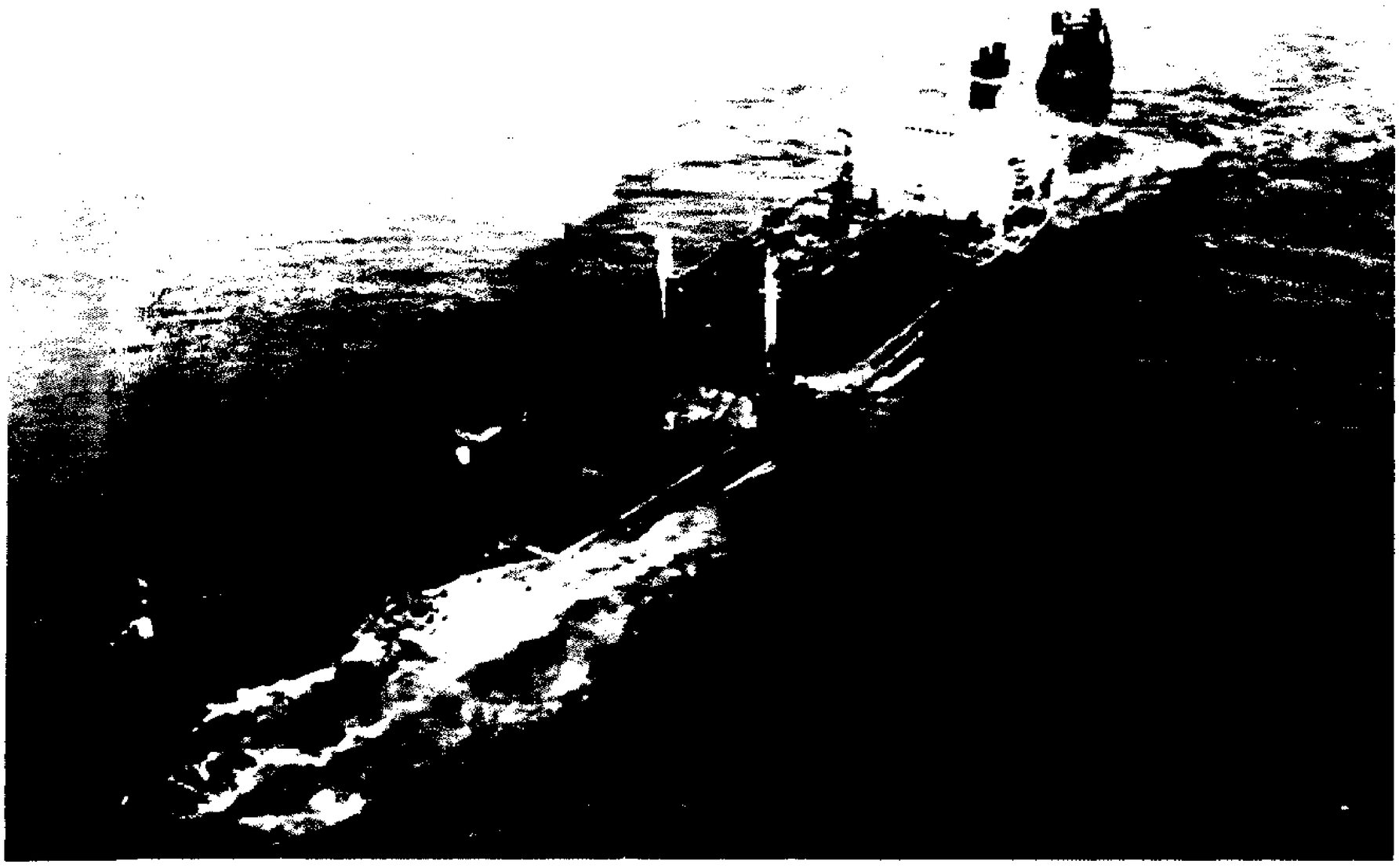
Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, 150.000 DWT, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ 23-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι, ΤΗΣ MARPOL"

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:
ΝΙΚΗ – ΚΥΡΙΑΚΗ ΤΣΑΠΡΑΖΗ

Α.Μ.: 07043



Επιβλέπων καθηγητής : *Πολίτης Κωνσταντίνος*

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

Στον παππού μου, που με έμαθε να κάνω όνειρα...
...και στον Βασίλη που με δίδαξε πως να τα πραγματοποιώ...

Πρόλογος :

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με ένα δεξαμενόπλοιο μεταφοράς αργού πετρελαίου, μεταφορικής ικανότητας 150.000 DWT και χωρίζεται σε τρία κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι αποτελεί μια προκαταρτική μελέτη σχεδιασμού του δεξαμενοπλοίου. Το δεύτερο κομμάτι είναι ο σχεδιασμός του υπό μελέτη πλοίου στον οποίο περιέχονται σχέδια αλλά και ανάπτυξη αυτού σε 3D μοντέλο. Τρίτο και τελευταίο στάδιο της παρούσας διπλωματικής ήταν η εφαρμογή του κανονισμού 23 του παραρτήματος I της Marpol και η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του πλοίου, σύμφωνα με τον κανονισμό που αναφέρεται στη μείωση της πιθανότητας εκροής πετρελαίου μετά από βλάβη και στην αύξηση της μεταφορικής ικανότητας του πλοίου (αύξηση του DWT).

Η εργασία μου βασίστηκε σε δεδομένα από ένα παρόμοιο πλοίο, μεταφορικής ικανότητας 159.000 DWT. Ο αρχικός στόχος αυτής της προμελέτης ήταν να προσδιοριστούν οι κύριες διαστάσεις, τα βάρη, η γραμμή φόρτωσης και άλλα χαρακτηριστικά για ένα βέλτιστο πλοίο. Οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των παραπάνω χαρακτηριστικών είναι κυρίως εμπειρικοί και ημι-εμπειρικοί. Στη δεύτερη φάση της εργασίας αυτής, προχώρησαμε στην ανάπτηξη του σχεδίου γενικής διάταξεις του πλοίου (G.A. Plan) και στην δημιούργια ενός 3D μοντέλου του πλοίου για τον υπολογισμό του όγκου του μεταφερόμενου φορτίου στις δεξαμενές. Στην συνέχεια, προχωρήσαμε στην εφαρμογή του κανονισμού 23, Παραρτήματος I - της Marpol, σύμφωνα με το σχεδιασμό και τη γενική διάταξη των δεξαμενών φορτίου του πλοίου. Στην τελευταία φάση της διατριβής έγινε μια προσπάθεια για τη βελτιστοποίηση της χωρητικότητας των δεξαμενών φορτίου (και άρα του DWT) σύμφωνα με τον κανονισμό 23. Αυτή η βελτιστοποίηση αναπτύχθηκε εξετάζοντας εναλακτικές γενικές διατάξεις των δεξαμενών φορτίου.

Συνοψίζοντας, ο κύριος στόχος της εργασίας μου ήταν η ανάπτυξη μιας διαδικασίας για την σχεδίαση ενός αποτελεσματικού και φιλικού προς το περιβάλλον δεξαμενοπλοίου με βέλτιστη μεταφορική ικανότητα (DWT). Η εφαρμογή αυτής της διαδικασίας σχεδιασμού είναι σε κάποιο βαθμό αυτοματοποιημένη και συνδυάζει τη χρήση του 3D σχεδιαστικού λογισμικού Rhinoceros για τη δημιουργία του 3D μοντέλου του πλοίου και τα προγράμματα α)Excel της Microsoft Office Suite και β)MATLAB για την αυτοματοποιημένη εκτέλεση των υπολογισμών που αναφέρονται στους κανονισμούς.

Abstract :

This thesis deals with a crude oil tanker, capacity 150.000 DWT and is divided into three parts. The first part is a preliminary design study of the tanker. The second part is the design of the study vessel which contained plans and development of the 3D model of the ship. Third and final stage of this project was the implementation of Regulation 23 of Annex I of Marpol and the optimization of the design of the ship in accordance with the regulation that refers to the reduction of the oil-outflow probability and the increasing of the cargo carrying capacity (increasing of DWT).

My study was based on data from a similar ship, capacity 159.000 DWT. The initial focus of this preliminary study was to identify the main dimensions, weights, load line and other characteristics for an optimal ship. The methods that have been used for the determination of the above characteristics were mainly empirical and semi-empirical. In the second phase of this work, we proceed to the design of the overall layout of the ship (GA Plan) and the creation of a 3D model of the ship that there designed for the estimation of the capacity of cargo tanks. Then, we proceeded to the implementation of Regulation 23, Annex I of Marpol, according to the design and the overall layout of the ship's cargo tanks. In the last phase of this study we attempt to optimize the capacity of cargo tanks (and the DWT) in accordance with Regulation 23. This optimization was developed considering Alternative arrangements of the cargo tanks.

In summary, the main objective of my work was to develop a process to design an efficient and environmentally friendly tanker with optimal capacity (DWT). The implementation of this planning process is somewhat automated and combines the use Rhinoceros 3D design software for creating 3D model of the ship and programs a) Excel of Microsoft Office Suite and b) MATLAB for automated execution of computations specified in the regulations.

Ευχαριστίες :

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Κωσταντίνο Πολίτη καθώς με την καθοδήγησή του, τις πολίτιμες γνώσεις του και την εμπειρία του με καθοδήγησε και μου έδωσε την ευκαιρία να πραγματοποιήσω με επιτυχία την συγκεκριμένη διπλωματική όπως επίσης και να αντλήσω πολλές γνώσεις.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω :

Τον καθηγητή μου κ. Κωσταντίνο Κώστα που με καθοδήγησε σε δύσκολα σημεία κατά την φάση του σχεδιασμού και αναδιάταξης του 3D μοντέλου του πλοίου.

Την συμφοιτήτριά μου Κόντου Ειρήνη για την βοήθεια και τις πληροφορίες που μου παρείχε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου που με στηρίζει και με καθοδηγεί σε όλη την διάρκεια της ζωής μου...

Πίνακας Περιεχομένων (Table of Contents)

Πρόλογος (σε Ελληνικά) 3

Πρόλογος (σε Αγγλικά) 4

Ευχαριστίες 5

Πίνακας Περιεχομένων 7

1 **Εισαγωγή** **9**

1.1 Εξέλιξη...Τύποι των πετρελαιοφόρων **9**

1.2 Κατηγορίες και Τύποι των Δεξαμενοπλοίων **13**

1.3 Η Κατανομή των Crude Oil Ships από το 2000 μέχρι και σήμερα **15**

2 **Προκαταρκτική Μελέτη και Σχεδίαση του πλοίου** **19**

2.1 Παρουσίαση των δεδομένων του πατρικού πλοίου **19**

2.2 Επιλογή κυρίων διαστάσεων του πλοίου **21**

2.2.1 Προεκτίμηση εκτοπίσματος Δ **30**

2.2.2 Προεκτίμηση L_{WL} L_{BP} L_{OA} **31**

2.2.2.1 Έλεγχοι ως προς τα μήκη που έχουμε καταλήξει **39**

2.2.3 Υπολογισμός συντελεστή γάστρας C_B **39**

2.2.4 Υπολογισμός Πλάτους B και Βυθίσματος T **45**

2.2.5 Έλεγχος Εκτοπίσματος Δ **50**

2.2.6 Υπολογισμός του κοίλου D **51**

2.2.7 Υπολογισμός Συντελεστή Μέσης Τομής C_M **55**

2.2.8 Υπολογισμός του Πρισματικού Συντελεστή C_P **56**

2.2.9 Υπολογισμός Συντελεστή Ισάλου C_{WP} **56**

2.2.10 Υπολογισμός του Κάθετου Πρισματικού Συντελεστή C_{VP} **58**

2.2.11 Υπολογισμός Ισχύς Πρόωσης (BHP = Brake Horse Power) **58**

2.2.12 Συνοπτική παρουσίαση κυρίων διαστάσεων από την προμελέτη του πλοίου **62**

3 **Προκαταρκτικός Υπολογισμός Βαρών** **63**

3.1 Προκαταρκτική Μελέτη Βαρών του πατρικού πλοίου **63**

3.1.1 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Άφορτου πλοίου (W_{LS}) του πατρικού πλοίου .. **65**

3.1.1.1 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής (WST) του πατρικού πλοίου **66**

3.1.1.2 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Εξοπλισμού (W_{OT}) του πατρικού πλοίου **79**

3.1.1.3 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης (WM) του πατρικού πλοίου **83**

3.1.2 Εκτίμηση του λόγου: $\lambda = W_{LS}^{ACT} / W_{LS}^{TH}$ **88**

3.2 Προκαταρκτική Μελέτη Βαρών του υπό μελέτη πλοίου με εμπειρικές και ημι-εμπειρικές μεθόδους **89**

3.2.1 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Άφορτου πλοίου (W_{LS}) του υπό μελέτη πλοίου **89**

3.2.1.1 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής (W_{ST}) του υπό μελέτη πλοίου..... **90**

3.2.1.2 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Εξοπλισμού (W_{OT}) του υπό μελέτη πλοίου..... **105**

3.2.1.3 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης (W_M) του υπό μελέτη πλοίου..... **108**

3.2.2 Εκτίμηση του W_{LS} του υπό μελέτη πλοίου..... **111**

3.3 Έλεγχος Εκτοπίσματος..... **112**

4 **Υπολογισμός Γραμμής Φορτώσεως του υπό μελέτη πλοίου**..... **113**

5 **Παρουσίαση των κύριων χαρακτηριστικών και λοιπών στοιχείων του υπό μελέτη πλοίου**..... **129**

6 **Ανάπτυξη Σχεδίων και 3D Μοντέλων του πατρικού και του υπό μελέτη πλοίου**..... **129**

6.1 Ανάπτυξη του Σχεδίου Γραμμών (Lines Plan) του υπό μελέτη πλοίου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Rhinoceros 4.0..... **129**

6.2 Ανάπτυξη του σχεδίου Γενικής Διάταξης (General Arrangement Plan) του υπό μελέτη πλοίου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Rhinoceros 4.0 **135**

6.3 Ανάπτυξη του 3D μοντέλου του πατρικού πλοίου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Rhinoceros 4.0..... **138**

6.4 Ανάπτυξη του 3D μοντέλου του υπό μελέτη πλοίου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Rhinoceros 4.0..... **159**

7 **Η Διεθνής σύμβαση της Marpol και η εφαρμογή του κανονισμού 23**..... **168**

7.1 Λίγα Λόγια για την Marpol : Η διεθνής σύμβαση MARPOL 1973/78 122..... **168**

7.2 Οι κανονισμοί της MARPOL..... **172**

7.3 Τα παραρτήματα της MARPOL 73/78 ..... **172**

7.4 Η θαλάσσια ρύπανση από τα ατυχήματα των εμπορικών πλοίων..... **174**

7.5 Ποσότητες διαρροής πετρελαίου **186**

7.6 Κανονισμός 23 της Marpol..... **188**

7.6.1 Regulation 23 /Κανονισμός 23 - Απόδοση ακούσιας εκροής πετρελαίου..... **189**

7.6.2 Προγραμματισμός του Regulation 23 στο πρόγραμμα MATLAB..... **199**

7.7 Αναλυτική παρουσίαση των εξεταζόμενων περιπτώσεων εφαρμογής του Regulation 23- Annex 1 – Chapter 4, της Marpol..... **201**

7.7.1 Case Study 1 – Εφαρμογή του κανονισμού στο πατρικό πλοίο..... **201**

7.7.2 Case Study 2 – Εφαρμογή του κανονισμού στο υπό μελέτη πλοίο (6x2)..... **204**

7.7.3 Case Study 3: A΄ Εναλλακτική σχεδίαση – Μετατόπιση των εγκαρσίων φραχτών κατά το διάμηκες (6x2)..... **207**

7.7.4 Case Study 4: B' Εναλλακτική σχεδίαση – Προσθήκη επιπλέον εγκάρσιας φραχτής (7x2)..... **211**

7.8 Γενικά Συμπεράσματα – Μελλοντικές Βελτιώσεις – Τροποποιήσεις..... **215**

Βιβλιογραφία..... **217**

Σχέδια..... **218**

1. Εισαγωγή :

1.1 Εξέλιξη...Τύποι των πετρελαιοφόρων:

Στα μέσα του 19ου αιώνα, το αργό πετρέλαιο μεταφερόταν με συμβατικά πλοία, στοιβαγμένο σε βαρέλια. Λέγεται ότι οι ναυτικοί εκείνης της εποχής δεν ήταν καθόλου πεπεισμένοι για τη μεταφορά αυτού του τύπου του προϊόντος σε συμβατικά πλοία και ξύλινα βαρέλια, καθώς φοβούνταν την πιθανότητα εκρήξεων και πυρκαγιών.

Η ζήτηση για αυτό το είδος καυσίμου ήταν χαμηλή και περιοριζόταν κυρίως στην παροχή καυσίμου για λαμπτήρες μέχρι την στιγμή που εφευρέθηκαν οι μηχανές ντίζελ και γενικά οι μηχανές εσωτερικής καύσης, δηλαδή όταν η κατανάλωση πετρελαίου αυξήθηκε σημαντικά.

Κατά το 1861, ένας εξαγωγέας από τη Φιλαδέλφεια ήταν υπεύθυνος για την πρώτη εξαγωγή αργού πετρελαίου στο Λονδίνο, με ένα συμβατικό δεξαμενόπλοιο, το "Elizabeth Watts" με χωρητικότητα 224 τόνους. Το σκάφος αυτό, μετέφερε 1.329 βαρέλια πετρελαίου και το φορτίο έφτασε με ασφάλεια στο λιμάνι προορισμού του.

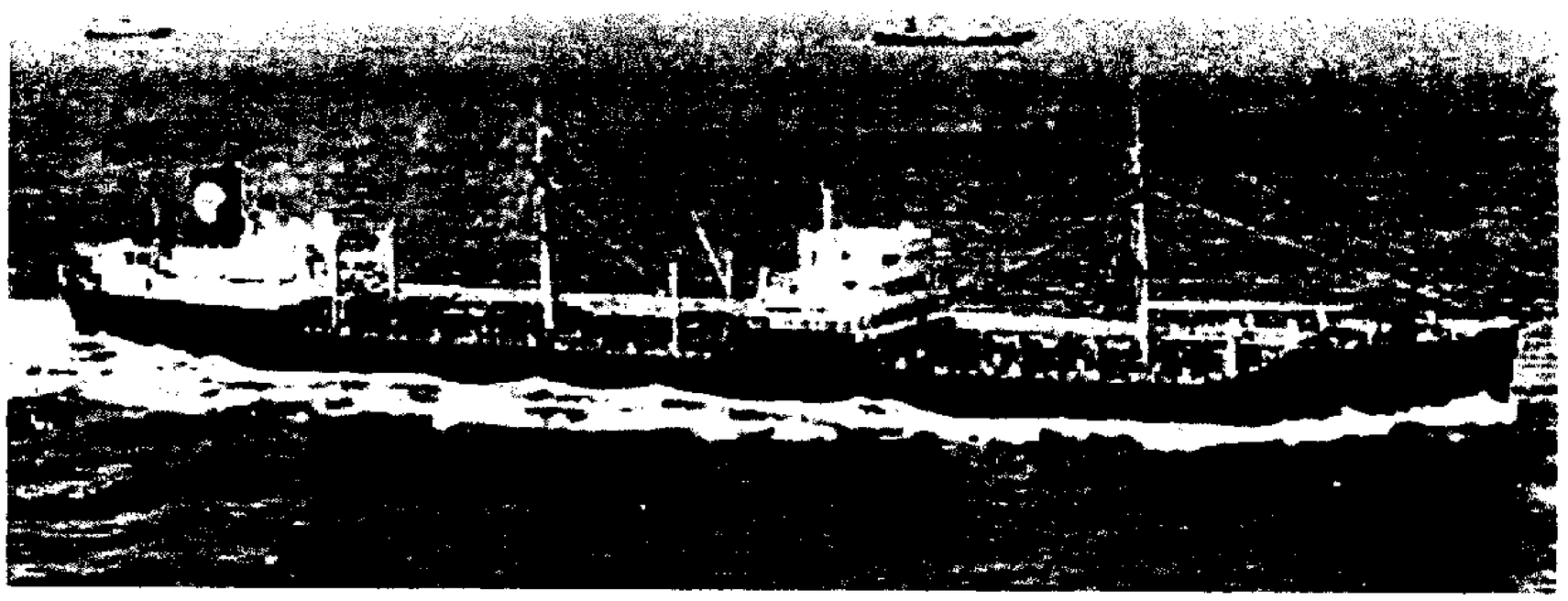
Το Gluckauf χτίστηκε στην Αγγλία, κατά το 1886, με χωρητικότητα 2.297 τόνους. Η κλίνη του, στην οποία κατασκευάστηκε, θεωρείται η πρώτη που κατασκεύασε πλοίο για τη μεταφορά αργού πετρελαίου χύμα σε μεγάλες, διαχωρισμένες δεξαμενές, και ήταν επιπλέον, το πρώτο πετρελαιοφόρο που "νηολογήθηκε" από νηογνώμονα (Bureau Veritas). Αυτό το πλοίο αποτελεί το πρωτότυπο του σύγχρονου πετρελαιοφόρου. Το Gluckauf σηματοδότησε την έναρξη μιας νέας εποχής στην μεταφορά αργού πετρελαίου. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε μόλις είκοσι χρόνια, μεταξύ 1886 και 1906, το 99% του συνόλου των μεταφορών πραγματοποιήθηκε με αυτόν τον εξειδικευμένο τύπο σκάφος. Το 1892, το Murex παραδόθηκε στους ιδιοκτήτες του (στην εταιρία Samuel & Samuel, η οποίος αργότερα μετονομάστηκε σε Shell Oil !). Αυτό το πετρελαιοφόρο ήταν το πρώτο που διέσχισε το κανάλι του Σουέζ. Το Gluckauf απέπλευσε για λίγα μόνο χρόνια. Το 1893 ναυάγησε εν μέσω πυκνής ομίχλης στο Fire Island (Νέα Υόρκη), όπου και βυθίστηκε.

Gluckauf - (1886-1893)[2]

Μία από τις πρώτες ναυτιλιακές εταιρείες που ειδικεύθηκαν στη μεταφορά αργού πετρελαίου ήταν η Branobel, η οποία ιδρύθηκε το 1876 από τον Ludwig και ο Robert Nobel (ήταν αδέλφια του ατόμου που ανακάλυψε τον δυναμίτη και δημιουργός των βραβείων Νόμπελ).) Οι αδελφοί Νόμπελ ήταν οι πρώτοι που σχεδίασαν και να κατασκεύασαν πετρελαιοφόρα. Ένα από τα πλοία τους, το Nordenskjold εξερράγη στο λιμάνι του Μπακού, το 1881, με φορτίο κηροζίνης. Το πρώτο ισπανικό πετρελαιοφόρο ήταν το Cadagua (4000 τόνοι), το οποίο νηολογήθηκε στο Μπιλμπάο και επιχειρούσε μεταξύ των ΗΠΑ και του Μπιλμπάο (Zorroza Terminal).

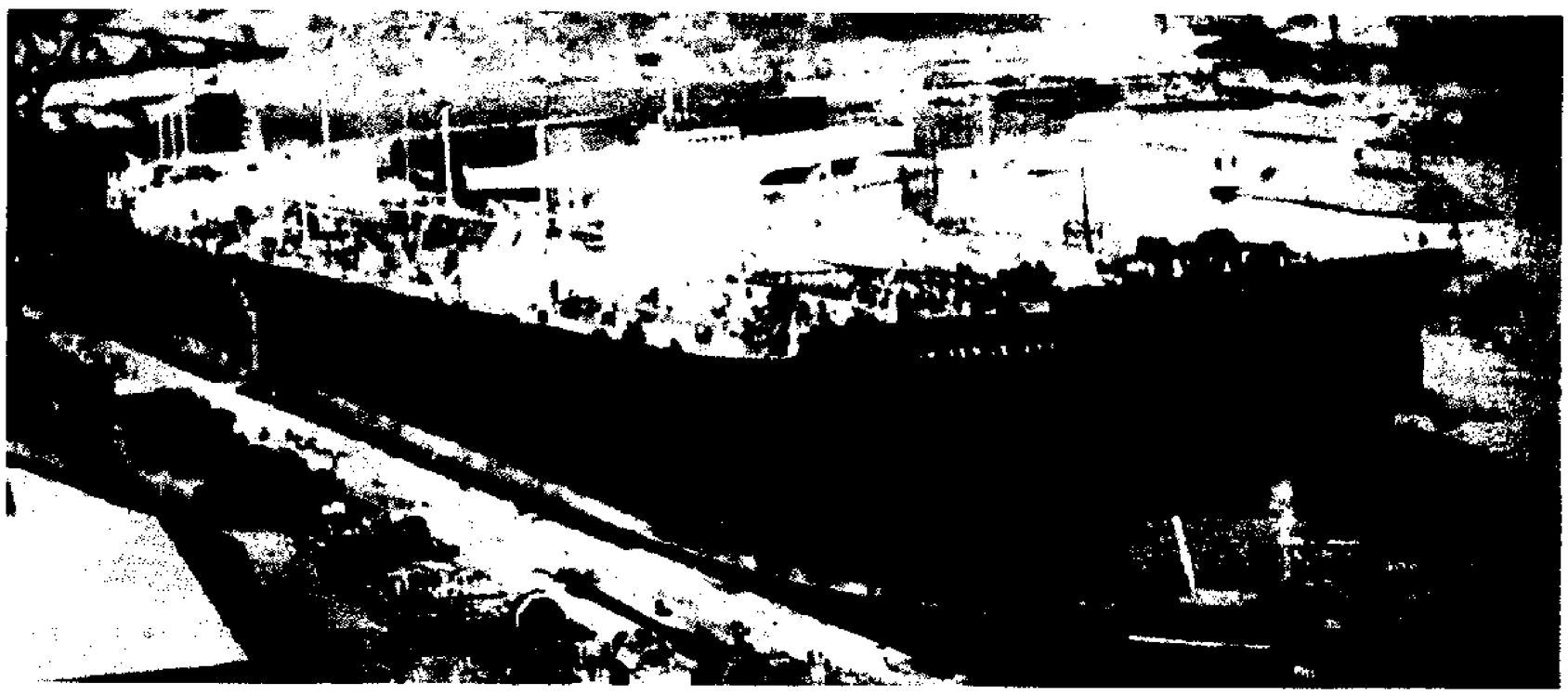
Οι σημαντικές επενδύσεις κεφαλαίου που απαιτούνται για την οικοδόμηση αυτών των τεράστιων πλοίων σε συνδιασμό με την αναζήτηση για μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα και τις δυνατότητες που προσφέρονται από την άποψη της λειτουργίας κατά τη διάρκεια αυτών των ετών οδήγησε στη δημιουργία συνδυασμένων τύπων πλοίων, δηλαδή, σκαφών που μπορούν να μεταφέρουν μεταλλεύματα, πετρέλαιο και ξηρό χύδην προϊόντα. Αυτά ήταν τα λεγόμενα OBO (Oil-Bulk Carriers-Ore) .

Η τυποποίηση των πετρελαιοφόρων δεν πραγματοποιήθηκε μέχρι τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμος. Κατά τη διάρκεια του πολέμου, οι ΗΠΑ σχεδίασαν το τυπικό Τ2 πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, με νεκρού βάρους 16.400 τόνους. Ένα σύνολο από 620 πλοία χτίστηκαν και μετά τον πόλεμο, πολλά από οποία πουλήθηκαν. Τα περισσότερα από αυτά συνέχισαν να λειτουργούν μέχρι και το τέλος της δεκαετίας του 1960, με κάποια να συνεχίζουν μέχρι και τη δεκαετία του 1980, για παράδειγμα, το "Caltex Utrecht", το οποίο αποσύρθηκε από τη λειτουργία του το 1981.



The *Caltex Utrecht* was withdrawn from operation in 1981.[4]

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1950, η ζήτηση για περισσότερα και μεγαλύτερης χωρητικότητας πετρελαιοφόρα οδήγησε την χωρητικότητα τους να αυξάνεται χρόνο με το χρόνο και το 1959, για πρώτη φορά, οι 100.000 τόνοι υπερβήθηκαν, με την κατασκευή του "Universe Apollo", το οποίο είχε χωρητικότητα 114.356 τόνους. Αυτό το σκάφος κατασκευάστηκε με σκοπό τη μεταφορά αργού πετρελαίου από τη Μέση Ανατολή προς την Ευρώπη μέσω του Ακρωτηρίου της Καλής Ελπίδας. Θα πρέπει να πούμε ότι η κατασκευή των σκαφών αυτών δεν παρουσίασαν τεχνικά προβλήματα, και τα σχέδια ήταν σχετικά απλά, χωρίς καμία σχετική τεχνική πολυπλοκότητα.



Universe Apollo[5]

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, οι ναυτιλιακές εταιρείες άρχισαν να εφαρμόζουν μια κλιμακούμενη οικονομική πολιτική, με πετρελαιοφόρα των 200.000 τόνων. Το 1980 ένα πετρελαιοφόρο 200.000 τόνων απαιτούσε ένα πλήρωμα με 24 άνδρες, ενώ το Τ2 απαιτούσε 45, (2,7 φορές περισσότερη δύναμη και τη μεταφορά 4,3 φορές περισσότερου φορτίου), έτσι για άλλη μια φορά το όριο είχε τεθεί από την φύση , καθώς τα περισσότερα στενά και τα κανάλια δεν χωρούσαν σκάφη με περισσότερο από 250.000 τόνους, (την εποχή εκείνη, η διώρυγα του Σουέζ και τα στενά της Malacca και του Βοσπόρου διαπερνούσαν σκάφη μέχρι και 70.000 τόνων).

