το Ναυπηγείο στον πλοιοκτήτη.

Το Light Ship Weight ορίζεται ως το άθροισμα τριών υποομάδων. Δηλαδή:

$$W_L = W_{ST} + W_{OT} + W_M$$

- Στο βάρος μεταλλικής κατασκευής (Steel Weight,  $W_{ST}$ ), το οποίο περιλαμβάνει το βάρος όλων των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, για παράδειγμα τα στοιχεία έδρασης της μηχανής, οι υπερκατασκευές, τα υπερστεγάσματα, τα στόμια κυτών και άλλα.
- Στο βάρος ενδίατησης και εξοπλισμού (Outfit Weight,  $W_{OT}$ ), που περιλαμβάνει το βάρος όλων των επί του γυμνού σκάφους εφαρμοσμένων/ εγκατεστημένων και αποσυνδεδεμένων εξαρτημάτων του πλοίου χωρίς τη μηχανολογική εγκατάσταση για παράδειγμα: μονωτικές, σωληνουργικές, μηχανουργικές εργασίες, φορτοεκφορτωτικά μέσα, σκεύη ρυμούλκησης και όρμησης, ψυκτικά μηχανήματα και άλλα.

- Και τέλος στο βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης (Machinery Weight,  $W_M$ ), το οποίο μπορεί να αναλυθεί στα εξής:
  - Στο βάρος της κύριας μηχανής ( $W_{MM}$ )
  - Στο βάρος του ελικοφόρου άξονα και της έλικας ( $W_{MS}$ )
  - Και στο βάρος των λοιπών μηχανολογικών εξαρτημάτων ( $W_{MR}$ )

Πιο αναλυτικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι το βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης ισούται με το άθροισμα:

$$W_M = W_{MM} + W_{MS} + W_{MR}$$

Η κάθε μια από τις παραπάνω υποομάδες περιλαμβάνει τα εξής βάρη:

- Στο βάρος της κύριας μηχανής ( $W_{MM}$ ):
  - Η κύρια κινητήρια εγκατάσταση αποτελούμενη από τις μηχανές με τυχόν μειωτήρες, ή στροβίλους με λέβητες
- Στο βάρος του ελικοφόρου άξονα και της έλικας ( $W_{MS}$ ):
  - Τις έλικες και το σύστημα μετάδοσης κίνησης στην έλικα, δηλαδή άξονες, έδρανα αξόνων
- Και στο βάρος των λοιπών μηχανολογικών εξαρτημάτων ( $W_{MR}$ ):
  - Το σύστημα εξάτμισης
  - Τις ηλεκτρογεννήτριες, καλωδιώσεις προς και από τους πίνακες/μετασχηματιστές
  - Αντλίες, συμπιεστές, διαχωριστές
  - Σωληνώσεις μηχανοστασίου (πληρωμένες), σωληνώσεις διπύθμενων για την άντληση καυσίμου ή έρματος
  - Εγκατάσταση παραγωγής πόσιμου νερού
  - Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων
  - Λοιπός εξοπλισμός μηχανοστασίου: κλίμακες, σχάρες δαπέδων (gratings), θερμο-ηχομονώσεις

- ο Κεντρικές ψυκτικές εγκαταστάσεις φορτίου (για φορτηγά ψυγεία) και αντλίες φορτίου (για δεξαμενόπλοια), εφόσον δεν περιλαμβάνονται στο βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού.

### III.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Όπως αναφέραμε και παραπάνω το βάρος της μεταλλικής κατασκευής περιλαμβάνει το βάρος όλων των επιφανειών ενός πλοίου. Για να υπολογιστεί το βάρος αυτό θα έπρεπε να έχουν δημιουργηθεί όλες οι επιφάνειες του πλοίου. Προηγουμένως όταν είχαμε χρειαστεί τις επιφάνειες του πλοίου για να δώσουμε τα όρια των διαμερισμάτων του πλοίου, είχαμε ορίσει τη θέση τους όχι όμως τα όρια τους. Προκειμένου να καθορίσουμε και τα όρια των επιφανειών, αυτές θα πρέπει να ξαναδημιουργηθούν υπό την μορφή «surface objects».

Επιπλέον επιλέξαμε να χωρίσουμε το πλοίο σε ζώνες, δηλαδή κάθε μια από τις παραπάνω επιφάνειες να τις διαιρέσουμε σε περισσότερα από ένα τμήματα (plates) ώστε να μπορούμε να δώσουμε διαφορετικό πάχος για το κάθε τμήμα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να παίρνουμε μια πιο ρεαλιστική τιμή για το βάρος της μεταλλικής κατασκευής, από ότι θα παίρναμε αν θεωρούσαμε ότι το πλοίο είχε σε όλη την έκταση το ίδιο πάχος (plating thickness).

Το πλοίο το χωρίζουμε σε τρεις ζώνες ως προς και τους τρεις άξονες. Έτσι για κάθε επιφάνεια παίρνουμε από τρία έως εννιά τμήματα (plates), των οποίων τα όρια περιγράφονται στη συνέχεια.

#### III.1.1 Ανώτερο Στεγανό Κατάστρωμα

Το ανώτερο στεγανό κατάστρωμα το χωρίσαμε σε τρεις διαμήκης ζώνες. Το πλάτος κάθε ζώνης καθορίζεται σε σχέση με το πλάτος που έχει το πλοίο στη μέση τομή, στο ύψος του ανώτατου στεγανού καταστρώματος. Αυτό το πλάτος το χωρίζουμε σε τρία μέρη συμμετρικά ως προς το μέσο του πλοίου και έτσι καταλήξαμε σε τρεις διαμήκης ζώνες. Χωρίσαμε τη κάθε διαμήκης ζώνη σε τρία τμήματα, ώστε το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα να αποτελείται συνολικά από εννιά τμήματα. Τα όρια του πρώτου τμήματος της κάθε διαμήκης ζώνης, κατά τον άξονα x, είναι από το πρυμναίο άκρο μέχρι την πρωραία φρακτή του μηχανοστασίου. Το δεύτερο τμήμα της κάθε διαμήκης ζώνης ορίζεται έως την πρυμναία φρακτή της πρώτης δεξαμενής φορτίου. Ενώ τέλος, τα όρια του τρίτου τμήματος, είναι από τη πρυμναία φρακτή

της πρώτης δεξαμενής φορτίου μέχρι το προραίο άκρο του πλοίου. Τα τμήματα από τα οποία αποτελείται το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 6: Τμήματα Ανώτατου Στεγανού Καταστρώματος

### III.1.2 Εσωτερικός Πυθμένας

Ο εσωτερικός πυθμένας χωρίστηκε όμοια με το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα. Δηλαδή χωρίστηκε σε τρεις διαμήκης ζώνες και η κάθε ζώνη σε τρία τμήματα. Τα όρια κάθε ζώνης και κατ' επέκταση του κάθε τμήματος είναι ίδια με αυτά του ανώτατου στεγανού καταστρώματος. Συνεπώς καταλήξαμε σε εννιά τμήματα, τα οποία φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

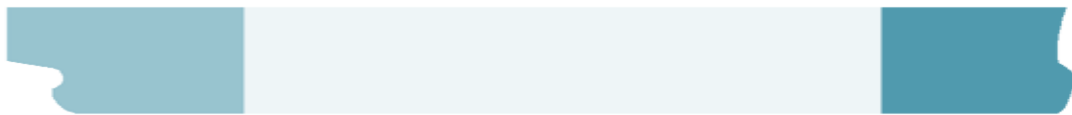


Σχήμα 7: Τμήματα Εσωτερικού Πυθμένα



### III.1.3 Πλευρικό Έλασμα

Το πλευρικό έλασμα το χωρίζουμε σε τρεις ‘κατακόρυφες’ ζώνες (κατά τον άξονα z) και η κάθε μια από αυτές χωρίζεται σε τρεις ζώνες κατά το διάμηκες του πλοίου (κατά τον άξονα x). Άρα έχουμε συνολικά εννιά τμήματα για το πλευρικό έλασμα. Τις ‘κατακόρυφες’ ζώνες τις αποκαλούμε Hullstrip*i*. Η πρώτη ζώνη Hullstrip1 ορίζεται από το πρυμναίο άκρο ως την προραία φρακτή του μηχανοστασίου. Η δεύτερη ζώνη Hullstrip2 ορίζεται από την προραία φρακτή του μηχανοστασίου μέχρι την πρυμναία φρακτή της πρώτης δεξαμενής φορτίου. Και τέλος η τρίτη ζώνη Hullstrip3 κατά το διάμηκες ξεκινάει να ορίζεται από την πρυμναία φρακτή της πρώτης δεξαμενής φορτίου μέχρι το προραίο άκρο του πλοίου. Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να διακρίνουμε τις ζώνες που περιγράψαμε παραπάνω.



Σχήμα 8: Κατακόρυφα Τμήματα Πλευρικού Ελάσματος

Την κάθε ‘κατακόρυφη’ ζώνη την χωρίζουμε σε τρία τμήματα. Το κάθε τμήμα το αποκαλούμε shell*i*\_@*j*, όπου το *i* μας δείχνει σε ποια ‘κατακόρυφη’ ζώνη είμαστε (*i*=1~3) ενώ το *j* μας δείχνει σε ποια οριζόντια ζώνη βρισκόμαστε (*j* =1~3). Τα όρια της κάθε ‘κατακόρυφης’ ζώνης τα έχουμε περιγράψει παραπάνω. Για να ορίσουμε τα όρια των οριζόντιων ζωνών κατά τον άξονα z θα έπρεπε πρώτα να υπολογίσουμε μια απόσταση με βάση την οποία θα οριοθετούνται. Η απόσταση αυτή υπολογίστηκε όπως περιγράφεται παρακάτω. Έχει ήδη οριστεί ο εσωτερικός πυθμένας, ο οποίος μπορεί να αναπτύσσεται σε τρία ύψη. Για να ορίσουμε την παραπάνω απόσταση παίρνουμε το εκάστοτε όριο καθ’ ύψος του εσωτερικού πυθμένα στη κάθε ζώνη και το αφαιρούμε από το κοίλο του πλοίου. Αυτή την απόσταση την διαιρούμε δια το τρία και έχουμε την απόσταση με βάση την οποία θα καθορίζεται το ύψος του κάθε τμήματος shell*i*\_@*j* κατά τον άξονα z. Έτσι προσθέτοντας στο κάτω όριο της κάθε ζώνης την απόσταση που υπολογίζεται για την συγκεκριμένη ζώνη, βρίσκουμε τα

όρια καθ' ύψος του κάθε τμήματος. Το κάτω όριο του πρώτου κομματιού για κάθε 'κατακόρυφη' ζώνη είναι το καθ' ύψος όριο του εσωτερικού πυθμένα στην ζώνη αυτή. Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να δούμε το πλευρικό έλασμα και πως χωρίζεται.



Σχήμα 9: Τμήματα Πλευρικού Ελάσματος

### III.1.4 Πυθμέναις

Τον πυθμένα τον χωρίζουμε και αυτόν μέσα από την ίδια εντολή που χρησιμοποιήσαμε για την τομή του πλευρικού ελάσματος. Παραπάνω περιγράψαμε ότι τα τμήματα από τα οποία αποτελούνται οι κατακόρυφες ζώνες ξεκινάνε να αριθμούνται για την τιμή  $j = 1$ . Όμως το  $j$  μπορεί να πάρει και την τιμή μηδέν. Τα τμήματα που δημιουργούνται για  $j = 0$  αποτελούν τον πυθμένα. Επομένως ο πυθμένας χωρίζεται με βάση το  $i$ , δηλαδή με βάση τις κατακόρυφες ζώνες και αποτελείται από τρία τμήματα. Στο προηγούμενο και στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να δούμε το πυθμένα και πως χωρίζεται.



Σχήμα 10: Κατακόρυφα Τμήματα Πυθμένα

Στα πλοία, το έλασμα που βρίσκεται κατά μήκος της τρόπιδας έχει μεγαλύτερο πάχος για λόγους αντοχής, κατά τον δεξαμενισμό. Έτσι το κάθε ένα από τα παραπάνω τμήματα το χωρίσαμε σε τρεις διαμήκης ζώνες. Τα όρια της κάθε ζώνης εξαρτώνται από το πλάτος της τρόπιδας, το οποίο ορίζεται ως ένα ποσοστό του πλάτους του πλοίου. Το ποσοστό αυτό ορίζεται μέσω της μεταβλητής

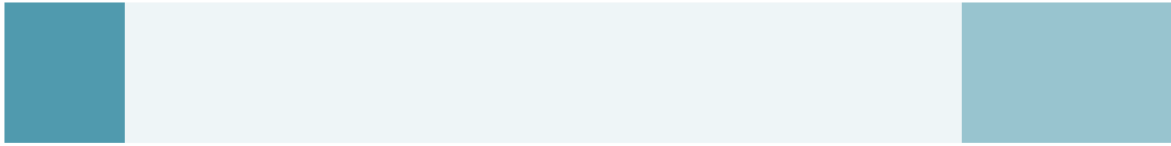
KEEL.BREADTH.PER. Θεωρήσαμε χρήσιμο η μεταβλητή αυτή να έχει μια default τιμή, την οποία υπολογίσαμε από το αρχικό πλοίο. Όμως ο χρήστης μπορεί να δώσει το ποσοστό του πλάτους που επιθυμεί για το πλάτος της τρόπιδας. Έτσι καταλήξαμε να δημιουργούνται, για κάθε τμήμα, τρεις ζώνες συμμετρικές ως προς το μέσο του πλοίου. Η μεσαία ζώνη έχει πλάτος ίσο με το πλάτος της τρόπιδας. Στο σχήμα που ακολουθεί μπορούμε να δούμε τα εννιά τμήματα στα οποία χωρίστηκε ο πυθμένας.



Σχήμα 11: Τμήματα Πυθμένα

### III.1.5 Εσωτερικό Πλευρικό Έλασμα

Στην συνέχεια θα χωρίσουμε σε τμήματα το εσωτερικό πλευρικό έλασμα (Inner Hull). Χωρίζεται με παρόμοιο τρόπο με το πλευρικό έλασμα. Τα διαμήκη όρια του, δηλαδή τα όρια της κάθε κατακόρυφης ζώνης στην οποία βρισκόμαστε με βάση την τιμή του  $i$  ( $= 1\sim 3$ ) περιγράφονται στη συνέχεια. Το πλευρικό έλασμα το χωρίζουμε σε τρεις 'κατακόρυφες' ζώνες (κατά τον άξονα  $z$ ) και η κάθε μια από αυτές χωρίζεται σε τρεις ζώνες κατά το διάμηκες (κατά τον άξονα  $x$ ). Άρα έχουμε συνολικά εννιά τμήματα για το εσωτερικό πλευρικό έλασμα. Τις 'κατακόρυφες' ζώνες τις αποκαλούμε Inner.Hullstrip@i. Η πρώτη ζώνη Inner.Hullstrip1 ορίζεται από την προραία φρακτή του μηχανοστασίου ως την προραία φρακτή της τελευταίας δεξαμενής φορτίου. Η δεύτερη ζώνη Inner.Hullstrip2 ορίζεται από την προραία φρακτή της τελευταίας δεξαμενής φορτίου μέχρι την πρυμναία φρακτή της πρώτης δεξαμενής φορτίου. Και τέλος η τρίτη ζώνη Inner.Hullstrip3 ορίζεται από την πρυμναία φρακτή της πρώτης δεξαμενής φορτίου μέχρι τη προραία φρακτή σύγκρουσης του πλοίου. Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να διακρίνουμε τις ζώνες που περιγράψαμε παραπάνω.



Σχήμα 12: Κατακόρυφα Τμήματα Εσωτερικού Πλευρικού Ελάσματος

Την κάθε ‘κατακόρυφη’ ζώνη την χωρίζουμε σε τρία τμήματα. Το κάθε τμήμα το αποκαλούμε  $Inner.Hull@i\_@j$ , όπου το  $i$  μας δείχνει σε ποια ‘κατακόρυφη’ ζώνη είμαστε ( $i=1\sim3$ ) ενώ το  $j$  μας δείχνει σε ποια οριζόντια ζώνη βρισκόμαστε ( $j=1\sim3$ ). Τα όρια κατά τον άξονα  $z$  για κάθε τμήμα της εκάστοτε ‘κατακόρυφης’ ζώνης είναι ίδια με αυτά του πλευρικού ελάσματος. Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να δούμε το εσωτερικό πλευρικό έλασμα και πως χωρίζεται.



Σχήμα 13: Τμήματα Εσωτερικού Πλευρικού Ελάσματος

### III.1.6 Διαμήκεις Στεγανές Φρακτές

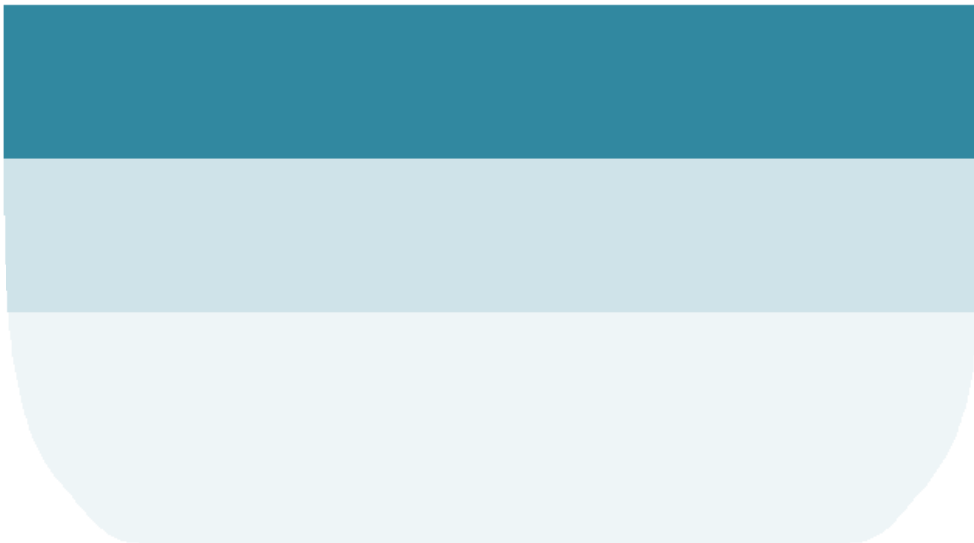
Οι διαμήκεις στεγανές φρακτές ανεξάρτητα αν είναι μια ή δύο χωρίζονται σε 9 τμήματα και αυτές. Κατά τον άξονα  $x$  το πλοίο χωρίζεται όμοια με το εσωτερικό πλευρικό έλασμα όπως περιγράφηκε προηγουμένως. Την κάθε ‘κατακόρυφη’ ζώνη την χωρίζουμε σε τρία τμήματα. Το κάθε τμήμα το αποκαλούμε  $LONG.PLA.P.SURFi$ , σε περίπτωση που έχουμε μια διαμήκη φρακτή στο μέσον του πλοίου (ενώ  $LONG.PLA.P.SURFi$  και  $LONG.PLA.S.SURFi$ , σε περίπτωση που έχουμε δυο διαμήκης φρακτές), όπου το  $i=1\sim9$ . Η αριθμηση έγινε από την πρόμνη προς την πλώρη και από τον πυθμένα προς το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα. Τα όρια των οριζόντιων ζωνών κατά τον άξονα  $z$  είναι ίδια με αυτά του εσωτερικού πλευρικού ελάσματος και του πλευρικού ελάσματος με εξαίρεση ότι η πρώτη διαμήκης ζώνη εκτείνεται μέχρι τον πυθμένα και όχι τον εσωτερικό πυθμένα. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τα τμήματα από τα οποία αποτελείται μια διαμήκης φρακτή.



Σχήμα 14: Τμήματα Διαμήκων Στεγανών Φρακτών

### III.1.7 Εγκάρσιες Στεγανές Φρακτές

Τέλος χωρίσαμε σε τρία τμήματα τις εγκάρσιες φρακτές κατά τον άξονα z. Τα τμήματα αυτά εκτείνονται σε όλο το πλάτος του πλοίου, ενώ τα καθ' ύψος όρια τους (κατά τον άξονα z) είναι ίδια με τα όρια των διαμήκων φρακτών στο μέσο του πλοίου, για όλες τις εγκάρσιες στεγανές φρακτές.



Σχήμα 15: Τμήματα Εγκάρσιων Στεγανών Φρακτών

### III.1.8 Υπολογισμός Πλευρών και Καταστρωμάτων των Υπερκατασκευών

Παραπάνω έχουν υπολογιστεί οι επιφάνειες της μεταλλικής κατασκευής μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα. Στις επιφάνειες της μεταλλικής κατασκευής περιλαμβάνονται και οι επιφάνειες των πλευρών και των καταστρωμάτων των υπερκατασκευών του πλοίου. Όπως και για τις υπόλοιπες επιφάνειες του πλοίου, έτσι και για τις επιφάνειες των τοιχωμάτων των υπερκατασκευών, τις ξαναδημιουργούμε υπό την μορφή «surface objects». Θεωρήσαμε ότι το πάχος των ελασμάτων που αποτελούν τις πλευρές των υπερκατασκευών είναι το ίδιο. Όλα τα καταστρώματα των υπερκατασκευών έχουν επίσης το ίδιο πάχος μεταξύ τους.