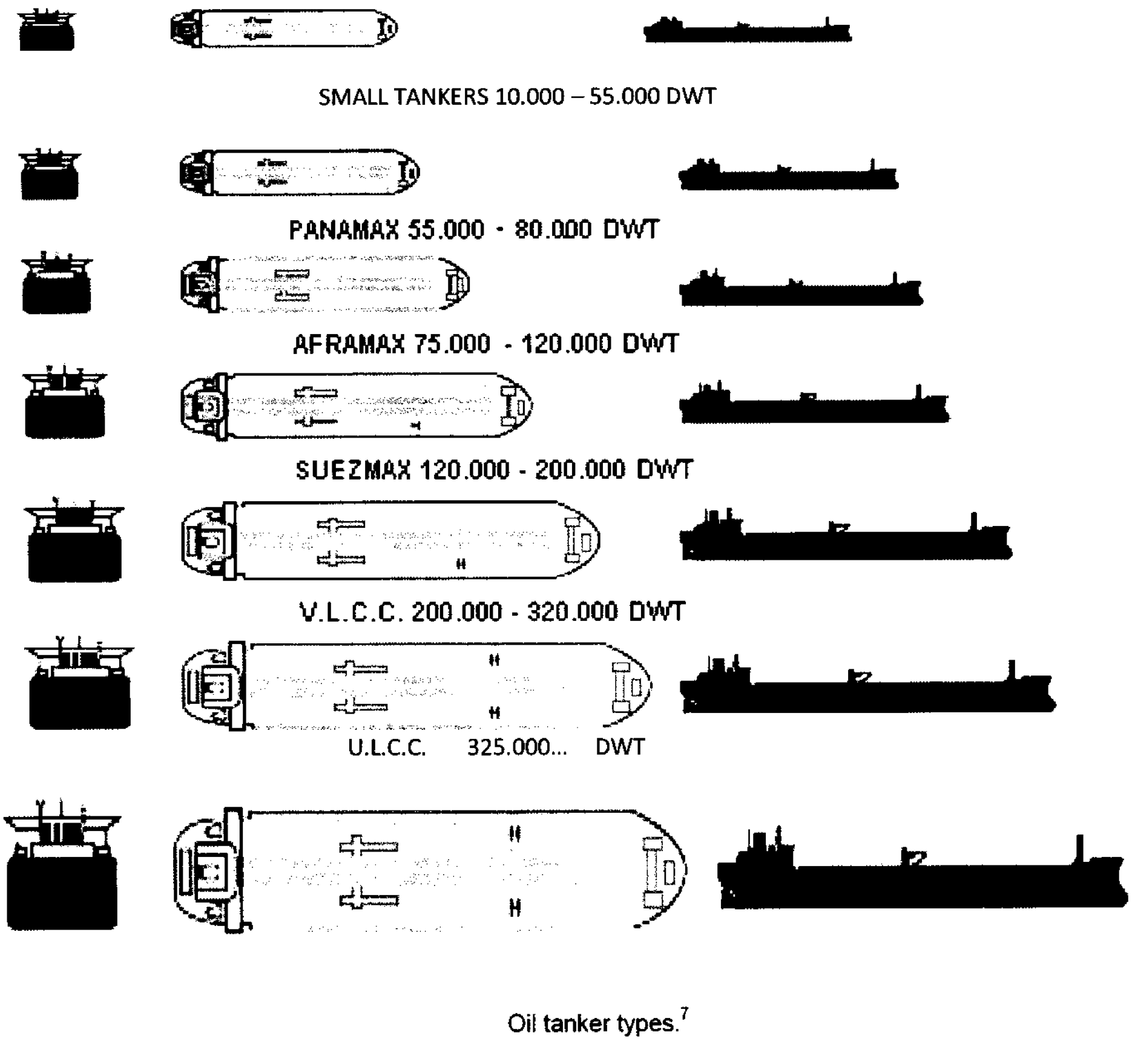
Ένας άλλος παράγοντας που είχε επίδραση στην τεράστια αύξηση του μεγέθους των δεξαμενόπλοια ήταν το κλείσιμο της διώρυγας του Σουέζ το 1956 και το 1967, το οποίο έκανε αναγκαία τη μεταφορά αυτών και άλλων προϊόντων μέσω του Ακρωτηρίου της Καλής Ελπίδας (γεγονός που καθιστά απαραίτητο στα πλοία να πλέσουν γύρω από το Κέρας της Αφρικής), στη συμβολή του Ινδικού και του Ατλαντικού Ωκεανού. Η απόσταση αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που χρησιμοποιούσαν συνήθως.

Η πετρελαϊκή κρίση του 1973 οδήγησε σε περαιτέρω αύξηση της χωρητικότητας των πετρελαιοφόρων, με αποτέλεσμα να χτιστούν πλοία 300.000 τόνων, και όλα αυτά τελικά οδήγησαν σε μια ατελείωτη σπείρα ανάπτυξης που έφτασε στο αποκορύφωμά της με την κατασκευή του «Jahre Viking" στην Ιαπωνία, το 1979. Αυτό ήταν ο μεγαλύτερο πετρελαιοφόρο στην ιστορία, βάρους 564.763 DWT, με μήκος 458,45 m, πλάτους 68,86 m, και κοίλο 24.61m.

Jahre Viking

1.2 Κατηγορίες και Τύποι των Δεξαμενοπλοίων:

Σήμερα τα δεξαμενόπλοια χρησιμοποιούνται κυρίως για μεταφορά αργού πετρελαίου, και κατηγοριοποιούνται σε τύπους με βάση το εκτόπισμα τους. Οι κύριοι τύποι αυτών των πλοίων είναι:



Oil tanker types.[7]

Small Tankers: Το μικρότερο σε μέγεθος δεξαμενόπλοιο της αγοράς, ανήκουν κυρίως πλοία product και chemical tankers (κυμαίνεται μέχρι και 10.000 MT (DWT)).

Handysize : Το δεύτερο σε μέγεθος δεξαμενόπλοιο της αγοράς, αποτελείται και αυτό κυρίως από chemical και product tankers. Έχει βύθισμα περίπου 10 m και παρουσιάζει σχετικά υψηλές ταχύτητες (κυμαίνεται από 10.000 έως 30.000 MT (DWT)).

Handymax : Chemical και Product Tanker υπάρχουν σε αυτή την κατηγορία των πλοίων με μήκος περίπου 180 m (κυμαίνεται από 30.000 έως 55.000 MT (DWT)).

Panamax: Το μεγαλύτερο σε μέγεθος δεξαμενόπλοιο το οποίο μπορεί να περάσει από το κανάλι του Παναμά (κυμαίνεται από 55.000 και 75.000 MT (DWT)).

Aframax: Αυτό είναι ένα μέγεθος δεξαμενοπλοίου που χρησιμοποιεί το Average Freight Rate Assessment για να υπολογίσει το κόστος μεταφοράς (κυμαίνεται απο 75.000 έως και 120.000 MT (DWT)).

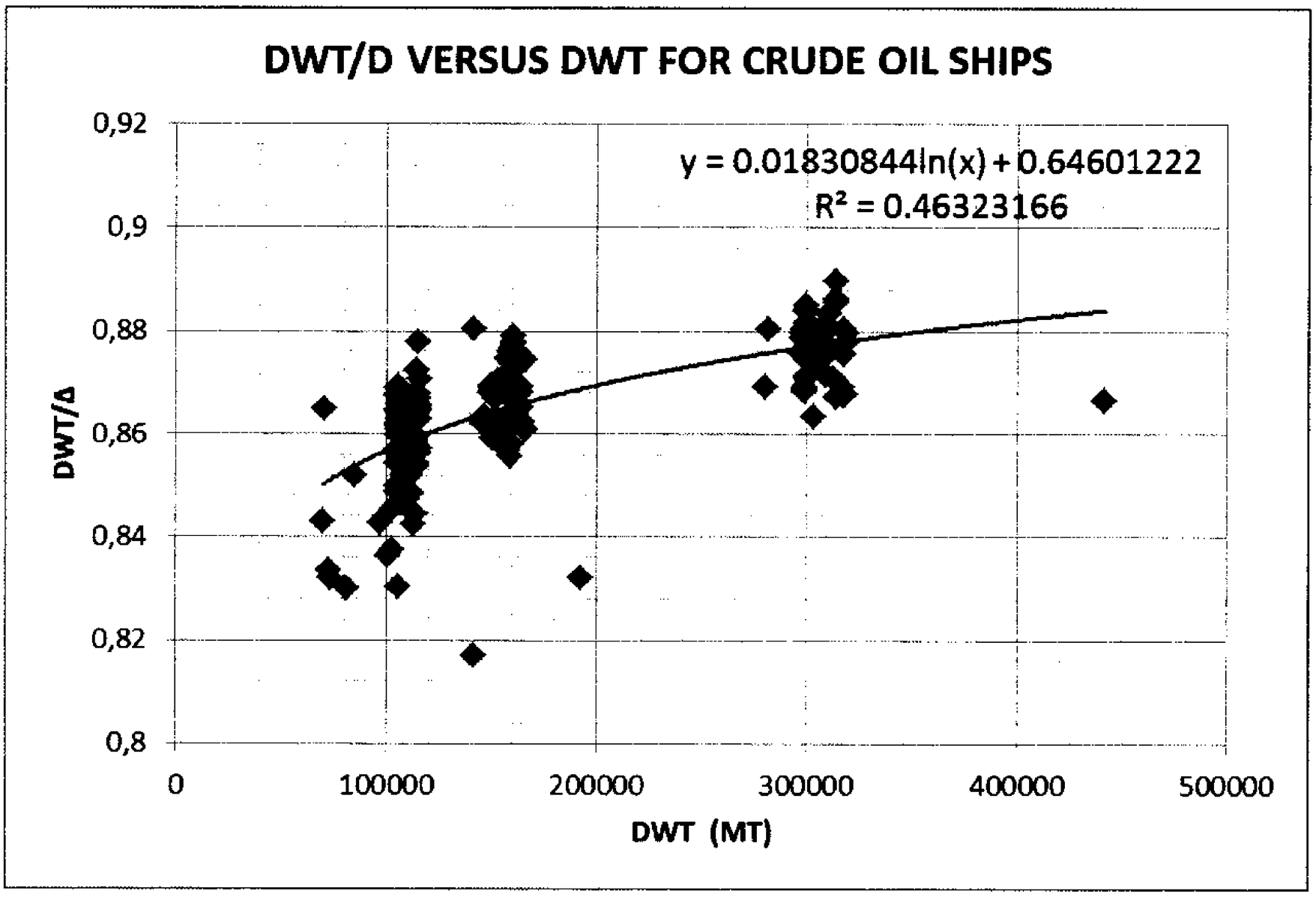
Suezmax: Το μεγαλύτερο σε μέγεθος δεξαμενόπλοιο το οποίο μπορεί να περάσει από το κανάλι του Σουέζ (κυμαίνεται από 120.000 έως 200.000 MT (DWT)).

Very Large Crude Carrier (VLCC): Ένα τεράστιο σε μέγεθος δεξαμενόπλοιο (κυμαίνεται από 200.000 έως 325.000 MT (DWT)).

Ultra Large Crude Carrier (ULCC): Ένα δεξαμενόπλοιο με χωρητικότητα άνω των 325.000 MT (DWT). Τέτοια πλοία σπάνια χτίζονται και τα περισσότερα έχουν να σταματήσει διότι θεωρούνται ασύμφορα.

1.3 Η Κατανομή των Crude Oil Ships από το 2000 μέχρι και σήμερα:

Εκτός όμως από την κατηγοριοποίηση των δεξαμενοπλοίων σημαντικό είναι να κατανοήσουμε και τον πλήθος των πλοίων σε κάθε κατηγορία αλλά και τους λόγους για τους οποίους τα δεξαμενόπλοια παρουσιάζουν όπως θα δούμε παρακάτω κάποιου είδους ιδιομορφία όσον αφορά τον αριθμό τους με βάση το dwt τους.



Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζεται η συλλογή των παρόμοιων πλοίων που συλλέξαμε για την προμελέτη του νέου μου πλοίου. Για την συλλογή των παρόμοιων πλοίων μας συλλέξαμε ένα εύρος πλοίων από 3.500 dwt μέχρι 440.000 dwt περίπου. Η διασπορά όμως των πλοίων δεν ήταν ομοιόμορφη αλλά κινούνταν σε κάποια εύρη τιμών κάθε φορά. Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται καθαρά αυτή η ανομοιογενής διασπορά των πλοίων.

Αυτή η διαμόρφωση των τιμών στο Dwt των πλοίων από το 2000 και μετά μέχρι και σήμερα οφείλεται κατά κανόνα στην οικονομική κατάσταση της ναυτιλίας την τελευταία δεκαετία και στους άτυπους κανόνες που επέβαλαν τα ναυπηγεία κατά την δημιουργία ενός πλοίου.

Έτσι τα τελευταία χρόνια η ναυτιλία γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη φτάνοντας περίπου το 2008 σε πάρα πολύ καλά επίπεδα. Οι παραγγελίες για την ναυπήγιση νεότευκτων πλοίων ήταν πολλές και έτσι τα ναυπηγεία έκλειναν πολλές παραγγελίες για νέες κατασκευές. Αυτή η ανάγκη για την ναυπήγηση πολλών πλοίων σε μικρό χρονικό διάστημα σε συνδιασμό με την φιλιδοξία των εκάστοτε ναυπηγείων για την βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας οδήγησε στην τυποποίηση των σχεδίων πλοίων καθώς και την ναυπηγισής τους στα ναυπηγεία. Το αποτέλεσμα ήταν να δημιουργούνται πολλά αδερφά σχεδόν πλοία γύρω από κάποιο εύρος τιμών και να εμποδίζεται η δημιουργία ολοκληρωτικά καινούργιων σχεδίων πλοίων. Οι πλοιοκτήτες δεν μπορούσαν να προτείνουν ένα καινούργιο σχέδιο πλοίου διότι τα ναυπηγεία θα χρονοτριβούσαν με αποτέλεσμα να ζητάν πολύ περισσότερα χρήματα για την πραγματοποίηση αυτής της απαίτησης. Οι πλοιοκτήτες επιλέγαν κάποιο "μοντέλο" του πλοίου που περίπου τους ενδιέφερε από μια "γκάμα" πλοίων που το κάθε ναυπηγείο πρότεινε. Τα σχέδια, ο χρόνος ναυπήγησης, η τιμή και η ημερομηνία παράδοσης ήταν έτοιμα και τυποποιημένα για κάθε πλοίο.

Παρ' όλ' αυτά σήμερα διανύουμε μια μεταβατική περίδο στην ναυτιλία αφού και αυτή έχει επηραστεί από την παγκόσμια οικονομική κρίση κατά ένα μεγάλο ποσοστό. Έτσι, τα ναυπηγεία μην έχοντας πια τόσες πολλές παραγγελίες έχουν αρχίσει και υπακόουν τις επιθυμίες των πελατών τους (πλοιοκτήτες) ξεπερνώτας το σύστημα της τυποποιημένης ναυπήγισης που επικρατούσε από το 2000 και μετά. Έτσι πλέον επιλέγονται νέα σχέδια, μελετώνται νέες κατασκευές και η διασπορά των πλοίων ξεπερνά τα εύρη τιμών που υπήρχαν μέχρι σήμερα.

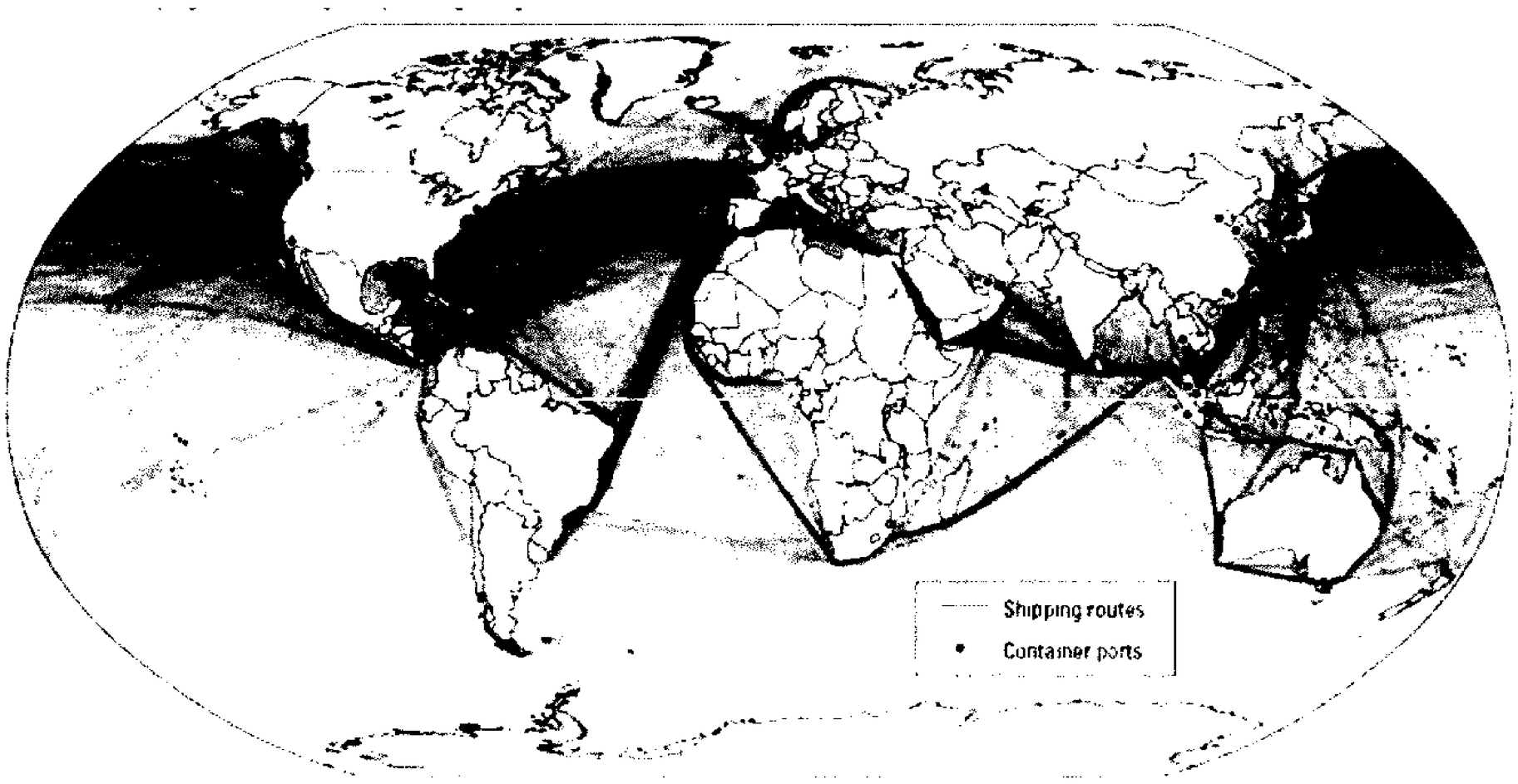
Πέρα όμως από τις προσταγές της αγοράς που διαμορφώνουν πολλές φορές την πολιτική μελέτης και ανέγερσης ενός πλοίου στα εκάστοτε ναυπηγεία, άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η τεχνολογία. Έτσι τα σύγχρονα ναυπηγεία που συνεργάζονται με ερευνητικά κέντρα και πανεπιστήμια εισαγάγουν στα πλοία τους νέες τεχνολογίες προσαρμοσμένες τέλεια σε κάποια συγκεκριμένα μοντέλα πλοίων ώστε να έχουν την βέλτιστη απόδοση. Κάτω από αυτή την διαδικασία δημιουργήθηκε στα ναυπηγεία τα τελευταία 40 χρόνια τα λεγόμενα "Standard Ships" (S/S). Αυτό σημαίνει ότι ένα σημαντικός αριθμός πλοίων έχει ναυπηγηθεί σύμφωνα με την ίδια μελέτη, με τα ίδια σχέδια και με τις ίδιες προδιαγραφές. Έτσι, κάθε S/S έχει τις ίδιες κύριες διαστάσεις, το ίδιο σχήμα γάστρας, την ίδια ισχύ, την ίδια υπηρεσιακή ταχύτητα και παρόμοια σχέδια χώρων ενδιαίτησης και πλοήγησης. Σήμερα υπάρχουν πολλοί κατάλογοι με S/S πλοία. Λόγω της συνεχής βελτίωσης της τεχνολογίας στο πέρασμα των χρόνων υπάρχουν σήμερα $3^{ης}$ και $4^{ης}$ γενιάς πλοία που τα πατρικά τους ήταν τα πρώτα S/S που δημιουργήθηκαν.

Τα πλεονεκτήματα αυτών των πλοίων είναι τα παρακάτω :

1. Το dwt του πλοίου και υπηρεσιακή ταχύτητα έχει ήδη μελετηθεί και επιτευχθεί με επιτυχία στο παρελθόν.
2. Τα διάφορα tests πάνω στο μοντέλο του πλοίου έχουν ολοκληρωθεί με επιτυχία και η συγκεκριμένη ενέργεια έχει πληρωθεί.
3. Το βιβλίο παραγγελιών για την απαιτούμενη ποσότητα χάλυβα και το χτίσιμο του πλοίου έχουν οριστικοποιηθεί.
4. Το πρόγραμμα ναυπήγησης του πλοίου από το στάδιο 0 μέχρι και την παράδοση του πλοίου είναι ήδη διαμορφωμένο μέχρι την παραμικρή λεπτομέρεια.
5. Όλοι οι υπολογισμοί και τα σχέδια είναι έτοιμα και τελειωμένα.
6. Όλες οι αυτοματοποιημένες μηχανές κοπής στο σημείο της προκατασκευής είναι έτοιμες και κατάλληλα προγραμματισμένες για να εκτελούν συγκεκριμένες κινήσεις.
7. Όλα τα σχέδια έχουν ολοκληρωθεί και επιθεωρηθεί από τον εκάστοτε Νηοηνόμωνα.
8. Ένας πλοιοκτήτης έχει το δικαίωμα να ζητήσει κάποιες αλλαγές σε ένα αρχικό S/S. Αυτό μπορεί να είναι η τοποθέτηση μια μηχανής Diesel διαφορετικού μοντέλου ή κατασκευαστή από το προβλεπόμενο. Όταν συμβεί κάτι τέτοιο τότε το ναυπηγείο διαπραγματεύεται εκ νέου το τελικό κόστος και την ημερομηνία παράδοσης με τον πλοιοκτήτη.
9. Οι δοκιμές στην θάλασσα και η ημερομηνία παράδοσης μπορούν να δοθούν με πολύ μεγάλη βεβαιότητα.
10. Βασισμένη στην επαναλαμβανόμενη ναυπήγηση ενός πλοίου, η παράδοση του πλοίου γίνεται πολύ πιο γρήγορα σε συνδιασμό με αποδοτικότερη και ποιοτικότερη εργασία των εργαζομένων του ναυπηγείου.
11. Ένας πλοιοκτήτης μπορεί να συμβουλευτεί άλλους πλοιοκτήτες που έχουν ήδη στην κατοχή τους ένα S/S για τις αποδόσεις του, τυχόν προβλήματα που παρουσιάζει κ.τ.λ.
12. Όταν υπάρχουν πολλά μοντέλα ενός ίδιου τύπου πλοίου η εύρεση ανταλλακτικών είναι πολύ πιο εύκολη και γρήγορη.

Βέβαια η διαμόρφωση της διασποράς των πλοίων δεν οφείλεται μόνο στην τυποποίηση των μοντέλων των πλοίων από τα ναυπηγεία λόγω της οικονομικής ανάπτυξης της ναυτιλίας. Ένα ακόμα κριτήριο είναι η διαμόρφωση των πλόων σήμερα και τα επίπεδα πετρελαίου στις διάφορες πετρελαιοπηγές του κόσμου. Έτσι, οι ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας για μεγαλύτερη χρήση των αποθεμάτων πετρελαίου δημιούργησε την ανάγκη για δημιουργία μεγαλύτερων δεξαμενοπλοίων αυξάνοντας κατά πολύ το μεγεθός τους. Βέβαια πρέπει σε αυτό το σημείο να τονιστεί ότι αυτή η τάση για δημιουργία όλο και μεγαλύτερων δεξαμενοπλοίων τείνει να σταματήσει μιας και τα παγκόσμια αποθέματα ολοένα και ελαττώνονται. Έτσι, η εξόριση πετρελαίου μεγάλων ποσοτήτων σε μικρό χρονικό διάστημα δεν ευννοεί την αγορά αν αναλογιστεί κανείς τις οικονομικές διακυμάνσεις στις τιμές του πετρελαίου καθημερινά. Τα νέα δεδομένα λοιπόν απαιτούν μικρότερης χωρητικότητας πλοία ρίχνοντας έτσι τις τιμές του dwt των δεξαμενοπλοίων.

Παρακάτω παραθέτονται τα αποθέματα πετρελαίου σε παγκόσμια κλίμακα.



Sources: Data from the World Meteorological Organization (WMO) Voluntary Observing Ships (VOS) scheme, processed by Halpern and others 2008
Note: Container ports shown are the 20 largest by TEU of total containers handled in 2005 (Heideloff and Zachcial 2006)

2. Προκαταρκτική Μελέτη και Σχεδίαση του πλοίου:

Πρώτο στάδιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη και σχεδίαση ενός νέου πλοίο μεταφοράς αργού πετρελαίου (Crude Oil Ship) με μεταφορική ικανότητα 150.000 DWT και υπηρεσιακή ταχύτητα 15,4 knots.

2.1 Παρουσίαση των δεδομένων του πατρικού πλοίου:

Κατά την εκπόνηση της προμελέτης μας, χρησιμοποιήσαμε (εκτός από ένα εύρος ομοίων πλοίων από τα οποία χρησιμοποιήσαμε τα γενικά χαρακτηριστικά τους και τις κύριες διαστάσεις τους) τα χαρακτηριστικά ενός ομοίου πλοίου, με βάση το οποίο έγινε η σχεδίαση του δικού μας νέου πλοίου που μελετήσαμε και σχεδιάσαμε.

Αυτό το αρχικό-πατρικό πλοίο χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως μέτρο σύγκρισης των αποτελεσμάτων για τις υπολογιστικές διαδικασίες των μεθοδολογιών που αναπτύχθηκαν στα διάφορα στάδια της προμελέτης. Συνεπώς με τη βοήθεια κατάλληλων διορθωτικών συντελεστών οδηγηθήκαμε στην εξαγωγή πιο σωστών αποτελεσμάτων. Επίσης αποτέλεσε βασικό οδηγό για την ανάπτυξη του σχεδίου γενικής διάταξης του νέου μας πλοίου.

Η επιλογή του συγκεκριμένου πλοίου έγινε 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 (Trim & Stability booklet) και ένα εύρος σχεδίων.

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

Τα δεδομένα του πατρικού μας πλοίου καθώς και οι κύριες διαστάσεις του παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Βασικά Χαρακτηριστικά	
Ship Type	159.000 DWT Class Crude Oil Carrier
Date of Built	07/2007
Gross Tonnage	81.339
Net Tonnage	52.080
Crew	29 persons + 6 Suez Crew
Main Engine	Type: Hyundai B&W 6S70MC-C
	M.C.R. 25.320 BHP x 91.0 RPM
	N.C.R. 22.790 BHP x 87.9 RPM

Κύριες Διαστάσεις		Βάρη		Συντελεστές Μορφής	
L_{OA}	274,260 m	Δ	170.285,000 MT	C_B	0,8225
L_{BP}	264,00 m	∇	165.985,964 m^3	C_P	0,8244
B_m	48,00 m	L_S	23.463,60 MT	C_M	0,9977
T_m	16,00 m	DWT	159.223,4 MT	C_{WP}	0,9102
D	23,10 m				
u_s	15,8 knots				

2.2 Επιλογή κυρίων διαστάσεων του πλοίου:

Αρχικά ξεκινήσαμε με την προμελέτη και εκλογή των κυρίων διαστάσεων του υπό μελέτη πλοίου μας.

Αυτή η προμελέτη και εκλογή, έγινε με βάση στοιχεία που συλλέχθηκαν από όμοια πλοία. Αρχικά, με την βοήθεια μιας διαδικτυακής βάσης δεδομένων για πλοία συλλέξαμε στοιχεία από περίπου 450 όμοια πλοία που κατασκευάστηκαν από το 2000 μέχρι και το 2010. Από αυτά τα πλοία κρατήσαμε μόνο 176 σε αριθμό και διαγράψαμε τα υπόλοιπα λόγο έλειψης στοιχείων ή επειδή κάποια ήταν αδερφά μεταξύ τους. Με αυτά τα 176 πλοία προχωρήσαμε σε εφαρμογή της μεθόδου παλινδρομικής ανάλυσης. Αρχικά, παρακάτω παρουσιάζονται τα όμοια πλοία που χρησιμοποιήσαμε :

IMO Ship No.	Name of Ship	Built	Deadweight DWT (MT)	Status	Breadth B (m)	Depth D (m)	Displacement Δ (MT)	Draught T (m)	Length L_{OA} (m)	Length L_{BP} (m)	Service Speed V_s (kn)	BHP(KW)
9333656	ICE FIGHTER	2006-09	70374	In Service/Commission	32,2	19,6	83495	13,718	228,56	218	15,9	12240
9218181	OCEAN ACCORD	2000-03	70514	In Service/Commission	36	18	81529	11,477	235,8	229	14,5	10592
9222132	AMAZON GLADIATOR	2001-04	72910	In Service/Commission	40	17,6	87485	11,75	228,038	218	15	11517
9316244	ASHLEY SEA	2007-06	73933	In Service/Commission	32,26	20,8	88869	14,45	228,6	218	14	11300
9179634	VENICE	2001-06	81408	In Service/Commission	36,4	18,1	98102	13,32	240,4	230	14,5	12200
9259707	SANKO AMITY	2002-12	84999	In Service/Commission	38	20	99771	13,057	238,94	231	14,5	11470
9251274	ALDEBARAN STAR	2003-06	97160	In Service/Commission	43	21	115291	13,472	248	238	15	12645
9301421	VICTOR KONETSKY	2005-12	101018	In Service/Commission	42	21,6	120781	14,52	246,88	234	14,5	16402
9418494	ZALIV ANIVA	2009-06	102946	In Service/Commission	42	22	122919	14,92	245,38	234	15	15820
9297333	MINERVA CLARA	2006-03	103232	In Service/Commission	42	21,3	122142	14,772	243,56	233	15,4	14313
9308833	LOVINA	2005-10	105047	In Service/Commission	42	21,4	122609	14,8	243,8	233	15	13548
9417452	CHRYSANTHEMUM	2009-03	105187	In Service/Commission	42	21	123934	14,9	244	234,02	15	15820
9292981	BUNGA KELANA 10	2004-09	105274	In Service/Commission	42	21,3	122175	14,75	243,56	233	14,6	12268
9255696	MINERVA NIKE	2004-04	105320	In Service/Commission	42	21	122940	14,919	243,96	234	14,5	11344
9414022	MARAN ATLAS	2009-07	105333	In Service/Commission	41,96	21	123933	15,02	244	234	13	13560
9184603	KWK ESTEEM	2000-03	105342	In Service/Commission	42	21	121847	14,817	244,15	235,77	14,8	12269
9439204	URAGA PRINCESS	2010-07	105344	In Service/Commission	42	21,5	121449	14,808	228,6	217,8	14,8	12350
9239939	SIENA	2002-08	105357	In Service/Commission	43	21	123331	14,3	248	238	15,2	15550
9337212	NEW ADVANCE	2007-12	105544	In Service/Commission	42	21,3	121482	14,848	239	229	14,9	12000
9255880	ALFA ITALIA	2002-09	105656	In Service/Commission	43,01	21	123402	14,319	248,98	238,3	15,2	14049
9253325	CERAM SEA	2004-02	105666	In Service/Commission	43	20,2	122740	14,219	248	238	15,1	14313
9306782	NS CENTURY	2006-06	105703	In Service/Commission	42	21	122957	14,9	244	234	14,6	13548

9304368	SEASENATOR	2007-01	105715	In Service/Commission	42	21,2	122122	14,93	241,03	233,29	15,25	12240
9313498	SPT NAVIGATOR	2008-03	105773	In Service/Commission	42	21,2	122604	14,85	240,5	230	15	13369
9341079	NS CORONA	2006-02	105861	In Service/Commission	42	21	122994	14,92	243,97	234	14,6	11327
9261619	SEA LUCK III	2003-07	105869	In Service/Commission	42	21	122939	14,919	244	234	14,5	11344
9395379	BLUE JASPER	2008-02	105905	In Service/Commission	42	21,2	121852	14,923	241,03	232	14,5	11770
9252371	MARATHA	2003-07	105995	In Service/Commission	42	21	122966	14,9	243,97	234	14	13592
9299721	AMBA BHARGAVI	2006-01	106004	In Service/Commission	42	21	122969	14,919	243,96	234	14,8	13548
9266877	BRITISH VINE	2004-04	106021	In Service/Commission	42	21,2	122659	14,878	240,5	231,42	14,25	12240
9289489	CSK SHELTON	2005-01	106029	In Service/Commission	43	21	123330	14,3	248,12	238,3	14	14048
9235892	MASTERA	2003-01	106208	In Service/Commission	44	22,5	127934	15,336	252	230	15,1	21080
9302970	GARDEN CITY RIVER	2005-05	106468	In Service/Commission	42	20,7	122845	14,753	243,07	233	15,15	14000
9296810	ESTEEM SPLENDOUR	2005-01	106493	In Service/Commission	42	20,7	122896	14,73	243	233	15,15	14875
9180279	KUBAN	2000-01	106562	In Service/Commission	42	20,7	122842	14,752	243	233	14,7	12000
9298650	AMALTHEA	2006-04	107115	In Service/Commission	43	21	125252	14,52	248	238	14,7	14038
9360453	EAGLE TORRANCE	2007-07	107123	In Service/Commission	42	21,3	123872	14,798	246,8	235	14,75	13530
9417892	EAGLE KLANG	2010-10	107481	In Service/Commission	42	21,3	125524	14,55	243,8	237	15,4	13560
9297541	BONITA	2006-02	108386	In Service/Commission	42	21	126692	15,16	246,6	234	15	16630
9334739	OLIB	2009-02	108414	In Service/Commission	42	21	127267	15,02	247,24	236	16,1	13560
9437983	D. T. VINCENZO P.	2010-01	109005	In Service/Commission	42	22	127354	15,35	243	233	14,5	13570
9308443	JAG LYALL	2005-12	110531	In Service/Commission	42	21,9	130467	15,515	244,5	233	14,8	13560
9397808	CARIBBEAN GALAXY	2009-12	111402	In Service/Commission	42	21,5	128759	15,05	245,5	234	15,45	14280
9299903	DEEP BLUE	2005-06	111808	In Service/Commission	44	21	131241	14,58	249	239	15	14313
9429039	ASHLEY LADY	2010-03	112043	In Service/Commission	44	21	132079	14,8	247,9	237	14,7	14280
9213313	OVERSEAS FRAN	2001-10	112118	In Service/Commission	44	21	131060	14,618	250,17	239	14,7	13974
9436018	V8 STEALTH	2009-11	112871	In Service/Commission	44	21	134015	14,819	249,96	240	15	15820
9242118	HS MEDEA	2003-06	113013	In Service/Commission	44	21	131067	14,6	249,97	239	15	14313

9297371	BRITISH EAGLE	2006-05	113553	In Service/Commission	43,8	21,3	134502	15	250	239	15,4	15820
9243033	DESH GAURAV	2003-08	113913	In Service/Commission	42	22,6	132663	16,02	244,2	234	14	10765
9256078	LITEYNY PROSPECT	2003-12	114546	In Service/Commission	44	21	133280	14,82	249,9	239	15,1	15519
9282481	BRITISH GANNET	2005-03	114809	In Service/Commission	43,8	21,3	134474	15	250	239	15,7	15801
9402249	CASPIAN GALAXY	2009-07	114824	In Service/Commission	42	21,5	131630	15,64	245,6	234	15	11525
9309435	URALS STAR	2006-12	114850	In Service/Commission	44	21	134473	14,82	253,593	242	14,7	17647
9281011	KILIMANJARO SPIRIT	2004-08	115048	In Service/Commission	44	21	133356	14,819	249,9	239	14,7	14303
9402263	OASIS RIVER	2009-03	115126	In Service/Commission	42	21,5	131160	15,63	243,8	234	15	12450
9310525	ELIA	2006-08	115338	In Service/Commission	44	21,2	133065	14,825	249	238	13	13548
9265744	ATLAS VOYAGER	2003-11	115482	In Service/Commission	44	21,2	133065	14,825	249	237,952	13	13549
9422524	DUBAI ANGEL	2010-09	115502	In Service/Commission	44	21,35	134877	14,97	250	239	14,8	13560
9292515	ERIK SPIRIT	2005-04	115525	In Service/Commission	43,8	21,3	133601	14,925	249,9	239	15	14313
9402483	DUBAI GLAMOUR	2009-11	115600	In Service/Commission	44	21,35	134877	14,97	250	239	14,8	12193
9288863	SEAQUEEN	2004-11	115639	In Service/Commission	43,865	21,3	133626	14,925	249,865	239	15	13548
9437672	SPIKE	2010-07	115897	In Service/Commission	43,8	21	134340	14,9	249,97	239	15	13560
9319882	ISIS	2007-07	116093	In Service/Commission	44	20,8	134291	14,665	249,03	240	15,1	14000
9334040	YASA GOLDEN HORN	2007-06	116095	In Service/Commission	43,8	21	133330	14,925	248,964	239	15	13560
9250660	POLAR ENTERPRISE	2006-01	141740	In Service/Commission	46,2	25,3	173509	17,52	272,7	258,16	16,5	22088
9206114	POLAR DISCOVERY	2003-09	141740	In Service/Commission	46,2	25,3	160960	17,5	272,69	258,16	16,6	22120
9296418	ICE TRAVELLER	2007-01	146356	In Service/Commission	48	22,4	169802	16	274,2	263	15,3	17990
9208069	JAG LATEEF	2000-07	147080	In Service/Commission	47,793	22,802	170360	16,022	274,233	264,005	14,62	15403
9336983	GENMAR ST. NIKOLAS	2008-02	149876	In Service/Commission	48	22,4	172646	16,022	274,2	263	15,8	16440
9253909	ASTRA	2002-02	149995	In Service/Commission	45,6	24	172555	17,06	272	262	15	16859
9249312	FRONT MELODY	2001-08	150500	In Service/Commission	45,6	24	173251	17,122	272	262	14,6	12370

9404950	OTTOMAN EQUITY	2008-12	150545	In Service/Commission	46	24,4	175237	17,521	269,17	258	15	18660
9274812	ERVIKEN	2004-06	152146	In Service/Commission	48	23,6	175508	16,4	274,57	264	15,2	18623
9336971	GENMAR GEORGE T	2007-08	153015	In Service/Commission	48	22,4	175814	16,29	274,2	263	15,8	18480
9271353	OLYMPIC FUTURE	2004-08	155039	In Service/Commission	47	23,3	179993	17,126	273,97	263	16	18630
9412359	NS BRAVO	2010-10	156694	In Service/Commission	48	23,7	182538	17	274,5	264	15,1	18660
9188788	MAX JACOB	2000-05	157449	In Service/Commission	48	23,2	180021	16,822	274	264	14,9	16859
9429027	DELTA TOLMI	2010-06	157488	In Service/Commission	48	23,1	183839	17,17	274,27	264	15,8	18660
9263746	DESH SHANTI	2004-05	157957	In Service/Commission	48	23,7	182027	17,02	274	264	14,7	14700
9458494	ACHILLEAS	2010-06	158370	In Service/Commission	48	23,1	182655	17,15	274	264	15	19620
9315654	SONANGOL KASSANJE	2005-06	158706	In Service/Commission	48	23,7	182017	17,023	274	264	15	17092
9411238	HAMILTON SPIRIT	2009-06	158769	In Service/Commission	48	23,1	183839	17,15	274,34	264	15,8	18660
9380740	CAP THEODORA	2008-11	158819	In Service/Commission	48	23,2	182680	17,024	274,3	264	15	16891
9259733	DA YUAN HU	2004-06	159149	In Service/Commission	48	24	185978	17,3	274,7	264	15	16864
9318096	SEAVOYAGER	2007-07	159233	In Service/Commission	48	23,1	182657	17,071	274,26	264	15,7	18623
9288899	TOLEDO SPIRIT	2005-07	159342	In Service/Commission	48	23,7	181911	16,951	274	264	15,2	16858
9301536	SKS SKEENA	2006-08	159385	In Service/Commission	48	23,1	182672	17,072	274,274	264	15,7	18623
9304629	RIO GENOA	2007-10	159395	In Service/Commission	50	22,4	183479	16,142	276,88	267,08	15,25	18660
9283241	TEIDE SPIRIT	2004-10	159426	In Service/Commission	48	23,7	181995	16,95	274	264	15,2	15173
9259745	DA LI HU	2004-12	159549	In Service/Commission	48	24	185978	17,3	274,7	264	15,2	16860
9274434	CAP LEON	2003-10	159600	In Service/Commission	48	23,2	182732	17,05	274	264	15	18624
9171462	SAVEH	2000-05	159758	In Service/Commission	48	23,2	182370	17,022	274	264	15,2	16846
9185530	GENMAR ARGUS	2000-05	159901	In Service/Commission	48	23,1	182655	17,07	274,26	264	15,7	16916
9247376	ALTEREGO II	2002-06	159924	In Service/Commission	48	23,7	182420	17,021	274	264	15,1	18558
9185528	GENMAR SPYRIDON	2000-02	159959	In Service/Commission	48	23,1	182655	17,07	274,26	264	14	16916
9248409	PRINCIMAR FAITH	2005-10	159966	In Service/Commission	48	23,7	182477	17,021	274	264	15,1	18623
9233777	CAPE BOWEN	2003-04	159988	In Service/Commission	48	23,2	183045	17,05	274	264	15,2	17297

9216717	ANTONIS I. ANGELICOUSSIS	2000-10	306085	In Service/Commission	58	31	349048	22,486	332	320,27	15,3	29422
9180164	BRITISH PURPOSE	2000-08	306307	In Service/Commission	58	31,25	348818	22,52	333,961	320	15	25468
9180255	BRITISH PRIDE	2000-11	306397	In Service/Commission	58	31,25	348818	22,52	334,071	321,05	15	25468
9323948	MAERSK NAUTICA	2008-04	307284	In Service/Commission	57,999	31	351284	22,7	332,93	319,97	16,1	29400
9358292	MAERSK NEWTON	2009-02	307284	In Service/Commission	58	31	351284	22,723	332,93	320	16,1	29400
9205079	TITAN GLORY	2000-09	308491	In Service/Commission	58	31	351799	22,7	332,95	316,85	16,4	27165
9200847	ELI MAERSK	2000-07	308491	In Service/Commission	58	31	351800	22,72	332,95	319,1	16,4	27165
9292498	EAGLE VENICE	2005-05	309164	In Service/Commission	58	31,25	350817	22,24	333,2	318	15,9	27184
9416642	XIN YONG YANG	2010-07	309266	In Service/Commission	59,995	29,786	354862	21,8	332,95	319,9	15,7	26460
9307645	UNIVERSAL CROWN	2005-12	309316	In Service/Commission	60	29,6	352410	21,022	333,12	319	15,6	28729
9307633	UNIVERSAL QUEEN	2005-11	309373	In Service/Commission	60	29,6	352410	21	333,12	324	14,5	28729
9410399	BRIGHT HARMONY	2009-02	309774	In Service/Commission	60	29	351981	21,123	332,99	324	16,2	31040
9513402	KAZUSA	2010-05	310406	In Service/Commission	60	28,8	351414	20,943	333	324	15,7	27160
9205093	GENMAR VICTORY	2001-06	312638	In Service/Commission	70	25,5	358989	19	336	320	16,9	31614
9422146	C. ETERNITY	2010-04	313875	In Service/Commission	60	29,6	361945	22,5	336,17	324	16	29340
9250622	KAIMON II	2002-01	314014	In Service/Commission	60	30,33	352968	22,033	333	318	15,6	30714
9515436	M. STAR	2008-12	314016	In Service/Commission	60	29	354382	21,055	332,9	324	15,55	27160
9313149	TAMAGAWA	2007-06	314237	In Service/Commission	60	29,3	354773	21,082	333	324	15,58	25480
9484730	MATAR STAR	2010-10	317200	In Service/Commission	60	30,5	364910	22,5	333	320	16,2	29340
9388273	SAHBA	2009-09	317563	In Service/Commission	60	30,4	362660	22,522	333,04	319	16,7	30266
9256999	C. VISION	2004-06	317614	In Service/Commission	59,6	29,6	360757	22,024	336	324	16,3	29346
9256987	C. EMPEROR	2004-03	317650	In Service/Commission	59,6	29,6	360793	22,024	336,6	322	16,3	29346
9418078	JIU HUA SAN	2009-12	317977	In Service/Commission	60,012	30,498	366594	22,64	332,91	319,909	16,1	29370
9418066	TAI SAN	2009-08	318068	In Service/Commission	59,994	30,499	366594	22,64	332,29	319,858	16,1	29340
9289726	ARGENTA	2005-02	319180	In Service/Commission	60	30,04	362905	22,5	333	319	15,7	29346

9384215	ALMIZAN STAR	2008-10	319423	In Service/Commission	60	30,5	363813	22,5	333,13	320,3	15,4	29340
9246633	TI OCEANIA	2003-04	441585	In Service/Commission	68	34	509484	24,525	380	366	16	35090

2.2.1 <u>Προεκτίμηση εκτοπίσματος Δ :</u>

Για την προεκτίμηση του εκτοπίσματος Δ ανατρέξαμε στα παρακάτω :

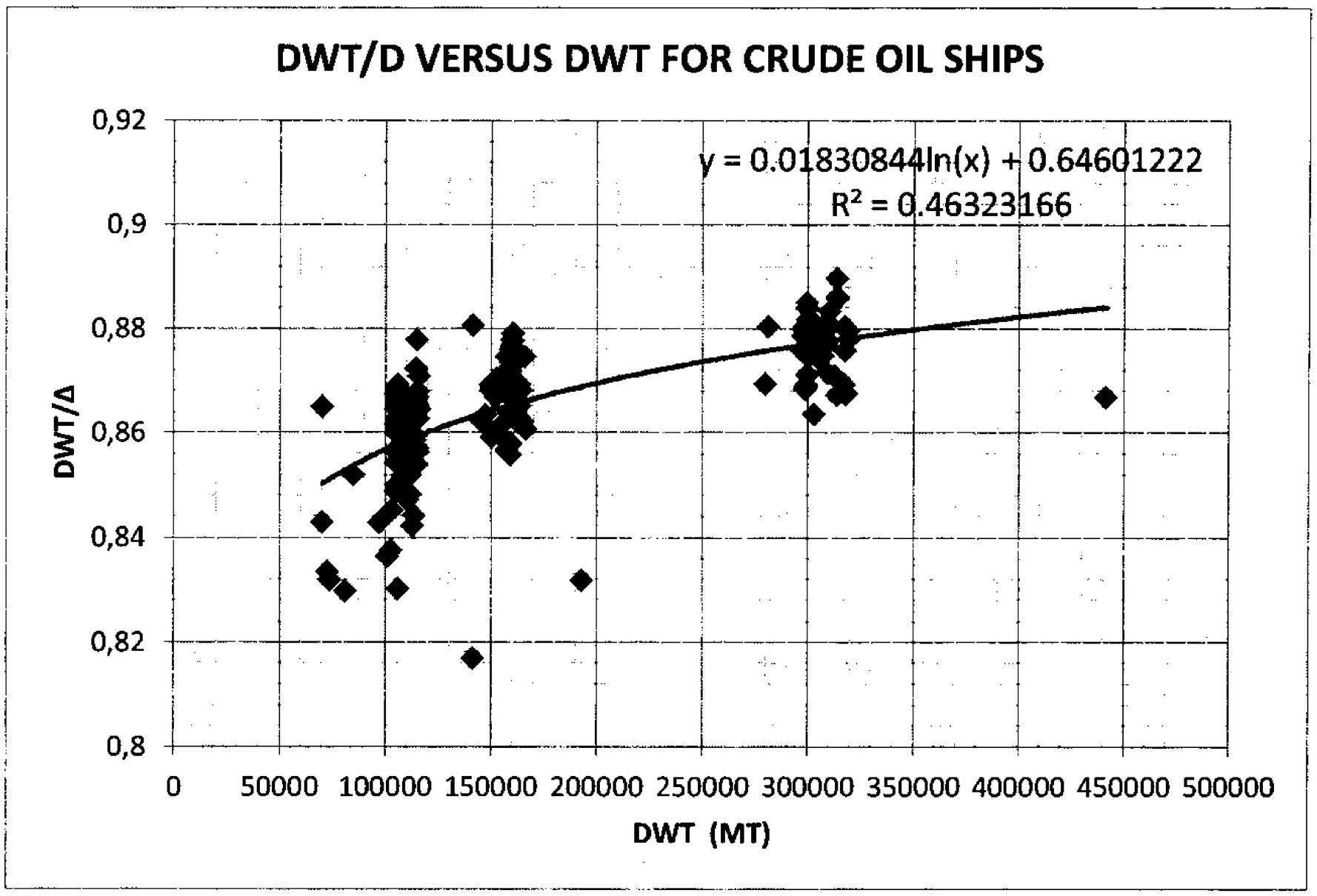
Από τον πίνακα Σελ. 33 του βιβλίου Μελέτη Πλοίου - Τόμος 1 του Α.Δ. Παπανικολάου έχουμε ότι :

Για δεξαμενόπλοια αργού πετρελαίου κάτω όριο : 25.000 dwt - 200.000 dwt

άνω όριο : 120.000 dwt

Επομένως η προεκτίμηση του εκτοπίσματος δεν μπορεί να γίνει με βάση των παραπάνω πίνακα εφόσον δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για το μέγεθος του πλοίου που μελετάμε.

Επομένος ο υπολογισμός του εκτοπίσματος θα γίνει με την μέθοδο της παλινδρομικής ανάλυσης (Regression Analysis) με βάση τα υπάρχοντα πλοία τα οποία παραθέσαμε παραπάνω. Παρακάτω φαίνεται η παλινδρομική ανάλυση σχέσεως **DWT/Δ=f(DWT)** :



Από την μέθοδο της **παλινδρομικής ανάλυσης (Regression Analysis)** που κάναμε με τα παρόμοια πλοία μας βρήκαμε ότι ο αριθμητικός τύπος που προέκυψε είναι :

$$\mathbf{y = 0{,}01830844 * \ln(x) + 0{,}64601222}$$

και με **x = 150.000 (DWT) προκύπτει** **y= 0,864** άρα **DWT/Δ = 0,864** → Δ = 173.567,045 MT

Για θαλασσινό νερό θερμοκρασίας **15°C** και θεωρούμενη αλμυρότητα **3.5%** έχει υπολογιστεί ότι το ειδικό βάρος είναι **γ= 1,025 MT/m^3.**

Εφόσον το **Δ= Συνολικό Βάρος Πλοίου** και αφού **Βάρος Πλοίου = γ * V** τότε προκύπτει ότι :

$$\Delta = \gamma * V \rightarrow V = \Delta/\gamma \rightarrow V = 169.333{,}702\ m^3$$

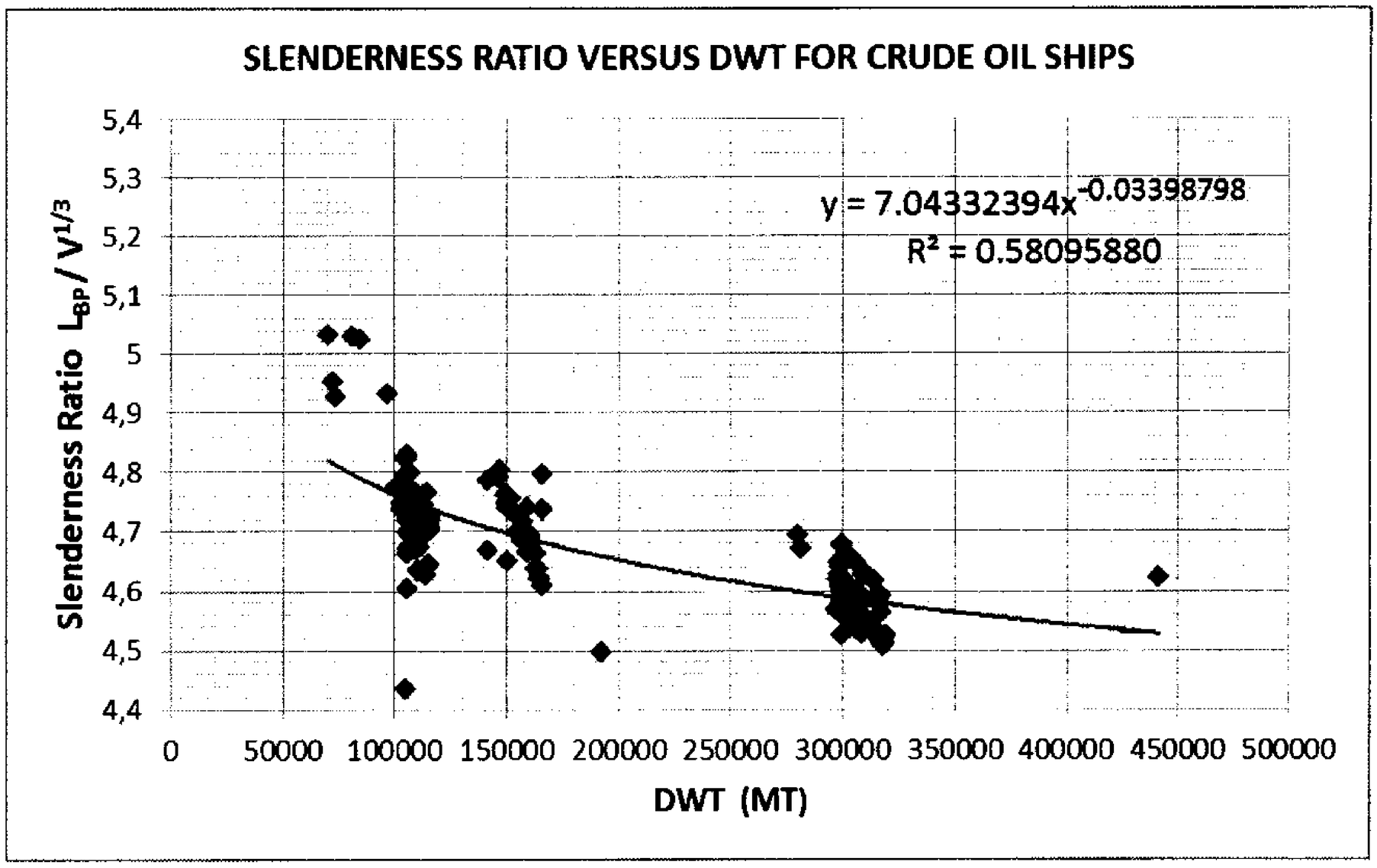
όπου **V = όγκος εκτοπίσματος**

2.2.2 Προεκτίμηση L_{WL} L_{BP} L_{OA} :

Αρχικά θα προεκτιμήσουμε το μήκος L_{BP} με την χρήση του **συντελεστή λυγηρότητας (Slenderness Ratio)** ο οποίος ορίζεται ως $L_{BP}/V^{1/3}$.

Εφόσον υπολογίσαμε προηγουμένως τον όγκο εκτοπίσματος **V = 169.333,702 m^3**
ο συντελεστής λυγηρότητας υπολογίζεται με δύο τρόπους :

1) Με χρήση της **παλινδρομηκής ανάλυσης (Regression Analysis)** με βάση τα όμοια πλοία που έχουμε υπολογίσει. Έτσι παρακάτω φαίνεται η παλινδρομική ανάλυση σχέσεως $L_{BP}/V^{1/3}$ **=f(DWT).**


SLENDERNESS RATIO VERSUS DWT FOR CRUDE OIL SHIPS
y = 7.04332394x^-0.03398798
R² = 0.58095880
Slenderness Ratio L_BP / V^1/3
5,4
5,3
5,2
5,1
5
4,9
4,8
4,7
4,6
4,5
4,4
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
350000
400000
450000
500000
DWT (MT)

Έτσι ο τύπος που προκύπτει από το διάγραμμα $L_{BP}/V^{1/3}$ με το **Dwt** είναι :

$y = 7,04332394 * x^{-0,03398798}$ και βάζοντας όπου **x = 150.000 dwt** προκύπτει
y = 4,697 και αφού **$y = L_{BP}/ V^{1/3} \rightarrow L_{BP} = y*V^{1/3}$** → L_{BP} = 259,877 m

2) Βιβλίο Α.Δ. Παπανικολάου-Σελίδα 40 - Πίνακας 2,2 για δεξαμενόπλοια με Fn = 0,15 και απεριόριστο T διαβάζουμε: **$L_{BP}/V^{1/3}$ = 5,0** έως **5,2**
εμείς επιλέγουμε τον μέσο όρο δηλαδή το **5,1** και για **V = 169.333,702 m^3** προκύπτει :

L_{BP} = 282,153 m

όμως ο αριθμός **Froude** ορίζεται ως :
Fn = Vs /(√g *L_{BP}) όπου **Vs** = η υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου σε **m/s**
g = η επιτάχυνση της βαρύτητας ίση με **9,8066 m/s^2**
και L_{BP} =το μήκος μεταξύ καθέτων σε **m**

με βάση λοιπόν το παραπάνω μήκος L_{BP} που βρήκαμε μπορούμε να τσεκάρουμε τον αριθμό Froude μας για να ελέγξουμε αν μπορούμε να περιλάβουμε τα αποτέλεσματα του πίνακα 2,2 -Βιβλίο Α.Δ. Παπανικολάου- Σελίδα 40 στην μελέτη μας.

Έτσι αφού το πλοίο μας έχει ταχύτητα **Vs = 15,4 knots** ή **Vs = 7,923 m/s**
υπολογίζουμε εύκολα τον αριθμό **Froude : Fn = 0,151≈ 0,15** άρα μπορούμε να λάβουμε υπόψιν τα αποτελέσματα αυτού του πίνακα.

3) Από το διάγραμμα Σελίδα 44 - Βιβλίο Α.Δ. Παπανικολάου - Σχήμα 2,6 (α) - Διάγραμμα L_{BP} **(feet)-DWT (÷1000, in Tons)** παρατηρούμε ότι το δικό μας πλοίο με :

Dwt = 150.000 tons αντιστοιχεί σε **L_{BP} = 935 feet = 284,982 m**

όμως αυτά τα στοιχεία προκύπτουν με βάση αμερικανικά στατιστικά στοιχεία του 1960 όπως αναφέρεται στην σελίδα 42 του ιδίου βιβλίου. Επίσης παρατηρούμε ότι και τα ακριβώς προηγούμενα αποτελέσματα (Βιβλίο Α.Δ. Παπανικολάου -Σελίδα 40 - Πίνακας 2,2 για δεξαμενόπλοια με **Fn = 0,15** και απεριόριστο **T**) που υπολογιστικά βγάζουν περίπου τα ίδια αποτελέσματα, προκύπτουν και αυτά με βάση πανεπιστημιακές σημειώσεις του Technological University Of Berlin της χρονολογίας του 1971. Επειδή λοιπόν τα πλοία μου δεν συμβαδίζουν ούτε χρονολογικά ούτε τεχνολογικά με τα παραπάνω αποτελέσματα, δεν θα χρησιμοποιήσω τα συγκεκριμένα αποτελέσματα στην μελέτη μου.