### III.1.9 Τύπος Υπολογισμού του Βάρους της Μεταλλικής Κατασκευής

Για κάθε επιφάνεια του πλοίου, δηλαδή τις εγκάρσιες και διαμήκης στεγανές φρακτές, το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα, τον πυθμένα, τον εσωτερικό πυθμένα και το εσωτερικό πλευρικό έλασμα υπολογίζεται το εμβαδόν και το κέντρο βάρους του. Αυτό γίνεται μέσω της δημιουργίας ενός structural arrangement για κάθε επιφάνεια. Ένα structural arrangement αθροίζει τα βάρη όλων των τμημάτων που αποτελούν μια επιφάνεια. Επίσης για τις υπερκατασκευές δημιουργούμε ένα structural arrangement το οποίο αθροίζει τα βάρη όλων των τοιχωμάτων των υπερκατασκευών. Ο τύπος που χρησιμοποιήσαμε για να πάρουμε το βάρος της κάθε επιφάνειας είναι:

$$WGHT='AREA \cdot PLTH^4 \cdot 7.9 \cdot GIRDER.NCREMENT/1000'$$

Όπου,

AREA: εμβαδό επιφάνειας

PLTH: πάχος επιφάνειας

7.9: ειδικό βάρος του ναυπηγικού χάλυβα

---

<sup>4</sup> Εκφράζει το πάχος για κάθε τμήμα της επιφάνειας της μεταλλικής κατασκευής. Η τιμή τους ορίστηκε σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια.

GIRDER.NCREMENT: συντελεστής για τα διαμήκη ενισχυτικά. Έχει οριστεί με μια default τιμή (1.3), την οποία σε περίπτωση που το επιθυμεί ο χρήστης μπορεί να την αλλάξει

Έχουμε πλέον δημιουργήσει structural arrangements για όλες τις επιφάνειες του πλοίου, δηλαδή τις εγκάρσιες και διαμήκης στεγανές φρακτές, το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα, τον πυθμένα, τον εσωτερικό πυθμένα και το εσωτερικό πλευρικό έλασμα, καθώς επίσης και για το σύνολο επιφανειών των υπερκατασκευών. Μπορούμε λοιπόν να αθροίσουμε τα βάρη των παραπάνω επιφανειών και να πάρουμε το βάρος και το κέντρο βάρους της μεταλλικής κατασκευής.

### III.1.10 Εφαρμογή Μεθοδολογίας στο Αρχικό Πλοίο

Εφαρμόσαμε την μεθοδολογία που περιγράψαμε παραπάνω στο αρχικό πλοίο και σύμφωνα με το λογισμικό πήραμε ότι  $W_{st}=3880.95$  ton. Η τιμή αυτή περιλαμβάνει και την διόρθωση για τα διαμήκη ενισχυτικά, όμως δεν περιλαμβάνει το βάρος των web frames. Για αυτό το λόγο συγκρίναμε την τιμή που μας έδωσε το πρόγραμμα με μια επιπλέον εκτίμηση για το βάρος της μεταλλικής κατασκευής του αρχικού πλοίου. Αυτή προέρχεται από την διπλωματική εργασία του Ορέστη Βαρελά και του Συμεών Μπαφαλούκου. Αναφέρεται στο συγκεκριμένο αρχικό πλοίο και υπολογίστηκε στο NAPA, με τον ίδιο τρόπο που ακολουθήθηκε και στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αλλά με πιο λεπτομερή στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τα κατασκευαστικά σχέδια του πλοίου. Η εκτίμηση αυτή ήταν  $W_{st}=5566.5$  ton και περιλάμβανε την εγκάρσια ενίσχυση και τα βάρη από τις επιφάνειες των καταστρωμάτων που βρίσκονται στο χώρο του μηχανοστασίου. Χωρίς την εγκάρσια ενίσχυση και τα βάρη από τις επιφάνειες των καταστρωμάτων που βρίσκονται στο χώρο του μηχανοστασίου, η εκτίμηση για το βάρος της μεταλλικής κατασκευής ήταν  $W_{st}=3877.78$  ton. Παρατηρούμε ότι η εκτίμηση για το βάρος της μεταλλικής κατασκευής (χωρίς την εγκάρσια ενίσχυση και τα βάρη από τις επιφάνειες των καταστρωμάτων που βρίσκονται στο χώρο του μηχανοστασίου) από το λογισμικό που αναπτύχθηκε έχει μικρή διαφορά από την τιμή που

υπολογίστηκε σύμφωνα με την διπλωματική εργασία του Ορέστη Βαρελά και του Συμεών Μπαφαλούκου.

Συνεπώς η μέθοδος που αναπτύχθηκε είναι ικανοποιητική, όμως θα έπρεπε να διορθωθεί με ένα συντελεστή για λαμβάνει υπόψη και το βάρος της εγκάρσιας ενίσχυσης και τα βάρη από τις επιφάνειες των καταστρωμάτων που βρίσκονται στο χώρο του μηχανοστασίου. Συγκρίναμε την τιμή του βάρους της μεταλλικής κατασκευής που πήραμε από το λογισμικό ( $W_{st}=3880.95$  ton) με την τιμή του βάρους της μεταλλικής κατασκευής σύμφωνα με την διπλωματική εργασία του Ορέστη Βαρελά και του Συμεών Μπαφαλούκου ( $W_{st}=5566.5$  ton) και βγάλαμε έναν διορθωτικό συντελεστή. Ο διορθωτικός συντελεστής στον οποίο καταλήξαμε ήταν ο  $correction= 1.434314$ , ενώ ο τύπος στον οποίο καταλήξαμε για το βάρος κάθε τμήματος της μεταλλικής κατασκευής είναι:

$$WGHT='AREA \cdot PLTH \cdot 7.9 \cdot GIRDER.NCREMENT \cdot correction/1000'$$

Στον Πίνακα 2 μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα που δίνει το λογισμικό για το βάρος της μεταλλικής κατασκευής μετά την παραπάνω διόρθωση.



**Πίνακας 2: Αποτελέσματα Προγράμματος (NAPA) για το Βάρος της Μεταλλικής Κατασκευής**

Όνομα	Βάρος	LCG	KG
Ανώτατο Στεγανό Κατάστρωμα	967.923	81.938	17
Πυθμένας	757.316	90.565	2.115
Εσωτερικός Πυθμένας	480.512	90.203	0.231
Πλευρικό Έλασμα	1220.45	80.168	9.285
Εσωτερικό Πλευρικό Έλασμα	750.554	93.845	9.304
Διαμήκης Στεγανή Φρακτή	547.797	92.354	7.215
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 1	42.6	7.2	12.062
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 2	42.6	7.2	12.062
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 3	42.6	7.2	12.062
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 4	42.6	7.2	12.062
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 5	42.6	7.2	12.062
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 6	42.6	7.2	12.062
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 7	42.6	7.2	12.062
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 8	42.6	7.2	12.062
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 9	42.6	7.2	12.062
Εγκάρσια Στεγανή φρακτή 10	42.6	7.2	12.062
Υπερκατασκευές	415.94	18.8	22.6
Άθροισμα	5566.5	75.63	9.876

### III.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Εκτός από το βάρος της μεταλλικής κατασκευής έπρεπε να υπολογιστεί και το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης. Στην συνέχεια θα παρουσιαστούν οι μέθοδοι που ακολουθεί το πρόγραμμα για τον υπολογισμό του παραπάνω βάρους. Υπάρχει η δυνατότητα να ορίσει ο χρήστης την τιμή για το βάρος αυτό και τη θέση του (τιμή για το κέντρο βάρους), μέσω της μεταβλητής METHOD.WEIGHT.M. Αν στη παραπάνω μεταβλητή δώσουμε τη τιμή 1 το βάρος το ορίζει ο χρήστης, για οποιαδήποτε άλλη τιμή το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης υπολογίζεται όπως περιγράφεται παρακάτω.

Το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης υπολογίζεται σύμφωνα με την προσεγγιστική μέθοδο μέσω εμπειρικών συντελεστών που περιγράφεται στο βιβλίο Μελέτη και Σχεδίαση Πλοίου (Α. Παπανικολάου 1994):

Κατά την προκαταρκτική φάση της μελέτης, το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης μπορεί να υπολογισθεί μέσω εμπειρικών τύπων με την βοήθεια συντελεστών. Ο πιο διαδεδομένος είναι:

$$W_M = P_B \cdot w_m$$

όπου  $P_B$ : η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης

Για τα δεξαμενόπλοια οι συντελεστές αυτοί κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 55-60. Άρα για τον συντελεστή  $w_m$  επιλέγουμε την τιμή:

$$w_m = 60$$

Η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης μπορεί να υπολογιστεί με δυο τρόπους. Σε περίπτωση που η μεταβλητή METHOD.ISXIS.PROWSIS οριστεί με τη τιμή 1, τότε η ισχύς πρόωσης υπολογίζεται από την μέθοδο Holtrop-84 (Κεφάλαιο VI). Σε περίπτωση που οριστεί ως 2, τότε υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο για την Σταθερά Αγγλικού Ναυαρχείου:

$$C_N = \frac{\Delta^{2/3} \cdot V_s^3}{P_B}$$

Όπου  $C_N$ : η Σταθερά Αγγλικού Ναυαρχείου, η τιμή της οποίας δίδεται από τον χρήστη μέσω της μεταβλητής STATHERA.NAUARXIOU (υπάρχει στο πρόγραμμα μια default<sup>5</sup> τιμή για τη μεταβλητή, την οποία ο χρήστης μπορεί να αλλάξει εφόσον το επιθυμεί)

$P_B$ : η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης (HP), υπολογίζεται από τον παραπάνω τύπο

$\Delta$ : το εκτόπισμα (ton)

$V_s$ : η ταχύτητα υπηρεσίας (kn), η τιμή της δίδεται από τον χρήστη μέσω της μεταβλητής SERVICE.SPEED

Για να υπολογίσουμε το κέντρο βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης χρησιμοποιούμε τους συντελεστές ομάδων βαρών, οι οποίοι έχουν προκύψει από στατιστικά στοιχεία. Για τα δεξαμενόπλοια ο συντελεστής για το καθ' ύψος κέντρο βάρους κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0.5-0.6, άρα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$KG_M=0.55*DEPTH$$

Ενώ η διαμήκης θέση κέντρου βάρους θεωρούμε ότι βρίσκεται στο μέσον του μηχανοστασίου.

### III.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Στη συνέχεια υπολογίσαμε το βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού. Όπως και για το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης, έτσι και εδώ, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει ο ίδιος την τιμή για το βάρος και την θέση του κέντρου βάρους για την ενδιαίτηση και τον εξοπλισμό. Αυτό γίνεται μέσω της μεταβλητής METHOD.WEIGHT.OT, όταν οριστεί ίση με τη μονάδα. Για οποιαδήποτε άλλη τιμή της μεταβλητής υπολογίζουμε το βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού ομαδοποιώντας τα βάρη σύμφωνα με το αντικείμενο εργασίας. Η μέθοδος αυτή περιγράφεται στο

---

<sup>5</sup> Η default αυτή τιμή, έχει υπολογιστεί από το αρχικό πλοίο

βιβλίο Μελέτη και Σχεδίαση Πλοίου (Α. Παπανικολάου 1994) και διακρίνουμε τις παρακάτω ομάδες:

- I : *Χονδρές ξυλουργικές εργασίες* : ξύλινα καταστρώματα, ξ. επενδύσεις χώρων κυτών, ψυκτικών χώρων και διπύθμενου, ξ. καλύμματα στομιών κυτών, ξ. διαφράγματα, ακόμα: μη ξύλινες επενδύσεις χώρων κυτών (αλουμίνιο ή συνθετικά υλικά).
- II : *Χρωματοουργικές και αντιδιαβρωτικές εργασίες* : χρώματα, πσσαρίσματα πλακοστρώσεις δαπέδων και τοιχωμάτων.
- III : *Μικρές ξυλουργικές εργασίες* : ενδιάμεσα τοιχώματα ενδιαίτησης, πόρτες, επιπλώσεις χώρων ενδιαίτησης, επενδύσεις εσωτερικών δαπέδων (μοκέτες), κουρτίνες, ταπετσαρίες, υαλουργικές εργασίες
- IV : *Σωληνουργικές εργασίες σκάφους* : σωλήνες ερματισμού, απάντλησης, πυρόσβεσης, γλυκού-θαλάσσιου νερού, θέρμανσης, σωλήνες εξαέρωσης και μετρητικοί. Όλα τα επιστόμια, βαλβίδες, σύρτες κλπ. Σκεύη υγιεινής, καλοριφέρ. Εκτός των σωληνουργικών εργασιών του μηχανοστασίου.
- V : *Μηχανουργικές εργασίες* : χαλύβδινες πόρτες, καλύμματα στομιών κυτών και ανοιγμάτων φρακτών κλπ. Σκαλωσιές, μεταλλουργικές εργασίες εσωτερικής διαρρύθμισης, σκεύη κουζινικής χρήσης (φούρνοι, πλυντήρια κλπ.). Αγωγοί φυσικού εξαερισμού και κλιματισμού.
- VI : *Φορτοεκφορτωτικά σκεύη* : πλην των ιστών, που εμπεριέχονται στο βάρος της μεταλλικής κατασκευής, των βαρούλκων, των γερανών, όλα τα φορτοεκφορτωτικά εξαρτήματα, δηλαδή βραχίονες φορτωτήρα, σχοινιά, τροχαλίες, άγκιστρα, αλυσίδες κλπ.
- VII : *Σκεύη ρυμούλκησης και όρμισης* : πλην των βαρούλκων, όλα τα σκεύη ρυμούλκησης και όρμισης
- VIII : *Λοιπά υποβοηθητικά μηχανήματα* : μηχανισμός πηδαλιού, βαρούλκα για όλες τις χρήσεις (άγκυρες, φορτωτήρες, λέμβοι), εγκατάσταση κλιματισμού, πυρόσβεσης. Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, εγκαταστάσεις επικοινωνίας.

IX : Λοιπός εξοπλισμός : άγκυρες, αλυσίδες, κάβοι, караβόπανα, λέμβοι, όργανα σήμανσης ναυσιπλοΐας, εργαλεία, αναλώσιμα, κουζινικά σκεύη, κινητός εξοπλισμός χώρων ενδιαίτησης και διαμονής.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις τιμές που επιλέξαμε για το συντελεστή βάρους της κάθε ομάδας.

Ομάδες	Συντελεστής Βάρους $w = \frac{\text{βάρους}}{L \cdot B \cdot D} (kp / m^3)$
I	0.75
II	1.50
III	1.50
IV	4.00
V	1.75
VI	0.05
VII	0.40
VIII	1.75
IX	1.25

Για να βρούμε το βάρος της ενδιαίτησης και του εξοπλισμού βρήκαμε τα επιμέρους βάρη των παραπάνω ομάδων σύμφωνα με τον τύπο:

$$W_{ot} \text{ επιμέρους βάρους} = w \cdot L \cdot B \cdot D,$$

ενώ το ολικό βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού αποτελεί το άθροισμα των παραπάνω αυτών επιμέρους βαρών. Δηλαδή:

$$W_{ot} = \Sigma (W_{ot} \text{ επιμέρους βάρους})$$

Για να υπολογίσουμε το κέντρο βάρους της ενδιαίτησης και του εξοπλισμού χρησιμοποιούμε τους συντελεστές ομάδων βαρών. Για τα δεξαμενόπλοια ο συντελεστής για το καθ' ύψος κέντρο βάρους κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0.8-1.0 , άρα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$KG_{OT} = 0.9 \cdot DEPTH$$

Ενώ η διαμήκης θέση κέντρου βάρους θεωρούμε ότι βρίσκεται περίπου στο 0.42 του μήκος του πλοίου και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$LCG_{OT} = 0.42 \cdot L$$

### III.4 ΔΙΩΡΘΩΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΒΑΡΟΥΣ ΑΦΟΡΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Έχουμε πλέον υπολογίσει όλα τα βάρη από τα οποία αποτελείται το βάρος του άφορτου πλοίου. Αθροίζοντας λοιπόν τις τιμές που βρήκαμε για το βάρος της μεταλλικής κατασκευής, το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης και το βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού παίρνουμε το βάρος του άφορτου πλοίου. Τη τιμή αυτή μπορούμε να τη συγκρίνουμε με το βάρος του άφορτου πλοίου σύμφωνα με το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας και να δούμε κατά πόσο η εκτίμηση μας υστερεί ή όχι.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για να υπολογιστεί το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης και το βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού είναι παλιές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το βάρος του άφορτου πλοίου που μας δίνει το λογισμικό να αποκλίνει από την τιμή που παίρνουμε από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας. Για το λόγο αυτό, από την προηγούμενη σύγκριση, πήραμε ένα διορθωτικό συντελεστή και διορθώσαμε το βάρος της μεταλλικής κατασκευής, το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης και το βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού που μας δίνει το λογισμικό. Ο διορθωτικός συντελεστής είχε την τιμή 1.179. Ύστερα από την προηγούμενη διόρθωση καταλήξαμε στον Πίνακα 3 για το βάρος άφορτου πλοίου.

**Πίνακας 3: Αποτελέσματα για το Βάρος Άφορτου Πλοίου**

Όνομα	Βάρος	LCG	KG
Μεταλλική Κατασκευή (από το λογισμικό)	6565.44	75.63	9.876
Μηχανολογική Εγκατάσταση (από το λογισμικό)	827.27	23.20	9.35
Ενδιαίτηση και Εξοπλισμός (από το λογισμικό)	1352.29	70.56	15.30
Άφορτο Πλοίο (από το λογισμικό)	8745.00	69.89	10.66
Άφορτο Πλοίο (από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας)	8745.00	74.33	10.28

## IV.ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (DWT)

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλύσαμε το βάρος του άφορτου πλοίου και εδώ θα αναφερθούμε στο πρόσθετο βάρος του πλοίου. Συνήθως μέσα στις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη εμπεριέχεται και το ολικό πρόσθετο βάρος DWT. Επίσης από την στιγμή που έχει υπολογιστεί το βάρος του άφορτου σκάφους είναι γνωστό και το πρόσθετο βάρος για το βύθισμα σχεδίασης, αφού:

$$DWT = \Delta - LS$$

Η ανάλυση του Πρόσθετου Βάρους σε επιμέρους βάρη είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του ωφέλιμου φορτίου, καθώς και για τον υπολογισμό των κέντρων των βαρών και της επίδρασης αυτών στη διαρρύθμιση των χώρων του σκάφους.

Υπολογίζεται ότι το πρόσθετο βάρος ενός πλοίου μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας του σκάφους, και μάλιστα κατά 5 % περίπου το πρώτο έτος, και κατά 0.5 % τα επόμενα έτη, λόγω αύξησης του βάρους του κενού σκάφους  $W_L$ . Οι συνήθεις λόγοι είναι: χρωματουργικές εργασίες, διάβρωση ελασμάτων, εφεδρικός και πρόσθετος εξοπλισμός, απορρίμματα και κατάλοιπα υγρών, ιδιαίτερα στους υδροσυλλέκτες και στις λοιπές δεξαμενές καταλοίπων.

Το πρόσθετο βάρος ορίζεται ως το άθροισμα των παρακάτω:

$$DWT = W_{PAYLOAD} + W_F + W_{PR} + W_P + W_{CREW} + B$$

$W_{PAYLOAD}$  : βάρος ωφέλιμου φορτίου

$W_F$  : βάρος καυσίμων (Fuel), περιλαμβάνει και εφεδρείες καυσίμων και λιπαντικά

$W_{PR}$  : βάρος εφοδίων και νερού (Provisions)

$W_P$  : βάρος επιβατών και αποσκευών (Passengers and effects), περιλαμβάνεται στο ωφέλιμο φορτίο στις περιπτώσεις των επιβατηγών πλοίων

$W_{CR}$  : βάρος πληρώματος και αποσκευών (Crew)

$B$  : βάρος μη μόνιμου έρματος (νερό) εφόσον απαιτείται στην κατάσταση πλήρους φόρτωσης (βύθισμα σχεδιασμού)

Στην συνέχεια θα δούμε ξεχωριστά πως υπολογίζουμε το κάθε ένα από τα παραπάνω βάρη.



Βάρος καυσίμων  $W_F$

Υπολογίζονται τα απαιτούμενα καύσιμα για το ταξίδι στο λιμένα αναχώρησης, σύμφωνα με τον τρόπο που το ορίζει ο πλοιοκτήτης. Ο χρόνος λειτουργίας του πλοίου εν πλω σε ένα ταξίδι εκφράζεται μέσω της ακτίνας ενέργειας (AR) και της ταχύτητας υπηρεσίας ( $V_s$ ) του πλοίου. Δηλαδή,  $t = \frac{AR}{V_s}$  όπου και η ακτίνα ενέργειας (AR) και η ταχύτητα υπηρεσίας ( $V_s$ ) ορίζονται από τον χρήστη μέσω των μεταβλητών AKTINA.ENERGEIAS και SERVICE.SPEED αντίστοιχα.

Τα απαιτούμενα καύσιμα διακρίνονται στο βαρύ πετρέλαιο (Heavy Fuel Oil), στο πετρέλαιο Diesel (Diesel Oil) και στα λιπαντικά(Lube Oil).