Στην συνέχεια θα υπολογίσουμε το L_{BP} και το L_{WL} με τύπους που έχουν προκύψει με βάση στατιστικά στοιχεία από υπάρχοντα πλοία με γνώμονα υδροδυναμικά και οικονομικά κριτήρια.

A) Μήκος κατά **VOELKER** ορίζεται ως :

$$L_{BP}/V^{1/3} = C_1 + 4,5 * Vs / \sqrt{(g * V^{1/3})}$$

όμως δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον συγκεκριμένο τύπο διότι ο συντελεστής C_1 παίρνει τιμές μόνο για φορτηγά πλοία ξηρού φορτίου και εμπορευματοκιβωτίων, πλοία ψυγεία, αλιευτικά και ακτοπλοϊκά. Το πλοίο μας που κατατάσεται στα δεξαμενόπλοια δεν μπορεί να υπολογιστεί λοιπόν με βάση τον παραπάνω τύπο.

Β) Μήκος κατά **AYRE** ορίζεται ως :

$$L_{BP}/V^{1/3} = 3,33 + 1,67 * Vs /\sqrt{L_{BP}}$$

όπου το **Vs** = η υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου σε **knots**

Για την επίλυση της εξίσωσης αυτής θα θέσουμε όπου $L_{BP} = y^2$ και έτσι θα προκύψει η εξής τριτοβάθμια εξίσωση:

$$y^3/V^{1/3}-3,33*y-1,67*Vs = 0$$

εφόσον **V = 169.333,702 m³** και **Vs= 15,4 knots** (με α=0,018075 και γ=25,718) η εξίσωση γίνεται :

$$0,018075 * y^3 - 3,33 * y - 25,718 = 0$$

και με την βοήθεια του **Matlab** βρίσκουμε:

$$y^2 = 16,4533 \rightarrow \quad (L_{BP})^2 = \quad 270,711 \text{ m}$$

Γ) Τύπος κατά **POSDUNINE/V.LAMMEREN** ορίζεται ως :

$$L_{WL} / V^{1/3} = C * (Vs/ (Vs+2))^2$$

όπου η τιμή του **C** για το δικό μου πλοίο είναι **C =7,16** και το **Vs**= η υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου σε **knots.** Άρα αφού **Vs = 15,4 knots** και **V= 169.333,702 m³** τότε θα έχουμε :

$$L_{WL}/V^{1/3} = 5,609 \rightarrow \quad L_{WL}= 310,292 \text{ m}$$

όμως όπως παρατηρούμε το αποτέλεσμα αυτού του τύπου δεν ικανοποιεί την συνθήκη $L_{WL} \leq L_{BP}$ και για αυτό τον λόγο δεν θα τον λάβουμε υπόψιν στους υπολογισμούς μας.

<u>Τύπος "Ελαχίστου Κόστους Ναυπήγησης" κατά Schneekluth :</u>

Το επόμενο μας βήμα είναι να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο **"Μήκος Ελαχίστου Κόστους Ναυπήγησης"** κατά **Schneekluth** ο οποίος ορίζεται ως εξής :

$$L_{BP} = \Delta^{0,3} * Vs^{0,3} * C$$

όπου **Δ=** το εκτόπισμα σε **MT**, **Vs** = η υπηρεσιακή ταχύτητα σε **knots** και
C ένας συντελεστής που παίρνει τις εξής τιμές :

$C = 3,2$ όταν **$C_B \approx 0,145/Fn$** και
$C = 3,2 * (C_B+0,5)/((0,145/Fn)+0,5)$ όταν **$C_B \neq 0,145/Fn$**

Όμως **οι βασικοί περιορισμοί** για να ισχύει ο τύπος είναι οι εξής :

1) **$\Delta \geq 1000$ tons**

2) **Vs** αντίστοιχη με **$0,16 \leq Fn \leq 0,32$**

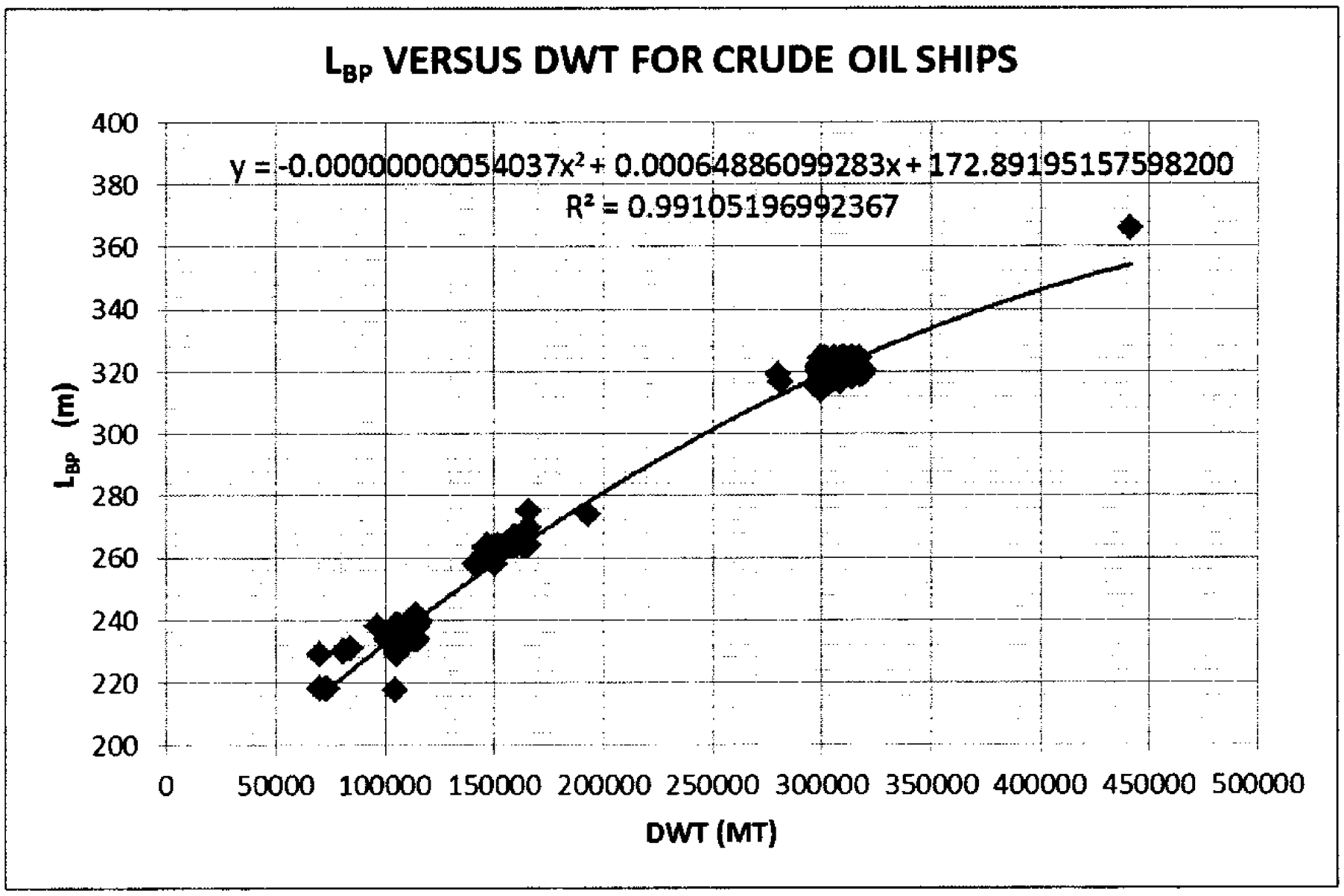
3) **C_B** στα όρια **$0,48 \leq C_B \leq 0,85$**

4) Ποσοστιαία διόρθωση της σταθεράς **C** (αύξηση) για περιορισμούς στο **B, T** και υψηλό λόγο : όγκος κάτωθεν **D** προς όγκο εκτοπίσματος **(V_D /V)**

5) Διόρθωση σταθεράς **C** (μείωση) για την ύπαρξη βελτιστοποιημένου πρωραίου βολβού.

Όπως βλέπουμε από τα παραπάνω ο δεύτερος περιορισμός δεν ικανοποιείται από το δικό μας πλοίο αφού έχουμε **Vs = 15,4 knots** και **Fn = 0,151**
και για αυτό τον λόγο δεν θα προχωρήσουμε στον υπολογισμό του **L_{BP}** με αυτόν το τύπο.

Στην συνέχεια θα εξετάσουμε το **L_{BP}** με χρήση ενός ακόμα διαγράμματος της παλινδρομικής ανάλυσης από τα όμοια πλοία που έχω συλλέξει. Αυτό είναι :
α) Το διάγραμμα **L_{BP} (m)** συναρτήση του **DWT (tons)** το οποίο είναι το εξής :


L_BP VERSUS DWT FOR CRUDE OIL SHIPS
y = -0.00000000054037x² + 0.00064886099283x + 172.89195157598200
R² = 0.99105196992367
L_BP (m)
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
350000
400000
450000
500000
DWT (MT)

Όποτε α) Ο τύπος που προκύπτει από την παλινδρομηκή ανάλυση του διαγράμματος **L_{BP} (m)** συναρτήση του **DWT (tons)** είναι ο παρακάτω :

$$\mathbf{y = -0{,}00000000054037*x^2 + 0{,}00064886 * x + 172{,}89195158}$$

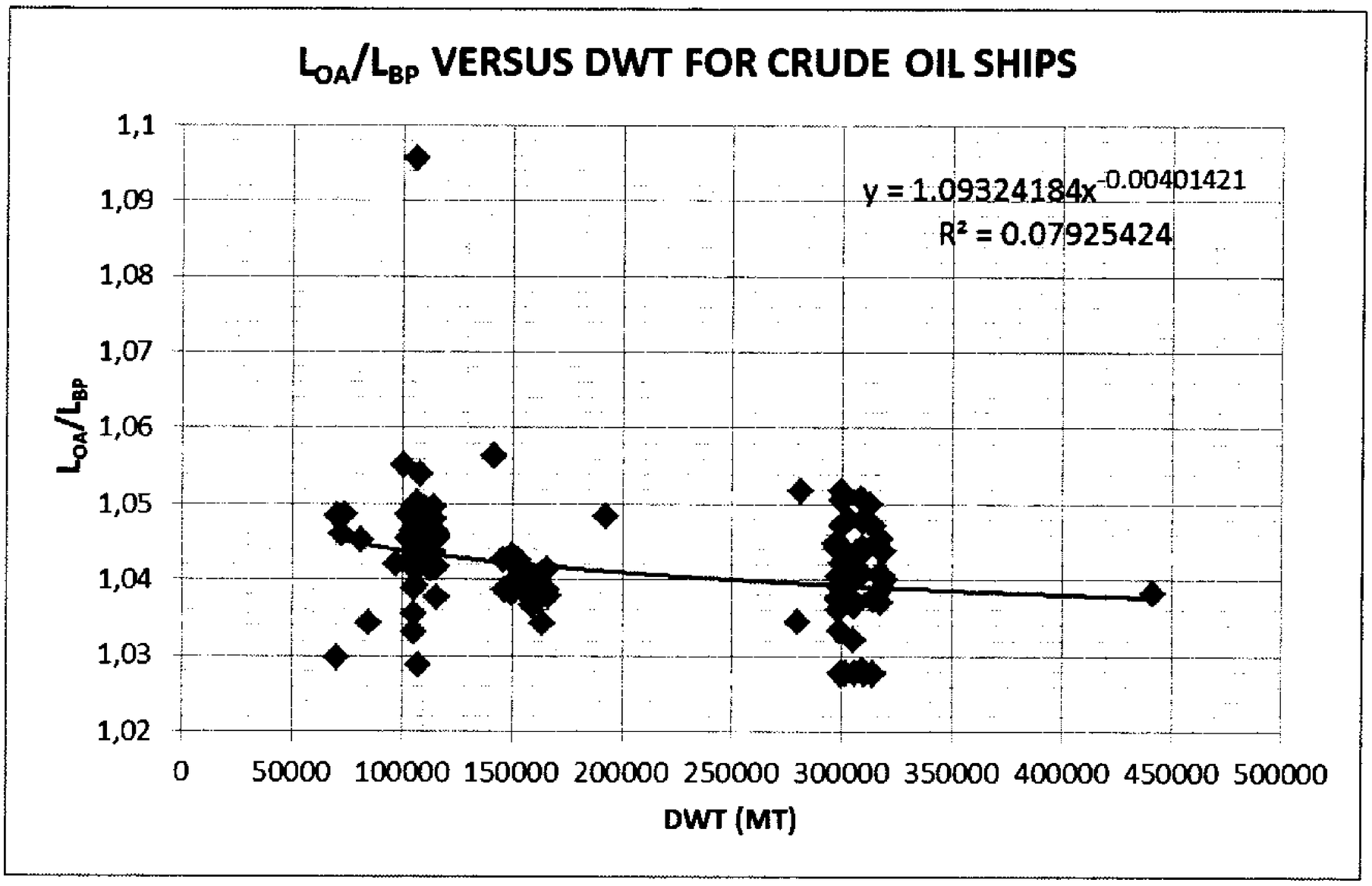
όπου x = **150.000 MT** τότε :
y = **258,063** άρα και L_{BP} = 258,063 m

<u>Πρώτη ολική εκτίμηση του L_{BP} :</u>
Από όλα τα παραπάνω καταλήγουμε στο υπολογισμό του μήκους του πλοίου μας (L_{BP}) με κριτήριο τρεις τιμές έως τώρα. Οι δύο είναι από την χρήση της παλινδρομηκής ανάλυσης και η άλλη μια από τον τύπο κατά AYRE με βάση υδροδυναμικά και οικονομικά κριτήρια. Για να καταλήξουμε στον υπολογισμό του ακριβούς μήκους του πλοίου μας LBP θα βάλουμε ένα συντελεστή βαρύτητας 40% για το διάγραμμα του LBP προς DWT, 50% για το διάγραμμα του συντελεστή λυγιρότητας προς DWT και 10% για κάθε αποτέλεσμα από παλινδρομική ανάλυση και ένα συντελεστή βαρύτητας για τον τύπο του AYRE.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία έχουμε :

$$L_{BP} = 0{,}1*270{,}711 + 0{,}4*258{,}063 + 0{,}5*259{,}877 = \underline{260{,}234\ m}$$

<u>Υπολογισμός Ολικού Μήκους Πλοίου L_{OA}:</u>
Επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός του ολικού μήκους του πλοίου **L_{OA} (m).** Θα εκτιμήσουμε το ολικό μήκος από το διάγραμμα **L_{OA}/L_{BP}** συναρτήση του εκτοπίσματος **DWT (tons)** που προέκυψε με παλινδρομική ανάλυση των ομοίων πλοίων μου. Το διάγραμμα της παλινδρομικής ανάλυσης σχέσεως **L_{OA}/L_{BP}=f(DWT)** παραθέτεται παρακάτω:


L_{OA}/L_{BP} VERSUS DWT FOR CRUDE OIL SHIPS
y = 1.09324184x^-0.00401421
R² = 0.07925424
1,1
1,09
1,08
1,07
1,06
1,05
1,04
1,03
1,02
L_{OA}/L_{BP}
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
350000
400000
450000
500000
DWT (MT)

Έτσι, ο τύπος που προέκυψε είναι:

$$y = 1{,}09324184 * x^{-0{,}00401421}$$

και για x = **150.000 MT** βρίσκουμε από το διάγραμμα y =**1,042**
άρα αφού $y = L_{OA}/L_{BP} \rightarrow L_{OA} = y * L_{BP} \rightarrow$

$$\rightarrow L_{OA} = 271{,}208 \text{ m}$$

2.2.2.1 Έλεγχοι ως προς τα μήκη που έχουμε καταλήξει :

1ος Έλεγχος:

Πριν προχωρήσουμε παρακάτω θα πρέπει να ελέγξουμε τους **φυσικούς περιορισμούς** που έχουμε ως προς το μήκος. Το πλοίο μας είναι δεν έχει κανένα φυσικό περιορισμό ως προς το μήκος σε σχέση με τους περιορισμούς όπως κανάλια, διώρυγες λιμάνια ναυπηγικές κλίνες και δεξαμενές.

2ος Έλεγχος :

Επίσης πρέπει να γίνει και ένας δεύτερος έλεγχος που αναφέρεται στον αριθμό **Froude** ώστε να ελέγξουμε εάν οι αντίστοιχες τιμές της αντίστασης κυματισμού **Cw** είναι ευνοϊκές.
Έτσι αφού έχουμε καταλήξει σε L_{BP} **= 260,234 m,** **Vs = 7,923 m/s** και **g = 9,807 m/s²**
θα προκύψει :

$$Fn = Vs / \sqrt{(g * L_{BP})} \rightarrow Fn = 0{,}157$$

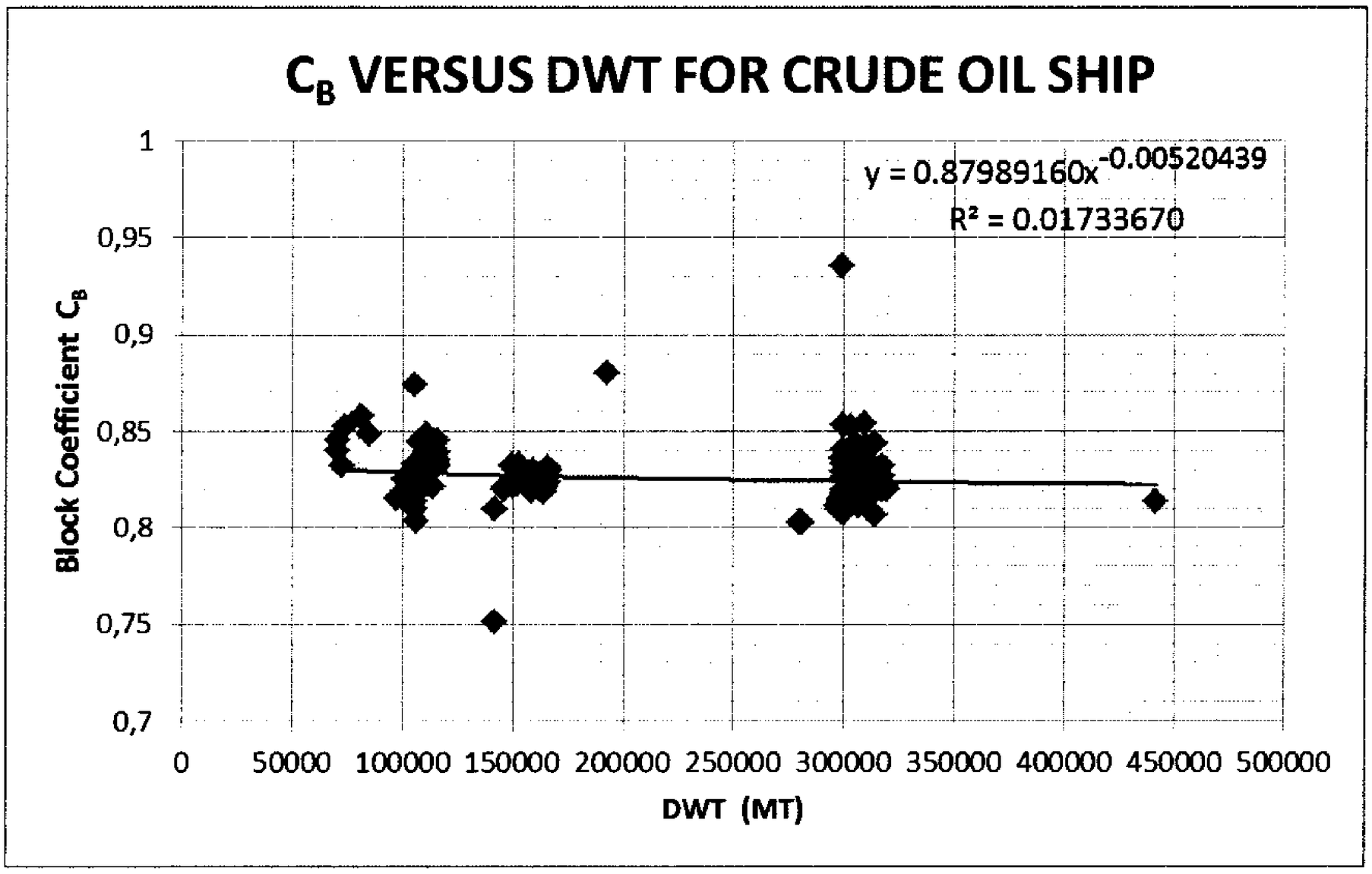
από το διάγραμμα στην σελίδα 252-Σχήμα 1,9-Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου" του Α.Δ. Παπανικολάου- Τόμος 1 παρατηρούμε ότι για τόσο μικρές τιμές του αριθμού Froude η αντίσταση κυμματισμού **Cw** κινείται σε πολύ μικρές τιμές και προφανώς δεν επηρεάζεται σημαντικά έτσι ώστε να φοβόμαστε για τιμές συντονισμού.

3ος Έλεγχος :

Θα πρέπει να γίνει ο έλεγχος του μήκους L_{BP} με βάση τον αριθμό φραχτών ώστε να γλιτώσουμε κάποια φραχτή αν το μήκος μας βρίσκεται οριακά σύμφωνα με τον κανονισμό. Έτσι με βάση τους κανονισμούς του IACS πλοία τα οποία έχουν μήκος πάνω από 190 m, ο αριθμός των φρακτών τους εξετάζεται ειδικά για το εκάστοτε πλοίο.

2.2.3 Υπολογισμός συντελεστή γάστρας C_B :

Υπολογισμός C_B με χρήση διαγραμμάτων από παλινδρομηκή ανάλυση :
Επόμενο βήμα μας είναι ο υπολογισμός του συντελεστή μέσης τομής C_B αρχικά με βάση τον τύπο που μας δίνεται από το διάγραμμα C_B προς **DWT (tons)** που προκύπτει από την παλινδρομική ανάλυση. Το διάγραμμα της παλινδρομικής ανάλυσης σχέσεως C_B**=f(DWT)** δίνεται παρακάτω:



Έτσι, ο τύπος είναι :

y = 0,87989160 *x -0,00520439

αφού x = **150.000 MT** τότε **y= 0,8269719** άρα και το

$C_B = 0,8269719$

<u>Εφαρμογή τύπου του Horn για την εύρεση του C_B :</u>

Οι επόμενοι υπολογισμοί για την εύρεση του C_B θα γίνουν με χρήση μαθηματικών τύπων από στατιστικά στοιχεία κατασκευασμένων πλοίων (υδροδυναμικά και οικονομικά κριτήρια). Οι τύπο αυτοί συνοψίζονται στην εξής γενική μορφή (μετρικό σύστημα) :

$$C_B = K_1 - K_2 * Fn - K_3 * Fn^2$$

όπου από τον **Πίνακα 2,3-Σελίδα 52-Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου" του Α.Δ. Παπανικολάου-Τόμος 1** επιλέγουμε τις τιμές K_1, K_2, K_3 που αντιστοιχούν σε **μονέλικα σκάφη** και για **υπηρεσιακή ταχύτητα**. Έτσι εφόσον εμείς έχουμε:

Vs =15,4 knots $K_1 = 1,06$ $K_2 = 1,68$ και $K_3 = 0$ τότε

$C_B = 0,79653$

Πίνακας 2,2 - Σελίδα 40 - Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"- Τόμος 1 :

Από τον πίνακα αυτό για δεξαμενόπλοια με **Fn = 0,15** μπορώ να πάρω μια ακόμα προσεγγιστική τιμή για το C_B του πλοίου μου.
Το πλοίο μου έχει **Fn= 0,157**, έτσι σύμφωνα με τον πίνακα θα πάρουμε το μέσω όρο της τιμής που μας προτείνεται δηλαδή $C_B = 0,84$

Σημείωση : Όπως έχει προαναφερθεί παραπάνω τα στοιχεία που συλλέγονται από αυτόν τον πίνακα παρουσιάζουν αποκλίσεις αισθητά μεγάλες διότι αναφέρονται σε πλοία του 1960-1970 και τα πλοία μας είναι καινούργια (2000-2010) οπότε πρέπει να ανατρέξουμε σε πιο μοντέρνες πηγές. Παρόλα αυτά μπορούμε να λάβουμε υπόψιν σε ένα μικρό βαθμό τα αποτελέσματα του πίνακα αυτού.

Εφαρμογή του τύπου του Watson - Towsin από το βιβλίο "Designing Ships for Fuel Economy" -Rina (1981) :

$$C_B = 0,70 + 0,125 * \tan^{-1}[(23-100*Fn)/4]$$

και εφόσον ο αριθμός Froude του πλοίου μου είναι **Fn = 0,157** τότε ο τύπος δίνει το εξής αποτέλεσμα :

$$C_B = 0,83382$$

Εφαρμογή του τύπου του Schneekluth and Bertram από ανάλυση σε μοντέρνα Ιαπωνικά πλοία (Βιβλίο "Ship Design for Efficiency and Economy" -U.K. 1998) :

Ο τύπος συγκεκριμένος τύπος προέκυψε μετά από ανάλυση σε μοντέρνα Ιαπωνικά πλοία και το αποτέλεσμα του θα ληφθεί ιδιαίτερα υπόψιν διότι αναφέρεται σε σύγχρονα αποτελέσματα
Ο τύπος λοιπόν είναι ο εξής :

$$C_B = -4,22 + 27,8 * \sqrt{Fn} - 39,1 * Fn + 46,6 * Fn^3$$

και εφόσον έχουμε Fn = 0,157 άρα :

$$C_B = 0,83699$$

Ο παραπάνω τύπος ισχύει μόνο για αριθμούς Fn από $0,15 \leq Fn \leq 0,32$ οπότε για το δικό μου πλοίο ο παραπάνω τύπος δίνει αρκετά καλά αποτελέσματα.

Εύρεση C_B με βάση το διάγραμμα του Jensen (1994) που προκύπτει με στατιστικά στοιχεία :

Από το σχήμα 1,17 της σελίδας 26 - Βιβλίο "Ship Design for Efficiency and Economy" -U.K. 1998 για μοντέρνες γάστρες με **Fn = 0,157** διαβάζουμε:

$$C_B = 0,825$$

<u>Εύρεση C_B ώστε το πλοίο να έχει ελάχιστη αντίσταση :</u>

Ο τύπος είναι από το βιβλίο του Watson "Designing Ships for Fuel Economy" - Transactions RINA, (1981) :

$$C_B = 1,18 - 0,69 * Vs / \sqrt{L_f}$$

όπου το L_f = **moulded ship length, generally L_{BP} in feet** και **Vs = υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου σε Knots**

άρα σύμφωνα με τα παραπάνω L_f **= 853,788 feet** και **Vs = 15,4 knots** άρα :

$$C_B = 0,816$$

το παραπάνω αποτέλεσμα μπορεί να επαληθευτεί και από το διάγραμμα το Watson and Gilfillan - Βιβλίο " Some Ship Design Methods ", Transactions / Rina (1977)

<u>σημείωση Νίκης</u> → όταν θα κάνω έλεγχο μήκους σύμφωνα με τον αριθμό φραχτών πρέπει να ελέγξω τον παραπάνω τύπο για να δώ αν πήρα το σωστό μήκος.

<u>Εύρεση C_B σύμφωνα με τον τύπο του Alexander (1900) για εμπορικά πλοία :</u>

Ο παρακάτω τύπος εφαρμόζεται για **εμπορικά πλοία** από το **1900**.

Ισχύει για $0,50 \leq Vs / \sqrt{L_f} \leq 1,0$ και θα τον εφαρμόσουμε στην προμελέτη μας αλλά δεν θα δώσουμε μεγάλη βαρύτητα στα αποτελέσματά του διότι είναι πολύ παλιός. Έτσι, έχουμε:

L_f **= 853,788 feet** και **Vs = 15,4 knots** άρα : $Vs/ \sqrt{L_f} = 0,527$

άρα μπορούμε να χρησιμποποιήσουμε τον τύπο. Οπότε :

$$C_B = K - 0,5 * Vs / \sqrt{L_f} \quad \text{όπου} \quad K = 1,33 - 0,54 * Vs/ \sqrt{L_f} + 0,24* (Vs/\sqrt{L_f})^2 \quad \text{άρα :}$$

$C_B = 0,849$ αφού $K = 1,112$

<u>Εύρεση C_B από το διάγραμμα - Σελίδα 54 - Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου / Α.Δ. Παπανικολάου - Τόμος 1 :</u>

Από το διάγραμμα αυτό διαβάζουμε ότι με για αριθμό **Froude**:

Fn= 0,157 αντιστοιχεί περίπου C_B= 0,812

<u>Τύπος υπολογισμού του C_B κατά Schneekluth (1985) για ελάχιστο κόστος ναυπήγησης για δεδομένο πρόσθετο βάρος και ταχύτητα :</u>

Ο τύπος βρίσκεται στην σελίδα 53 - Βιβλίο ''Μελέτη Πλοίου'' του Α.Δ. Παπανικολάου/ Τόμος 1, και προκύπτει από υπολογισμούς βελτιστοποίησης πλοίων ως προς το ελάχιστο κόστος ναυπήγησης για δεδομένο πρόσθετο βάρος και ταχύτητα. Ο τύπος έχει την εξής γενική μορφή:

$$C_B = (0{,}14 / Fn) * ((L_{BP}/B + 20)/26)$$ και ισχύει για $0{,}14 \leq Fn \leq 0{,}32$

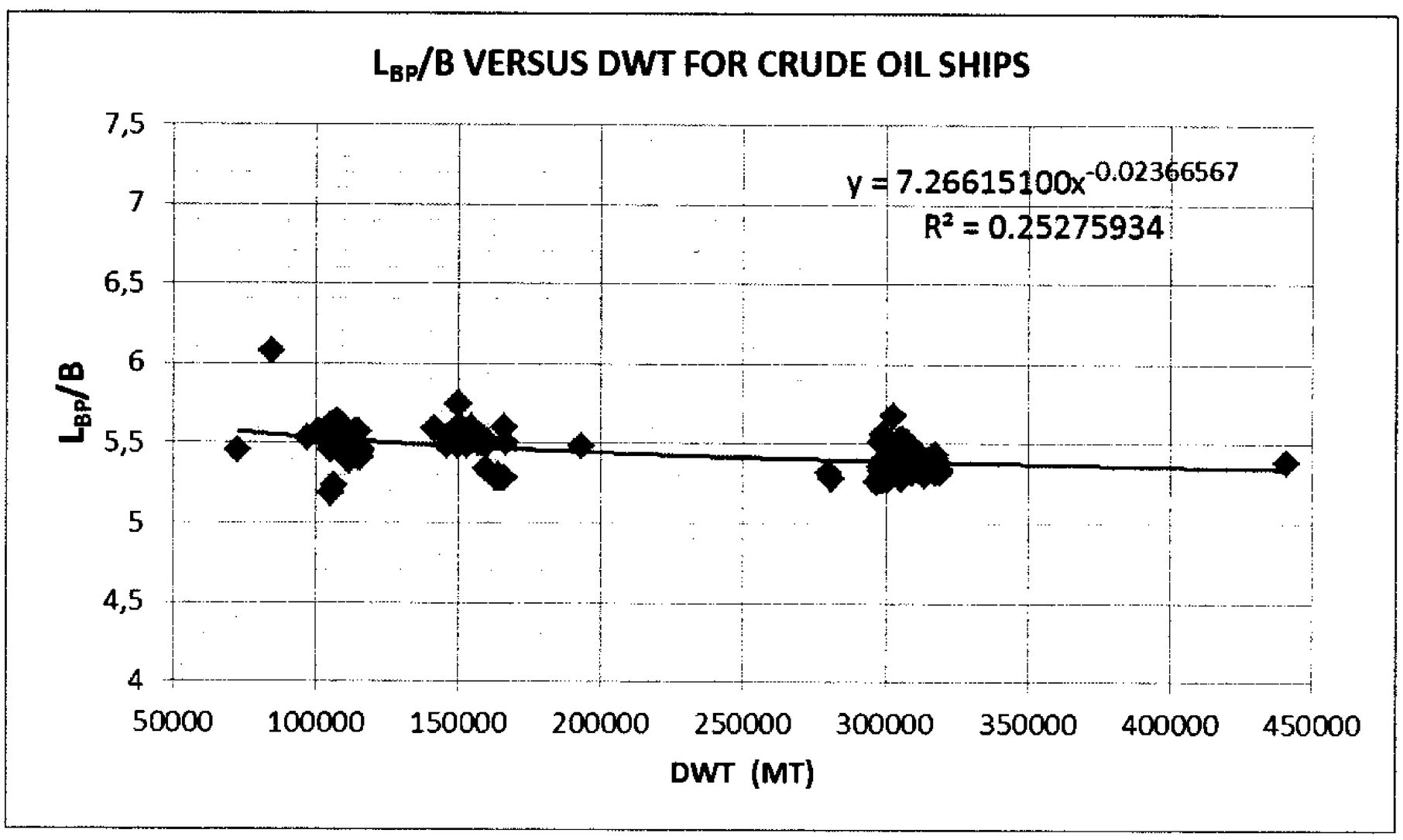
Το πλοίο μου έχει **Fn = 0,157** επομένως είμαστε μέσα στα όρια και για να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο πρέπει να υπολογίσουμε τον λόγο L_{BP}/B. Αυτός ο υπολογισμός μπορεί να γίνει με δύο τρόπους :

1) με χρήση του **πίνακα 2.2 - Σελίδα 40 του βιβλίου ''Μελέτη Πλοίου'' του Α.Δ. Παπανικολάου** το οποίο δίνει δύο τιμές :

για περιορισμένο **T** → $6{,}8 \leq L_{BP}/B \leq 7{,}1 \rightarrow L_{BP}/B = 6{,}95$ επιλέγω τον μέσο όρο
για απεριόριστο $T \rightarrow 6{,}0 \leq L_{BP}/B \leq 6{,}5 \rightarrow L_{BP}/B = 6{,}25$ επιλέγω τον μέσο όρο

Παίρνουμε τον λόγο για απεριόριστο T επομένως : $L_{BP}/B = 6{,}25$ εφόσον δεν έχω περιορισμούς στο βύθισμά μου.

2) Ο δεύτερος τρόπος που μπορούμε να υπολογίσουμε το C_B είναι με **χρήση παλινδρομικής ανάλυσης (regression analysis)** με βάση τα όμοια πλοία μου.
Το διάγραμμα που θα χρησιμοποιήσουμε από παλινδρομική ανάλυση (regression analysis) είναι ο λόγος L_{BP}/B συναρτήση του **DWT (MT)** και το οποίο είναι το εξής :



Ο τύπος που προκύπτει από το διάγραμμα είναι ο εξής :

$$y = 7{,}26615100 * x^{-0{,}02366567}$$

άρα αφού **x= 150.000 MT** τότε το **y = 5,480** άρα **L_{BP}/B =5,480**

Θα δώσουμε συντελεστές βαρύτητας στις δύο παραπάνω τιμές που προκύπτουν. Έτσι επειδή η μέθοδος της παλινδρομικής ανάλυσης προέρχεται με βάση νεότευκτα πλοία θα της δώσουμε ένα συντελεστή βαρύτητας 90% ενώ η τιμή που προκύπτει από τον πίνακα 2.2 - Σελίδα 40 του βιβλίου "Μελέτη Πλοίου" του Α.Δ. Παπανικολάου προκύπτει από σύνθεση στοιχείων με βάση πλοία του 1971, οπότε θα δώσουμε στο αποτέλεσμα έναν συντελεστή βαρύτητας 10%. Επομένως με βάση τα παραπάνω :

$$L_{BP}/B = 5{,}557$$

Σύμφωνα με το παραπάνω αποτέλεσμα ο τύπος του **C_B** κατά **Schneekluth (1985)** για ελάχιστο κόστος ναυπήγησης για δεδομένο πρόσθετο βάρος και ταχύτητα θα δώσει το εξής αποτέλεσμα :

$$C_B = 0{,}878$$

Από όλους τους παραπάνω τύπους θα εξαιρέσουμε τον τύπο του Horn και τον τύπο ελαχίστου κόστους ναυπήγησης διότι προκύπτουν με βάση πολύ παλαιότερες πηγές.
Επίσης θα δώσουμε μεγάλο συντελεστή βαρύτητας στα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης από τα όμοια πλοία μας, στην συνέχεια μικρότερο συντελεστή βαρύτητας σε πηγές - τύπους που αναφέρονται σε μοντέρνα πλοία και είναι πιο πρόσσφατοι και λιγότερη βαρύτητα στα αποτελέσματα που προκύπτουν με βάση παλαιότερα πλοία (π.χ. Βιβλίο Α. Δ. Παπανικολάου). Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω θα έχω τους εξής συντελεστές βαρύτητας :

30 %	για C_B = 0,8269719	(από παλινδρομική ανάλυση ομοίων πλοίων)
5%	για C_B = 0,84	(Πίνακας 2.2 - Βιβλίο Α.Δ. Παπανικολάου-"Μελέτη Πλοίου")
10 %	για C_B = 0,83382	(τύπος του Watson - Towsin (1981))
20 %	για C_B = 0,83699	(τύπος του Schneekluth and Bertram (1998))
20 %	για C_B = 0,825	(με βάση το διάγραμμα του Jensen (1994))
5 %	για C_B = 0,816	(τύπος του Watson (1981/1977))
5 %	για C_B = 0,849	(τύπος του Alexander για εμπορικά πλοία (1900))
5 %	για C_B = 0,812	(διάγραμμα - Σελίδα 54 - Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου / Α.Δ. Παπανικολάου)

Άρα με βάση όλους τους παραπάνω υπολογισμούς το τελικό CB του πλοίου για την πρώτη φάση της προμελέτης προκύπτει :

$$\underline{C_B} = \underline{\mathbf{0{,}82972}}$$

2.2.4 <u>Υπολογισμός Πλάτους B και Βυθίσματος T :</u>

Αρχικά πρέπει να τονιστεί ότι το πλοίο μου είναι 150.000 dwt και σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των tankers είναι Suezmax. Εφόσον το πλοίο μου είναι Suezmax πρέπει να μπορεί να περάσει από το κανάλι του Suez για το οποίο υπάρχουν κάποιοι περιόρισμοι όσον αφορά την σχεδίαση των πλοίων. Αυτοί οι περιορισμοί είναι οι εξής σύμφωνα με το paper που έχει δημοσιεύση η MAN B&W A/S, Copenhagen, Denmark - "Propulsion Trends In Tanker" :

[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

Επίσης το στην ιστοσελίδα " http://en.wikipedia.org/wiki/Suezmax " πληροφορούμαστε ότι σύμφωνα με στοιχεία του 2011 οι περιορισμοί είναι και οι εξής παρακάτω :

Typical **B ≤ 50 m**
Limitation of **T ≤ 20 m**
Limitation of 'Air Draft' **T_{air} ≤ 68 m** όπου το **Air Draft →[(D - T) + hs]**

<u>Σημείωση :</u> η τιμή για τα όρια του **B** όπως παρατηρούμε διαφέρει αισθητά. Αυτό συμβαίνει διότι η επιλογή του B εξαρτάται από την τιμή που θα έχει το βύθισμα μας **T** και μπορεί να αλλάζει. Η τελική τιμή της αναλογίας αυτών των δύο μεγεθών (**B** και **T**) μπορεί να ελεγθεί από το γινόμενό τους το οποίο δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα **820 m^2** όπως αναφέρεται και παραπάνω.

Επίσης από την ιστοσελίδα "http://www.suezcanal.gov.eg/NR.aspx?node=81" πληροφορούμαστε ότι :

1. Maximum Length : Κανένας περιορισμός
2. Maximum Beam : 254 ft, 3 in ή 77,419 το όριο έχει αυξηθεί σε σχέση με τους πάνω πίνακες, μετά από την διάνοιξη που έγινε στο κανάλι το 2011.
3. Maximum Air Draft : 68 m
4. Maximum Draught : Όπως αναφέρεται και παραπάνω το T είναι συνάρτηση του επιλεγόντος B που θα έχουμε. Ως όριο πέρνουμε το γινόμενό τους όπως προαναφέρθηκε.

<u>Υπολογισμός Β και Τ με βάση τον ορισμό του C_B και βάση του κανόνα ελαχιστοποίησης της αντίστασης τριβής :</u>

Έτσι αφού έχουμε προεκτιμήσει παραπάνω τον συντελεστή γάστρας **C_B**, το μήκος **L_{BP}** και τον όγκο εκτοπίσματος **V** μπορούμε να υπολογίσουμε το γινόμενο **B * T** με βάση τον τύπο του ορισμού του C_B :

$$C_B = \frac{\nabla}{LBP*B*T}$$

Άρα για **C_B = 0,82972,** **L_{BP} = 260,234 m** και για **V=169.333,702 m^3** προκύπτει :

$$B * T = 784,2406 \quad (\alpha)$$

Γνωρίζουμε επίσης ότι η αντίσταση τριβής που είναι άμεσα συνδεδεμένη με την βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας, ελαχιστοποιείται για :

$$B/T \approx 2,5 \quad (\beta)$$

Παραπάνω έχουμε δύο εξισώσεις με δύο αγνώστους (α) και (β) και λύνοντας το σύστημα προκύπτουν οι εξής τιμές :

T =	**17,711**	**m**
B =	**44,279**	**m**

<u>Υπολογισμός του Β από πίνακα 2.2 - Σελίδα 40/Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου του Α.Δ. Παπανικολάου :</u>

Ο πίνακας δίνει για Fn = 0,15

για περιορισμένο **T** → **$6,8 \le L_{BP}/B \le 7,1 \rightarrow L_{BP}/B = 6,95$** επιλέγω τον μέσο όρο
για απεριόριστο **T** → **$6,0 \le L_{BP}/B \le 6,5 \rightarrow L_{BP}/B = 6,25$** επιλέγω τον μέσο όρο

Παίρνουμε τον λόγο για απεριόριστο Τ επομένως :

$L_{BP}/B = 6,25$

έχω περιορισμούς στο Τ αλλά επιλέγω για απεριόριστο Τ διότι θεωρώ ότι θα βγάλει καλύτερα αποτελέσματα αφού και οι τιμές του πίνακα δεν αντιπροσωπεύουν τα σημερινά δεδομένα διότι προέρχονται από πολύ παλαιότερες πηγές - πλοία.

άρα εφόσον έχω βρεί **L_{BP} = 260,234 m** ο παραπάνω λόγος θα δώσει :

B = 41,638 m

και αφού έχουμε υπολογίσει παραπάνω ότι B*T = 784,241 τότε:

T = 18,835 m

<u>Προεκτίμηση του λόγου L_{BP}/B με την χρήση της παλινδρομικής ανάλυσης με βάση τα όμοια πλοία :</u>

Το αποτέλεσμα της παλινδρομικής ανάλυσης από το διάγραμμα **L_{BP}/B** συναρτήση του **DWT (MT)** το είχαμε βρει κατά τον υπολογισμό του **C_B** με βάση τον τύπο του ελαχίστου κόστους και η τιμή που είχαμε βρει ήταν : **$L_{BP}/B = 5,4804$** και αφού **$L_{BP} = 260,234$ m** τότε :

$$B = 47,485 \text{ m}$$

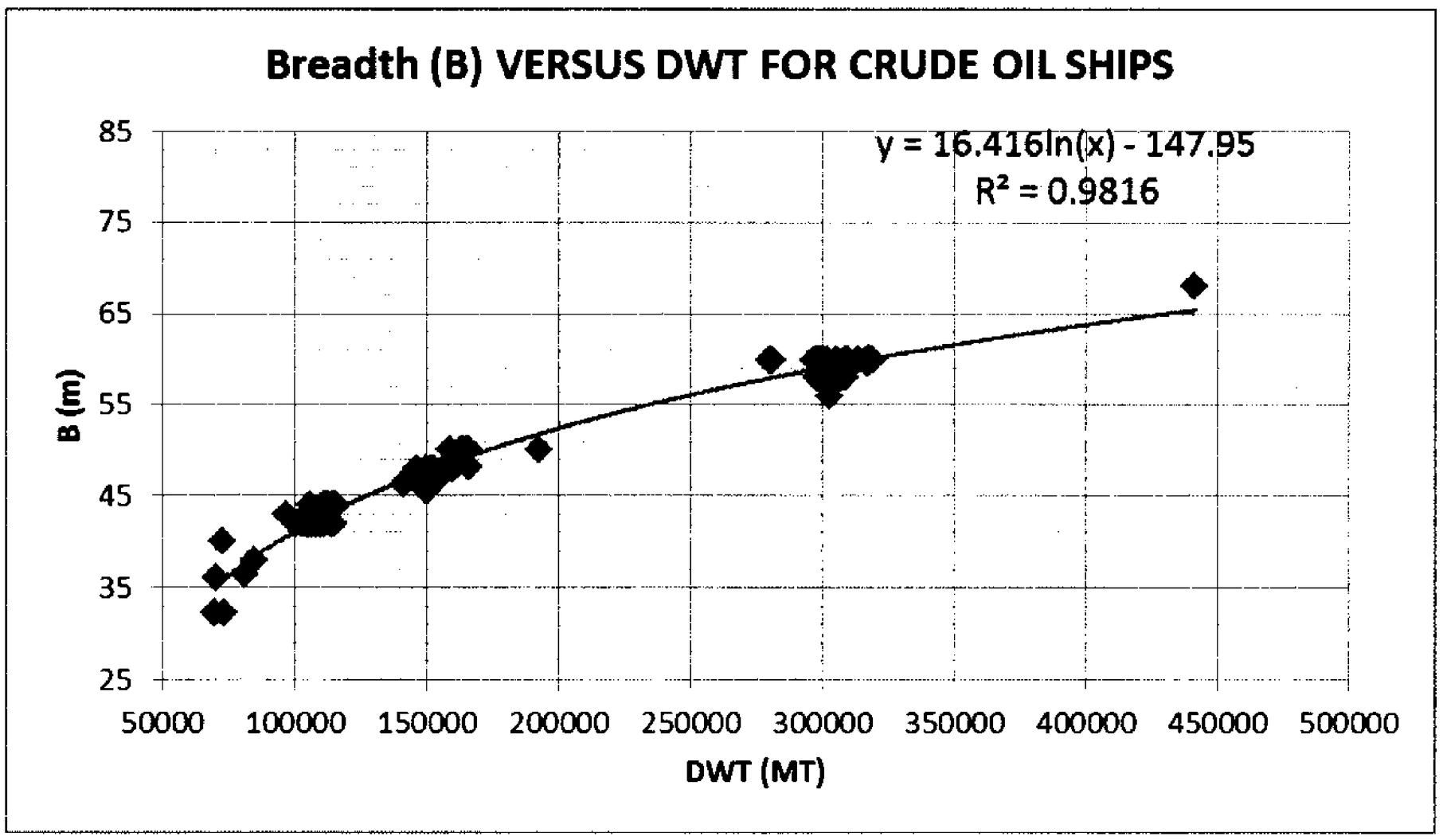
και αφού έχουμε υπολογίσει παραπάνω ότι **B*T = 784,241** τότε:

$$T = 16,516 \text{ m}$$

<u>Σημείωση :</u> Ο **Watson** στο βιβλίο του "**Practical Ship Design**" (1998) αναφέρει ότι ο λόγος **L_{BP}/B** για μεγάλα δεξαμενόπλοια είναι ίσος με **5,5** και αυτή η αναφορά αποτελεί επαλήθευση της τιμής που προέκυψε από τα όμοια πλοία μου.

<u>Προεκτίμηση του B με την χρήση της παλινδρομικής ανάλυσης με βάση τα όμοια πλοία :</u>

Από το διάγραμμα **B(m)** συναρτήση του **DWT (MT)** θα προεκτιμήσουμε το **B**. Το διάγραμμα παλινδρομικής ανάλυσης σχέσεως **B=f(DWT)** είναι το εξής :



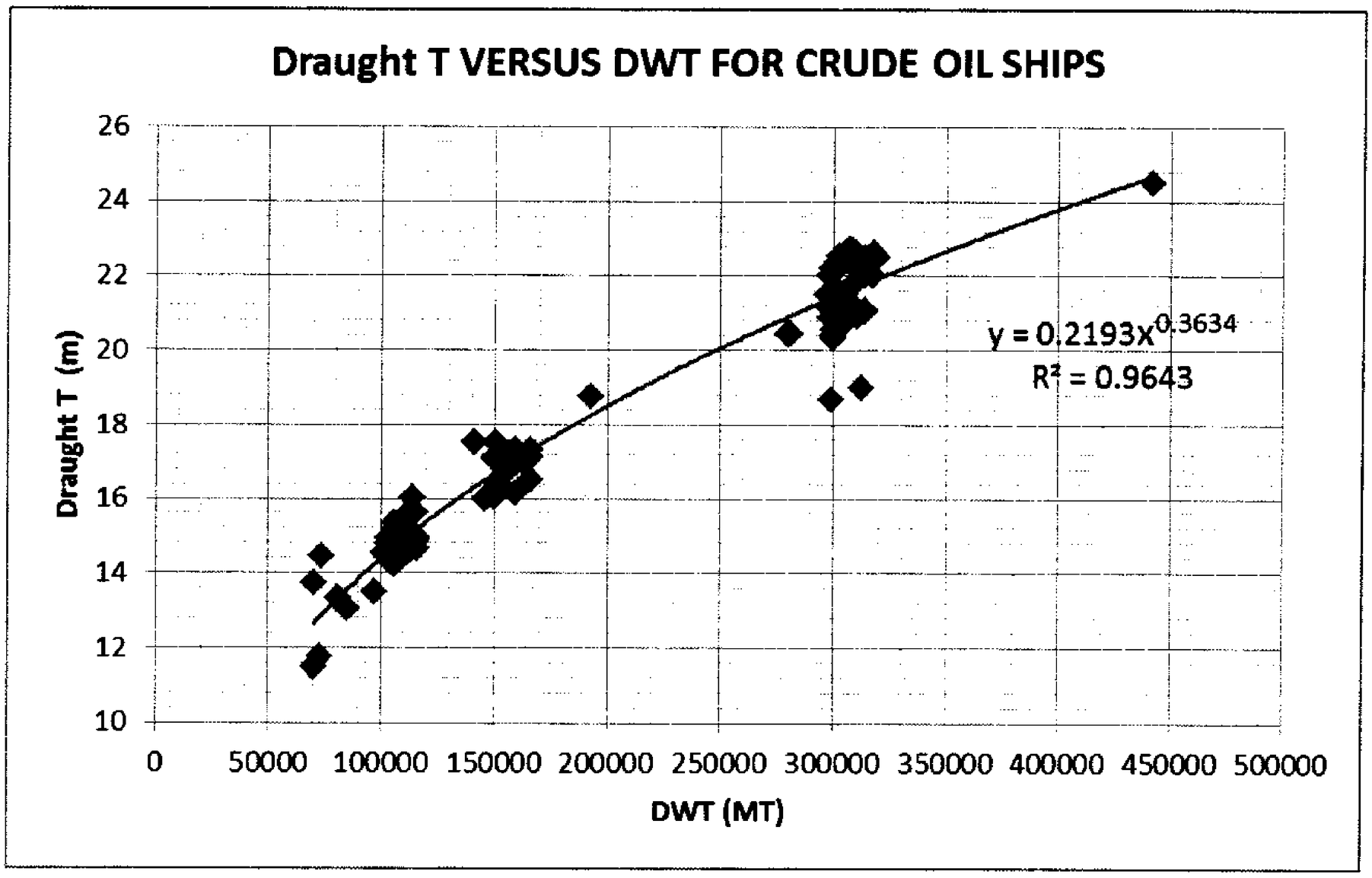
Ο τύπος που προκύπτει από την παλινδρομική ανάλυση είναι :

$$y = 16,416 * \ln(x) - 147,95$$

και αφού το $x = 150.000$ τότε $y =$ **47,702** άρα $B = 47,702$ m
και αφού έχουμε υπολογίσει παραπάνω ότι **B*T = 784,241** τότε:

$$T = 16,440 \text{ m}$$

<u>Προεκτίμηση του T με την χρήση της παλινδρομικής ανάλυσης με βάση τα όμοια πλοία :</u>
Από το διάγραμμα **T(m)** συναρτήση του **DWT (MT)** θα προεκτιμήσουμε το **T**. Το διάγραμμα παλινδρομικής ανάλυσης σχέσεως **T=f(DWT)** φαίνεται παρακάτω :



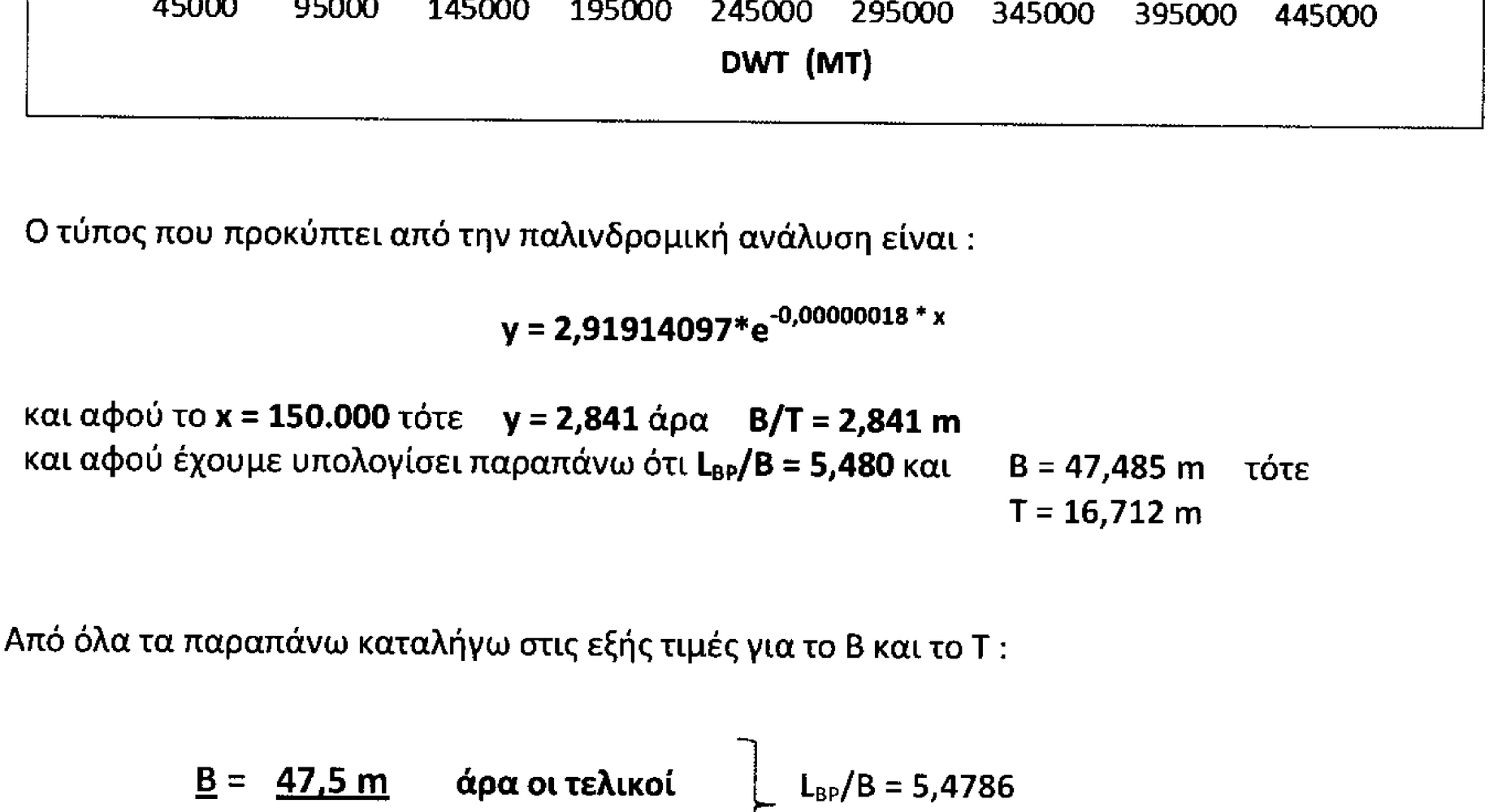
Ο τύπος που προκύπτει από την παλινδρομική ανάλυση είναι :

$$y = 0,2193 * x^{0,3634}$$

και αφού το x = 150.000 τότε y = **16,674** άρα **T = 16,674 m**
και αφού έχουμε υπολογίσει παραπάνω ότι **B*T = 784,241** τότε:
B = 47,035 m

<u>Προεκτίμηση του λόγου B/T με την χρήση της παλινδρομικής ανάλυσης με βάση τα όμοια πλοία :</u>

Από το διάγραμμα **B/T** συναρτήση του **DWT (MT)** θα προεκτιμήσουμε τον λόγο **B/T**. Το διάγραμμα παλινδρομικής ανάλυσης σχέσεως **B/T=f(DWT)** είναι το εξής :



Ο τύπος που προκύπτει από την παλινδρομική ανάλυση είναι :

$$y = 2{,}91914097 * e^{-0{,}00000018 * x}$$

και αφού το **x = 150.000** τότε **y = 2,841** άρα **B/T = 2,841 m**
και αφού έχουμε υπολογίσει παραπάνω ότι $L_{BP}/B = 5{,}480$ και B = 47,485 m τότε
T = 16,712 m

Από όλα τα παραπάνω καταλήγω στις εξής τιμές για το B και το T :

<u>B</u> = <u>47,5 m</u> **άρα οι τελικοί** } $L_{BP}/B = 5{,}4786$
<u>T</u> = <u>16,51 m</u> **λόγοι είναι :** } B/T = 2,877

<u>Σημείωση :</u> 1)Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι ο Roseman συνιστά τον παρακάτω τύπο για τα όρια τιμών του λόγου B/T, ώστε η ροή στην προπέλλα να είναι αποδεκτή για μεγάλα πλοία με περιορισμένο βύθισμα :

$(B/T)_{max} = 9{,}625 - 7{,}5 * C_B$ αφού το πλοίο μου έχει $C_B = 0{,}82972$ τότε
$(B/T)_{max} = 3{,}402$

με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα έχουμε **B/T = 2,877** για το δικό μου πλοίο και για αυτό είμαστε μέσα στα επιτρεπτά όρια σύμφωνα με τον τύπο του Roseman D.P, Gertler M. and Kohl R.E. - από το βιβλίο " Characteristics of Bulk Products Carriers for Restricted - Draft Service" (1974).