*Βαρό Πετρέλαιο (Heavy Fuel Oil):* Το απαιτούμενο Heavy Fuel Oil μπορεί να προσεγγισθεί βάση του τύπου:

$$W_{F1} = P_B \cdot b_1 \cdot t_1 \cdot C \cdot 10^{-6}$$

Όπου:

$W_{F1}$  : βάρος καυσίμων του βαρέος πετρελαίου (tons)

$P_B$  : εγκατεστημένη ισχύς κύριας μηχανής σε (kW)

$b_1$  : ειδική κατανάλωση κύριας μηχανής (gr/kW·h)

$t_1$  : χρόνος ταξιδιού (hrs) με βάση την υπερεσειακή ταχύτητα και την ακτίνα δράσης και υπολογίζεται όπως είδαμε παραπάνω.

$C$  : ( $\approx 1.2 \div 1.4$ ) Η σταθερά  $C$  αφορά την εφεδρεία για υπερκατανάλωση λόγω αλλαγής πορείας, απρόβλεπτης αναμονής, βοήθειας σε περίπτωση ανάγκης και τα κατάλοιπα στις δεξαμενές. Επίσης και για τη παραγωγή ατμού για τον καθαρισμό/θέρμανση των δεξαμενών φορτίου.

Για δηζελομηχανές η ελάχιστη ειδική κατανάλωση αντιστοιχεί σε 85% περίπου απόδοση της εγκατεστημένης ισχύος, ενώ για στροβιλομηχανές η ειδική κατανάλωση αντιστοιχεί στα 100% απόδοση. Ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή η ειδική κατανάλωση είναι ελάχιστη για της βραδύστροφες δίζελ (~170 gr/kW·h) και ακολουθούν οι μεσόστροφες δίζελ (~190 gr/kW·h), οι ατμοστρόβιλοι (290÷330 gr/kW·h, ανάλογα με την ισχύ, τη φόρτιση, τον τύπο και κατασκευαστή) και τέλος οι αεροστρόβιλοι (300÷350 gr/kW·h, συναρτήσει του είδους του καυσίμου -ελαφρύ/βαρύ πετρέλαιο- και των λοιπών στοιχείων που αναφέρονται στους ατμοστρόβιλους). Στα δεξαμενόπλοια θεωρούμε ότι έχουμε αργόστροφη δίζελ άρα θεωρήσαμε ότι  $b_1=170$  gr/kW·h, ενώ η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης υπολογίζεται με δυο τρόπους. Σε περίπτωση που η μεταβλητή METHOD.ISXIS.PROWSIS οριστεί με τη τιμή 1, τότε η ισχύς πρόωσης υπολογίζεται από την μέθοδο Holtrop-84

(Κεφάλαιο VI). Σε περίπτωση που οριστεί ως 2, τότε υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο για την Σταθερά Αγγλικού Ναυαρχείου:

$$C_N = \frac{\Delta^{2/3} \cdot V_s^3}{P_B}$$

Η επίδραση της κατάστασης της θάλασσας, των ανέμων και της ρύπανσης της γάστρας θεωρείται ότι έχει υπολογιστεί κατά την εκτίμηση της υπηρεσιακής ταχύτητας και της αντίστοιχης ισχύος πρόωσης.

*Diesel Oil:* Το απαιτούμενο Diesel Oil μπορεί να προσεγγισθεί βάση του τύπου:

$$W_{F2} = P_e \cdot b_2 \cdot t_2 / \eta_E$$

Όπου:

$P_e$  : απαιτούμενη μέση ισχύς ηλεκτροκινητήρων (kW)

$t_2$  : χρόνος λειτουργίας ηλεκτρογεννητριών (hrs), θεωρούμε ότι είναι ίσος με τον χρόνο ταξιδιού (hrs) με βάση την υπερεσιακή ταχύτητα και την ακτίνα δράσης, έχει υπολογιστεί παραπάνω

$b_2$  : ειδική κατανάλωση βοηθητικών μηχανών- κινητήρων ηλεκτρογεννητριών (gr/kW·h),  $b_2=203.8$  gr/kW·h,

$\eta_E$  : μέσος βαθμός απόδοσης ηλεκτρογεννητριών, θεωρούμε ότι ισούται με 0.85

Η απαιτούμενη μέση ισχύς ηλεκτροκινητήρων υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$P_e = 100 + 0.55 \cdot P_B^{0.7} \quad , \text{ όπου } P_B : \text{ η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης (HP)}$$

*Βάρος λιπαντικών:* Εμπεριέχει το βάρος του αναλωμένου λιπαντικού. Η κατανάλωση είναι:

Για διηζελομηχανές:

0.15 gr/kW·h, για λιπαντικό κυκλοφορίας και

0.6-1.4 gr/kW·h, για λιπαντικό κυλίνδρων.

Οι μεσόστροφες δεζηλομηχανές χωρίς σταυρό απαιτούν λιπαντικό κυλίνδρων και για το κυκλοφοριακό σύστημα.

Για στροβίλους και μειωτήρες 0.1-0.2 gr/kW·h.

Εδώ θεωρούμε ότι το βάρος των λιπαντικών από τον τύπο:

$$W_{LO} = P_B \cdot t_1 \cdot (0.15 + 1.0 + 0.15)$$

Όπου,

$P_B$  : εγκατεστημένη ισχύς κύριας μηχανής σε (kW)

$t_1$  : χρόνος ταξιδιού (hrs) με βάση την υπερεσειακή ταχύτητα και την ακτίνα δράσης και υπολογίζεται όπως είδαμε παραπάνω.

Τα ειδικά βάρη καυσίμων και λιπαντικών ελαίων μεταβάλλονται σημαντικά, ανάλογα με την ποιότητα και τη χρήση τους. Κατά μέσο όρο προκύπτει:

Πετρέλαιο Diesel (καύσιμο)	0.85 t/m <sup>3</sup>
Πετρέλαιο Λεβήτων (καύσιμο)	0.92-1.02 t/m <sup>3</sup>
Λιπαντικό	0.928 t/m <sup>3</sup>

### Εφόδια Νερού

Διακρίνουμε τις εξής ποιότητες:

- Γλυκό νερό (πόσιμο και καθαριότητας)
- Τροφοδοτικό λεβήτων και δικτύου ψύξης
- Θαλάσσιο νερό για δεξαμενές υγιεινής, εφόσον δεν γίνεται χρήση γλυκού νερού

*Γλυκό νερό*

Πόσιμο: 10-20 kg/άνθρωπο · ημέρα

Καθαριότητας: 120 kg/ άνθρωπο · ημέρα, εφόσον η ενδιαίτηση δεν έχει λουτήρες

200 kg/ άνθρωπο · ημέρα, για ενδιαίτηση με λουτήρες

*Τροφοδοτικό λεβήτων*

: 0.1 kg/ kW·h συν τα υγρά μιας πλήρωσης του δικτύου

Υπάρχει η δυνατότητα να καλυφθούν η ανάγκη για γλυκό νερό, εν μέρει, είτε μέσω ανεφοδιασμού σε ενδιάμεσους λιμένες, είτε με εγκαταστάσεις αφαλάτωσης θαλάσσιου νερού εν πλω. Σύγχρονες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης επιτρέπουν την ατμοποίηση του θαλάσσιου νερού στους 40 °C, με αντίστοιχο κενό 93%. Έτσι το θαλάσσιο νερό ψύξης της κύριας μηχανής (με θερμοκρασία εξόδου 32 °C περίπου) απαιτεί προς αφαλάτωση μια μικρή αναθέρμανση κατά 8 °C. Υπολογίζεται ότι με 1 kg πετρέλαιο θέρμανσης είναι δυνατή η παραγωγή 100 kg υγροποιημένου ατμού. Ως προς το πόσιμο νερό, οι απαιτήσεις ως προς την ποιότητα είναι αυξημένες και έτσι προτιμάται ο ανεφοδιασμός από λιμένες με επαρκείς συνθήκες υγιεινής.

Το πρόγραμμα υπολογίζει το γλυκό νερό συναρτήσει του αριθμού του πληρώματος, το οποίο το ορίζει ο χρήστης μέσω της μεταβλητής NO.CREW.

$$W_{FW} = NO.CREW \cdot t_1 \cdot (15 + 200)$$

$t_1$  : χρόνος ταξιδιού σε μέρες.

#### Βάρος Εφοδίων- Τροφίμων

Υπολογίζεται περίπου 7-16 kg/ άνθρωπο · ημέρα. Το βάρος αυτό δεν αφορά μόνο την ημερήσια κατανάλωση, αλλά και τις εφεδρείες για καθυστερήσεις ταξιδιού, αλλοιώσεις τροφίμων, καθυστερήσεις ανεφοδιασμού.

Συνεπώς:

$$W_{PR} = NO.CREW \cdot t_1 \cdot (12)$$

#### Βάρος Επιβατών και Αποσκευών

Επιβάτες: 75 kg/ επιβάτη

Αποσκευές: 20 kg/ επιβάτη για σύντομα ταξίδια

60 kg/ επιβάτη για μεγάλα ταξίδια και μέλη του πληρώματος.

Συνεπώς:

$$W_{CREW} = NO.CREW \cdot (75 + 60)$$

#### Βάρος υγρού έρματος

Εκτιμάται ότι σε ένα καλομελετημένο πλοίο, σε πλήρη φόρτωση, δεν απαιτείται θαλάσσιο έρμα. Οι συνηθισμένοι λόγοι που οδηγούν στον προσχεδιασμό μιας ποσότητας έρματος είναι:

- Ανεπαρκής ευστάθεια, ιδιαίτερα μετά την ανάλωση καυσίμων/εφοδίων προς το τέλος του ταξιδιού.
- Εξισορρόπηση διαγωγής, ιδιαίτερα για πλοία με το μηχανοστάσιο πρόμνηθεν.
- Προς αύξηση του βυθίσματος πλώρας/ πρόμνης και αποφυγή φαινομένων σφυρόκρουσης (slamming) και ανάδυσης της έλικας (racing)
- Προς εξομάλυνση διαμήκων καταπονήσεων λόγω μη ευνοϊκής φόρτωσης
- Προς αποφυγή φαινομένων πρόσκρουσης (kipping και dumping) κατά την καθέλκυση

Το βάρος του έρματος υπολογίζεται μέσω της χωρητικότητας των δεξαμενών έρματος.

#### Βάρος ωφέλιμου φορτίου

Για το βάρος του ωφέλιμου φορτίου μπορούμε να διακρίνουμε δυο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση το βύθισμα είναι γνωστό και το βάρος του ωφέλιμου φορτίου υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$W_{\text{PAYLOAD}} = \Delta - (W_{F1} + W_{F2} + W_{LO} + W_{PR} + W_{FW} + W_{CREW} + B) - W_{\text{LIGHT SHIP}}$$

Ενώ στην δεύτερη περίπτωση το βάρος του ωφέλιμου φορτίου υπολογίζεται μέσω της χωρητικότητας των δεξαμενών φορτίου και των SLOP δεξαμενών. Οι δεξαμενές αυτές είναι γεμάτες στο 98% της χωρητικότητας τους για την αποφυγή εκρήξεων λόγω των αναθυμιάσεων. Ακολουθώντας την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή βρίσκουμε για το συγκεκριμένο φορτίο το εκτόπισμα του πλοίου

$$\Delta = W_{\text{PAYLOAD}} + W_{F1} + W_{F2} + W_{LO} + W_{PR} + W_{FW} + W_{CREW} + B + W_{\text{LIGHT SHIP}}$$

και μετά από τα υδροστατικά στοιχεία του πλοίου μπορούμε να βρούμε το νέο βύθισμα.

Και για τα δύο παραπάνω βυθίσματα γίνεται έλεγχος της γραμμής φόρτωσης.

## V. ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

### V.1 ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο υπολογίζουμε βασικά μεγέθη, τα οποία αφορούν τις κύριες καταστάσεις φόρτωσης, οι οποίες είναι οι παρακάτω:

- Full Load Departure
- Full Load Arrival
- Design Departure
- Design Arrival
- Ballast Departure
- Ballast Arrival

Τα μεγέθη που υπολογίζουμε στις καταστάσεις φόρτωσης είναι:

- Βύθισμα στην αντίστοιχη κατάσταση φόρτωσης, Draught moulded
- Διαγωγή, Trim
- Γωνία κλίσης, Heel
- Πρυμναίο βύθισμα, TA
- Πρωραίο βύθισμα, TF
- Ροπή διαγωγής, Trimming moment
- Κατακόρυφη θέση μετάνη, KM
- Κέντρο βάρους, KG
- Αρχικό μετακεντρικό ύψος (χωρίς διόρθωση για ελεύθερες επιφάνειες),  $GM_0$
- Διόρθωση για ελεύθερες επιφάνειες, GMCORR
- Διορθωμένο μετακεντρικό ύψος, GM

Στη συνέχεια θα δούμε πιο αναλυτικά την κάθε κατάσταση ξεχωριστά.

#### V.1.1.1. Full Load Departure

Στη κατάσταση Full Load Departure το πλοίο πλέει με πλήρως φορτωμένες τις δεξαμενές φορτίου και καυσίμων, με πλήρη εφόδια, ανταλλακτικά, πλήρωμα και χωρίς καθόλου έρμα (water ballast). Οι δεξαμενές καυσίμων και φορτίου είναι φορτωμένες όχι στο 100% του κατασκευαστικού τους όγκου αλλά στο  $(98\%) \times (98\%) \times (\text{κατασκευαστικό όγκο}) = 96.04\%$ . Δηλαδή αφαιρέσαμε από το

κατασκευαστικό όγκο ένα ποσοστό 2% για τον χώρο που καταλαμβάνουν τα ενισχυτικά και ένα ποσοστό 2% για λόγους ασφάλειας, για την αποφυγή εκρήξεων που είναι πιθανό να προκληθούν από τις αναθυμιάσεις των καυσίμων.

#### **V.1.1.2. Full Load Arrival**

Στη Full Load Arrival το πλοίο πλέει με πλήρως φορτωμένες τις δεξαμενές φορτίου (όπως στην κατάσταση Full Load Departure), και με το 10% των αναλώσιμων. Στα αναλώσιμα περιλαμβάνονται τα καύσιμα, τα εφόδια- τρόφιμα και τα εφόδια νερού. Δεν θα πρέπει να παραλείψουμε το βάρος του πληρώματος το οποίο έχει την ίδια τιμή με το βάρος του πληρώματος στη κατάσταση Full Load Departure. Όσον αφορά το έρμα, από την στιγμή που δεν είχαμε καθόλου έρμα στην κατάσταση Full Load Departure, έτσι και σε αυτή την κατάσταση η τιμή του βάρους του έρματος θα είναι μηδέν.

#### **V.1.2.1 Design Departure**

Η κατάσταση αυτή είναι ίδια με την κατάσταση Full Load Departure με μόνη διαφορά ότι το φορτίο που μεταφέρεται είναι αυτό που υπολογίσαμε για το βύθισμα σχεδίασης (Κεφάλαιο «Ανάλυση Πρόσθετου Βάρους»).

#### **V.1.2.2 Design Arrival**

Η κατάσταση αυτή είναι ίδια με την κατάσταση Full Load Arrival με μόνη διαφορά ότι το φορτίο που μεταφέρεται είναι αυτό που υπολογίσαμε για το βύθισμα σχεδίασης (Κεφάλαιο «Ανάλυση Πρόσθετου Βάρους»).

### V.1.3 Ballast Departure

Στη κατάσταση Ballast Departure το πλοίο πλέει χωρίς καθόλου φορτίο (payload) και έχοντας κάποιες δεξαμενές έρματος πλήρως ή μερικώς γεμάτες. Επίσης το πλοίο πλέει με πλήρως φορτωμένες τις δεξαμενές καυσίμων, με πλήρη εφόδια, ανταλλακτικά και πλήρωμα. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι εδώ δεν έγινε μελέτη της καλύτερης δυνατής φόρτωσης όπως αναφέραμε και παραπάνω αλλά κάναμε μια προκαταρκτική μελέτη με πλήρως φορτωμένες όλες τις δεξαμενές έρματος. Στην συνέχεια δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να μελετήσει την καλύτερη δυνατή φόρτωση σε περίπτωση που το επιθυμεί ή αν τα αποτελέσματα δεν είναι αποδεκτά.

### V.1.4 Ballast Arrival

Στη Ballast Arrival το πλοίο πλέει με την ίδια ποσότητα έρματος που είχε και στην κατάσταση Ballast Departure, με το 10% των αναλώσιμων και με όλο το πλήρωμα όμως χωρίς καθόλου φορτίο.



## V.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Αρχικά επισημαίνουμε ότι στην παρούσα διπλωματική εργασία δεν έχει συμπεριληφθεί η μελέτη βέλτιστης φόρτωσης του πλοίου. Σε κάθε κατάσταση οι δεξαμενές φορτώνονται όπως ορίζεται η κάθε κατάσταση και μετά δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να μελετήσει την καλύτερη δυνατή φόρτωση. Αυτό γίνεται σε ένα αρκετά προσιτό και κατανοητό περιβάλλον για τον χρήστη. Έτσι τα αποτελέσματα των καταστάσεων μπορεί να είναι μη αποδεκτά αλλά ο χρήστης σε περίπτωση που το επιθυμεί μπορεί να επεξεργαστεί τις καταστάσεις και να καταλήξει σε αποδεκτές φορτώσεις. Αυτό αφορά κυρίως τις καταστάσεις Ballast Departure και Ballast Arrival αφού στην Full Load Departure και στην Full Load Arrival αποφεύγουμε να βάλουμε έρμα.

Οι κανονισμοί που θα πρέπει να ικανοποιούνται είναι ο Κανονισμός 25Α/Κεφάλαιο III/Παράρτημα I, «Intact stability» και ο Κανονισμός 13/Κεφαλαίου II/Παράρτημα I, «Segregated ballast tanks, dedicated clean ballast tanks and crude oil washing» της MARPOL. Επίσης θα πρέπει να ικανοποιείται το Κριτήριο Καιρού από τον Κανονισμό του IMO Resolution A.749(18) - 265.

Οι παραπάνω κανονισμοί περιγράφονται στο Παράρτημα III της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

### Εφαρμογή Κριτηρίων Ευστάθειας για το αρχικό πλοίο

Στη συνέχεια παρατίθεται ένα παράδειγμα εφαρμογής των κριτηρίων ευστάθειας. Εφαρμόσαμε τα κριτήρια ευστάθειας στο αρχικό πλοίο και τα αποτελέσματα που πήραμε από το λογισμικό είναι τα εξής:

Loading condition: T=5.4 m; TR=0 m

RCR	TEXT	REQ	ATTN	UNIT	STAT
AREA30	AREA FROM 0 TO 30 deg	0.055	0.071	mrad	OK
AREA40	AREA FROM 0 TO 40 deg	0.090	0.072	mrad	NOT MET
AREA3040	AREA FROM 30 TO 40 d.	0.030	0.001	mrad	NOT MET
GZ0.2	Max GZ > 0.2	0.200	0.056	m	NOT MET
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	21.634	deg	NOT MET
GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	0.150	m	OK

Loading condition: T=6.3 m; TR=0 m

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT
AREA30	AREA FROM 0 TO 30 deg	0.055	0.105	mrاد	OK
AREA40	AREA FROM 0 TO 40 deg	0.090	0.163	mrاد	OK
AREA3040	AREA FROM 30 TO 40 d.	0.030	0.058	mrاد	OK
GZ0.2	Max GZ > 0.2	0.200	0.454	m	OK
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	28.709	deg	OK
GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	0.150	m	OK

Loading condition: T=7.2 m; TR=0 m

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT
AREA30	AREA FROM 0 TO 30 deg	0.055	0.115	mrاد	OK
AREA40	AREA FROM 0 TO 40 deg	0.090	0.224	mrاد	OK
AREA3040	AREA FROM 30 TO 40 d.	0.030	0.109	mrاد	OK
GZ0.2	Max GZ > 0.2	0.200	0.670	m	OK
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	32.929	deg	OK
GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	0.150	m	OK

Loading condition: T=8.1 m; TR=0 m

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT
AREA30	AREA FROM 0 TO 30 deg	0.055	0.106	mrاد	OK
AREA40	AREA FROM 0 TO 40 deg	0.090	0.224	mrاد	OK
AREA3040	AREA FROM 30 TO 40 d.	0.030	0.118	mrاد	OK
GZ0.2	Max GZ > 0.2	0.200	0.715	m	OK
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	33.573	deg	OK
GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	0.150	m	OK

Loading condition: T=9 m; TR=0 m

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT
AREA30	AREA FROM 0 TO 30 deg	0.055	0.087	mrاد	OK
AREA40	AREA FROM 0 TO 40 deg	0.090	0.184	mrاد	OK
AREA3040	AREA FROM 30 TO 40 d.	0.030	0.098	mrاد	OK
GZ0.2	Max GZ > 0.2	0.200	0.610	m	OK
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	32.797	deg	OK
GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	0.150	m	OK

Loading condition: T=9.9 m; TR=0 m

RCR	TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT
AREA30	AREA FROM 0 TO 30 deg	0.055	0.074	mrاد	OK
AREA40	AREA FROM 0 TO 40 deg	0.090	0.140	mrاد	OK
AREA3040	AREA FROM 30 TO 40 d.	0.030	0.066	mrاد	OK
GZ0.2	Max GZ > 0.2	0.200	0.453	m	OK
MAXGZ25	Max. GZ at an angle .	25.000	31.408	deg	OK
GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	0.150	m	OK

## VI. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΟΣ ΠΡΩΩΣΗΣ

Για να πάρουμε μια ενδεικτική τιμή της αντίστασης του πλοίου χρησιμοποιήσαμε το υποσύστημα του προγράμματος NAPA Resistance and Propulsion (SH). Ο χρήστης ανοίγει το αρχείο κειμένου με το όνομα «RESISTANCE» και τρέχει την υπορουτίνα. Επιλέξαμε τις παρακάτω δυο στατιστικές μεθόδους, οι οποίες είναι οι:

- μέθοδος Holtrop-84
- μέθοδος LAP-KELLER

Στην συνέχεια θα κάνουμε μια συνοπτική περιγραφή των παραπάνω μεθόδων.