2) Στην ιστοσελίδα **"http://www.suezcanal.gov.eg/NR.aspx?node=81"** στο **Table No.1** δίνει τις πρότυπες κύριες διαστάσεις (**B,T**) σύμφωνα με τις οποίες μπορεί το εκάστοτε πλοίο να περάσει από το **Ballah West Branch** με γρήγορο τρόπο. Σύμφωνα με το δικό μας **B = 47,5 m** και με γραμμική παρεκβολή (**extrapolation**) των τιμών του **Table No.1** βρίσκουμε **T = 13,106 m**, την οποία τιμή θα την έχουμε υπόψιν μας για τα παρακάτω στάδια της μελέτης μας.

3) Όπως προαναφέραμε παραπάνω το πλοίο μας πρέπει να περνά από την διώρυγα του Suez και για αυτό πρέπει να πληροί τις παρακάτω προϋ ποθέσεις που αναφέραμε και προηγουμένως :

Typical B ≤ 77,419 m **Limitation of T ≤ 20 m** **$T*B \leq 820\ m^2$** **$L_{OA} \leq 500$ m**

Αφού για το πλοίο μας υπολογίσαμε:

B=47,5 m T=16,51 m $T*B=784,225\ m^2$ και L_{OA}=271,208 m

οπότε πληρούμε τις προδιαγραφές που πρέπει να έχει ένα πλοίο για να περάσει από το κανάλι του Suez.

2.2.5 Έλεγχος Εκτοπίσματος Δ:

Αφού στα προηγούμενα στάδια της προμελέτης μας προεκτιμήσαμε το L_{BP}, **B**, **T** και το C_B μπορούμε να ελέγξουμε εάν η τιμή του εκτοπίσματος που υπολογίσαμε στην αρχή συμπίπτει με τις τιμές παραπάνω τιμές των μεγεθών αυτών. Αυτό μπορεί να γίνει με τον τύπο που ορίζει τον συντελεστή γάστρας C_B :

$$C_B = V / L_{BP} * B * T \rightarrow C_B = \Delta / \gamma * L_{BP} * B * T \rightarrow \Delta = C_B * \gamma * L_{BP} * B * T$$

και με βάση τις τιμές που έχουμε υπολογίσει παραπάνω προκύπτει :

Δ =173.567,045 MT άρα και $V=\Delta / \gamma$ → V =169.333,702 m^3

Παρατηρούμε πως η τιμή του εκτοπίσματος και του όγκου εκτοπίσματος που υπολογίσαμε μόλις παραπάνω (σύμφωνα με τις νέες τιμές των υπόλοιπων μεγεθών) είναι ίδιες με τις αντίστοιχες τιμές του εκτοπίσματος και του όγκου εκτοπίσματος που προέκυψαν στην αρχή σύμφωνα με την μέθοδο της παλινδρομικής ανάλυσης (regression analysis) (!)
Για αυτό τον λόγο συνεχίζουμε τη προμελέτη του χωρίς να κάνουμε "κύκλο" υπολογισμών.

2.2.6 Υπολογισμός του κοίλου D :

Υπολογισμός του κοίλου D μέσω της εύρεσης του λόγου L_{BP}/D.

Ο παραπάνω υπολογισμός μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους :

1) Από τον πίνακα 2.2/Σελίδα 40 - Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/Τόμος 1 του Α.Δ. Παπανικολάου

2) Με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης από τα όμοια πλοία μέσω του διαγράμματος L_{BP}/D.

Οπότε :

1) Από τον πίνακα 2.2 του βιβλίου "Μελέτη Πλοίου" για αριθμό Froude ίσο με Fn=0,15

για περιορισμένο **T** → **$12,7 \le L_{BP}/D \le 14 \rightarrow L_{BP}/D = 13,35$** επιλέγω τον μέσο όρο

για απεριόριστο **T** → **$12 \le L_{BP}/D \le 13 \rightarrow L_{BP}/D = 12,5$** επιλέγω τον μέσο όρο

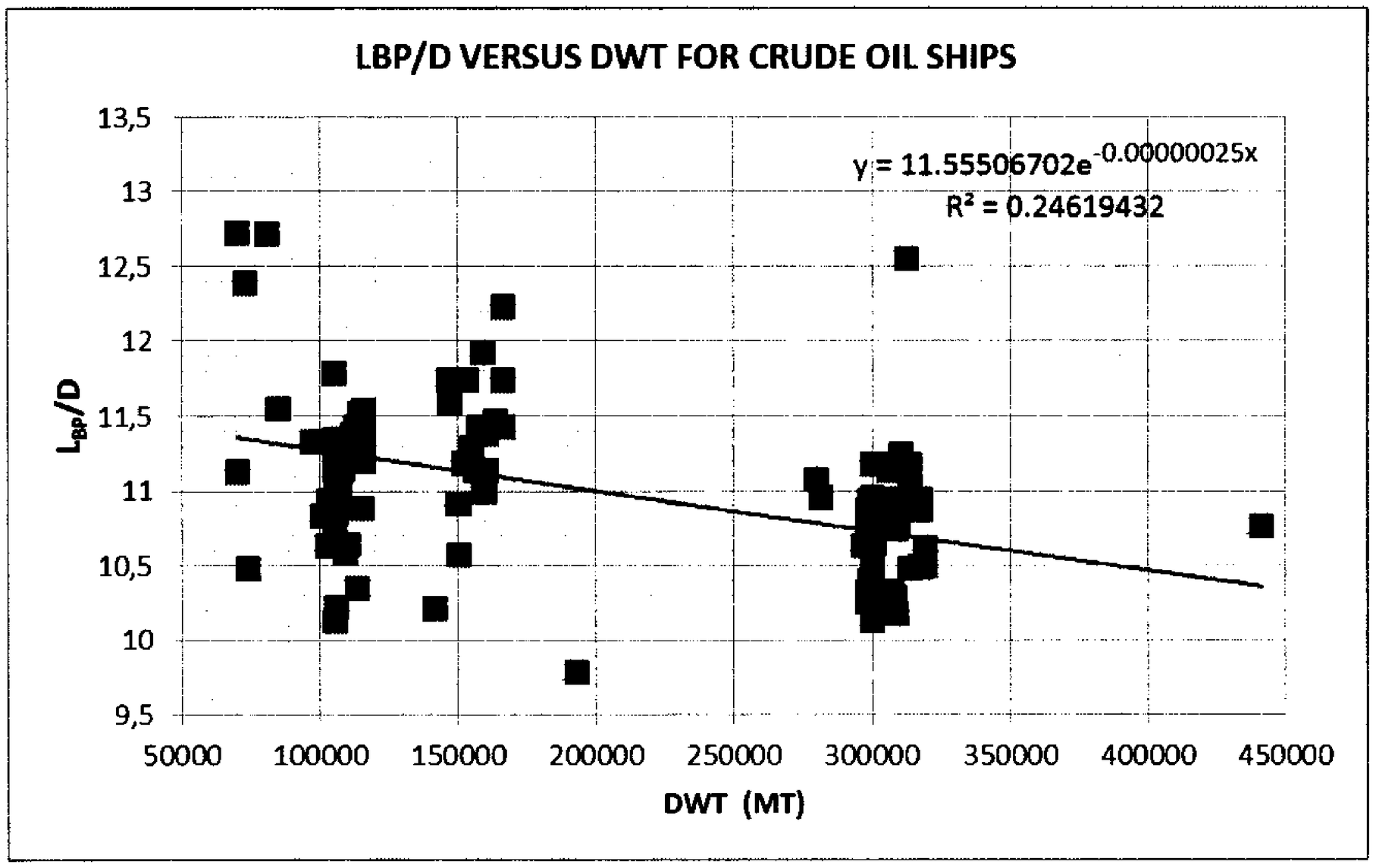
Παίρνουμε τον λόγο για απεριόριστο T επομένως : $L_{BP}/D = 12,5$

έχω περιορισμούς στο T αλλά επιλέγω για απεριόριστο T διότι θεωρώ ότι θα βγάλει καλύτερα αποτελέσματα αφού και οι τιμές του πίνακα δεν αντιπροσωπεύουν τα σημερινά δεδομένα διότι προέρχονται από πολύ παλαιότερες πηγές - πλοία.

Εφόσον παραπάνω έχουμε βρει **L_{BP} = 260,234 m**

Τότε **$L_{BP}/ D = 12,5 \rightarrow D= L_{BP} /12,5 \rightarrow$** D = 20,819 m

2) Στην συνέχεια θα υπολογίσουμε το **D** μέσω του διαγράμματος **L_{BP}/D** συναρτήση του **DWT (MT)** από παλινδρομική ανάλυση των ομοίων πλοίων. Το διάγραμμα παλινδρομικής ανάλυσης σχέσης **$L_{BP}/D=f(DWT)$** δίνεται παρακάτω :

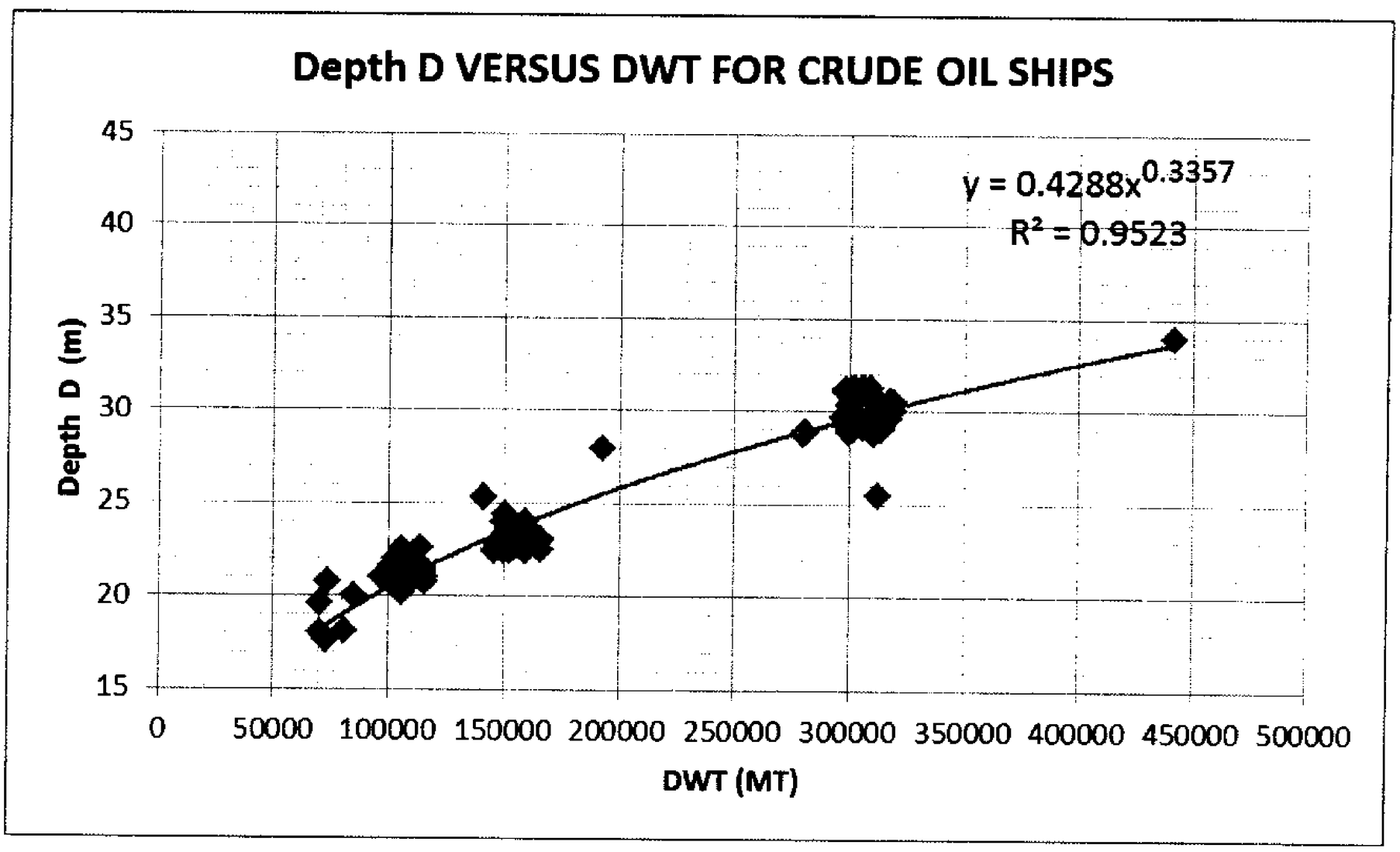


Έτσι ο τύπος που προκύπτει είναι:

$$y = 11{,}5550672 * e^{-0{,}00000025*x}$$

και αφού το **x = 150.000** τότε **y= 11,130** άρα $L_{BP}/D = 11{,}130$
και αφού L_{BP}**= 260,234 m** τότε $D = L_{BP}/11{,}130 \rightarrow$ D = 23,382 m

3) Επίσης θα υπολογίσουμε το **D** μέσω του διαγράμματος **D(m)** συναρτήση του **DWT (MT)** από παλινδρομική ανάλυση των ομοίων πλοίων. Το διάγραμμα παλινδρομικής ανάλυσης σχέσης **D=f(DWT)** δίνεται παρακάτω :



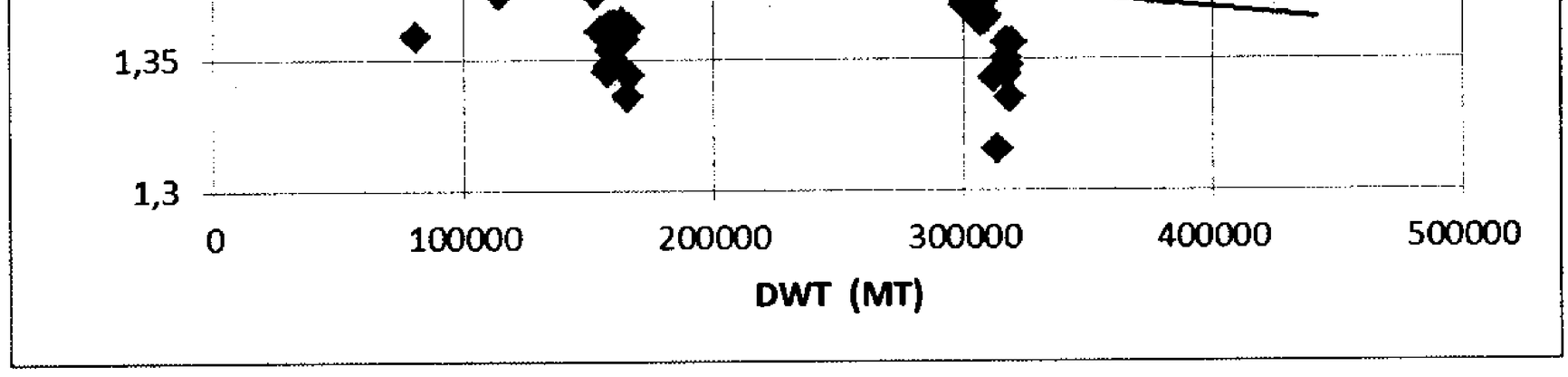
Έτσι ο τύπος που προκύπτει είναι:

$$y = 0{,}4288*x^{0{,}3357}$$

και αφού το **x = 150.000** τότε **y = 23,435** άρα

D = 23,435 m

4) Ακόμα θα υπολογίσουμε το **D** μέσω του διαγράμματος **D/T** συναρτήση του **DWT (MT)** από παλινδρομική ανάλυση των ομοίων πλοίων. Το διάγραμμα παλινδρομικής ανάλυσης σχέσης **D/T=f(DWT)** δίνεται παρακάτω :



Έτσι, ο τύπος που προκύπτει είναι:

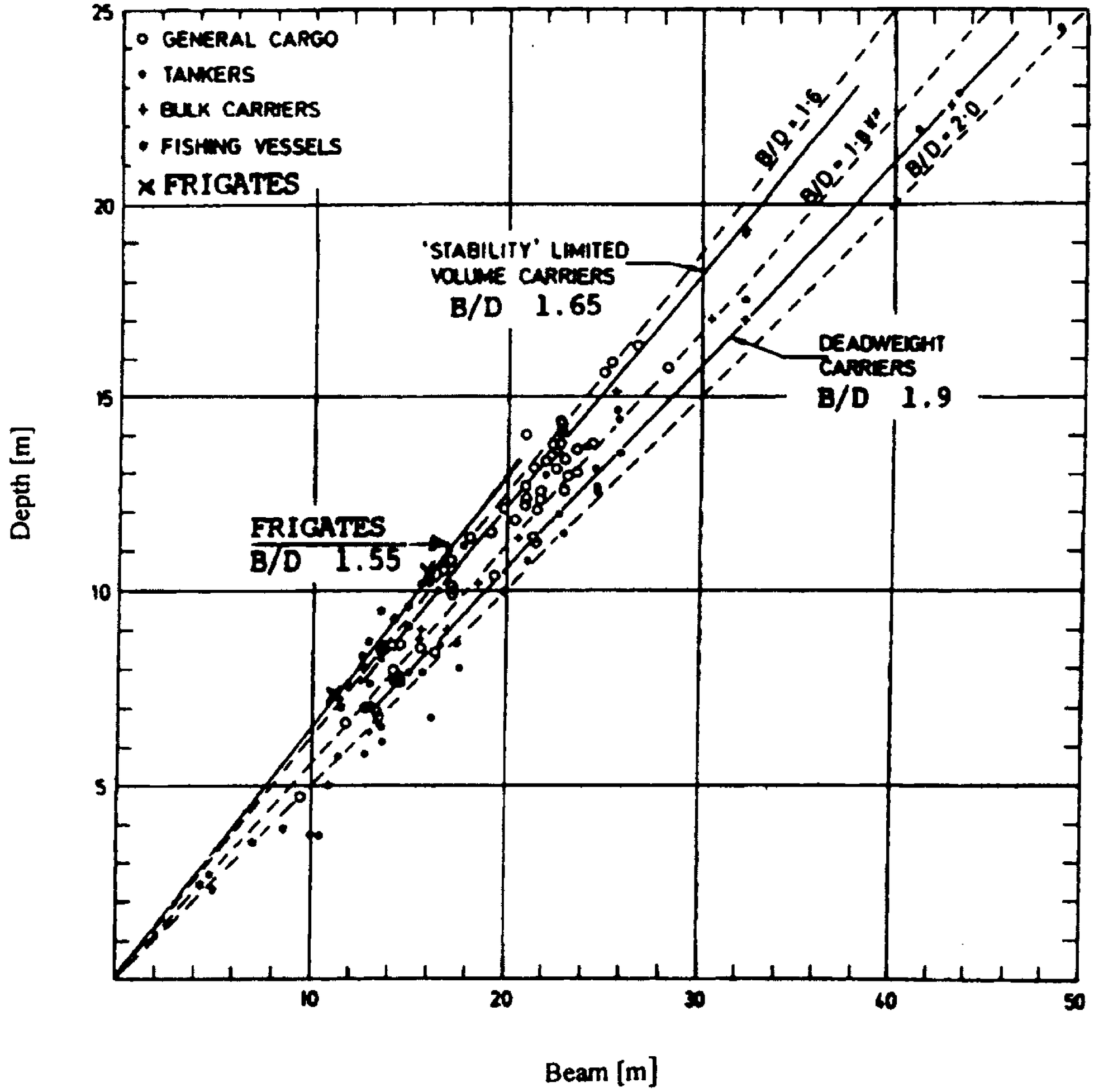
$$y = 1{,}95514047 * x^{-0{,}02761827}$$

και αφού το **x = 150.000** τότε **y= 1,407** άρα **D/T= 1,407**
και αφού **T = 16,510 m** τότε **D = 1,407*T →** D = 23,226 m

Επιλέγω το κοίλο μου, **D**, ίσο με το αποτέλεσμα από την παλινδρομική ανάλυση από διαγράμμα $\mathbf{L_{BP}/D}$ συναρτήση του **DWT (MT)** δηλαδή D = **23,382m**
το οποίο αποτελεί περίπου τον μέσο όρο των άλλων δύο αποτελεσμάτων από τα διαγράμματα παλινδρομικής ανάλυσης **D(m)-DWT(MT)** και **D/T-DWT(MT)**

Έλεγχοι :

1) Στο βιβλίο του **Watson D.G.M. "Practical Ship Design" (1998)** υπάρχει το παρακάτω διάγραμμα από το οποίο ο **Watson** υπογραμμίζει ότι για μεγάλα δεξαμενόπλοια ο λόγος πλάτους προς το κοίλο υπογίζεται περίπου **B/D= 1,91**. Σύμφωνα με τα δικά μου αποτελέσματα ο λόγος αυτός υπολογίζεται B/D = 2,031.
Η μικρή απόκλιση που παρατηρείται στην τιμή αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι ο υπολογισμός του **Watson** είχε γίνει με βάση παλαιότερα πλοία ενώ η μελέτη μου στηρίζεται σε πολύ σύγχρονα πλοία. Το διάγραμμα που αναφέρω παραθέτεται παρακάτω :


GENERAL CARGO
TANKERS
BULK CARRIERS
FISHING VESSELS
FRIGATES
'STABILITY' LIMITED VOLUME CARRIERS B/D 1.65
DEADWEIGHT CARRIERS B/D 1.9
FRIGATES B/D 1.55
B/D = 1.6
B/D = 1.9
B/D = 2.0
Depth [m]
Beam [m]
5
10
15
20
25
10
20
30
40
50

2) Ο δεύτερος έλεγχος προκύπτει με βάση μια αναφορά από το βιβλίο **"Ship Design and Construction"/Volume 1 - Κεφάλαιο 'Parametric Design' - Σελίδα 11-8** όπου τονίζεται ότι κατά την προμελέτη ο λόγος πλάτους προς κοίλο δεν θα πρέπει να πέφτει κάτω από την τιμή 1,55 δηλαδή **B/D ≥ 1,55** διαφορετικά αργότερα, κατά την λεπτομερή μελέτη του πλοίου, θα παρουσιαστεί **πρόβλημα** κατά την **εγκάρσια ευστάθεια (εγκάρσια κίνηση πλοίου-roll)**. Συμφωνά με τα αποτελέσματα αυτής της προμελέτης, όπως προαναφέρθηκε ο λόγος **B/D = 2,031 ≥ 1,55** οπότε είμαστε μέσα στα όρια.

2.2.7 <u>Υπολογισμός Συντελεστή Μέσης Τομής C_M:</u>

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία για πλοία χώρις ανύψωση πυθμένα **(deadrise*)**, όπως συνήθως είναι τα φορτηγά πλοία, συνίσταται η χρήση των ακολούθων τύπων, οι οποίοι συσχετίζουν το C_M και το C_B. Σε αυτή την φάση της προμελέτης η τιμή του C_B υπολογίστηκε παραπάνω **C_B= 0,82972.** Οι τύποι που παραθέτονται παρακάτω βρίσκονται στο βιβλίο "Μελετή Πλοίου" - Σελίδα 59/ του Α.Δ. Παπανικολάου.

(deadrise*) = Ανύψωση πυθμένα συναντάμε συνήθως σε ταχύπλοα σκάφη, γενικά σε μικρά πλοία και όχι σε μεγάλα (π.χ. Φορτηγά).

1) Τύπος του V. Lammeren : $C_M = 0,9 + 0,1 * C_B$ → C_M =0,98297

2) Τύπος H.Kerlen (1979) : $C_M = 1,006 - 0,0056 * C_B^{-3,56}$ → C_M = 0,99512

3)Τύπος από Εργαστήρια HSVA : $C_M = 1/ (1+(1-C_B)^{3,5})$ → C_M = 0,99797

4) Ένας άλλος τύπος για την εύρεση του C_M υπάρχει στο βιβλίο **"Ship Design and Construction" - Κεφάλαιο 'Parametric Design' / Σελίδα 11-12 :**
Τύπος του Benford σύμφωνα με την σειρά 60 :

$C_M = 0,977 + 0,085 * (C_B-0,60)$ → C_M = 0,99653

5) Ακόμα μπορούμε να υπολογίσουμε το C_M από τον **πίνακα 2.2 (βιβλίο Α.Δ. Παπανικολάου - "Μελέτη Πλοίου" / Σελίδα 40)**. Το βιβλίο για αριθμό **Fn = 0,15** προτείνει για το C_M το εξής εύρος τιμών : **$0,992 \leq C_M \leq 0,996$** και επιλέγω την μεγαλύτερη τιμή διότι έχω μεγάλου μεγέθους πλοίο. Άρα

C_M = 0,996

Σκοπός κατά την επιλογή του C_M είναι να υπολογίσουμε όσο τον δυνατόν μεγαλύτερη τιμή ώστε να μειώσουμε το κόστος κατασκευής (μείωση εργατοωρών) και να αυξήσουμε τον χώρο των κυτών. Έτσι σύμφωνα με τις τιμές που έχουμε βρει παραπάνω θα δώσουμε συντελεστές βαρύτητας για τον υπολογισμό του τελικού C_M.Έτσι θέτουμε τους εξής συντελεστές βαρύτητας

2,5% για C_M = 0,98297
12,5% για C_M = 0,99512
70% για C_M = 0,99797
12,5% για C_M = 0,99653
2,5% για C_M = 0,996

Άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το C_M θα πάρει την εξής τιμή : $\underline{C_M} = \underline{\mathbf{0,9970}}$
Σημείωση : Ο παραπάνω συντελεστής θα υπολογιστεί λεπτομερέστατα όταν θα βγάλουμε το mid-ship section.

2.2.8 Υπολογισμός του Πρισματικού Συντελεστή C_P :

1)Για τον υπολογισμό του πρισματικού συντελεστή ισχύει η σχέση : $C_P = C_B/C_M$ → C_P =0,8322

2)Μια ακόμα προεκτίμηση του C_P μπορεί να γίνει από τον τύπο του **Alexander - Troost από το βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/ Τόμος 2- του Α.Δ. Παπανικολάου** :

$C_p = 1,156 - 2,09 * Fn$ και αφού το πλοίο που μελετάω έχει
$Fn = 0,157$ τότε :
→ $C_p = 0,8282$

3) Μια τρίτη προεκτίμηση του C_P μπορεί να γίνει από τον **πίνακα 2.2 - Σελίδα 40 (βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/Τόμος 1 - του Α.Δ. Παπανικολάου) :**
Το βιβλίο για αριθμό **Fn = 0,15** προτείνει για το C_P το εξής εύρος τιμών : $0,835 \leq C_P \leq 0,855$ και επιλέγω μια ενδιάμεση άρα $C_P = 0,84$

Σημείωση : Γενικά ιδιαίτερα μικρό C_P σημαίνει συγκέντρωση του εκτοπίσματος στο μέσο του σκάφους και λεπτά άκρα, ενώ αντιθέτως μεγάλο C_P αντιστοιχεί σε σχετικά μικρή επιφάνεια μέσου τομέα, κατανομή του εκτοπίσματος ομοιόμορφα κατά μήκος του σκάφους και εκτεταμένο παράλληλο τμήμα στην μέση.
Από τα παραπάνω φαίνεται ότι στην συγκεκριμένη σχεδίαση το C_P προκύπτει σχετικά μεγάλο.

Η τελική τιμή που θα κρατήσουμε για τον υπολογισμό του C_P είναι αυτή που προκύπτει από τον ορισμό του πρισματικού συντελεστή, ενώ οι δύο επόμενοι υπολογισμοί του C_P αποτελούν έναν υποτυπώδη έλεγχο βασιζόμενο στην παρεχόμενη βιβλιογραφία αυτής της μελέτης. Έτσι, παρατηρούμε ότι οι αποκλίσεις στις τιμές είναι πολύ μικρές οπότε η τελική τιμή που προκύπτει είναι : $\underline{C_P} = \underline{\mathbf{0,8322}}$

2.2.9 Υπολογισμός Συντελεστή Ισάλου C_{WP} :

Ο υπολογισμός του C_{WP} θα γίνει μέσω εμπειρικών τύπων. Οι τύποι αυτοί υπολογίζονται με βάση το είδος των νομέων του πλοίου (νομείς σχήματος V ή U). Γενικά, πλοία που είναι ιδίου τύπου με το δικό μου (Aframax -Tankers) έχουν νομείς τύπου U. Οι τύποι που αναφέρονται σε αυτού του είδους τους νομείς βρίσκονται παρακάτω :

1) Τύπος του Schneekluth για U form-hulls : $C_{WP} = 0,95*C_P + 0,17*(1-C_P)^{1/3}$
και αφού παραπάνω έχουμε υπολογίσει $C_P = 0,8322$
άρα $C_{WP} = 0,8001$

2) Τύπος για νομείς U (από βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/Τόμος 1 του Α.Δ. Παπανικολάου- Σελίδα 60) :

$$C_{WP} = 0{,}778 * C_B + 0{,}248$$

και αφού παραπάνω έχουμε υπολογίσει $C_B = 0{,}8297$

άρα $C_{WP} = 0{,}894$

Οι παραπάνω δύο τύποι ισχύουν για πρύμνη καταδρομικού ή άβακος περιορισμένης έκτασης. Νεότερες κατασκευές, με έντονες γραμμές άβακος στην ίσαλο, έχουν συνήθως μεγαλύτερες τιμές C_{WP}.

3) Εμπειρικός τύπος γενικά για οποιοδήποτε είδος νομέα :

$$C_{WP} = 0{,}7\ C_P + 0{,}3$$

και αφού παραπάνω έχουμε υπολογίσει $C_P = 0{,}8322$

άρα $C_{WP} = 0{,}8825$

4) Τύπος της σειράς 60 για τον υπολογισμό του C_{Wp} :

$$C_{WP} = 0{,}180 + 0{,}860 * C_P$$

και αφού παραπάνω έχουμε υπολογίσει $C_P = 0{,}8322$

άρα $C_{WP} = 0{,}8957$

Οι τρεις επόμενοι τύποι (5),(6),(7) για τον υπολογισμό του C_{WP} είναι από το βιβλίο **"Ship Design for Efficiency and Economy" του Schneekluth H. and Bertram V. (1998) :**

5) Τύπος για tankers και bulk carrier για τον υπολογισμό του C_{WP} :

$$C_{WP} = C_B / (0{,}471 + 0{,}551 * C_B)$$

και αφού παραπάνω έχουμε υπολογίσει $C_B = 0{,}8297$

άρα $C_{WP} = 0{,}8939$

6) Τύπος κατά Schneekluth :

$$C_{WP} = C_P^{2/3}$$

και αφού παραπάνω έχουμε υπολογίσει $C_P = 0{,}8322$

άρα $C_{WP} = 0{,}8848$

7) Τύπος κατά Schneekluth :

$$C_{WP} = (1 + 2 * C_B / C_M^{1/2}) / 3$$

και αφού παραπάνω έχουμε υπολογίσει $C_B = 0{,}8297$ και $C_M = 0{,}9970$

άρα $C_{WP} = 0{,}8873$

8) Τύπος κατά Riddlesworth (βιβλίο "Concept Exploration - An Approach to Small Warship Design" - των Eames και Drummond (1977) :

$$C_{WP} = (1 + 2 * C_B) / 3$$

και αφού παραπάνω έχουμε υπολογίσει $C_B = 0,8297$

άρα $C_{WP} = 0,8865$

Το C_{WP} είναι ένα μέγεθος που εξαρτάται άμεσα από την τιμή του C_B και επιδράει τόσο στην ευστάθεια όσο και στην αντίσταση του σκάφους. Βλέπουμε ότι οι περισσότεροι από τους τύπους που χρησιμοποιήσαμε για την εύρεση του C_{WP} βγάζουν αποτελέσματα με μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους. Για τον υπολογισμό της τελικής τιμής του συντελεστή ισάλου θα βάλουμε συντελεστές βαρύτητας στα παραπάνω αποτελέσματα.
Έτσι θέτουμε τους εξής συντελεστές βαρύτητας :

0%	για	$C_{WP} = 0,80011$
5%	για	$C_{WP} = 0,89352$
10%	για	$C_{WP} = 0,88254$
5%	για	$C_{WP} = 0,89570$
30%	για	$C_{WP} = 0,89392$
20%	για	$C_{WP} = 0,88475$
10%	για	$C_{WP} = 0,88731$
20%	για	$C_{WP} = 0,88648$

Άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το C_{WP} θα πάρει την εξής τιμή : $C_{WP} = \mathbf{0,8889}$

2.2.10 Υπολογισμός του Κάθετου Πρισματικού Συντελεστή C_{VP} :

1) Ο κάθετος πρισματικός συντελεστής ορίζεται ώς : $C_{VP} = C_B/C_{WP}$ → $C_{VP} = \mathbf{0,9335}$

2.2.11 Υπολογισμός Ισχύς Πρόωσης (BHP = Brake Horse Power) :

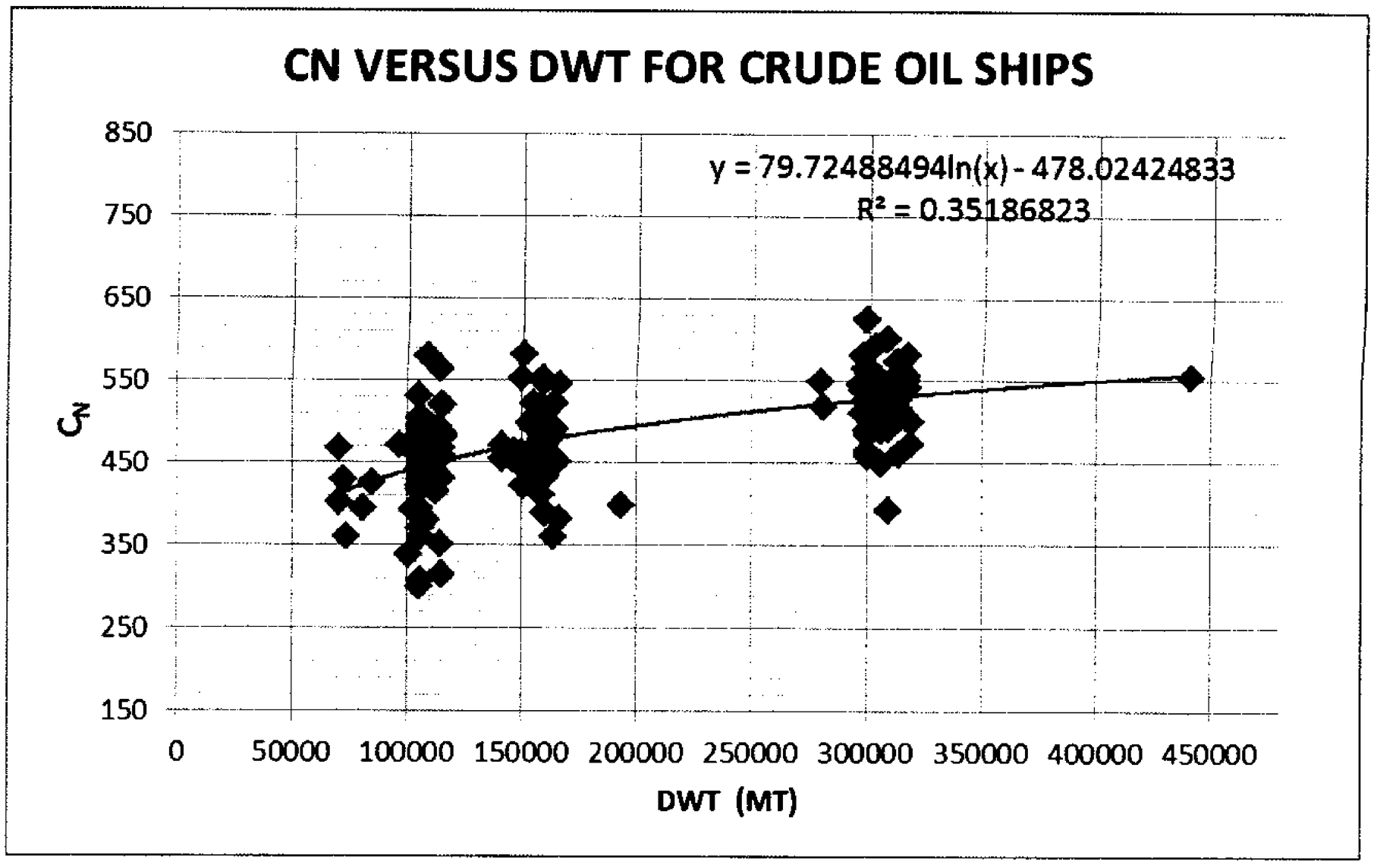
Ο υπολογισμός της ισχύος πρόωσης γίνεται με σκοπό την μετέπειτα επιλογή μηχανής και τελικά τον υπολογισμό του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης. Σε αυτό το σημείο της προμελέτης αυτής δεν θα γίνει ακριβής υπολογισμός της ισχύς προώσεως αλλά μια εκτίμηση-προσέγγιση. Αυτή η εκτίμηση μπορεί να γίνει με εμπειρικούς τύπους ή και με διαγράμματα από στατιστικά στοιχεία ομοίων πλοίων. Σε αυτή την προμελέτη ο υπολογισμός θα γίνει με τους εξής τύπους - τρόπους :

α) Τύπος Αγγλικού Ναυαρχείου :

$C_N = (\Delta^{2/3} * Vs^3) / P$ όπου **Δ** = το εκτόπισμα **(MT)**
Vs= υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου **(knots)**
P = εγκατεστημένη ισχύς **(PS ή HP)**

Η σταθερά του Ναυαρχείου C_N μπορεί να υπολογιστεί με βάση τα όμοια πλοία για τις ίδιες μονάδες των **Δ, V** και **P**. Για την χρήση της μεθόδου θεωρείται ότι τα όμοια πλοία που χρησιμοποιούνται έχουν όμοια μορφή γάστρας και όχι σημαντικά διαφορετικούς αριθμούς **Reynolds & Froude**. Η παραπάνω προϋπόθεση δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε αν ισχύει για όλα τα όμοια πλοία μας, παρ' όλ' αυτά θα προχωρήσουμε στην εφαρμογή του τύπου.

Αρχικά το διάγραμμα παλινδρομικής ανάλυσης σχέσεως C_N=**f(DWT)** παραθέτεται παρακάτω:



Έτσι με βάση τα όμοια πλοία που έχουμε, από το διάγραμμα του C_N συναρτήση του **DWT (MT)** προκύπτει ο παρακάτω τύπος :

y = 79,72488994 * ln(x) - 478,02424833

και αφού **x = 150.000** τότε προκύπτει **y = 472,168** άρα C_N **= 472,168**

Επομένως από το παραπάνω αποτέλεσμα έχουμε σύμφωνα με τον τύπο του **αγγλικού Ναυαρχείου** :

$C_N = (\Delta^{2/3} * Vs^3) / P \rightarrow P = (\Delta^{2/3} * Vs^3) / C_N \rightarrow$ P = 24.068,203 HP

β) Χρήση τύπων P= f (DWT, V) για φορτηγά :

Τύπος κατά **MAN B&W** για τον υπολογισμό της ισχύος **P** από **βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/Τόμος 1, του Α.Δ. Παπανικολάου - Σελίδα 63** :

$$P = 0{,}0114 * Vs^3 * DWT^{0{,}55}$$

όπου **P** = ισχύς σε **PS**
Vs = υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου σε **knots**
και **DWT** = το νεκρό βάρος του πλοίου σε **MT**

Αφού λοιπόν, **Vs = 15,4 knots** και **DWT = 150.000 MT** τότε ο παραπάνω τύπος θα γίνει :

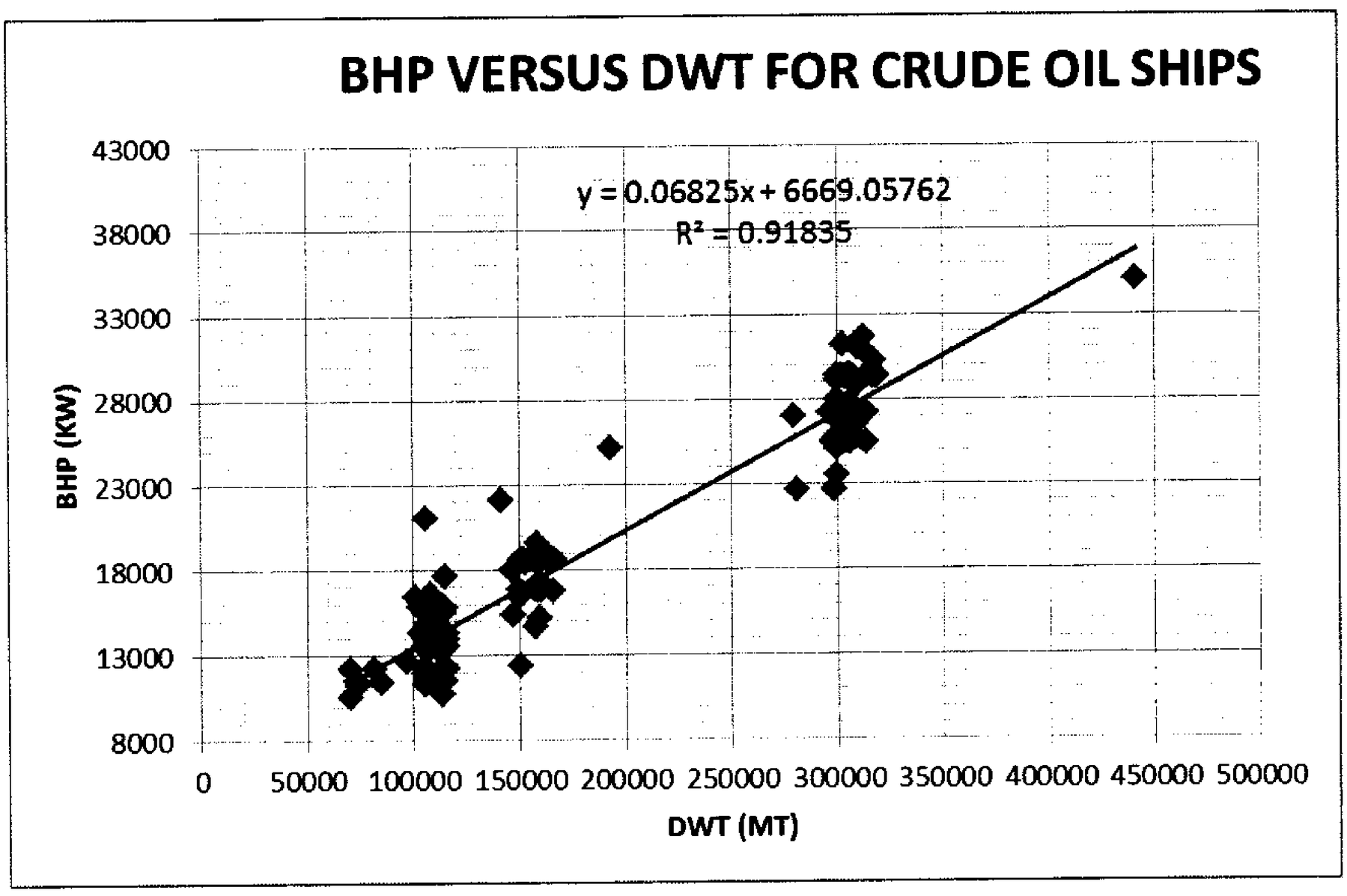
P = 29.262,889 PS και αφού **1 PS = 0,9863 HP**

→ **P = 28.861,988 HP**

γ) Χρήση τύπων απο όμοια πλοία με χρήση παλινδρομικής ανάλυσης :

Θα χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα **BHP (KW)** συναρτήση του **DWT (MT).**

Το διάγραμμα παλινδρομικής ανάλυσης σχέσεως **BHP=f(DWT)** φαίνεται παρακάτω:



Ο τύπος που προέκυψε ήταν ο εξής :

$$y = 0{,}06825 * x + 6669{,}05762$$

και αφού **x = 150.000** τότε προκύπτει **y = 16.906,558** άρα

P = 16.906,558 KW και αφού **1 KW = 1,341 HP**

→ **P = 22.671,694 HP**

δ) Χρήση διαγραμμάτων από το Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου" / Τόμος 1, του Α.Δ. Παπανικολάου

Δυστυχώς δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κανένα από τα διαγράμματα των σελίδων 64-66 διότι δίνουν στοιχεία για πλοία με υπηρεσιακή ταχύτητα μέχρι και Vs = 12 knots. Το δικό μας πλοίο έχει υπηρεσιακή ταχύτητα Vs = 15,4 knots οπότε δεν μπορούμε να αντλήσουμε καμία πληροφορία για την ισχύ του πλοίου από τα σχετικά διαγράμματα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω έχουμε υπολογίσει την ισχύ προώσεως μας με τρεις τρόπους. Θα δώσουμε και σε αυτό το σημείο της προμελέτης μας συντελεστές βαρύτητας ώστε να καταλήξουμε σε μια τελική τιμή για την ισχύ μας. Έτσι, οι συντελεστές είναι :

95%	για	P = 24.068,20340 HP
0%	για	P = 28.861,98784 HP
5%	για	P = 22.671,69377 HP

Άρα σύμφωνα με τα παραπάνω η ισχύς τελικά προκύπτει :

P = 23.998,3779 HP
P = 24.331,7225 PS
P = 17.895,8821 KW

2.2.12 Συνοπτική παρουσίαση κυρίων διαστάσεων από την προμελέτη του πλοίου:

Από την παραπάνω προμελέτη κυρίων διαστάσεων και λοιπών στοιχείων για το υπό μελέτη πλοίο μας καταλήγουμε στα εξής μεγέθη που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

CRUDE OIL SHIP	RESULTS	Units
Δ	173.567,045	MT
∇	169.333,702	m^3
DWT	150.000	MT
DWT/Δ	0,864	
L_{OA}	271,208	m
L_{BP}	260,234	m
B_m	47,5	m
T_m	16,51	m
D	23,382	m
C_B	0,82972	
C_P	0,8322	
C_M	0,9970	
C_{WP}	0,8889	
C_{VP}	0,9335	
$L_{BP}/\nabla^{1/3}$	4,704	
B/T	2,877	
B/D	2,031	
L_{BP}/B	5,479	
L_{BP}/D	11,130	
L_{BP}/T	15,762	
BHP	23.998,3779	HP
BHP	17.895,882	KW
C_N	473,542	
D/T	1,416	
L_{OA}/L_{BP}	1,042	
u_s	15,4	knots

3. <u>Προκαταρκτικός Υπολογισμός Βαρών:</u>

3.1 <u>Προκαταρκτική Μελέτη Βαρών του πατρικού πλοίου:</u>

Αρχικά, θα γίνει ο θεωρητικός αναλυτικός υπολογισμός του βάρους του άφορτου πατρικού μας σκάφους ($\mathbf{W_{LS}^{TH}}$ = **theoritical weight Of lightship**) μέσα από θεωρητικές μεθόδους υπολογισμού βαρών. Στην συνέχεια, θα συγκρίνουμε το αποτέλεσμα της τιμής αυτής ($\mathbf{W_{LS}^{TH}}$) που υπολογίσαμε με την πραγματική τιμή του βάρους του άφορτου ($\mathbf{W_{LS}^{PR}}$= **practical weight of lightship**) πατρικού μας πλοίου έτσι όπως δίνεται μέσα από το **Trim and Stabillity Booklet** του πατρικού μας πλοίου. Θα διαιρέσουμε τα δύο αποτελέσματα μεταξύ τους και θα βρούμε έναν αριθμό **λ**, ο οποίος αποτελεί τον διορθωτικό συντελεστή ανάμεσα στις δύο τιμές **(1)** και **(2)** του $\mathbf{W_{LS}}$ του πατρικού μας πλοίου :

(1) Την πραγματική τιμή W_{LS}^{PR} και

(2) Την τιμή που προκύπτει μέσα από τις θεωρητικές μεθόδους υπολογισμού βαρών W_{LS}^{TH}

Στην συνέχεια με τις ίδιες θεωρητικές μέθοδους υπολογισμού βαρών που χρησιμοποιήσαμε αρχικά για να υπολογίσουμε το $\mathbf{W_{LS}^{TH}}$ του πατρικού μας, θα υπολογίσουμε το $\mathbf{W_{LS}^{TH}}$ του πλοίου που μελετάμε και αυτό το αποτέλεσμα ($\mathbf{W_{LS}^{TH}}$) που θα προκύψει θα το πολλαπλασιάσουμε με τον διορθωτικό συντελεστή **λ** που προέκυψε παραπάνω μέτα από τους υπολογισμούς του πατρικού μας πλοίο. Έτσι, θα έχουμε κάνει μια αρκετά καλή προσέγγιση του $\mathbf{W_{LS}^{PR}}$ του υπό μελέτη πλοίου μας.

<u>Σημείωση:</u> Στην παρούσα προμελέτη μπορεί να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μια μέθοδοι υπολογισμού βαρών για το πατρικό και για το υπό μελέτη πλοίο μου.

Αρχικά πρέπει να αναφέρουμε ότι το **<u>βάρος ενός πλοίου</u>** ορίζεται ως :

$$\mathbf{\Delta = W = W_{LS} + DWT}$$

όπου

Δ = εκτόπισμα (βάρος εκτοπιζόμενου νερού - **Displacement**)
W = ολικό βάρος (**Weight**)
$\mathbf{W_{LS}}$ = βάρος κενού σκάφους (**Light Ship**)
DWT = πρόσθετο (νεκρό) βάρος (**Deadweight**)

Πιο συγκεκριμένα το $\mathbf{W_{LS}}$ αναλύεται σε :

$$\mathbf{W_{LS} = W_{..} + W_M + R}$$

όπου

W_H = βάρος σκάφους (**Hull**)
W_M = βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης (**Machinery**)
R = περιθώριο / ανοχή (**Reserve**)

Επίσης το W_H αναλύεται περαιτέρω σε :

$$W_H = W_{ST} + W_{OT}$$

όπου

W_{ST} = βάρος μεταλλικής κατασκευής (**Steel**)
W_{OT} = βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού (**Outfit**)

Επίσης το W_M αναλύεται και αυτό σε :

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

όπου

W_{MM} = βάρος κύριας μηχανής (**Main Machinery**)
W_{MS} = βάρος ελικοφόρου άξονα και έλικας (**Shaft - Propeller**)
W_{MR} = βάρος λοιπών μηχανολογικών εξαρτημάτων (**Rest Machinery**)

Επίσης το **DWT** αναλύεται στα εξής παρακάτω :

$$DWT = W_{LO} + W_F + W_{PR} + W_P + W_{CR} + B$$

όπου

W_{LO} = βάρος ωφέλιμου φορτίου (για φορτηγά : **payload**)
W_F = βάρος καυσίμου (**Fuel**), περιλαμβάνει και εφεδρίες καυσίμως, λιπαντικών κ.τ.λ.
W_{PR} = βάρος εφοδίων και νερού (**Provisions**)
W_P = βάρος επιβατών και και αποσκευών (**Persons and effects**), περιλαμβάνεται στο payload, όπως το ωφέλιμο φορτίο
W_{CR} = βάρος πληρώματος (**Crew**)
B = βάρος μη μόνιμου έρματος (νερό-**Ballast**) εφόσον απαιτείται στην κατάσταση πλήρους φόρτωσης (βύθισμα σχεδιάσεως). Στην κατάσταση αυτή το πλοίο πρέπει να είναι ισοβύθιστο (evenkeel), δηλαδή χωρίς διαγωγή.

3.1.1 <u>Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Άφορτου πλοίου</u> (W_{LS}) <u>του πατρικού πλοίου:</u>

Αρχικώς μας σκοπός είναι να υπολογίσουμε τον βάρος του κενού σκάφους μας δηλαδή του W_{LS} **(Light Ship)**. Άρα θα πρέπει να υπολογίσουμε τα εξής :

- W_{ST}
- W_{OT}
- W_{MM}
- W_{MS}
- W_{MR}

3.1.1.1 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής (W_{ST}) του πατρικού πλοίου:

Μέθοδος υπολογισμού W_{ST} με την μέθοδο του Schneekluth :

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε με μια σύνθετη μέθοδο υπολογισμού το W_{ST} ,και η μέθοδος που επιλέγεται είναι του **Schneekluth** όπως αυτή αναλύεται στην σελίδα 92 του βιβλίο ''Μελέτη Πλοίου'' /Τόμος 1 / - του Α.Δ. Παπανικολάου. Έτσι σύμφωνα με το βιβλίο αυτό η μέθοδος αυτή είναι καλής ακριβείας για πολλούς τύπους πλοίων. Δεν περιλαμβάνει όμως στους υπολογισμούς της το βάρος των υπερκατασκευών και έτσι θα αυτό το βάρος θα υπολογιστεί με την βοήθεια της μεθόδου του Muller - Koster που αναλύεται στο ίδιο βιβλίο σε παρακάτω σελίδες. Έτσι για την εφαρμογή της μεθόδου θα πρέπει αρχικά να έχουμε τα εξής στοιχεία :

CRUDE OIL	RESULTS	Units
Δ	170.285,000	MT
V	165.985,964	m^3
DWT	159.223,4	MT
DWT/Δ	0,93504	
L_{OA}	274,260	m
L_{BP}	264,000	m
B	48,0	m
T	16,00	m
D	23,10	m
C_B	0,8225	
*C_{BD}	0,842191	
C_P	0,8244	
C_M	0,99770	
S_F	0,000	m
S_A	0,690	m
b	1,2500	m
n	1	
V_U	256.072,6106	m^3
BHP	25.320,0000	HP
BHP	18.881,432	KW
u_s	15,8	knots

*το C_{BD} = ο συντελεστής γάστρας στο ύψος **D**. Αυτός σύμφωνα με την σελίδα 94/βιβλίο ''Μελέτη Πλοίου''/ Α.Δ. Παπανικολάου ορίζεται ως:

$$C_{BD} = C_B + C_1 *(B-D) /T * (1-C_B)$$

για C_1 **=0,25** και σύμφωνα με τις τιμές του παραπάνω πίνακα :

$$C_{BD} = 0,84219141$$

Και από τον πίνακα:
S_F = πρωραία σιμότητα στο FP, η οποία είναι πολύ μικρή και για απλοποίηση των υπολογισμών σε αυτή την φάση της μελέτης την θεωρούμε 0.
S_A = πρυμναία σιμότητα στο AP
b = η κυρτότητα του καταστρώματος στην μέση τομή
n = ο αριθμός των καταστρωμάτων

Τα L_S, S_F, S_A, b, n, Ls έχουν μετρηθεί από το σχέδιο γενικής διάταξης (general arangement plan) του πατρικού μας πλοίου.

και όπου V_U = ο όγκος κάτωθεν ανώτατου συνεχούς καταστρώματος, ο οποίος δεν μας είναι γνωστός οπότε μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο στην σελίδα 94 / βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/ Τόμος 1 / του Α.Δ. Παπανικολάου :

$$V_U = V_D + V_S + V_b + V_H$$

όπου $V_D = L_{BP} * B * D * C_{BD} = 246.528,96\ m^3$ (το V_D = ο όγκος μέχρι το **D**)
και $Vs = Ls * B * (S_F + S_A) * C_2 = 205,4288017$ (αύξηση όγκου λόγω σιμότητας)
όπου L_S = έκταση σιμότητας ($\leq L_{BP}$) → L_S = **41,73 m**
και $C_2 = C_{BD}^{2/3}/6 = 0,148636$

Στην συνέχεια το $V_b = L*B*b*C_3$

όπου $C_3 = 0,7*C_{BD}$ → $C_3 = 0,589533984$
και **b = 1,2500**
άρα V_b **= 9.338,218** (το V_b εκφράζει την αύξηση του όγκου λόγω κυρτότητας καταστρώματος)

Και τελικά το $V_H = \Sigma^N (l_{Hi} * b_{Hi} * h_{Li})$ (το V_H εκφράζει την αύξηση όγκου λόγω στομίων κυτών) με :

l_{Hi} : μήκος στομίου i
b_{Hi} : πλάτος στομίου i
h_{Li} : ύψος στομίου i
N : αριθμός στομίων

Αφού όμως το πατρικό μας πλοίο είναι tanker δεν έχουμε στόμια κυτών και άρα :

$$V_H = \Sigma^N (l_{Hi} * b_{Hi} * h_{Li}) = 0$$

Άρα σύμφωνα με τα παραπάνω :

$$V_U = V_D + V_S + V_b + V_H \quad \rightarrow \quad V_U = 256.072{,}611\ m^3$$

Αφού έχουμε υπολογίσει όλα τα παραπάνω μπορούμε να προχωρήσουμε στον υπολογισμό του τύπου που θα μας δώσει το **W'st** αλλά όπως προαναφέρθηκε χωρίς το βάρος των υπερκατασκευών. Έτσι το **W'st** στον παρακάτω τύπο δίδεται συναρτήση του όγκου V_U **(m^3)** που υπολογίστηκε μόλις παραπάνω, ενός συντελεστή βάρους **C'st (t/m^3)**, (ο οποίος υπολογίζεται παρακάτω) και διαφόρων διορθώσεων. Ο τύπος είναι ο παρακάτω :

$$W'_{ST} = V_U * C'_{ST} * |1+0{,}33*(L_{BP}/D - 12)| * |1+0{,}06 * (n-D/D_0)| * |1+0{,}05*(1{,}85-B/D)| * |1+0{,}2 *(T/D-0{,}85)| * |0{,}92 +(1-C_{BD})^2| * |1+0{,}75*C_{BD}*(C_M-0{,}98)|$$

όπου $D_0 = 4\ m$ και $L_{BP}/D \geq 9 \rightarrow 11{,}42857143 \geq 9$ άρα ισχύει για το δικό μου πλοίο.