### VI.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ HOLTROP-84

Η μέθοδος αυτή είναι βασισμένη σε μια στατιστική ανάλυση πειραμάτων που έγιναν σε ένα μεγάλο αριθμό μοντέλων, ενώ η βάση δεδομένων της ανανεώνεται συνεχώς. Μια σύντομη επισκόπηση των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της αντίστασης γίνεται παρακάτω.

Ο συντελεστής ολικής αντίστασης ορίζεται ως εξής :

$$C_T = (1+k) C_F + C_w + C_{tr} + C_B + C_a$$

όπου

$C_F$ : συντελεστής αντίστασης τριβής

$C_w$ : συντελεστής αντίστασης κυματισμών

$C_a$ : συντελεστής υπόλοιπης αντίστασης

$C_B$ : συντελεστής γάστρας

$C_{tr}$ : η πρόσθετη αντίσταση λόγω βύθισης του transom

Ο παράγοντας μορφής  $1+k$  και η βρεχόμενη επιφάνεια ( $S$ ) δίνεται ως συνάρτηση των παρακάτω μεγεθών:

$$1+k = f(L/B, L/T, LCB, V/L_{WL}^3, C_P)$$

$$S = f(L, B, T, C_M, C_B, C_{WP}, A_{BT})$$

Ενώ η αντίσταση κυματισμού εξαρτάται από τα εξής:

$$C_w = f(F_n, C_M, V/L_{WL}^3, L/B, B/T, A_{BT}/BT, A_T/BT, T_F, h_b, C_P)$$

όπου:

$A_T$ : η επιφάνεια του transom σε  $m^2$

$h_b$ : η κάθετη απόσταση από το κέντρο της εγκάρσιας επιφάνειας του βολβού πάνω από την τρόπιδα σε  $m$

$A_{BT}$ : η εγκάρσια επιφάνεια του βολβού σε  $m^2$

$T_F$ : το προωαίο βύθισμα σε  $m$

## VI.2 ΜΕΘΟΔΟΣ LAP-KELLER

Το 1954, ο LAP δημοσίευσε την εργασία του για την εκτίμηση της αντίστασης ρυμούλκησης μονέλικων πλοίων (φορτηγών ή επιβατηγών) με βάση σχετικές δοκιμές «σύγχρονων», για την εποχή του, πλοίων που έγιναν στη δεξαμενή ρυμουλκήσεως N.S.M.B. Τα διαγράμματα υπολογισμού του LAP επεκτάθηκαν το 1973 από τον KELLER για μεγάλα, αργά πλοία με μεγάλο  $C_B$ .

Η συνολική αντίσταση του πλοίου  $R_T$  αποτελείται από την αντίσταση τριβής  $R_F$  και τις υπόλοιπες αντιστάσεις  $R_R$  (διορθωμένες με τον συντελεστή διορθώσεως  $k_1$  για την επίδραση του λόγου  $L/B$ ). Αν  $B/T > 2.4$  η συνολική αντίσταση διορθώνεται με τον συντελεστή διορθώσεως  $k_2$ .

$$R_T = (R_F + R_R \cdot k_1) \cdot k_2$$

όπου:

$$R_F = (C_F + C_A) \frac{\rho}{2} V^2 S$$

$$R_R = \zeta_r \frac{\rho}{2} V^2 A_M$$

Στις παραπάνω εξισώσεις έχουμε:

$k_1$ : συντελεστής διορθώσεως που παίρνεται από στατιστικά στοιχεία για  $L/B \neq 6.5$

$k_2 = 1.0 + 0.05 (B/T - 2.4)$  για  $B/T \geq 2.4$

$k_2 = 1.0$  για  $B/T \leq 2.4$

$C_F$ : συντελεστής τριβής που λαμβάνεται από στατιστικά στοιχεία σαν συνάρτηση του γινομένου  $V \cdot L_d$  ( $V$  σε κόμβους,  $L_d$  σε μέτρα) όπου  $L_d = 1.01 \cdot L_{pp}$  εκτός αν  $L_{WL} < 1.01 \cdot L_{pp}$  οπότε  $L_d = L_{WL}$

$C_A$ : συντελεστής συσχετίσεως που προστίθεται στον  $C_F$  και παίρνεται από στατιστικά στοιχεία σαν συνάρτηση του μήκους του πλοίου

$\rho$ : πυκνότητα του θαλασσινού νερού σε θερμοκρασία 15° C

$S$ : βρεχόμενη επιφάνεια του πλοίου σε  $m^2$

$A_M$ : επιφάνεια μέσης τομής σε  $m^2$

$\zeta_r$ : συντελεστής υπόλοιπων αντιστάσεων

$C_{pd}$ : πρισματικός συντελεστής βασισμένος στο μήκος  $L_d$

### VI.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΠΡΩΩΣΗΣ

Για να υπολογίσουμε μια εκτίμηση για την ισχύς πρόωσης του πλοίου χρησιμοποιούμε την μέθοδο Holtrop-84. Θα πρέπει να γνωρίζουμε την ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου και την διάμετρο της έλικας. Αυτά τα δύο μεγέθη ορίζονται στο αρχείο κειμένου με την ονομασία «VARIABLES» μέσω των μεταβλητών PROPELLER.DIAMETER και SERVICE.SPEED αντίστοιχα. Κατά την διάρκεια που εκτελούμε την υπορουτίνα δεν χρειάζεται να ορίσουμε κάποιο μέγεθος, μόνο ακολουθούμε τις οδηγίες που εμφανίζονται στην οθόνη. Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα υπολογισμού της ισχύος πρόωσης. Εφαρμόσαμε τη μέθοδο αυτή στο αρχικό πλοίο και καταλήξαμε στα ακόλουθα αποτελέσματα:

Hull Main Data from a Directory : SH\*SSPPCASE

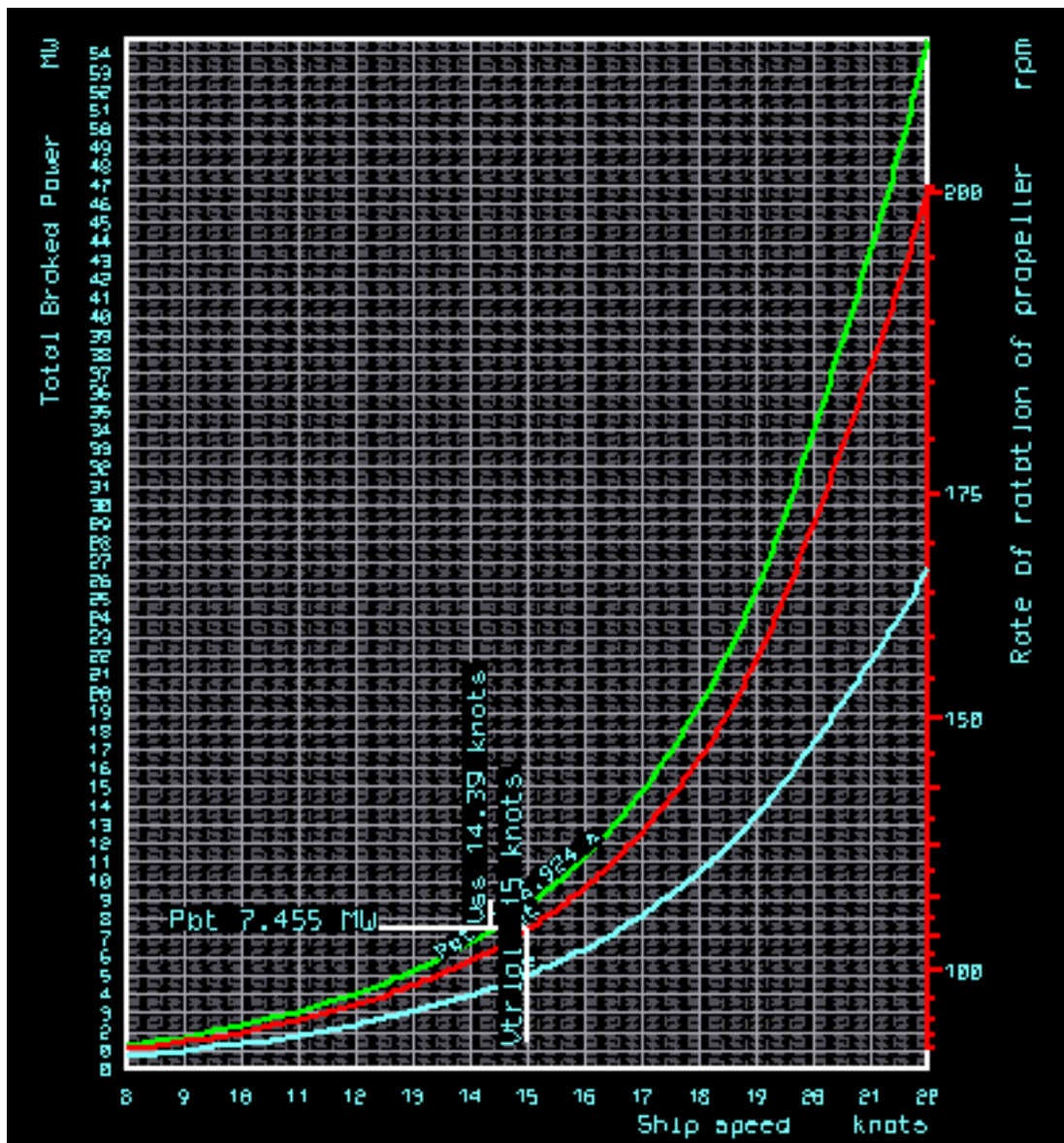
Lwl	171.26 m	Cb	0.802	Lwl/Bwl	5.525
Lpp	168.00 m	Cm	1.003	Lwl/T	19.029
Bwl	31.00 m	Cp	0.800	Bwl/T	3.444
T	9.00 m	Cwp	0.911	Lwl/Disv**(1/3)	5.112
TA	9.00 m	WCx	0.750	S/Disv**(2/3)	6.271
TF	9.00 m	Wal	169 m <sup>2</sup>	Abt/Am	0.140
S	8745.02 m <sup>2</sup>	Abt	39.089 m <sup>2</sup>	Hb	4.427
Sapp	140.79 m <sup>2</sup>	Disv	37607 m <sup>3</sup>	Enta (degrees)	45.579
Appf	1.500	Hb/t	0.492	Cstern	0.000

RESISTANCE AND PROPULSION RESULTS P/D= 0.792

Vs	Pe	Pd	Pbt	N	Wts	Thds	Etrs	EtaO
knots	MW	MW	MW	rpm				
8.000	0.721	1.029	1.050	58.54	0.422	0.206	1.010	0.505
8.500	0.859	1.224	1.249	62.08	0.421	0.206	1.010	0.506
9.000	1.014	1.444	1.474	65.63	0.421	0.206	1.010	0.507
9.500	1.188	1.690	1.724	69.19	0.420	0.206	1.010	0.508
10.000	1.381	1.963	2.003	72.76	0.420	0.206	1.010	0.509
10.500	1.594	2.266	2.312	76.35	0.419	0.206	1.010	0.509
11.000	1.831	2.602	2.655	79.97	0.419	0.206	1.010	0.510
11.500	2.093	2.976	3.037	83.64	0.418	0.206	1.010	0.510
12.000	2.384	3.393	3.462	87.37	0.418	0.206	1.010	0.510
12.500	2.708	3.860	3.939	91.18	0.418	0.206	1.010	0.509
13.000	3.069	4.385	4.475	95.09	0.417	0.206	1.010	0.508
13.500	3.473	4.979	5.081	99.14	0.417	0.206	1.010	0.507
14.000	3.927	5.654	5.769	103.32	0.417	0.206	1.010	0.505
14.500	4.440	6.424	6.555	107.68	0.416	0.206	1.010	0.503
15.000	5.018	7.306	7.455	112.24	0.416	0.206	1.010	0.500
15.500	5.673	8.319	8.488	117.00	0.416	0.206	1.010	0.497
16.000	6.415	9.486	9.679	121.99	0.415	0.206	1.010	0.493
16.500	7.260	10.836	11.058	127.25	0.415	0.206	1.010	0.489
17.000	8.218	12.394	12.647	132.76	0.415	0.206	1.010	0.484

RESISTANCE AND PROPULSION RESULTS P/D= 0.792

Vs knots	Pe MW	Pd MW	Pbt MW	N rpm	Wts	Thds	Etrs	EtaO
17.500	9.293	14.171	14.460	138.48	0.415	0.206	1.010	0.479
18.000	10.500	16.200	16.530	144.43	0.414	0.206	1.010	0.473
18.500	11.880	18.569	18.948	150.74	0.414	0.206	1.010	0.467
19.000	13.486	21.395	21.831	157.55	0.414	0.206	1.010	0.461
19.500	15.335	24.730	25.234	164.82	0.414	0.206	1.010	0.453
20.000	17.384	28.490	29.071	172.26	0.414	0.206	1.010	0.446
20.500	19.544	32.494	33.157	179.51	0.413	0.206	1.010	0.440
21.000	21.766	36.621	37.369	186.43	0.413	0.206	1.010	0.435
21.500	24.099	40.979	41.815	193.20	0.413	0.206	1.010	0.430
22.000	26.700	45.928	46.865	200.30	0.413	0.206	1.010	0.426



## VII. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στα προηγούμενα κεφάλαια έχουμε περιγράψει την ανάπτυξη του λογισμικού. Αφού ολοκληρώθηκε η ανάπτυξη του λογισμικού θεωρήθηκε σκόπιμο να εφαρμόσουμε το λογισμικό σε μερικά υπαρκτά πλοία με διαφορετικές διαστάσεις για να δούμε κατά πόσο τα αποτελέσματα του λογισμικού ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Επιλέχτηκαν τρία πλοία για να εφαρμοστεί το λογισμικό.

Το πρώτο πλοίο που επιλέχτηκε έχει τα χαρακτηριστικά που φαίνονται στον Πίνακα 4. Τα δεδομένα αυτά τα πήραμε από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας και από τα σχέδια που διαθέταμε για αυτό το πλοίο. Εισάγαμε τα δεδομένα αυτά και τρέξαμε διαδοχικά τις υπορουτίνες. Για την παραγωγή της γάστρας επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο I.2.2 Παραμετροποίηση της γάστρας, όπου απαιτήσαμε το πλοίο να παραμετροποιηθεί με βάση τις κύριες διαστάσεις του. Η γάστρα που μας έδωσε η παραπάνω μέθοδος είχε μεγαλύτερο συντελεστή γάστρας στο βύθισμα σχεδίασης από το υπάρχον πλοίο, για το λόγο αυτό εφαρμόσαμε και την μέθοδο I.2.1 Μετασχηματισμός της γάστρας, ώστε να αναπτυχθεί μια γάστρα με τις επιθυμητές διαστάσεις.

Το αποτέλεσμα του λογισμικού είναι η δημιουργία ενός πλοίου το οποίο έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με το υπάρχον πλοίο. Τα χαρακτηριστικά του πλοίου που μας δίνει το λογισμικό παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Παρατηρώντας τους Πίνακες 4 και 5 παρατηρούμε πως οι τιμές για το βάρος άφορτου πλοίου, το συντελεστή γάστρας, το εκτόπισμα και το διάμηκες κέντρο άντωσης που παίρνουμε από το λογισμικό είναι αρκετά κοντά στις τιμές του υπάρχοντος πλοίου.



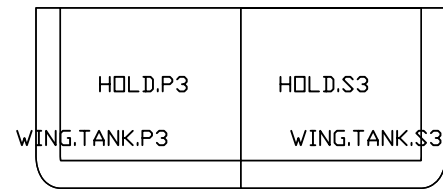
Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά Πλοίου

Μήκος μεταξύ καθέτων	99.350	m
Πλάτος	16.800	m
Κοίλο	7.400	m
Βύθισμα	6.290	m
Μήκος Εισόδου	23.000	m
Μήκος Παράλληλου Τμήματος	50.000	m
Συντελεστής Γάστρας	0.751	
Διάμηκες Κέντρο Αντώσης στο Βύθισμα σχεδίασης	50.050	m
Πρόσθετο Βάρος	5812.400	ton
Πρυμναία Ισαπόσταση Νομέων	0.700	m
Ισαπόσταση Νομέων Παράλληλου Τμήματος	0.700	m
Πρωραία Ισαπόσταση Νομέων	0.450	m
Πρυμναίο Ύψος Διπύθμενου	1.400	m
Ύψος Διπύθμενου στο Παράλληλο Τμήμα	1.140	m
Πρωραίο Ύψος Διπύθμενου	1.140	m
Ύψος Ανώτατου Στεγανού Καταστρώματος	7.400	m
Θέση Πρυμναίας Φρακτής Μηχανοστασίου	5.600	m
Θέση Πρωραίας Φρακτής Μηχανοστασίου	19.600	m
Αριθμός Διαμήκων Φρακτών	1	
Απόσταση Εσωτερικού Πλευρικού Ελάσματος από το Πλευρικό Έλασμα	1.000	m
Αριθμός Δεξαμενών Φορτίου	5	
Αριθμός Καταστρωμάτων Υπερκατασκευών	4	
Ύψος Υπερκατασκευών	2.600	m
Πλάτος Υπερκατασκευών	13.000	m
Πλάτος Έκτασης της Τρόπιδας	1.000	m
Αριθμός Πληρώματος	23	
Ακτίνα Ενέργειας	6500	
Ταχύτητα Υπηρεσίας	13	kn
Διάμετρος της Έλικας	3.850	m
Βάρος Άφορτου Πλοίου	2270.400	ton

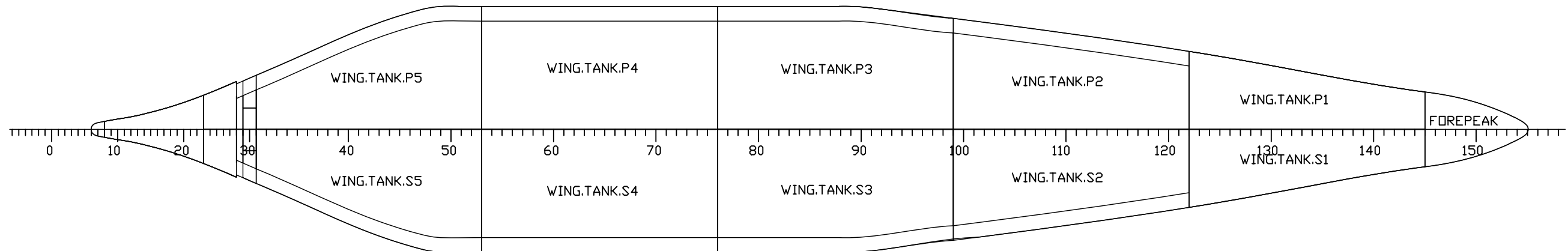
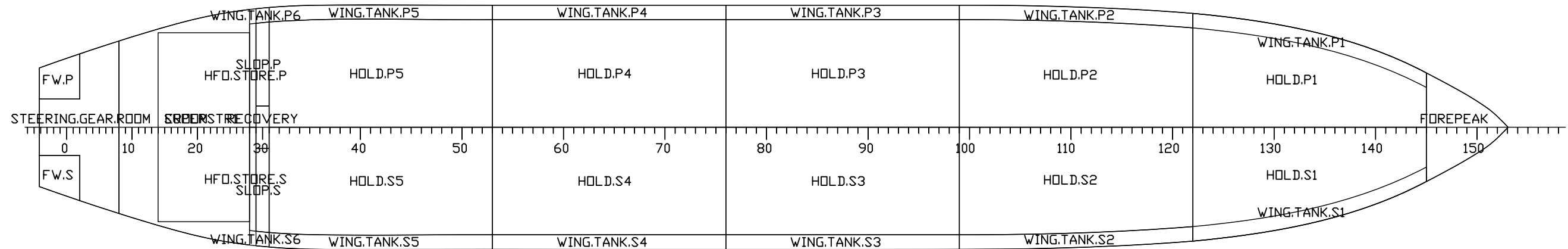
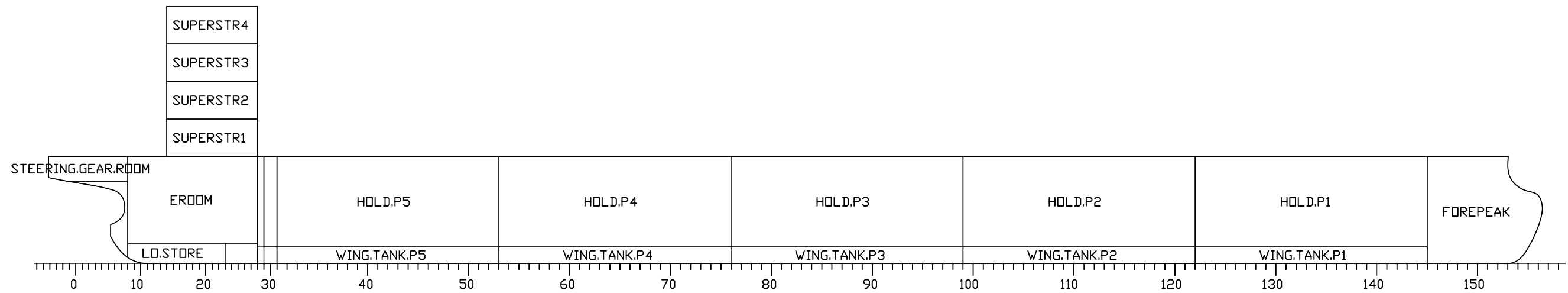
Πίνακας 5: Συγκριτικά Αποτελέσματα

	Real Ship	NAPA
Συντελεστής Γάστρας	0.751	0.7511
Διάρηκες Κέντρο Άντωσης στο Βύθισμα σχεδίασης	50.050	50.047 m
Εκτόπισμα Πλοίου	8082.800	8106.300 ton
Βάρος Αφορτου Πλοίου	2270.400	2269.467 ton
Πρόσθετο Βάρος	5812.400	5836.833 ton
KG <sub>Light Ship</sub>	6.971	4.588 m
LCG <sub>Light Ship</sub>	41.172	39.086 m
Όγκος Κυτών	6584.600	6816.600 m <sup>3</sup>

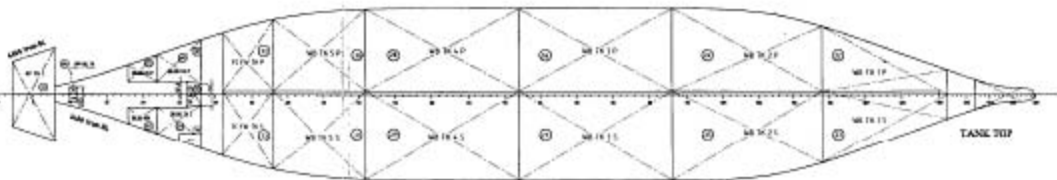
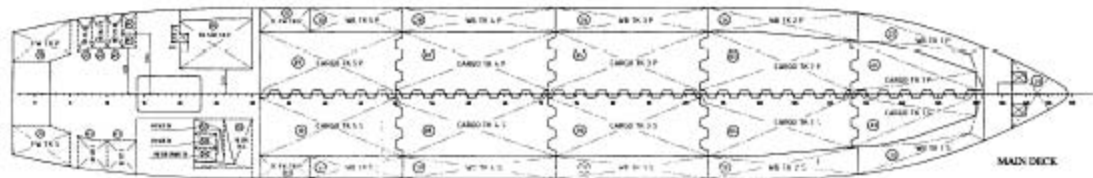
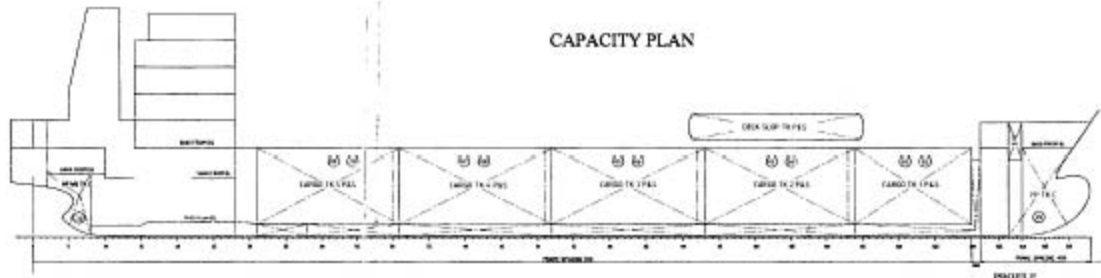
Στην συνέχεια επισυνάπτονται δύο σχέδια γενικής διάταξης. Το πρώτο απεικονίζει το πλοίο που σχεδιάστηκε από το λογισμικό, ενώ το δεύτερο είναι το σχέδιο γενικής διάταξης του υπαρκτού πλοίου.



# CAPACITY PLAN (NAPA)



# CAPACITY PLAN



Το δεύτερο πλοίο που επιλέχτηκε έχει τα χαρακτηριστικά που φαίνονται στον Πίνακα 6. Τα δεδομένα αυτά τα πήραμε από το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας και από τα σχέδια που διαθέταμε για αυτό το πλοίο. Εισάγαμε τα δεδομένα αυτά και τρέξαμε διαδοχικά τις υπορουτίνες. Για την παραγωγή της γάστρας ακολουθήσαμε την διαδικασία που εφαρμόσαμε και στο πρώτο πλοίο. Τα χαρακτηριστικά του πλοίου που μας δίνει το λογισμικό παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

**Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά Πλοίου**

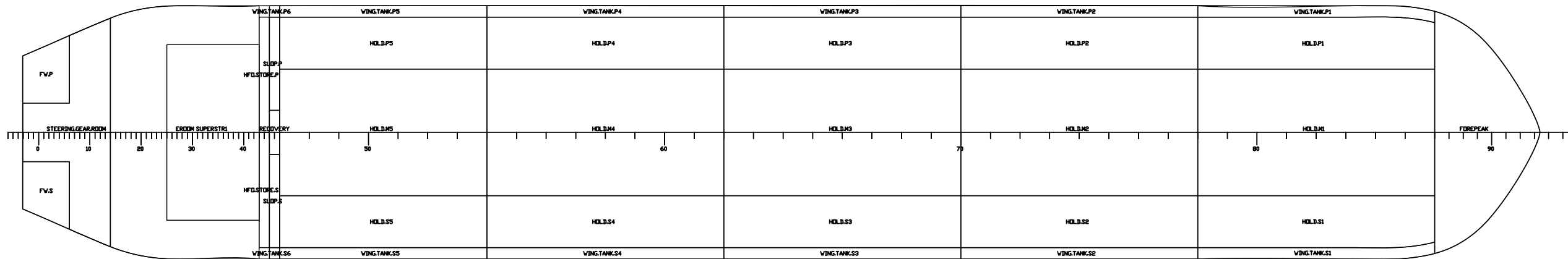
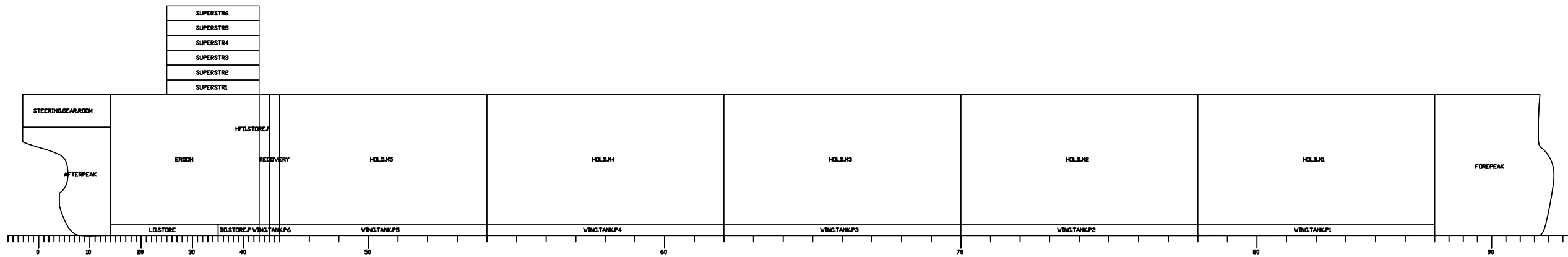
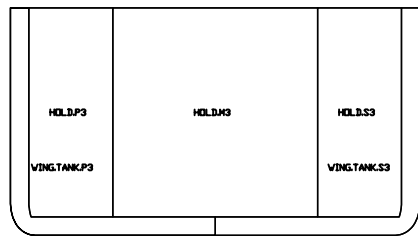
Μήκος μεταξύ καθέτων	263.300	m
Πλάτος	44.500	m
Κοίλο	24.700	m
Βύθισμα	17.400	m
Μήκος Εισόδου	47.500	m
Μήκος Παράλληλου Τμήματος	182.000	m
Συντελεστής Γάστρας	0.830	
Διάμηκες Κέντρο Άντωσης στο Βύθισμα σχεδίασης	142.310	m
Πρόσθετο Βάρος	150086.800	ton
Πρυμναία Ισαπόσταση Νομέων	0.900	m
Ισαπόσταση Νομέων Παράλληλου Τμήματος	5.200	m
Πρωραία Ισαπόσταση Νομέων	2.500	m
Πρυμναίο Ύψος Διπόθμενου	2.000	m
Ύψος Διπόθμενου στο Παράλληλο Τμήμα	2.000	m
Πρωραίο Ύψος Διπόθμενου	2.000	m
Ύψος Ανώτατου Στεγανού Καταστρώματος	24.700	m
Θέση Πρυμναίας Φρακτής Μηχανοστασίου	12.600	m
Θέση Πρωραίας Φρακτής Μηχανοστασίου	38.700	m
Αριθμός Διαμήκων Φρακτών	2	
Απόσταση Εσωτερικού Πλευρικού Ελάσματος από το Πλευρικό Έλασμα	1.000	m
Αριθμός Δεξαμενών Φορτίου	5	
Αριθμός Καταστρωμάτων Υπερκατασκευών	6	
Ύψος Υπερκατασκευών	2.600	m
Πλάτος Υπερκατασκευών	15.400	m
Πλάτος Έκτασης της Τρόπιδας	2.648	m
Αριθμός Πληρώματος	30	
Ακτίνα Ενέργειας	9000	
Ταχύτητα Υπηρεσίας	14.500	kn
Διάμετρος της Έλικας	8.000	m
Βάρος Αφορτου Πλοίου	23300	ton

Πίνακας 7: Συγκριτικά Αποτελέσματα

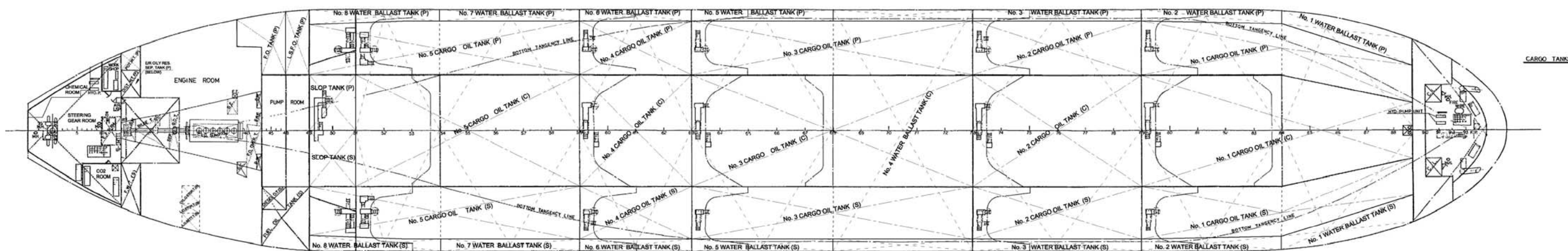
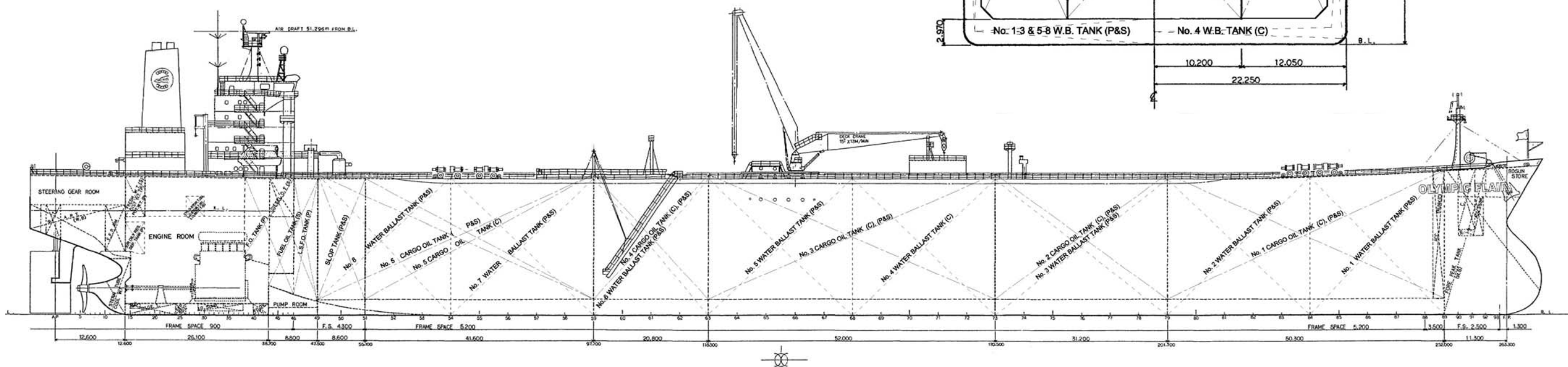
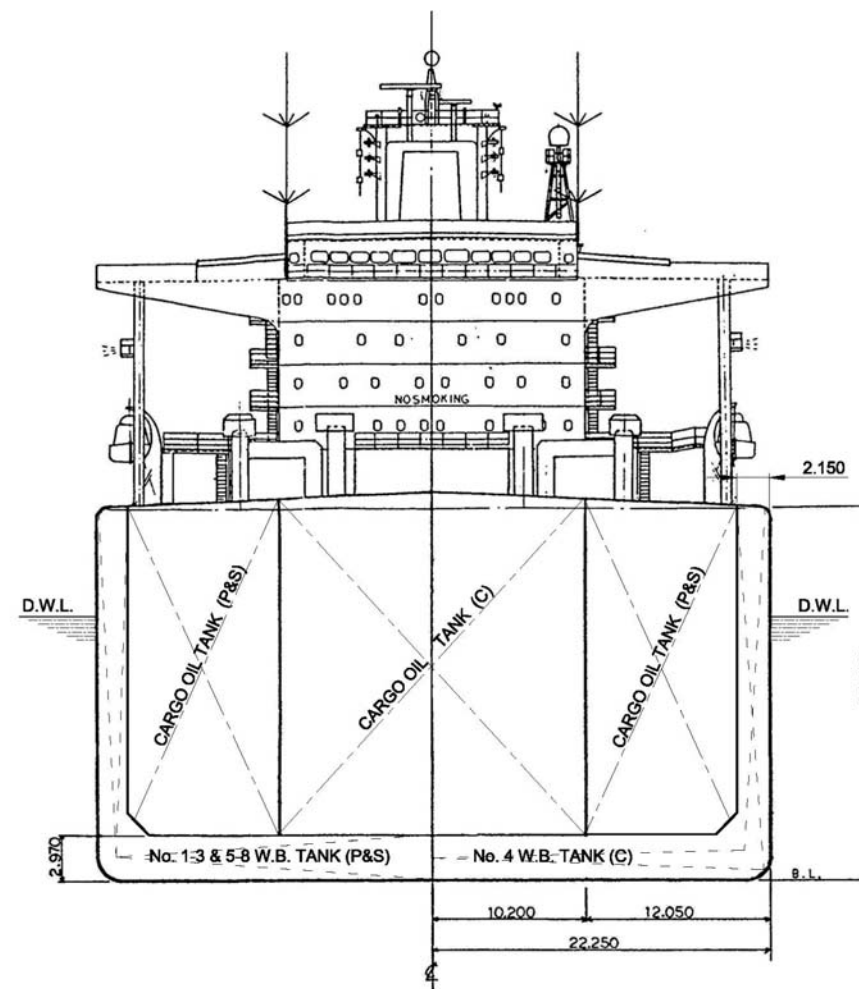
	Real Ship	NAPA	
Συντελεστής Γάστρας	0.830	0.830	
Διάρηκες Κέντρο Άντωσης στο Βύθισμα σχεδίασης	142.310	142.374	m
Εκτόπισμα Πλοίου	173386.800	173640.800	ton
Βάρος Αφορτου Πλοίου	23300.000	24538.830	ton
Πρόσθετο Βάρος	150086.800	152321.900	ton
$KG_{Light\ Ship}$	13.160	15.984	m
$LCG_{Light\ Ship}$	126.320	113.820	m
Όγκος Κυτών	174769.100	187163.800	$m^3$

Στην συνέχεια επισυνάπτονται δύο σχέδια γενικής διάταξης. Το πρώτο απεικονίζει το πλοίο που σχεδιάστηκε από το λογισμικό, ενώ το δεύτερο είναι το σχέδιο γενικής διάταξης του υπαρκτού πλοίου.

# CAPACITY PLAN (NAPA)



# TANK ARRANGEMENT





Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας συγκριτικός πίνακας που περιλαμβάνει στοιχεία από το λογισμικό και το Εγχειρίδιο Ευστάθειας και Διαγωγής για το αρχικό πλοίο.

**Πίνακας 8: Συγκριτικά Αποτελέσματα**

	<b>Real Ship</b>	<b>NAPA</b>
<b>Συντελεστής Γάστρας</b>	0.802	0.802
<b>Διάμηκες Κέντρο Άντωσης στο Βύθισμα σχεδίασης</b>	89.193	89.034 m
<b>Εκτόπισμα Πλοίου</b>	38564.000	38608.300 ton
<b>Βάρος Αφορτου Πλοίου</b>	8745.000	8745.000 ton
<b>Πρόσθετο Βάρος</b>	29819.000	29863.300 ton
<b>KG<sub>Light Ship</sub></b>	10.280	10.664 m
<b>LCG<sub>Light Ship</sub></b>	74.330	69.886 m
<b>Όγκος Κυτών</b>	45608.600	49559.400 m <sup>3</sup>

## VIII. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε σαν στόχο τη δημιουργία ενός λογισμικού για την προκαταρκτική παραμετρική μελέτη και σχεδίαση πλοίων υγρού φορτίου.

Στόχος μας ήταν η αυτοματοποίηση της διαδικασίας της προκαταρκτικής μελέτης ώστε να εξοικονομούμε χρόνο κατά την αρχική αυτή φάση της μελέτης του πλοίου. Κάνοντας χρήση του παραπάνω λογισμικού καταλήγουμε σε ένα πλοίο με τις επιθυμητές διαστάσεις και χαρακτηριστικά που αφορούν την γενική του διάταξη. Επίσης διερευνώνται τα παρακάτω εδάφια της μελέτης ενός πλοίου:

- Υπολογισμός βάρους Light Ship (Άφορτου Πλοίου)
- Ανάλυση του Πρόσθετου Βάρους
- Υπολογισμός αντίστασης και ισχύος πρόωσης
- Υπολογισμός καταστάσεων φόρτωσης
- Έλεγχος κριτηρίων ευστάθειας
- Έλεγχος γραμμής φόρτωσης

Τα μεγέθη που παίρνουμε για τα παραπάνω εδάφια είναι προσεγγιστικά και μας δίνουν τη δυνατότητα να επεξεργαστούμε τα στοιχεία αυτά και να αποφασίσουμε αν συμφέρει να προχωρήσουμε στην περαιτέρω μελέτη ενός πλοίου με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Μερικές προτάσεις για βελτίωση του λογισμικού παρατίθενται στην συνέχεια. Οι γραμμές των πλοίων αναπτύσσονται με βάση τις γραμμές της γάστρας ενός αρχικού πλοίου. Μελλοντικά θα μπορούσαν να εισαχθούν οι γραμμές από τις γάστρες περισσότερων πλοίων, τα οποία θα έχουν διαφορετικές διαστάσεις. Αυτό θα εξυπηρετεί τον χρήστη να επιλέγει τη γάστρα που θα είναι πιο κοντά στις διαστάσεις που επιθυμεί για την εξαγωγή των γραμμών του νέου πλοίου.

Όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο III, στη μέθοδο υπολογισμού της μεταλλικής κατασκευής δεν έχουν συμπεριληφθεί τα web frames. Θα μπορούσε λοιπόν, να βελτιωθεί η μέθοδος υπολογισμού της μεταλλικής κατασκευής χωρίζοντας την

επιφάνεια της μεταλλικής κατασκευής σε περισσότερα τμήματα ώστε να δίδονται πιο αναλυτικά τα πάχη των ελασμάτων. Επιπλέον θα μπορούσαν να εισαχθούν και τα διαμήκη ενισχυτικά ώστε να μην υπάρχει συντελεστής διόρθωσης που να υπολογίζει το βάρος τους. Και τέλος θα ήταν δυνατόν να συμπεριληφθεί στη μέθοδο και ο υπολογισμός του βάρους των εγκάρσιων ενισχυτικών.

Το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης και το βάρος της ενδιαίτησης και εξοπλισμού θα μπορούσαν να υπολογιστούν με περισσότερες και πιο πρόσφατες μεθόδους.

Θα μπορούσε να γίνει σύγκριση των επιμέρους βαρών του άφορτου πλοίου με αυτά περισσότερων υπαρκτών πλοίων.

Επιπλέον θα μπορούσε να διεξαχθεί μια οικονομική μελέτη για το κόστος ναυπήγησης, γεγονός το οποίο δεν εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Τέλος θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα εγχειρίδιο ευστάθειας καταστάσεων μετά από βλάβη.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΜΕΛΕΤΗ ΠΛΟΙΟΥ Απόστολου Δ. Παπανικολάου, (καθηγ. Ε.Μ.Π.) - Αθήνα 1994
- ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. - Αθήνα 2003
- ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ, ΤΟΜΟΣ Α Θόδωρου Α. Λουκάκη (καθηγ. Ε.Μ.Π.), Γεωργίου Δ. Τσαμπίρα (καθηγ. Ε.Μ.Π.), Παρι Π. Περρα (επικ. καθηγ. Ε.Μ.Π.)
- NAPA MANUAL Napa Oy (Lyd) 2006
- MARPOL 73/78 Consolidated Edition, IMO - London 2002
- MARPOL 73/78 Consolidated Edition, IMO - London 2006
- SOLAS 1974 Consolidated Edition, IMO - London 2004
- IMO
- Υπολογισμός βάρους μεταλλικής κατασκευής δεξαμενόπλοιου διπλής γάστρας με χρήση του προγράμματος NAPA και εφαρμογή των κανονισμών του ABS, Διπλωματική εργασία του Ορέστη Βαρελά, Αθήνα 2007
- Υπολογισμός βάρους μεταλλικής κατασκευής δεξαμενόπλοιου διπλής γάστρας με χρήση του προγράμματος NAPA και εφαρμογή των κανονισμών του I.A.C.S., Διπλωματική εργασία του Συμεών Μπαφαλούκου, Αθήνα 2007

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΡΧΙΚΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Απαραίτητη ήταν η επιλογή ενός αρχικού πλοίου. Το λογισμικό χρησιμοποιεί τη γάστρα αυτού του πλοίου για να κατασκευάσει την γεωμετρία της γάστρας, την οποία τη χρησιμοποιεί για να αναπτύξει τις γραμμές των επιθυμητών πλοίων. Το αρχικό πλοίο επίσης χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο σύγκρισης των αποτελεσμάτων για τις υπολογιστικές διαδικασίες της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε. Συνεπώς με τη βοήθεια κατάλληλων διορθωτικών συντελεστών οδηγηθήκαμε στην εξαγωγή πιο σωστών αποτελεσμάτων.

Η επιλογή του συγκεκριμένου πλοίου έγινε με βάση των στοιχείων (εγχειρίδιων και σχεδίων) που διαθέταμε για αυτό. Σύμφωνα με αυτές τις προϋποθέσεις επιλέξαμε το πλοίο, του οποίου τα χαρακτηριστικά περιγράφονται παρακάτω και για το οποίο είχαμε το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας (stability booklet) και τα σχέδια του Πίνακα 1.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα που συναντήσαμε, με την επιλογή του συγκεκριμένου πλοίου, είναι ότι δεν διαθέταμε το σχέδιο γραμμών. Σε αντίθεση όμως κατείχαμε πολλά κατασκευαστικά σχέδια, από τα οποία είχαμε τη δυνατότητα να μετρήσουμε την γεωμετρία της γάστρας. Επομένως η απουσία του σχεδίου γραμμών δεν αποτέλεσε πρόβλημα.

Γενικά Χαρακτηριστικά Αρχικού Πλοίου

Ship Type	Product/Chemical Tanker Double Hull Oil & Chemical Tanker
Date of Built	2004/ 09
Gross Tonnage	25124
Net Tonnage	9118
DWT	37000
Crew	25 persons & 6 Suez Crew
Length Overall (m)	175.970
Length Between Perpendiculars (m)	168.000
Breadth extreme (m)	31.026
Breadth moulded (m)	31.000
Draught design (m)	9.000
Draught scantling (m)	10.500
Draught max (m)	10.516
Depth moulded (m)	17.000
Oil Capacity (m <sup>3</sup> )	42671
Main Engine	Hyundai- B&W 6S50C (MCR 11.640 – BHP 8 127 rpm) (NCR 9894 – BHP 8 120.3 rpm)
Service Speed at Design Draught (kn)	15

### Ισαπόσταση Νομέων

Το πλοίο είναι ενισχυμένο με 103 κατασκευαστικούς νομείς, των οποίων η ισαπόσταση (frame spacing) είναι 800 mm για τους πρώτους 42 νομείς (μέχρι την πρωραία φρακτή του μηχανοστασίου). Στην συνέχεια συναντάμε το μήκος του πλοίου στο οποίο υπάρχει φορτίο το οποίο διακρίνεται από δυο διαφορετικές ισαποστάσεις των νομέων. Οι πρώτοι δυο νομείς κατά το μήκος αυτό έχουν ισαπόσταση 2950 mm ενώ η ισαπόσταση των 48 νομέων που ακολουθούν είναι 2500 mm. Τέλος το πρωραίο τμήμα του πλοίου αποτελείται από 9 νομείς που έχουν ισαπόσταση 800 mm.

### Φρακτές

Το πλοίο διαθέτει εννιά εγκάρσιες στεγανές φρακτές. Οι δυο πρώτες αποτελούν την πρυμναία και πρωραία φρακτή του μηχανοστασίου και αντιστοιχούν στους κατασκευαστικούς νομείς 9 και 38. Οι επόμενες έξη, σε αντίθεση με τις άλλες, είναι πτυχωτού τύπου (corrugated) και οριοθετούν τις δεξαμενές φορτίου. Η ένατη φρακτή αποτελεί την πρωραία φρακτή σύγκρουσης και αντιστοιχεί στον κατασκευαστικό νομέα 99. Επιπλέον υπάρχει μια κεντρική διαμήκης φρακτή, η οποία είναι πτυχωτού τύπου, η οποία εκτείνεται σε όλο το μήκος των δεξαμενών φορτίου.

### Χαρακτηριστικά της διάταξης του πλοίου

Τα διπύθμενα έχουν ύψος 2.115 m σε όλο το μήκος του πλοίου. Η σιμότητα είναι μηδενική, ενώ σε όλο το μήκος του πλοίου εμφανίζεται κυρτότητα κυρίου καταστρώματος μεγέθους 660 mm. Ο χώρος του μηχανοστασίου του πλοίου βρίσκεται μεταξύ των νομέων 9 και 38, με συνολικό μήκος 23.2 m. Ο εσωτερικός χώρος του μηχανοστασίου χωρίζεται από 2 καταστρώματα, ένα σε ύψος 8.4 m από την γραμμή αναφοράς (base line), το οποίο αναφέρεται στα σχέδια ως engine room 2<sup>nd</sup> deck και το άλλο σε ύψος 13.05 m από την γραμμή αναφοράς (base line), και το οποίο αναφέρεται στα σχέδια ως engine room 3<sup>rd</sup> deck.

Πίνακας 2: Διαθέσιμα Σχέδια Αρχικού Πλοίου

Accommodation Plan 1-Upper Deck	Accommodation Plan 3-Deck B
Accommodation Plan 2-Deck A	Accommodation Plan 4-Deck C
Accommodation Plan 5-Bridge Deck	
Aft End Construction Plan-Elev	
Aft End Construction Plan-Sections	
Capacity Plan	
Construction Cargo Hold 1	
Construction Cargo Hold 2	
Construction Cargo Hold 3	
Construction Cargo Hold 4	
Construction Cargo Hold 5	
Construction Cargo Hold 6	
Construction Cargo Hold 7	
Construction Deck Store	
Construction Double Bottom-Elev	
Construction Double Bottom-Sections	
Construction Fore End and Forecastle Deck-Elev	
Construction Fore End and Forecastle Deck-Section 3	
Construction Fore End and Forecastle Deck-Plan 2	
Construction Profile and Deck Plan 1	
Construction Profile and Deck Plan 2	
Double Bottom Construction in Engine Room-Elev	
Double Bottom Construction in Engine Room-Fr 30-32	
Double Bottom Construction in Engine Room-3 <sup>rd</sup> Deck	
Double Bottom Construction in Engine Room-Fr 10-29	
Engine Room Construction-Fr 32-42	
General Arrangement	
Shell Expansion	
Midship Section	
Rudder & R/Stock Construction	
Stern Frame & R/Horn Construction	



Στην συνέχεια παρουσιάζεται ο Πίνακας 2 που περιέχει μερικά βασικά υδροστατικά στοιχεία για το πλοίο σύμφωνα με το Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας.

**Πίνακας 3 : ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ (Εγχειρίδιο Διαγωγής και Ευστάθειας)**

Draft	Displ.	Mould Vol.	L.C.B.	VCB	KM	BM	C <sub>B</sub>	C <sub>P</sub>	C <sub>WL</sub>	C <sub>M</sub>
2.00	7566	7326	91.315	1.022	37.036	36.014	0.7088	0.7281	0.7613	0.9736
2.50	9630	9340	91.264	1.333	30.457	29.124	0.7218	0.7374	0.7733	0.9789
3.00	11696	11357	91.230	1.540	26.181	24.641	0.7307	0.7438	0.7851	0.9824
3.50	13817	13423	91.209	1.836	23.115	21.279	0.7397	0.7510	0.7936	0.9849
4.00	15941	15492	91.193	2.058	20.864	18.806	0.7465	0.7565	0.8020	0.9868
4.50	18105	17599	91.134	2.347	19.176	16.829	0.7535	0.7625	0.8095	0.9883
5.00	20270	19708	91.086	2.577	17.849	15.272	0.7592	0.7673	0.8170	0.9895
5.50	22474	21854	90.972	2.861	16.836	13.975	0.7651	0.7725	0.8244	0.9904
6.00	24679	24001	90.876	3.057	16.011	12.954	0.7701	0.7769	0.8319	0.9912
6.50	26924	26189	90.697	3.378	15.389	12.011	0.7755	0.7818	0.8404	0.9919
7.00	29171	28377	90.542	3.619	14.864	11.245	0.7801	0.7860	0.8490	0.9925
7.50	31477	30623	90.252	3.901	14.504	10.603	0.7856	0.7912	0.8633	0.9930
8.00	33785	32871	89.996	4.147	14.195	10.048	0.7905	0.7957	0.8777	0.9934
8.50	36173	35198	89.571	4.433	13.977	9.544	0.7966	0.8015	0.8924	0.9938
9.00	38564	37527	89.193	4.685	13.787	9.102	0.8020	0.8067	0.9072	0.9942
9.50	41011	39912	88.745	4.971	13.642	8.671	0.8080	0.8125	0.9153	0.9945
10.00	43460	42298	88.344	5.226	13.514	8.288	0.8134	0.8177	0.9232	0.9947
10.50	45940	44714	87.938	5.509	13.421	7.912	0.8189	0.8230	0.9280	0.9950
11.00	48420	47132	87.573	5.765	13.338	7.573	0.8239	0.8278	0.9326	0.9952
11.50	50921	49569	87.224	6.045	13.287	7.242	0.8288	0.8326	0.9358	0.9954
12.00	53421	52006	86.907	6.300	13.243	6.943	0.8332	0.8369	0.9388	0.9956
12.50	55937	54458	86.614	6.578	13.235	6.657	0.8376	0.8411	0.9414	0.9958
13.00	58452	56909	86.346	6.833	13.229	6.396	0.8416	0.8450	0.9440	0.9960
13.50	60981	59374	86.102	7.108	13.258	6.150	0.8454	0.8588	0.9464	0.9961
14.00	63510	61838	85.879	7.362	13.286	5.924	0.8491	0.8523	0.9488	0.9962
14.50	66051	64315	85.680	7.636	13.346	5.710	0.8526	0.8557	0.9512	0.9964
15.00	68593	66792	85.497	7.890	13.402	5.512	0.8559	0.8589	0.9535	0.9965

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

Κύριες διαστάσεις του πλοίου και συντελεστές μορφής:

L:	Μήκος
B:	Πλάτος
DEPTH:	Κοίλο
T:	Βύθισμα Σχεδίασης
LR:	Μήκος Εισόδου
LP:	Μήκος Παράλληλου τμήματος
LE:	Μήκος Εξόδου
C <sub>B</sub> :	Συντελεστής Γάστρας
LCB:	Διάμηκες Κέντρο Άντωσης
DWT:	Αρχική Εκτίμηση για το Πρόσθετο Βάρος
RB:	Ακτίνα καμπυλότητας του κυρτού της γάστρας

### Frame Spacing

FR.SPACE.AFT:	Aft frame spacing
FR.SPACE.MIDDLE:	Middle frame spacing
FR.SPACE.FORE:	Fore frame spacing

Αποτελούν τις ισαποστάσεις των νομέων στο πρυμναίο (Aft), στο πωραίο (Fore) και στο παράλληλο τμήμα (Middle) του πλοίου αντίστοιχα.

### Ύψος καταστρωμάτων

H.DB.AFT:	Ύψος διπύθμενων ως και την πωραία φρακτή του μηχανοστασίου
H.DB.MIDDLE:	Ύψος διπύθμενων από πωραία φρακτή του μηχανοστασίου ως και την πωραία φρακτή της πρώτης δεξαμενής φορτίου (Cargo Tank No. 1)

H.DB.FORE: Ύψος διπύθμενων από την πλώραία φρακτή της πρώτης δεξαμενής φορτίου ως το πλώραίο άκρο του πλοίου

H.MD: Ύψος ανώτατου στεγανού καταστρώματος

Θέσεις φρακτών

FR.EROOM.AFT: ο κατασκευαστικός νομέας στον οποίο βρίσκεται η πρυμναία στεγανή φρακτή του μηχανοστασίου

FR.EROOM.FORE: ο κατασκευαστικός νομέας στον οποίο βρίσκεται η πλώραία στεγανή φρακτή του μηχανοστασίου

FR.HFO: ο κατασκευαστικός νομέας στον οποίο βρίσκεται η πλώραία στεγανή φρακτή τις δεξαμενές βαρέος πετρελαίου

FR.SLOP: ο κατασκευαστικός νομέας στον οποίο βρίσκεται η πλώραία στεγανή φρακτή της δεξαμενής Slop

POS.COL.BHD: επιλογή για το που θα βρίσκεται η φρακτή σύγκρουσης (πρυμναία, πλώραία ή στο μέσο της δυνατής απόστασης)

NO.LONG. BHD: αριθμός των διαμήκων στεγανών φρακτών

LONG.PER.B: ποσοστό του πλάτους για τη θέση των διαμήκων φρακτών σε περίπτωση που αυτές είναι δυο

D.INS.SIDE: απόσταση ανάμεσα στο πλευρικό έλασμα και στο εσωτερικό πλευρικό έλασμα

NO.HOLDS: αριθμός των δεξαμενών φορτίου

Στοιχεία για Υπερκατασκευές

SUPERSTR.AFT: ο κατασκευαστικός νομέας στον οποίο βρίσκεται το πρυμναίο άκρο των υπερκατασκευών

SUPERSTR.FORE: ο κατασκευαστικός νομέας στον οποίο βρίσκεται το πλώραίο άκρο των υπερκατασκευών

SUPERSTR.HEIGHT: ύψος της κάθε υπερκατασκευής

SUPERSTR.BREADTH: πλάτος της κάθε υπερκατασκευής

SUPERSTR.NO: αριθμός καταστρωμάτων των υπερκατασκευών

Στοιχεία για τον υπολογισμό του βάρους του άφορτου πλοίου

ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ	
PLATE.THICKNESS.MD@i:	Πάχη Ελασμάτων του Ανώτατου Καταστρώματος
PLATE.THICKNESS.SHELL@i.0:	Πάχη Ελασμάτων του Πυθμένα
PLATE.THICKNESS.DB@i:	Πάχη Ελασμάτων του Διπύθμενου
PLATE.THICKNESS.SHELL@i.j:	Πάχη Ελασμάτων του Πλευρικού Ελάσματος
PLATE.THICKNESS.INNER.HULL@i:	Πάχη Ελασμάτων του Εσωτερικού Πλευρικού Ελάσματος
PLATE.THICKNESS.LONG.PLA.P.SURF@i:	Πάχη Ελασμάτων των Διαμήκων Φρακτών
PLATE.THICKNESS.LONG.PLA.S.SURF@i:	
PLATE.THICKNESS.TRANS.PLA.SURF@i:	Πάχη Ελασμάτων των Εγκάρσιων Φρακτών
PLATE.THICKNESS.SUPERSTR.WALL:	Πάχη Ελασμάτων των Τοιχωμάτων των Υπερκατασκευών
PLATE.THICKNESS.TRANS.PLA.DECKS:	Πάχη Ελασμάτων των Καταστρωμάτων των Υπερκατασκευών

GIRDER.NCREMENT:	Συντελεστής για το βάρος των ενισχυτικών
STATHERA.NAUARXIOU:	Τιμή Σταθεράς Αγγλικού Ναυαρχείου
KEEL.BREADTH.PER:	Ποσοστό επί του πλάτους του πλοίου για τον υπολογισμό του πλάτους της τρόπιδας
METHOD.WEIGHT.M:	Μεταβλητή για την επιλογή μεθόδου για τον υπολογισμό του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης (αν ισούται με 1 τότε τις τιμές τις δίνει ο χρήστης μέσω των μεταβλητών που φαίνονται στη συνέχεια)
WEIGHT.M:	Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης
VCG.M:	Κέντρο Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης κατά τον άξονα X

LCG.M:	Διάμηκες Κέντρο Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης
TCG.M:	Κέντρο Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης κατά τον άξονα Υ
METHOD.WEIGHT.OT:	Μεταβλητή για την επιλογή μεθόδου για τον υπολογισμό του βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού (αν ισούται με 1 τότε τις τιμές τις δίνει ο χρήστης μέσω των μεταβλητών που φαίνονται στη συνέχεια)
WEIGHT.OT:	Βάρος Ενδιαίτησης και Εξοπλισμού
VCG.OT:	Κέντρο Βάρους Ενδιαίτησης και Εξοπλισμού κατά τον άξονα Χ
LCG.OT:	Διάμηκες Κέντρο Βάρους Ενδιαίτησης και Εξοπλισμού
TCG.OT:	Κέντρο Βάρους Ενδιαίτησης και Εξοπλισμού κατά τον άξονα Υ

Στοιχεία για τον υπολογισμό του πρόσθετου βάρους

NO.CREW:	Αριθμός των ατόμων του πληρώματος
AKTINA.ENERGEIAS:	Ακτίνα ενέργειας
SERVICE.SPEED:	Ταχύτητα υπηρεσίας
STATHERA.NAUARXEIOU:	Σταθερά Ναυαρχείου

Στοιχεία για τον υπολογισμό της αντίστασης

PROPELLER.DIAMETER:	Διάμετρος της Έλικας
---------------------	----------------------

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ – MARPOL/ SOLAS/ΙΜΟ

### SOLAS

#### **Definitions - SOLAS** (Definitions, SOLAS)

Length (L): ορίζουμε το μήκος του πλοίου από το πρυμναίο άκρο μέχρι το πρωραίο άκρο του πλοίου, μετρημένο στη μέγιστη έμφορτη ίσαλο. Το μήκος θα πρέπει να μετρηθεί σε μέτρα.

#### **Regulation 11/ Peak and machinery space bulkheads and stern tubes in cargo tanks** (Regulation 11, SOLAS)

Σε κάθε πλοίο θα πρέπει να τοποθετείται πρωραία φρακτή σύγκρουσης η οποία θα πρέπει να είναι υδατοστεγής μέχρι το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα. Αυτή η φρακτή θα πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση από την πρωραία κάθετο όχι μικρότερη από το 5% του μήκους του πλοίου ή από τα 10 m. Θα επιλέγεται από αυτές τις δύο αποστάσεις, η απόσταση που είναι μικρότερη. Επιπλέον η απόσταση που θα επιλεγεί δεν θα πρέπει να ξεπερνάει την τιμή των 8% του μήκους του πλοίου, εκτός και αν επιτρέπεται από τις Αρχές. Σε περίπτωση που οποιοδήποτε μέρος του πλοίου εκτείνεται πλώρα από την πρωραία κάθετο, για παράδειγμα το πλοίο έχει βολβό, τότε η φρακτή σύγκρουσης θα τοποθετείται στην απόσταση που υπολογίσαμε παραπάνω, η οποία θα πρέπει να μετρηθεί από ένα από τα παρακάτω σημεία:

1. Στο μέσο του μήκους που επεκτείνεται το πλοίο πλώρα της πρωραίας καθέτου
2. Σε απόσταση 1.5% του μήκους του πλοίου πλώρα από την πρωραία κάθετο.
3. Σε απόσταση 3 m πλώρα από την πρωραία κάθετο

Επιλέγεται όποιο από τα παραπάνω τρία μας δίνει την μικρότερη μέτρηση.

MARPOL

**Regulation 1/ Definitions** (Regulation 1/Chapter I/Annex I, MARPOL Edition 2002)

- (18) Length (L) : ορίζουμε το 96% του μήκους της ισάλου στα 85% του κοίλου αναφοράς μετρημένο από την κορυφή της τρόπιδας, ή το μήκος από την προραία πλευρά της πλώρης έως τον άξονα του πηδαλιού στην ίσαλο του 85% του κοίλου αναφοράς, σε περίπτωση που αυτό είναι μεγαλύτερο. Σε πλοία που διαθέτουν ανύψωση της τρόπιδας, η ίσαλος στην οποία μετριέται το μήκος αυτό, θα πρέπει να είναι παράλληλη στην ίσαλο σχεδίασης. Το μήκος θα πρέπει να μετρηθεί σε μέτρα.
- (19) Forward and After Perpendiculars θα πρέπει να ορίζονται στο προραίο και πρυμναίο άκρο του μήκους L. Μάλιστα η προραία κάθετος θα πρέπει να συμπίπτει με την προραία πλευρά της πλώρης εκεί όπου την τέμνει η waterline που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του μήκους L.
- (20) Ως μέσο του πλοίου ορίζουμε την τομή που βρίσκεται στο μέσο του μήκους L που ορίστηκε προηγουμένως.
- (21) Ως πλάτος ορίζουμε το μέγιστο πλάτος του πλοίου μετρούμενο στο μέσο του πλοίου. Το πλάτος θα πρέπει να μετρηθεί σε μέτρα.
- (22) Ως νεκρό βάρος ορίζουμε σε μετρικούς τόνους την διαφορά του εκτοπίσματος του πλοίου σε (θαλασσινό) νερό ειδικής πυκνότητας 1.025 φορτωμένο μέχρι την γραμμή φόρτωσης θέρους και του βάρους του κενού σκάφους του πλοίου.
- (23) Ως κενό σκάφος ορίζουμε το εκτόπισμα του πλοίου σε μετρικούς τόνους χωρίς το ωφέλιμο φορτίο, τα καύσιμα, τα λιπαντικά, το έρμα, το γλυκό και πόσιμο νερό, τις προμήθειες και τα ανταλλακτικά, τους επιβάτες και το πλήρωμα. Καθώς επίσης δεν θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις όλων των προαναφερθέντων.

**Regulation 13/ Segregated ballast tanks, dedicated clean ballast tanks and crude oil washing** (Regulation 13/Chapter II/Annex I, MARPOL Edition 2002)

Καινούρια Δεξαμενόπλοια των 20.000 tons deadweight και πάνω

- (1) Κάθε καινούριο crude oil carrier των 20.000 tons deadweight και πάνω και κάθε καινούριο product carrier των 30.000 tons deadweight και πάνω θα πρέπει να έχει πλευρικές δεξαμενές έρματος οι οποίες θα πρέπει να είναι σύμφωνες με τις παραγράφους (2), (3), και (4) ή την παράγραφο (5) όποια είναι κατάλληλη, του Παραρτήματος I/ Κεφαλαίου II/ Κανονισμού 13.
- (2) Η χωρητικότητα των πλευρικών δεξαμενών έρματος θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το πλοίο να λειτουργεί με ασφάλεια σε ταξίδια καταστάσεων ερματισμού χωρίς να χρειάζεται να τοποθετηθεί έρμα στις δεξαμενές φορτίου εκτός και αν αναφέρεται στις παραγράφους (3) και (4). Πάντως σε κάθε περίπτωση, παρ' όλα αυτά, η χωρητικότητα θα πρέπει να είναι τόση ώστε σε κάθε κατάσταση ερματισμού (η οποία περιλαμβάνει το βάρος κενού σκάφους και το έρμα μόνο) καθ' όλη την διάρκεια του ταξιδιού, τα βυθίσματα του πλοίου θα πρέπει να εκπληρώνουν τις παρακάτω προϋποθέσεις:
  - (a) Το βύθισμα αναφοράς στο μέσο του πλοίου ( $d_m$ ) σε μέτρα (χωρίς να λαμβάνεται υπόψη οποιαδήποτε ελαστική παραμόρφωση του πλοίου) δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από την τιμή που δίνει ο παρακάτω τύπος:
$$d_m = 2.0 + 0.02L$$
  - (b) Το πρυμναίο και πρωαίο βύθισμα αναφοράς θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε όσα καθορίζονται από το βύθισμα αναφοράς στο μέσο του πλοίου ( $d_m$ ), όπως αυτό καθορίζεται στην υποπαράγραφο (α) αυτής της παραγράφου, σε συνδυασμό με την πρυμναία διαγωγή, η οποία δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0.015L.
  - (c) Σε κάθε περίπτωση το βύθισμα στο πρυμναίο άκρο δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από το βύθισμα το οποίο είναι απαραίτητο για να εξασφαλίζεται η πλήρης βύθιση της προπέλας.



- (3) Σε καμία περίπτωση το έρμα δεν θα πρέπει να μεταφέρεται στις δεξαμενές φορτίου εκτός και αν:
- (a) Κατά την διάρκεια ταξιδιού υπό άσχημες καιρικές συνθήκες, κρίνει ο καπετάνιος ότι είναι αναγκαίο για την ασφάλεια του πλοίου η ύπαρξη επιπλέον έρματος
  - (b) Σε περιπτώσεις εξαιρετικής σημασίας όπου ο ειδικός χαρακτήρας λειτουργίας ενός δεξαμενόπλοιου καθιστά απαραίτητη τη μεταφορά επιπλέον έρματος για την ικανοποίηση της παραγράφου (2) αυτού του κανονισμού, υπό τον όρο ότι τέτοιος χειρισμός ενός δεξαμενόπλοιου εμπίπτει στην κατηγορία εξαιρετικών περιπτώσεων όπως έχουν καθιερωθεί από τις Αρχές.
- (4) Σε πλοία μεταφοράς αργού πετρελαίου η παράγραφος (3) μπορεί να εφαρμοστεί μόνο αν οι δεξαμενές φορτίου καθαριστούν σε κάποιο λιμάνι εκφόρτωσης ή σε κάποιο τερματικό σταθμό σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς, οι οποίοι περιγράφονται στην MARPOL, Regulation 13B/Annex I.
- (5) Παρά τις προϋποθέσεις της παραγράφου (2) αυτού του κανονισμού, οι συνθήκες για τον ερματισμό για τα δεξαμενόπλοια που έχουν μήκος μικρότερο από 150 m θα πρέπει να είναι εις εκπλήρωση των Αρχών.
- (6) Κάθε νέο δεξαμενόπλοιο 20.000 tons deadweight και πάνω θα πρέπει να εξοπλιστεί με ένα σύστημα καθαρισμού δεξαμενών φορτίου χρησιμοποιώντας αργό πετρέλαιο. Οι Αρχές θα πρέπει να αναλαμβάνουν να εξασφαλίζουν ότι το σύστημα καθαρισμού είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις του κανονισμού 13B αυτού του Παραρτήματος, ύστερα από ένα χρόνο αφού ναυλωθεί για πρώτη φορά το πλοίο για μεταφορά αργού πετρελαίου ή στο τέλος του τρίτου ταξιδιού όπου το πλοίο έχει μεταφέρει αργό πετρέλαιο κατάλληλο για τον καθαρισμό των δεξαμενών φορτίου, όποιο από τα δυο γεγονότα συμβεί αργότερα. Σε περίπτωση που το πλοίο μεταφέρει αργό πετρέλαιο που δεν είναι κατάλληλο για καθαρισμό, τότε το δεξαμενόπλοιο θα πρέπει να

χειρίζεται το σύστημα καθαρισμού σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κανονισμού.

**Regulation 13F/Prevention of oil pollution in the event of collision or stranding**  
(Regulation 13F/Chapter II/Annex I, MARPOL Edition 2002)

(3) Καθ' όλο το μήκος των δεξαμενών φορτίου και όπου αλλού υπάρχει φορτίο ή δεξαμενές υγρών καυσίμων θα πρέπει να υπάρχουν δεξαμενές έρματος ώστε να προστατεύουν τις δεξαμενές αυτές. Οι δεξαμενές έρματος θα πρέπει να είναι σύμφωνες με το παρακάτω:

(a) Οι πλευρικές δεξαμενές έρματος ή οι πλευρικοί χώροι θα πρέπει είτε να εκτείνονται καθ' όλο το μήκος του κοίλου της πλευρικής επιφάνειας του πλοίου είτε να εκτείνονται από τα διπύθμενα ως το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα. Οι πλευρικές δεξαμενές θα πρέπει να βρίσκονται έτσι ώστε να περικλείουν τις δεξαμενές φορτίου και το πλάτος των πλευρικών δεξαμενών θα πρέπει να έχει απόσταση  $w$  σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους. Το  $w$  αποτελεί τη κάθετη απόσταση του εξωτερικού πλευρικού ελάσματος από το εσωτερικό πλευρικό έλασμα, και η οποία θα πρέπει να είναι ίδια σε όλο το μήκος του πλοίου και καθώς επίσης σε όλο το ύψος του.

$$w = 0.5 + \frac{DW}{20000}(m) \quad \text{ή}$$

$$w = 2(m)$$

Επιλέγουμε τον τύπο που δίνει την μικρότερη τιμή και η ελάχιστη τιμή που μπορεί να έχει το  $w$  είναι  $w=1.00m$ .

(b) Σε κάθε τομή του πλοίου το ύψος των διπύθμενων θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε η κάθετη απόσταση  $h$  του πυθμένα του πλοίου από το έλασμα

των διπύθμενων (ή αλλιώς από το κατώτερο έλασμα των δεξαμενών φορτίου) να καθορίζεται από τους παρακάτω τύπους:

$$h = \frac{B}{15}(m) \text{ και}$$

$$h = 2(m)$$

Επιλέγουμε τον τύπο που δίνει την μικρότερη τιμή και η ελάχιστη τιμή που μπορεί να έχει το h είναι h=1.00m.

**Regulation 24/ Limitation of size and arrangement of cargo tanks** ([Regulation 24/Chapter III/Annex I, MARPOL Edition 2002](#))

(1) Κάθε καινούριο δεξαμενόπλοιο θα πρέπει να είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις αυτού του κανονισμού. Κάθε υπάρχον δεξαμενόπλοιο υποχρεούται μέσα σε δύο χρόνια από την στιγμή που άρχισε να εφαρμόζεται ο συγκεκριμένος κανονισμός, να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του κανονισμού αυτού εφόσον το δεξαμενόπλοιο ανήκει σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:

- (a) Δεξαμενόπλοιο το οποίο πρόκειται να παραδοθεί στον ιδιοκτήτη μετά τη 1 Ιανουαρίου 1997,
- (b) Δεξαμενόπλοιο το οποίο ικανοποιεί και τις δυο παρακάτω συνθήκες:
  - (i) Η παράδοση αυτού του πλοίου δεν είναι μετά τη 1 Ιανουαρίου 1997, και
  - (ii) Το συμβόλαιο ναυπήγησης θα πρέπει να έχει ανατεθεί μετά τις 1 Ιανουαρίου 1974, ή σε περιπτώσεις όπου πρωτύτερα δεν έχει ανατεθεί συμβόλαιο ναυπήγησης, η τρόπιδα είναι τοποθετημένη ή το δεξαμενόπλοιο είναι σε παρόμοιο στάδιο κατασκευής μετά της 30 Ιουνίου 1974.

(4) Το μήκος κάθε δεξαμενής θα πρέπει να μην ξεπερνάει τα 10 m ή μια από τις παρακάτω τιμές, όποια είναι μεγαλύτερη από τις δυο:

- (a) Όταν δεν υπάρχει διαμήκης φρακτή κατά μήκος των δεξαμενών φορτίου:

$$(0.5 \frac{b_i}{B} + 0.1)L$$

αλλά δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το  $0.2L$

(b) Όταν υπάρχει διαμήκης φρακτή, κατά μήκος της centre line και σε όλη την έκταση των δεξαμενών φορτίου:

$$(0.25 \frac{b_i}{B} + 0.15)L$$

(c) Όταν υπάρχουν δυο ή περισσότερες διαμήκης φρακτές κατά μήκος των δεξαμενών φορτίου:

(i) Για τις πλευρικές δεξαμενές φορτίου:

1. αν  $\frac{b_i}{B}$  είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το ένα πέμπτο:  $0.2L$

2. αν  $\frac{b_i}{B}$  είναι μικρότερο από το ένα πέμπτο:

– όταν δεν υπάρχει διαμήκης φρακτή στο μέσον του πλοίου:

$$(0.5 \frac{b_i}{B} + 0.1)L$$

– όταν υπάρχει διαμήκης φρακτή στο μέσον του πλοίου:

$$(0.25 \frac{b_i}{B} + 0.15)L$$

(d) Το  $b_i$  είναι η ελάχιστη απόσταση από το πλευρικό έλασμα του πλοίου στην εξωτερική διαμήκη φρακτή της δεξαμενής, εν προκειμένω μετρημένη εσωτερικά σε ορθή γωνία ως προς την centreline στο επίπεδο που αντιστοιχεί στην γραμμή φόρτωσης θέρους.

**Regulation 25/ Subdivision and stability** (Regulation 25/Chapter III/Annex I,  
MARPOL Edition 2002)

(2) Θα πρέπει να εφαρμόζονται οι παρακάτω προϋποθέσεις σε σχέση με την έκταση και τη φύση της θεωρούμενης βλάβης:

(a) Πλευρική βλάβη

- (i) Διαμήκης έκταση  $\frac{1}{3} \cdot L^{2/3}$  or 14.5m, όποιο  
δίνει την μικρότερη τιμή
- (ii) Εγκάρσια έκταση  $B/5$  or 11.5m, όποιο  
(μετρούμενη από την πλευρά δίνει την μικρότερη τιμή  
του πλοίου στο ύψος της ανώτατης  
έμφορτης ισάλου γραμμής και  
κάθετα προς το διάμηκες επίπεδο  
συμμετρίας του πλοίου)
- (iii) Καθ' ύψος έκταση χωρίς όριο, μετρούμενη  
από την άνω ακμή της τρόπιδας

(b) Βλάβη πυθμένα

Για μήκος 0.3 L από το προραίο άκρο FP

- (i) Διαμήκης έκταση  $\frac{1}{3} \cdot L^{2/3}$  or 14.5m, όποιο  
δίνει την μικρότερη τιμή
- (ii) Εγκάρσια έκταση  $B/6$  or 10m, όποιο  
δίνει την μικρότερη τιμή
- (iii) Καθ' ύψος έκταση  $B/15$  or 6m, όποιο

δίνει την μικρότερη τιμή και μετρούμενη από την άνω ακμή της τρόπιδας

Για το υπόλοιπο τμήμα του πλοίου

- (i) Διαμήκης έκταση  $\frac{1}{3} \cdot L^{2/3}$  or  $5m$ , όποιο  
δίνει την μικρότερη τιμή
- (ii) Εγκάρσια έκταση  $B/6$  or  $5m$ , όποιο  
δίνει την μικρότερη τιμή
- (iii) Καθ' ύψος έκταση  $B/15$  or  $6m$ , όποιο  
δίνει την μικρότερη τιμή και μετρούμενη από την άνω ακμή της τρόπιδας

**Regulation 25A/Intact stability** (Regulation 25A/Chapter III/Annex I, MARPOL Edition 2002)

- (1) Αυτός ο κανονισμός θα πρέπει να εφαρμόζεται σε δεξαμενόπλοια των 5000 ton και πάνω:
- (a) Για κάθε δεξαμενόπλοιο του οποίου το συμβόλαιο ναυπήγησης έχει υπογράψει από την 1 Φεβρουαρίου 1999 και μετά, ή
- (b) Σε περίπτωση απουσίας του συμβολαίου ναυπήγησης, για δεξαμενόπλοια των οποίων η τρόπιδα έχει τοποθετηθεί ή βρίσκεται σε παρόμοιο στάδιο κατασκευής από την 1 Αυγούστου 1999 και μετά, ή
- (c) Για δεξαμενόπλοια των οποίων η παράδοση έχει γίνει από την 1 Φεβρουαρίου 2002 και μετά, ή
- (d) Για δεξαμενόπλοια τα οποία έχουν υποστεί μια σημαντική μετασκευή:

- (i) Για τα οποία το συμβόλαιο έχει υπογράψει μετά την 1 Φεβρουαρίου 1999, ή
  - (ii) Σε περίπτωση απουσίας συμβολαίου, οι εργασίες για την μετασκευή να έχουν ξεκινήσει μετά την 1 Αυγούστου 1999, ή
  - (iii) Η μετασκευή να έχει ολοκληρωθεί μετά την 1 Φεβρουαρίου 2002.
- (2) Κάθε δεξαμενόπλοιο θα πρέπει να συμμορφώνεται με το κριτήριο ευστάθειας το οποίο ορίζεται στις υποπαραγράφους (a) και (b) αυτής της παραγράφου, όπως αρμόζει, για κάθε βύθισμα χειρισμού κατά την χειρότερη πιθανή κατάσταση φόρτωσης φορτίου και έρματος, σύμφωνα με καλό χειρισμό της κατάστασης, συμπεριλαμβανομένου ενδιάμεσα στάδια χειρισμού μεταφοράς υγρών. Σε όλες τις καταστάσεις οι δεξαμενές έρματος θα πρέπει να θεωρηθούν όχι πλήρως γεμάτες.
- (a) Στο λιμάνι, το αρχικό μετακεντρικό ύψος,  $GM_0$ , διορθωμένο για τις ελεύθερες επιφάνειες μετρημένο με κλίση  $0^\circ$ , θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 0.15 m.
  - (b) Στη θάλασσα, θα πρέπει να είναι εφαρμόσιμο το κριτήριο που ακολουθεί:
    - (i) Η επιφάνεια κάτωθεν της καμπύλης του μοχλοβραχίονα επαναφοράς  $GZ$ , θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 0.055 m·rad για γωνία κλίσης έως  $\theta=30^\circ$  και μεγαλύτερη των 0.09 m·rad για γωνία κλίσης έως  $\theta=40^\circ$  ή της γωνίας κατακλίσεως  $\theta_f$ , εφόσον αυτή είναι μικρότερη των  $40^\circ$ . Επιπρόσθετα η επιφάνεια κάτωθεν της καμπύλης του μοχλοβραχίονα επαναφοράς μεταξύ των γωνιών κλίσης  $30^\circ$  και  $40^\circ$  ή μεταξύ των γωνιών  $30^\circ$  και  $\theta_f$ , αν η γωνία αυτή είναι μικρότερη των  $40^\circ$ , δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 0.03 m·rad.
    - (ii) Ο μοχλοβραχίονας  $GZ$  θα πρέπει να έχει τιμή τουλάχιστον 0.20 m για γωνία κλίσης μεγαλύτερη ή ίση των  $30^\circ$ .
    - (iii) Η γωνία  $\theta_M$  του μέγιστου μοχλοβραχίονα επαναφοράς θα πρέπει να είναι κατά προτίμηση μεγαλύτερη των  $30^\circ$  αλλά οπωσδήποτε όχι μικρότερη των  $25^\circ$ .

- (iv) Το αρχικό μετακεντρικό ύψος,  $GM_0$ , διορθωμένο για τις ελεύθερες επιφάνειες μετρημένο με κλίση  $0^\circ$ , θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 0.15 m.
- (3) Οι απαιτήσεις της παραγράφου (2) θα πρέπει να είναι σύμφωνες με τις μετρήσεις του μοντέλου. Για συνδυασμό φορτίων απλές εφοδιαστικές λειτουργικές διαδικασίες επιτρέπονται.
- (4) Για απλές εφοδιαστικές λειτουργικές διαδικασίες, που μεταφέρουν υγρά και αναφέρονται στην παράγραφο (3), θα πρέπει να παρέχονται εγγεγραμμένες διαδικασίες στον Καπετάνιο, οι οποίες:
- (i) να είναι εγκεκριμένες από τις Αρχές
  - (ii) συνίσταται ότι αυτές οι δεξαμενές φορτίου και έρματος οι οποίες θα πρέπει, σε κάθε ειδική κατάσταση μεταφοράς υγρών και σε πιθανή διακόμανση των πυκνοτήτων των φορτίων, να μην είναι γεμάτες πλήρως και να επαληθεύεται και πάλι το κριτήριο ευστάθειας. Οι δεξαμενές αυτές μπορούν να ποικίλουν κατά τα την διάρκεια των διαδικασιών μεταφοράς υγρών και μπορούν να είναι σε οποιοδήποτε συνδυασμό προϋποθέτοντας ότι ικανοποιούν το κριτήριο
  - (iii) θα πρέπει να είναι ευανάγνωστο και κατανοητό για τον αξιωματικό που είναι σε βάρδια
  - (iv) προνοεί για ελεγχόμενες ακολουθίες για μεταφορά φορτίου/ έρματος
  - (v) επιτρέπει σύγκριση της αποκτημένης ευστάθειας και της απαιτούμενης ευστάθειας χρησιμοποιώντας την εκτέλεση των κριτηρίων ευστάθειας σε διαγραμματική μορφή ή σε μορφή πίνακα
  - (vi) δεν απαιτεί επιπλέον μαθηματικούς υπολογισμούς από τον αξιωματικό που είναι σε βάρδια



- (vii) προνοεί ώστε να λαμβάνονται σωστές αντιδράσεις από αξιωματικό που είναι σε βάρδια, σε περίπτωση εκτροπής από τις προτεινόμενες τιμές και σε περιπτώσεις καταστάσεων επείγουσας ανάγκης

αναγράφονται στο εγχειρίδιο ευστάθειας και διαγωγής, στο κέντρο ελέγχου μεταφοράς φορτίου/έρματος και σε κάθε υπολογιστικό πρόγραμμα με το οποίο εκτελούνται οι υπολογισμοί ευστάθειας.

**Regulation 29/ Slop tanks** (Regulation 29/Chapter 4/Annex I, MARPOL new Edition)

1. Δεξαμενόπλοια με Ολική Χωρητικότητα (Gross Tonnage) 150 και πάνω θα πρέπει να εφοδιάζεται με slop δεξαμενές, με διάταξη σύμφωνα με τις απαιτήσεις των παραγράφων 2.1 έως 2.3 αυτού του κανονισμού. Για δεξαμενόπλοια που έχουν παραδοθεί στις 31 Δεκεμβρίου ή πριν, όπως ορίζεται στον κανονισμό 1.28.1, κάθε δεξαμενή φορτίου μπορεί να προοριστεί σαν slop δεξαμενή.

2.1 Επαρκή μέσα θα πρέπει να παρέχονται για τον καθαρισμό των δεξαμενών φορτίου, για την μεταφορά του βρόμικου υπόλοιπου έρματος και των αποπλυμάτων των δεξαμενών από τις δεξαμενές φορτίου σε slop δεξαμενές εγκεκριμένες από τις Αρχές.

2.2 Σε αυτή τη διάταξη του συστήματος θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα να μεταφέρονται τα λύματα λαδιού στις slop δεξαμενές ή σε συνδυασμό slop δεξαμενών με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε υγρό απόβλητο που διαρρέει στην θάλασσα θα πρέπει να τηρεί τις προϋποθέσεις του κανονισμού 34 αυτού του παραρτήματος.

2.3 Η διαρρύθμιση της slop δεξαμενής ή του συνδυασμού των slop δεξαμενών θα πρέπει να έχουν την απαραίτητη χωρητικότητα για συγκρατούν τα αποπλύματα που προέρχονται από τον καθαρισμό των δεξαμενών, τα λύματα λαδιού και τα λύματα βρόμικου έρματος. Η ολική χωρητικότητα της μιας ή των περισσότερων slop δεξαμενών δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από το 3% της χωρητικότητας του πετρελαίου που μεταφέρει το πλοίο, εκτός των παρακάτω περιπτώσεων, οι οποίες είναι εγκεκριμένες από τις Αρχές:

.1 2% για δεξαμενόπλοια των οποίων η διάταξη για τον καθαρισμό των δεξαμενών είναι τέτοια ώστε όταν η slop δεξαμενή γεμίσει με το νερό που χρησιμοποιήθηκε για τον καθαρισμό των δεξαμενών, αυτό το νερό να είναι επαρκές για τον καθαρισμό των δεξαμενών και, όπου είναι εφαρμόσιμο, να εφοδιάζει με κινητήριο υγρό για τις εξαγωγές, χωρίς όμως την εισαγωγή επιπλέον νερού στο σύστημα.

.2 2% όπου παρέχονται ξεχωριστές δεξαμενές έρματος ή αφιερωμένες καθαρές δεξαμενές έρματος, σύμφωνα με τον κανονισμό 18 αυτού του παραρτήματος, ή όπου το σύστημα καθαρισμού για μια δεξαμενή φορτίου χρησιμοποιεί πετρέλαιο κατάλληλο για καθαρισμό και είναι προσαρμοσμένο σύμφωνα με τον κανονισμό 33 αυτού του παραρτήματος. Αυτή η χωρητικότητα μπορεί να μειωθεί επιπλέον στο 1.5% για τα δεξαμενόπλοια των οποίων η διάταξη για τον καθαρισμό των δεξαμενών είναι τέτοια ώστε όταν η slop δεξαμενή γεμίσει με το νερό που χρησιμοποιήθηκε για τον καθαρισμό των δεξαμενών, αυτό το νερό να είναι επαρκές για τον καθαρισμό των δεξαμενών και, όπου είναι εφαρμόσιμο, να εφοδιάζει με κινητήριο υγρό για τις εξαγωγές, χωρίς όμως την εισαγωγή επιπλέον νερού στο σύστημα.

.3 1% για τον συνδυασμό φορτίων όπου το πετρέλαιο μεταφέρεται μόνο σε δεξαμενές με λεία τοιχώματα. Η χωρητικότητα αυτή μπορεί να μειωθεί επιπλέον στο 0.8% όπου η διάταξη για τον καθαρισμό των δεξαμενών είναι τέτοια ώστε όταν η slop δεξαμενή γεμίσει με το νερό που χρησιμοποιήθηκε για τον καθαρισμό των δεξαμενών, αυτό το νερό να είναι επαρκές για τον καθαρισμό των δεξαμενών και, όπου είναι εφαρμόσιμο, να εφοδιάζει με κινητήριο υγρό για τις εξαγωγές, χωρίς όμως την εισαγωγή επιπλέον νερού στο σύστημα.

2.4 Οι slop δεξαμενές θα πρέπει να έχουν σχεδιαστεί ιδιαίτερος όσον αφορά την θέση που τοποθετούνται οι είσοδοι, οι έξοδοι, τα ρυθμιστικά διαφράγματα ή οι υδροφρακτές, έτσι ώστε να αποφεύγονται υπερβολικές αναταράξεις και εκροές λαδιού ή γαλακτωμάτων στο νερό.

2. Δεξαμενόπλοια των 70.000 tons deadweight και πάνω, παραδοθέντα μετά τις 31 Δεκεμβρίου του 1979, όπως ορίζεται στον κανονισμό 1.28.2 θα πρέπει να διαθέτουν τουλάχιστον δυο slop δεξαμενές.

## ΙΜΟ

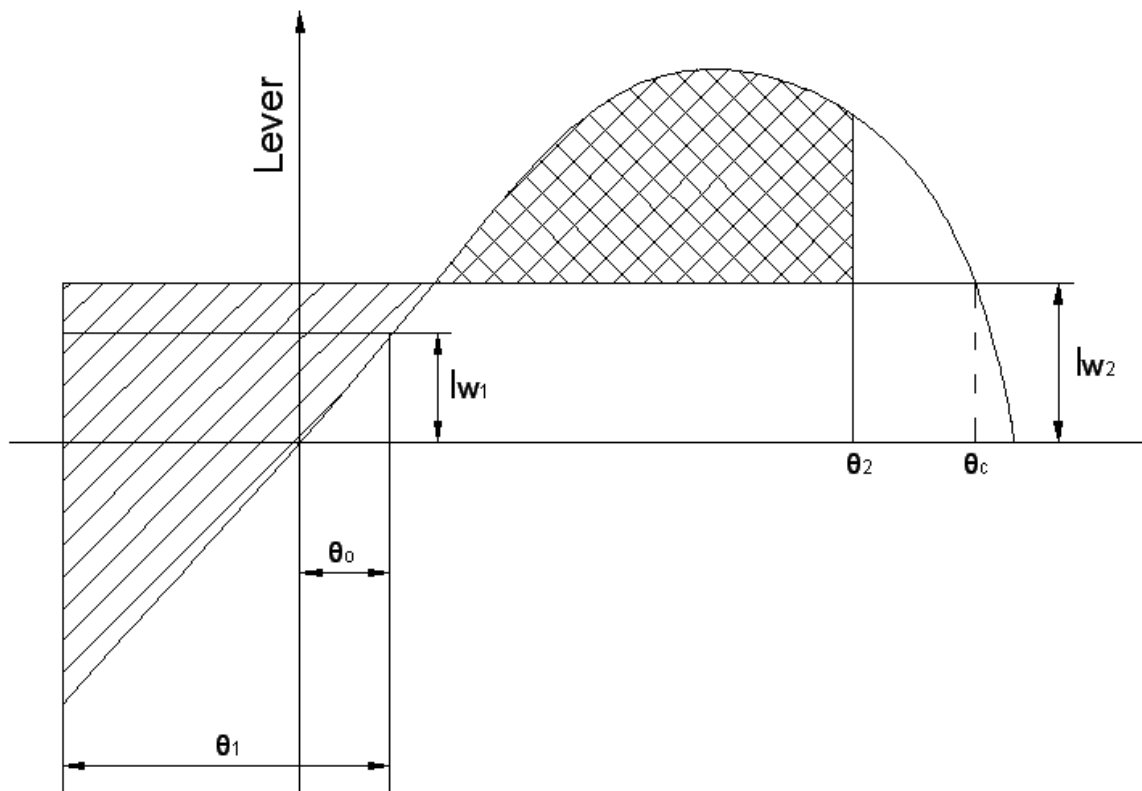
### 3.2 Κριτήριο Καιρού (IMO resolution A.749(18) - 265)

3.2.1 Το κριτήριο καιρού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στις ελάχιστες απαιτήσεις για επιβατηγά και φορτηγά πλοία των 24 m και πάνω.

3.2.2 Προτεινόμενο Κριτήριο Καιρού

3.2.2.1 Η ικανότητα ενός πλοίου να αντέχει στο συνδυασμό των φαινομένων beam wind and rolling θα πρέπει να είναι αποδεικνύεται για κάθε καθιερωμένη κατάσταση φόρτωσης, σε αναφορά του σχήματος 3.2.2.1 που ακολουθεί:

- .1 Το πλοίο εκτίθεται σε μια σταθερή πίεση ανέμου που ενεργεί κατακόρυφα στη centreline του πλοίου, η οποία έχει ως αποτέλεσμα ένα σταθερό μοχλοβραχίονα επαναφοράς ανέμου ( $I_{w1}$ ).
- .2 Από την γωνία που προκύπτει στην ισορροπία ( $\theta_0$ ), το πλοίο θεωρείται ότι περιστρέφεται, προσήνεμο, εξαιτίας κυματισμού σε μια γωνία περιστροφής ( $\theta_1$ ). Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο φαινόμενο του σταθερού ανέμου ώστε να αποφευχθούν επακόλουθες γωνίες κλίσης που είναι πολύ μεγάλες.
- .3 Το πλοίο, στη συνέχεια, εκτίθεται σε μια ριπή ανέμου, η οποία έχει ως αποτέλεσμα ένα μοχλοβραχίονα επαναφοράς ριπής ανέμου ( $I_{w2}$ ).
- .4 Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η επιφάνεια b θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την επιφάνεια a.
- .5 Οι ελεύθερες επιφάνειες (παράγραφος 3.3) θα πρέπει να υπολογίζονται για κάθε καθιερωμένη κατάσταση φόρτωσης όπως ορίζεται στην παράγραφο 3.5.



Οι γωνίες του παραπάνω σχήματος ορίζονται σύμφωνα με τα παρακάτω:

$\theta_0$  = γωνία κλίσης ύστερα από επίδραση σταθερού ανέμου (δες 3.2.2.1.2 και υποσημείωση)

$\theta_1$  = γωνία περιστροφής, προσήνεμη, εξαιτίας κυματισμού

$\theta_1$  = γωνία κατάκλισης ( $\theta_f$ ) ή  $50^\circ$  ή  $\theta_c$ , όποια είναι μικρότερη,

όπου:

$\theta_f$  = γωνία κλίσης στην οποία τα ανοίγματα στην γάστρα, τις υπερκατασκευές ή τα υπερκατασκευάσματα που είναι πάνω στο ανώτατο στεγανό κατάστρωμα, δεν μπορούν να κλείσουν αεροστεγώς. Κατά την εφαρμογή αυτού του κριτηρίου, μικρά ανοίγματα τα οποία δεν προκαλούν προοδευτική κατάκλιση μπορούν να μην θεωρηθούν ως ανοίγματα

$\theta_c$  = η γωνία που βρίσκεται από την τομή του μοχλοβραχίονα επαναφοράς ριπής ανέμου ( $l_{w2}$ ) και του μοχλοβραχίονα GZ.

3.2.2.2 Οι μοχλοβραχίονες επαναφοράς ανέμου ( $l_{w1}$ ) και ( $l_{w2}$ ) που αναφέρονται στις υποπαραγράφους 3.2.2.1.1 και 3.2.2.1.3 έχουν σταθερές τιμές για όλες τις γωνίες κλίσης και θα πρέπει να υπολογίζονται σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:

$$l_{w1} = \frac{PAZ}{1000g\Delta} \text{ (m) και}$$

$$l_{w2} = 1.5l_{w1} \text{ (m)}$$

Όπου:

P = 504 N/m<sup>2</sup>. Η τιμή του P όταν χρησιμοποιείται για πλοία σε περιορισμένους πλόες μπορεί να μειωθεί, αρκεί να έχει την έγκριση των αρχών.

A = προβαλλόμενη πλευρική επιφάνεια από την του τμήματος του πλοίου από το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα ως την ίσαλο (m<sup>2</sup>)

Z = κάθετη απόσταση από το κέντρο της επιφάνειας A ως το κέντρο της βυθισμένης πλευρικής επιφάνειας ή, κατά προσέγγιση, μέχρι ένα σημείο που βρίσκεται στο ένα δεύτερο του βυθίσματος (m)

$\Delta$  = εκτόπισμα (ton)

g = 9.81 m/s<sup>2</sup>

3.2.2.3 Η γωνία περιστροφής ( $\theta_1$ ) που αναφέρεται στην υποπαραγράφο 3.2.2.1.2 θα πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με τα παρακάτω:

$$\theta_1 = 109kX_1X_2\sqrt{rs} \text{ (degrees)}$$

Όπου:

X<sub>1</sub> = υπολογίζεται από τον πίνακα 3.2.2.3-1

X<sub>2</sub> = υπολογίζεται από τον πίνακα 3.2.2.3-2

k = υπολογίζεται σύμφωνα με τα παρακάτω:

k = 1.0 για πλοία στρογγυλού πυθμένα χωρίς bilge ή bar keels

$k = 0.7$  για πλοία που έχουν τρόπιδα με ακμή (sharp bilges)

$k =$  σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.2.3-3 για πλοία που έχουν bilge keels, bar keel ή και τα δύο

$$r = 0.73 \pm 0.6 OG/d$$

με:  $OG =$  η απόσταση ανάμεσα στο κέντρο βάρους και στην ίσαλο (m) (+ αν το κέντρο βάρους είναι πάνω από την ίσαλο, - αν είναι κάτω από αυτή)

$d =$  το μέσο βύθισμα αναφοράς του πλοίου (m)

$s =$  υπολογίζεται από τον πίνακα 3.2.2.3-4

Πίνακας 3.2.2.3-1 Τιμές για το  $X_1$

B/d	$X_1$
$\leq 2.4$	1.00
2.5	0.98
2.6	0.96
2.7	0.95
2.8	0.93
2.9	0.91
3.0	0.90
3.1	0.88
3.2	0.86
3.4	0.82
$\geq 3.5$	0.80

Πίνακας 3.2.2.3-3 Τιμές για το k

$A_k \cdot 100$	k
L·B	
0	1.00
1.0	0.98
1.5	0.95
2.0	0.88
2.5	0.79
3.0	0.74
3.5	0.72
$\geq 4.0$	0.70

Πίνακας 3.2.2.3-2 Τιμές για το  $X_2$

$C_B$	$X_2$
$\leq 0.45$	0.75
0.50	0.82
0.55	0.89
0.60	0.95
0.65	0.97
$\geq 0.70$	1.0

Πίνακας 3.2.2.3-4 Τιμές για το s

T	$X_2$
$\leq 6$	0.100
7	0.098
8	0.093
12	0.065
14	0.053
16	0.044
18	0.038
$\geq 20$	0.035

(οι ενδιάμεσες τιμές των πινάκων υπολογίζονται με γραμμική παρεμβολή)



$$\text{Περίοδος Περιστροφής } T = \frac{2C_B}{\sqrt{GM}} \text{ (s)}$$

$$\text{Όπου: } C = 0.373 + 0.023 (B/d) - 0.043 (L/100)$$

Τα σύμβολα στους παραπάνω πίνακες και στον τύπο για την περίοδο περιστροφής ορίζονται σύμφωνα με τα παρακάτω:

L = μήκος στην ίσαλο σχεδίασης του πλοίου (m)

B = πλάτος αναφοράς του πλοίου (m)

d = μέσο βύθισμα αναφοράς του πλοίου (m)

C<sub>B</sub> = συντελεστής γάστρας

A<sub>k</sub> = η συνολική επιφάνεια των bilge keels, ή η επιφάνεια του bar keel, ή το άθροισμα των επιφανειών αυτών

GM = μετακεντρικό ύψος διορθωμένο για ελεύθερες επιφάνειες

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες βασικές οδηγίες χρήσης του προγράμματος σε μορφή βημάτων. Ακολουθώντας αυτές τις οδηγίες ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει το λογισμικό που έχει αναπτυχθεί και να παράγει ένα πλοίο με τις επιθυμητές διαστάσεις και χαρακτηριστικά.

### Βήμα 1<sup>ο</sup>

Ο χρήστης ακολουθώντας την διαδρομή START/ALL PROGRAMS/ NAPA/ NAPA RELEASE 2006 ανοίγει το πρόγραμμα.

### Βήμα 2<sup>ο</sup>

Εμφανίζεται το basic window του προγράμματος NAPA. Θα πρέπει να επιλέξει το project NATASA, το οποίο περιέχει το λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία. Για το σκοπό αυτό πληκτρολογεί στο basic window Task?> pro NATASA

### Βήμα 3<sup>ο</sup>

Θα καθαριστεί η database του προγράμματος.

Από το basic window στην γραμμή εργαλείων στο Tools ανοίγουμε ένα νέο παράθυρο το Text Editor. Σε αυτό το νέο παράθυρο στο File/Open ανοίγουμε το Text Editor με το όνομα CLEAR.DB. Ο χρήστης τρέχει την υπορουτίνα, δηλαδή File/Run. Κλείνει το παράθυρο αυτό.

### Βήμα 4<sup>ο</sup>

Στην συνέχεια θα εισαχθούν τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί ο χρήστης να έχει το πλοίο.

Από το basic window στην γραμμή εργαλείων στο Tools ανοίγει ένα νέο παράθυρο το Text Editor. Σε αυτό το νέο παράθυρο στο File/Open ανοίγει το Text Editor με το όνομα VARIABLES. Εκεί βρίσκονται όλες οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εκτέλεση των διάφορων υπορουτινών. Ο χρήστης εισάγει τις επιθυμητές

τιμές για τις μεταβλητές (δίπλα από κάθε μεταβλητή υπάρχει μια επεξήγηση της, ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει και στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II για περισσότερες πληροφορίες) και τρέχει την υπορουτίνα. Κλείνει το παράθυρο αυτό και σώζει τις αλλαγές που έκανε.

### *A Τρόπος*

#### Βήμα 5<sup>ο</sup>

Στη συνέχεια θα αναπτυχθεί η γάστρα. Ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει ποια μέθοδο θα ακολουθήσει για την παραγωγή της γάστρας.

Σε περίπτωση που επιλέξει τον Μετασχηματισμό της γάστρας θα ανοίξει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει διαδοχικά τα αρχεία με τα ονόματα INIT\_HULLA, INIT\_HULLF και INIT\_HULLM και θα τα εκτελέσει. Στη συνέχεια θα ανοίξει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα HULL\_TRANSFORMATION. Στο DIMENSION θα πρέπει να επιλέξει μόνο τρεις μεταβλητές ανάμεσα στις 5 που δίνονται και τις υπόλοιπες να τις σβήσει. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει.

Σε περίπτωση που επιλέξει την Παραμετροποίηση της γάστρας θα ανοίξει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα HULLA. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Στη συνέχεια ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα HULLF. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Τέλος ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα HULLM. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει.

### Βήμα 6<sup>ο</sup>

Στη συνέχεια θα κατασκευάσουμε το εσωτερικό πλευρικό έλασμα.

Ο χρήστης ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα INNER\_HULL. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει.

### Βήμα 7<sup>ο</sup>

Δημιουργία των ορίων για τον ορισμό των χώρων του πλοίου.

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα COMPARTMENTATION. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Στο basic window εμφανίζονται κάποιες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του πλοίου.

### Βήμα 8<sup>ο</sup>

Δημιουργία των χώρων του πλοίου.

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα ROOMS. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Στο basic window εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά των δεξαμενών του πλοίου.

### Βήμα 9<sup>ο</sup>

Δημιουργία των χώρων του πλοίου.

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα SURFACE\_OBJECTS. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει.

### Βήμα 10<sup>ο</sup>

Υπολογισμός της ισχύος πρόωσης.

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα ISXIS\_PROWSIS. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Στο basic window εμφανίζονται τα αποτελέσματα ενώ σε ένα PLOT WINDOW εμφανίζεται το διάγραμμα της αντίστασης.

### Βήμα 11<sup>ο</sup>

Υπολογισμός του βάρους του άφορτου πλοίου.

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα STRUCTURAL. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Στο basic window εμφανίζονται τα βάρη των επιφανειών του πλοίου καθώς και το βάρος του άφορτου πλοίου.

### Βήμα 12<sup>ο</sup>

Ανάλυση του Πρόσθετου βάρους του πλοίου.

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα DWT. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Στο basic window εμφανίζονται τα βάρη που αποτελούν το πρόσθετο βάρος του πλοίου.

### Βήμα 13<sup>ο</sup>

Σύνθεση των Καταστάσεων Φόρτωσης.

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα LOADING\_CONDITIONS. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Στο basic window εμφανίζονται τα μεγέθη που υπολογίζονται στις διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.

#### Βήμα 14<sup>ο</sup>

Έλεγχος κριτηρίων ευστάθειας.

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα STABILITY\_CRITERIA. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Στο basic window εμφανίζονται τα αποτελέσματα από τα κριτήρια ευστάθειας.

#### Βήμα 15<sup>ο</sup>

Υπολογισμός της αντίστασης.

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα RESISTANCE. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Δεν σώζει τις πιθανές αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει. Στο basic window εμφανίζονται τα αποτελέσματα.

#### ***B Τρόπος***

Ανοίγει ένα νέο Text Editor και σε αυτό θα ανοίξει το αρχείο με το όνομα EXECUTE. Τρέχει την υπορουτίνα και κλείνει το παράθυρο αυτό. Σε αυτή την υπορουτίνα εκτελούνται αυτόματα οι υπορουτίνες που αναφέραμε στα παραπάνω βήματα. Για την παραγωγή της γάστρας επιλέγεται η μέθοδος της Παραμετροποίησης της γάστρας.

Για τον έλεγχο της γραμμή φόρτωσης ο χρήστης θα πρέπει να ανοίξει από το basic window στο Tools/Manager ένα νέο παράθυρο που λέγεται Manager. Εκεί από το File/Open θα επιλέξει να ανοίξει το Freeboard. Θα συμπληρώσει το πίνακα Initial Values. Στο Freeboard Deck επιλέγει το επίπεδο MD.PLA και επιλέγει ως τύπο πλοίου A Freeboard.