Άρα :

$\|1+0{,}33*(L_{BP}/D - 12)\|$	=	0,981142857
$\|1+0{,}06 * (n-D/D_0)\|$	=	0,7135
$\|1+0{,}05*(1{,}85-B/D)\|$	=	0,988603896
$\|1+0{,}2 *(T/D-0{,}85)\|$	=	0,968528139
$\|0{,}92 +(1-C_{BD})^2\|$	=	0,944903552
$\|1+0{,}75*C_{BD}*(C_M-0{,}98)\|$	=	1,011177118

Επίσης η τιμή του συντελεστή C'_{ST} **(t/m^3)** είναι συναρτήσει του τύπου του πατρικού σκάφους και για το δικό μου σκάφος το οποίο είναι δεξαμενόπλοιο ο τύπος υπάρχει στην **σελίδα 95 / Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου" / Τόμος 1 / του Α.Δ. Παπανικολάου :**

άρα για δεξαμενόπλοια με περιοχή μηκών **150 ÷ 350 m** :

$$C'_{ST} = [0{,}112 + L(m) * 10^{-4}] * y \qquad \text{με} \quad y = (0{,}95 \div 1{,}05)$$

και αφού το πατρικό πλοίο έχει $L_{BP} = 264{,}000\ m$ επιλέγω $y = 0{,}95$
άρα :

$$C'_{ST} = 0{,}13148\ t/m^3$$

Επομένως σύμφωνα με τα παραπάνω το W'_{ST} προκύπτει :

$$W'_{ST} = V_U * C'_{ST} * |1+0{,}33*(L_{BP}/D - 12)| * |1+0{,}06 * (n-D/D_0)| * |1+0{,}05*(1{,}85-B/D)| * |1+0{,}2 *(T/D-0{,}85)| * |0{,}92 +(1-C_{BD})^2| * |1+0{,}75*C_{BD}*(C_M-0{,}98)|$$

$\rightarrow \quad W'_{ST} = 21.562{,}4608\ MT$

Διορθώσεις : Το βάρος της μεταλλικής κατασκευής του σκάφους $\mathbf{W'_{ST}}$ που υπολογίσαμε σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο, πρέπει να διορθωθεί ως εξής :
1) Για εγκάρσιο σύστημα ναυπήγησης : + 2,5 % * W'_{ST}
Το πατρικό μου πλοίο έχει διαμήκες σύστημα ναυπήγησης άρα δεν θα κάνουμε καμία διόρθωση.
2) Για βοβλοειδή πλώρα : + 0,4 ÷ 0,7 % * W'_{ST}

Το πατρικό μου πλοίο έχει βολβοειδή πλώρα και για αυτό θα κάνουμε μια μείωσει της τάξεως των 0,6% άρα :

$$\mathbf{W'_{ST} = 21.691,84\ MT}$$
$$\mathbf{W'_{ST} = 21.691.835,61\ kp}$$

<u>Θέση Κέντρου Βάρους W'_{ST} :</u>
Στην μέθοδο υπολογισμού του $\mathbf{W'_{ST}}$ κατά **Schneekluth** συμπεριλαμβάνεται και η προσέγγιση της καθ' ύψος θέσης του κέντρου βάρους του $\mathbf{W'_{ST}}$ **(χωρίς υπερκατασκευές)**:
Έτσι, σύμφωνα με την **σελίδα 98 / Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/ Τόμος 1 / του Α.Δ. Παπανικολάου** το **KG'** δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$\mathbf{KG'\ |\%D| = |44 + 0,155 * (0,85 - C_{BD}) * (L/D)^2\ | * D_S/D}$$

όπου $\mathbf{(Ds/D) = 1 + C_{BD}^{2/3} * (S_F+S_A) / (6*D)}$ → **Ds/D = 0,0117** → **Ds = 0,269225179**

άρα → **KG'|%D| = 0,514652299**

<u>Προσοχή :</u> Τα παραπάνω ισχύουν για σιμότητα που εκτείνεται τουλάχιστον έως το μέσον του πλοίου, επομένως δεν αποτελεί ακριβή υπολογισμό του πατρικού μας πλοίου.

<u>Υπολογισμός του W_{ST} με την βοήθεια προσεγγιστικών τύπων :</u>
Στην συνέχεια θα προεκτιμήσουμε το Wst με τους προσεγγιστικούς τύπους που δίνονται στις σελίδες 110 - 111 του βιβλίου "Μελέτη Πλοίου" / Τόμος 1 / του Α.Δ Παπανικολάου
Έτσι πιο αναλυτικά για δεξαμενόπλοια ισχύουν οι δύο παρακάτω τύποι, οι οποίοι υπολογίζουν προσεγγιστικά το βάρος της μεταλλικής κατασκευής.

<u>1) Τύπος του Det Norske Veritas (1972) :</u>

$$\mathbf{W_{ST\ DNV} = \Delta * |\alpha_L + \alpha_T * (1,009 - 0,004 * (L_{BP}/B)) * 0,06 * (28,7 - (L_{BP}/D))|}$$

όπου $\mathbf{\alpha_L = ((0,054 + 0,004 * (L_{BP}/B)) * 0,97) / (0,189 * (100 * (L_{BP}/D))^{0,78)})}$
$\mathbf{\alpha_T = 0,0290 + 0,00235 * \Delta * 10^{-5}}$ για $\mathbf{\Delta < 6 * 10^5}$ t
$\mathbf{\alpha_T = 0,0252 + (\Delta * 10^{-5})^{0,3}}$ για $\mathbf{\Delta > 6 * 10^5}$ t

Από το **Trim and Stability Booklet** του πατρικού μου πλοίου δίνεται ότι το εκτόπισμα του στο βύθισμα σχεδιάσεως είναι **Δ= 170.285 MT** άρα ισχύει ο πρώτος τύπος για τον υπολογισμό του α_T . Άρα

$$\alpha_T = 0{,}0290 + 0{,}00235 * \Delta * 10^{-5} \rightarrow \alpha_T = 0{,}0330017$$

και $$\alpha_L = ((0{,}054 + 0{,}004 * (L_{BP}/B)) * 0{,}97) / (0{,}189 * (100 * (L_{BP}/D))^{0{,}78)}) \rightarrow$$
$$\alpha_L = 0{,}001606534$$

άρα $$W_{ST\ DNV} = 6.021{,}47\ MT$$

όπου τα όρια για την εφαρμογή του τύπου είναι :

$L_{BP}/D = 10 \div 14$ $L_{BP}/B = 5 \div 7$ $L_{BP} = 150 \div 480$ m	το πατρικό μας πλοίο έχει τις εξής τιμές :	$L_{BP}/D = 11{,}42857143$ $L_{BP}/B = 5{,}5$ $L_{BP} = 264{,}0$ m	άρα είμαστε μέσα στα αποδεκτά όρια

Υπόθεση :
- Χρήση κοινού χάλυβα
- Χωρίς υπερκατασκευές και υπερστεγάσματα

2) Sato (SNAME 1967)

$$W_{ST\ SATO} = ((C_B/0{,}8)^{1/3}) * |5{,}11 * L^{3{,}3} * B/D + 2{,}56 * L^2 * (B+D)^2| * 10^{-5}$$

$$W_{ST\ SATO} = 19.607{,}4625 \quad MT$$

$$W_{ST\ SATO} = 19.607.462{,}5 \quad kp$$

όπου τα όρια για την εφαρμογή του τύπου είναι :

$DWT = 130 \div 250 * 10^3$ t $C_B = 0{,}78 \div 0{,}84$ $B/T = 2{,}0 \div 3{,}0$ $T/D = 0{,}69 \div 0{,}75$	το πατρικό μας πλοίο έχει τις εξής τιμής :	$DWT = 159.223{,}4$ MT $C_B = 0{,}8225$ $B/T = 3{,}0$ $T/D = 0{,}692640693$	άρα είμαστε μέσα στα αποδεκτά όρια

<u>3) Τύπος προεκτίμησης του W'_{ST} για δεξαμενόπλοια με υπερκατασκευές :</u>

Ένας άλλος τύπος με το οποίο μπορούμε να προεκτιμήσουμε το W_{ST} είναι ο εξής :

$w = W'_{ST} / L_{BP} * B * D$ όπου **D =κοίλο καταστρώματος αντοχής.**

→ $W_{ST} = w * L_{BP} * B * D$ = 26.345.088,00 kp
με **w =90** (συντελεστής βάρους που κυμαίνεται στα όρια 90÷110)

→ $W_{ST} = w * L_{BP} * B * D$ = 26.345,09 MT

<u>Υπολογισμός βάρους υπερκατασκευών/υπερστεγασμάτων κατά Muller - Koster (από το βιβλίο Muller-Koster, Hansa (1973))</u>

Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω για τον υπολογισμό του βάρους της μεταλλικής κατασκευής πρέπει να υπολογιστεί και να προστεθεί στο βάρος του κυρίου σκάφους W'_{ST} (που υπολογίστηκε με την μέθοδο του Schneekluth παραπάνω), το βάρος των υπερκατασκευών και των υπερστεγασμάτων.

Κατά Muller - Koster το βάρος αυτό μπορεί να υπολογιστεί συναρτήσει του περικλειόμενου όγκου και της θέσης των ανωτέρω στοιχείων της κατασκευής.

<u>Υπερκατασκευές - Superstructures :</u>
Σύμφωνα με τους κανονισμούς (Γραμμή Φόρτωσης) στην κατηγορία αυτή θεωρούνται κατασκευές επί του κυρίου καταστρώματος με απόσταση των πλαγίων τοιχωμάτων από τα πλευρά του πλοίου μικρότερη/ίση του 4% του πλάτους Β. Εξετάζοντας το παραπάνω κριτήριο προκύπτει ότι η ελάχιστη απόσταση των πλαγίων τοιχωμάτων από τα πλευρά του πλοίου των κατασκευών του καταστρώματος είναι μεγαλύτερη του 4% του πλάτους Β. Πιο αναλυτικά :

Πίσω κομμάτι - φουγάρο → $L_{DeckStructure1}$ = 3,71 m ≥ 4% * B = 1,92 m
Κομμάτι ενδυαιτήσεων - γέφυρας → $L_{DeckStructure2}$ = 8,08 m ≥ 4% * B = 1,92 m

άρα οι κατασκευές δεν θεωρούνται υπερκατασκευές αλλά υπερστεγάσματα και για αυτό τον λόγο ο υπολογισμός του βάρους τους θα γίνει με τον παρακάτω τρόπο.

α) Πρόστεγο (back) : Το ογκομετρικό βάρος (βάρος ανά μονάδα όγκου) ενός προστέγου είναι :

<u>Το πλοίο μας δεν έχει πρόστεγο για αυτό τον λόγο δεν χρειάζεται κανένας υπολογισμός σε αυτό το βήμα.</u>

β) Επίστεγο (poop) :

<u>Το πλοίο μας δεν έχει επίστεγο για αυτό τον λόγο δεν χρειάζεται κανένας υπολογισμός σε αυτό το βήμα.</u>

<u>Υπερστεγάσματα - Deckhouses :</u>

α) Στεγάσματα με ενδιαιτήσεις :

Στεγάσματα καταστρώματος που περιλαμβάνουν περισσότερα του ενός καταστρώματα δεν υπολογίζονται ως μια ενιαία κατασκευή αλλά ως αποτελούμενα από επιμέρους τμήματα, τα οποία ταξινομούνται ως προς τη θέση τους υπεράνω του κυρίου (ανώτατου συνεχούς) καταστρώματος. Έτσι, το μέρος του στεγάσματος, που βρίσκεται επί του κυρίου καταστρώματος, χαρακτηρίζεται ως έχον τη θέση 1, υπεράνω αυτού τη θέση 2 κ.λ.π.

Θεωρείται ότι εφόσον ένα στέγασμα βρίσκεται επί του επίστεγου (ανάλογα πρόστεγο) τότε αρχίζει με τη θέση 2.
Το βάρος των στεγασμάτων εξαρτάται από τους εξής παράγοντες :

- τρόπος κατασκευής
- μήκος πλοίου
- αριθμός υπερκειμένων καταστρωμάτων
- ύψος καταστρωμάτων
- μήκος εσωτερικών διαχωριστικών τοιχωμάτων, εφόσον είναι από χάλυβα
- λόγος επιφάνειας υπερκείμενου καταστρώματος A_0, συμπεριλαμβανομένης της επιφάνειας αστέγαστων εξωτερικών διαδρόμων, ως προς την πραγματικά στεγασμένη επιφάνεια του εκάστοτε καταστρώματος A_U.

Στον ακόλουθο Πίνακα δίδεται **το βάρος ανά μονάδα όγκου για υπερστεγάσματα συναρτήσει του λόγου A_0/A_U** :

Θέση A_0/A_U	1,00	2	3	4	Οιακιστήριο
1,00	57	55	52	53	40
1,25	64	63	59	60	45
1,50	71	70	65	66	50
1,75	78	77	72	73	55
2,00	86	84	78	80	60
2,25	93	91	85	86	65
2,50	98	98	91	93	70

Μετρώντας από το πατρικό μου πλοίο το A_o και το A_u βρίσκω τις εξής τιμές :

A_o = **23,68** m
A_u = **23,68** m
άρα A_o/A_u = 1

Το βάρος ενός τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 1-4 ή του οιακιστηρίου προκύπτει από τον τύπο :

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

όπου $C_{DH}|kp/m^3|$ = ογκομετρικός συντελεστής βάρους σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα. (για ενδιάμεσες τιμές του A_o/A_u επιλέγεται γραμμική παρεμβολή)

Am = 0,5*(A_0+A_U) δηλαδή Am = ο μέσος όρος επιφανειών
h = ύψος στεγάσματος
k_1, k_2, k_3 = διορθώσεις
k_1 = 1+ 0,02 * (h-2,6 m) δηλαδή k_1 = διόρθωση για ύψος στεγάσματος διάφορο 2,6 m
k_2 = 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) δηλαδή k_2 = διόρθωση για μήκος εσωτερικών τοιχωμάτων διάφορου του κανονισμού (4,5 * μήκος στεγάσματος)
όπου l_T = ολικό μήκος εσωτερικών τοιχωμάτων
και l_{DH} = μήκος στεγάσματος

k_3 = 0,95 για L_{PP} = 100 m
k_3 = 1,1 για L_{PP} = 230 m
} για ενδιάμεσες τιμές κάνω γραμμική παρεμβολή

Οι ανώτερο τιμές ισχύουν και για υπερκατασκευές με ενδιαιτήσεις ανεξάρτητα του ορισμού τους κατά την Γραμμή Φόρτωσης (πρόστεγο-επίστεγο)

<u>Έτσι πιο αναλυτικά :</u>
1) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 1 προκύπτει από τον τύπο :

$$W_{DH1} = C_{DH1} * A_{m1} * h_1 * k_{1.1} * k_{2.1} * k_{3.1}$$

Συνεπώς για την θέση 1 οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

C_{DH1} = 57 **kp/m³** (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
A_{m1} = 23,68
h_1 = 3,00 **m**
$k_{1.1}$ = 1+0,02*(h-2,6) = 1,008 (αφού το h ≠ 2,6 m)
$k_{2.1}$ = 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,474900925
με l_T =**227,13 m** και l_{DH} = **15,14 m**
$k_{3.1}$ = 1,139 (εφόσον το πατρικό μου πλοίο έχει L_{BP} = **264 m**)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH1} = C_{DH1} * A_{m1} * h_1 * k_{1.1} * k_{2.1} * k_{3.1} = \quad \mathbf{2.207,83\ kp}$$

2) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 2 προκύπτει από τον τύπο :

$$W_{DH2} = C_{DH2} * A_{m2} * h_2 * k_{1.2} * k_{2.2} * k_{3.2}$$

Συνεπώς για την θέση 2 οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

$C_{DH2} = 55\ \mathbf{kp/m^3}$ (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
$A_{m2} = 23,68$
$h_2 = 3,00\ \mathbf{m}$
$k_{1.2} = 1+0,02*(h-2,6) = 1,008$ (αφού το $h \neq 2,6$ m)
$k_{2.2} = 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,700825627$
με $l_T = \mathbf{158,72\ m}$ και $l_{DH} = \mathbf{15,14\ m}$
$k_{3.2} = 1,139$ (εφόσον το πατρικό μου πλοίο έχει $L_{BP} = \mathbf{264\ m}$)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH2} = C_{DH2} * A_{m2} * h_2 * k_{1.2} * k_{2.2} * k_{3.2} = \mathbf{3.143,84\ kp}$$

3) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 3 προκύπτει από τον τύπο :

$$W_{DH3} = C_{DH3} * A_{m3} * h_3 * k_{1.3} * k_{2.3} * k_{3.3}$$

Συνεπώς για την θέση 3 οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

$C_{DH3} = 52\ \mathbf{kp/m^3}$ (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
$A_{m3} = 23,68$
$h_3 = 3,00\ \mathbf{m}$
$k_{1.3} = 1+0,02*(h-2,6) = 1,008$ (αφού το $h \neq 2,6$ m)
$k_{2.3} = 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,381704095$
με $l_T = \mathbf{255,35\ m}$ και $l_{DH} = \mathbf{15,14\ m}$
$k_{3.3} = 1,139$ (εφόσον το πατρικό μου πλοίο έχει $L_{BP} = \mathbf{264\ m}$)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH3} = C_{DH3} * A_{m3} * h_3 * k_{1.3} * k_{2.3} * k_{3.3} = \quad \mathbf{1.618,89\ kp}$$

4) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 4 προκύπτει από τον τύπο :

$$W_{DH4} = C_{DH4} * A_{m4} * h_4 * k_{1.4} * k_{2.4} * k_{3.4}$$

Συνεπώς για την θέση 4 οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

C_{DH4} = 53 **kp/m^3** (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
A_{m4} = 23,68
h_4= 3,00 **m**
$k_{1.4}$ = 1+0,02*(h-2,6) = 1,008 (αφού το h ≠ 2,6 m)
$k_{2.4}$= 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,832265522
με l_T =**118,92 m** και l_{DH} = **15,14 m**
$k_{3.4}$= 1,139 (εφόσον το πατρικό μου πλοίο έχει L_{BP} = **264 m**)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH4} = C_{DH4} * A_{m4} * h_4 * k_{1.4} * k_{2.4} * k_{3.4} = 3.597,70 \text{ kp}$$

5) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 5-οιακιστήριο προκύπτει από τον τύπο:

$$W_{DH5} = C_{DH5} * A_{m5} * h_5 * k_{1.5} * k_{2.5} * k_{3.5}$$

Συνεπώς για την θέση 5-οιακιστήριο οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

C_{DH5} = 40 **kp/m^3** (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
A_{m5} = 23,68
h_5= 2,85 **m**
$k_{1.5}$ = 1+0,02*(h-2,6) = 1,005 (αφού το h ≠ 2,6 m)
$k_{2.5}$= 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,985844749
με l_T = **67,04 m** και l_{DH} = **14,016 m**
$k_{3.5}$= 1,139 (εφόσον το πατρικό μου πλοίο έχει L_{BP} = **264 m**)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH5} = C_{DH5} * A_{m5} * h_5 * k_{1.5} * k_{2.5} * k_{3.5} = 3.046,39 \text{ kp}$$

Άρα το συνολικό βάρος των στεγασμάτων με ενδιαιτήσεις είναι :

$$W_{DH_{ALL}} = W_{DH1} + W_{DH2} + W_{DH3} + W_{DH4} + W_{DH5} = 13.614{,}64 \text{ kp}$$
$$W_{DH_{ALL}} = W_{DH1} + W_{DH2} + W_{DH3} + W_{DH4} + W_{DH5} = 13{,}6146 \text{ MT}$$

β) Οίκισκος φορτώσεων (Winch houses) :

Το πλοίο μας διαθέτει **δύο γερανούς ανυψωτικής ικανότητας ίσης με 15 tonnes** και για κάθε γερανό έχει **έναν οικίσκο. Άρα το πλοίο μας έχει δύο οικίσκους.**

Θα πρέπει να βρούμε τον όγκο του κάθε οικίσκου φορτώσεων άρα :

$$L_{WH} = 4{,}84 \text{ m}$$
$$B_{WH} = 6{,}94 \text{ m}$$
$$h_{WH} = 3{,}20 \text{ m}$$

άρα εφόσον οι οικίσκοι μας είναι ορθογωνικού σχήματος οι επιφάνειες

$$A_O = A_U = L_{WH} * B_{WH} = \quad 33{,}5896 \text{ m}^2 \quad \text{(ο καθένας)}$$

Το βάρος ανά μονάδα όγκου των οικίσκων φορτωτήρων μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο :

$$C_{WH} \,|\text{kp/m}^3| = 48 + 4 * A_0/A_U * ((A_0/A_U) + 8) + 18 * (150 \text{ m}^3 - \nabla_{WH})/ \nabla_{WH} = 91{,}11938219 \text{ kp/m}^3$$

όπου A_0 = άνω επιφάνεια οικίσκων φορτωτήρων
A_U = κάτω επιφάνεια οικίσκων φορτωτήρων

και $\nabla_{WH} \,|\text{m}^3| = A_U * h_{WH} = 107{,}48672 \text{ m}^3$
όπου ∇_{WH} = ο όγκος του οικίσκου (με **max. = 150 m³**)

Για το βάρος του οικίσκου προκύπτει :

$$W_{WH} = C_{WH} * \nabla_{WH} * k_1 = \quad 9.892{,}06 \text{ kp} \qquad \text{με} \qquad k_1 = 1{,}01$$

όπου **k1** = διόρθωση για οικίσκους φορτωτήρων ανυψωτικής ικανότητας άνω των **10 t**, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Ανυψωτική ικανότητα φορτωτήρα	10	20	50	80	100	130	150
k1	1.0	1.02	1.05	1.10	1.15	1.30	1.50

Έφοσον πρόκειται για φορτωτήρες βαρέων βαρών που απαιτούν ιδιαίτερες ενισχύσεις στην έδραση του οικίσκου καθώς και των βαρούλκων, τα ανώτερο βάρη πρέπει να προσαυξηθούν έως **70% * W_{WH}**.

Επίσης οι παραπάνω τύποι ισχύουν για τις εξής τιμές **A_0/A_U, h_{WH}, ∇_{WH} :**

A_0/A_U = 1,0 ÷ 3,0
h_{WH} = 2,6 ÷ 3,2 m
∇_{WH} = 50 ÷ 200 m^3

το πατρικό μας πλοίο έχει τις εξής τιμές :

A_0/A_U = 1,00
h_{WH} = 3,20 m
∇_{WH} = 107,48672 m^3

Κατά τον υπολογισμό του **C_{WH}** όμως το **∇_{WH}** δεν πρέπει να υπερβαίνει τα **150 m^3**, δηλαδή στην τελευταία παρένθεση αποκλείονται αρνητικές τιμές.

Εφόσον έχουμε δύο οικίσκους τότε το συνολικό βάρος και των δύο οικίσκων θα είναι ίσο με :

$$W_{WHTOTAL} = 2^* C_{WH} * \nabla_{WH} * k_1 = \quad 19.784,13 \text{ kp}$$
$$W_{WHTOTAL} = 2^* C_{WH} * \nabla_{WH} * k_1 = \quad 19,7841 \quad \text{MT}$$

Συνεπώς από τα παραπάνω προκύπτει ότι η πρώτη τιμή για το συνολικό βάρος της μεταλλικής κατασκευής του πατρικού πλοίου μου $W_{ST\ TOTAL}$ μαζί με τον βάρος των υπερκατασκευών προκύπτει προσθέτοντας την τιμή του W'st που υπολογίσαμε με την μέθοδο του Sneekluth, την τιμή του βάρους των υπερκατασκευών-υπερστεγασμάτων και την τιμή των οικίσκων φορτώσεων που υπολογίσαμε με την μέθοδο Muller - Koster. Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{ST\ TOTAL} = W'_{ST} + W_{DH\ ALL} + W_{WH\ TOTAL} = 21.725.234,38 \text{ kp}$$
$$W_{ST\ TOTAL} = W'_{ST} + W_{DH\ ALL} + W_{WH\ TOTAL} = 21.725,2344 \quad \text{MT}$$

<u>Υπολογισμός βάρους μεταλλικής κατασκευής W_{ST} με την μέθοδο Watson:</u>

Η μέθοδος προτείνεται στο **βιβλίο "Some Ship Design Methods" , του Watson D.G.M. & Gilfillan A.W. (RINA 1976)**. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή το βάρος της μεταλλικής κατασκευής του πατρικού μας πλοίου ορίζεται ως :

$W_{ST}{}^{*} = K * E^{1,36}$ όπου **K = 0,032** (συντελεστής για δεξαμενόπλοια)

και **E = 1.500 ÷ 40.000** και θεωρώντας **E = 19.000**

προκύπτει $W_{ST}{}^{*}$ = 21.098,66

Διόρθωση : Για $C_B{}^{*}{}_{(0,8\ *D)} \neq 0,7$ ισχύει :

$$(W_{ST}) = (W_{ST})^{*} * (1+0,5*(C_B{}^{*}-0,7))$$

Από το **Trim and Stability Booklet** του πατρικού μας πλοίου βλέπουμε ότι το $C_B{}^{*}{}_{(0,8\ *D)} = C_B{}^{*}$ **(18,48) = 0,8295** ≠ 0,7 άρα ισχύει :

$(W_{ST}) = (W_{ST})^{*} * (1+0,5*(C_B{}^{*}-0,7))$ = 22.464,80 MT

$(W_{ST}) = (W_{ST})^{*} * (1+0,5*(C_B{}^{*}-0,7))$ = 22.464.798,34 kp

Σε περίπτωση που δεν είχαμε το $C_B{}^{*}$ τότε θα μπορούσαμε να το προσεγγίσουμε με το παρακάτω τύπο :

<u>Σημείωση :</u> $C_B{}^{*} = C_{B1} + (1-C_{B1})*(0,8* D-T)/ 3*T = 0,831670833$

όπου $C_{B1} = C_B\ (T) = C_B = 0,8225$

Για την συνολική εκτίμηση του $W_{ST\ ALL}$ θα δώσουμε συντελεστές στις τιμές που προεκτιμήσαμε από τις μεθόδους :

α) Sneekluth με υπερκατασκευές κ υπερστεγάσματα
β) Sato (Sname)
γ) Watson

Για κάθε μια από τις παραπάνω τρεις τιμές που θα συμπεριλάβουμε για την συνολική εκτίμηση του $W_{ST\ ALL}$ = τελική τιμή εκτίμησης του βάρους της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, θα δώσουμε συντελεστή βαρύτητας 33,33 % (ή 0,3333). Έτσι :

$W_{ST\ ALL} = W_{ST\ TOTAL} + W_{ST\ SATO} + (W_{ST})$ = 21.263.705,16 kp

$W_{ST\ ALL} = W_{ST\ TOTAL} + W_{ST\ SATO} + (W_{ST})$ = 21.263,7052 MT

<u>Υπολογισμός βάρους μεταλλικής κατασκευής W_{ST} με την μέθοδο Watson:</u>

Η μέθοδος προτείνεται στο **βιβλίο "Some Ship Design Methods" , του Watson D.G.M. & Gilfillan A.W. (RINA 1976)**. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή το βάρος της μεταλλικής κατασκευής του πατρικού μας πλοίου ορίζεται ως :

$W_{ST}^* = K * E^{1,36}$ όπου **K = 0,032** (συντελεστής για δεξαμενόπλοια)
και **E = 1.500 ÷ 40.000** και θεωρώντας **E = 19.000**

προκύπτει $W_{ST}^* = 21.098,66$

Διόρθωση : Για $C_B^*{}_{(0,8*D)} \neq 0,7$ ισχύει :

$$(W_{ST}) = (W_{ST})^* * (1+0,5*(C_B^*-0,7))$$

Από το **Trim and Stability Booklet** του πατρικού μας πλοίου βλέπουμε ότι το $C_B^*{}_{(0,8*D)} = C_B^*$ **(18,48) = 0,8295** ≠ 0,7 άρα ισχύει :

$(W_{ST}) = (W_{ST})^* * (1+0,5*(C_B^*-0,7)) = 22.464,80$ MT
$(W_{ST}) = (W_{ST})^* * (1+0,5*(C_B^*-0,7)) = 22.464.798,34$ kp

Σε περίπτωση που δεν είχαμε το C_B^* τότε θα μπορούσαμε να το προσεγγίσουμε με το παρακάτω τύπο :

<u>Σημείωση :</u> $C_B^* = C_{B1} + (1-C_{B1})*(0,8* D-T)/ 3*T = 0,831670833$
όπου $C_{B1} = C_B (T) = C_B = 0,8225$

Για την συνολική εκτίμηση του $W_{ST\ ALL}$ θα δώσουμε συντελεστές στις τιμές που προεκτιμήσαμε από τις μεθόδους :

α) Sneekluth με υπερκατασκευές κ υπερστεγάσματα
β) Sato (Sname)
γ) Watson

Για κάθε μια από τις παραπάνω τρεις τιμές που θα συμπεριλάβουμε για την συνολική εκτίμηση του $W_{ST\ ALL}$ = τελική τιμή εκτίμησης του βάρους της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, θα δώσουμε συντελεστή βαρύτητας 33,33 % (ή 0,3333). Έτσι :

$W_{ST\ ALL} = W_{ST\ TOTAL} + W_{ST\ SATO} + (W_{ST}) = 21.263.705,16$ kp
$W_{ST\ ALL} = W_{ST\ TOTAL} + W_{ST\ SATO} + (W_{ST}) = 21.263,7052$ MT

3.1.1.2 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Εξοπλισμού (W_{OT}) του πατρικού πλοίου:

Υπολογισμός βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού W_{OT} :

α)Είναι γνωστό ότι λόγω της ανομοιομορφίας των στοιχείων του W_{OT} δεν είναι δυνατή η ανάπτυξη μεθόδων υπολογισμού του W_{OT}, όπως για την μεταλλική κατασκευή. Εφόσον λείπουν συγκριτικά στοιχεία ομοίων πλοίων μπορεί κανείς να καταφύγει σε εμπειρικούς τύπους ή συντελεστές για διαφόρους τύπους πλοίων. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι γενικά παρατηρείται μια αύξηση των βαρών της κατηγορίας αυτής σε σχέση με παλαιότερα κύριως λόγω της βελτίωσης της ποιότητας ενδιαίτησης, λόγω της βελτίωσης των φορτοεκφορτωτικών μέσων, λόγω των ασφαλέστερων εγκαταστάσεων πυρόσβεσης κ.λ.π. Η προεκτίμηση του βάρους ενδιαίτησης θα γίνει με την βοήθεια του **πίνακα 2,12/Σελίδα 117 - βιβλίο "Μέλετη Πλοίου" / Τόμος 1, του Α.Δ. Παπανικολάου.**

Η προεκτίμηση αυτή θα γίνει με συντελεστές βάρους από κάθε μια ομάδα βαρών. Οι αντίστοιχες ομάδες βαρών παραθέτονται παρακάτω και σύμφωνα με την σελίδα **Σελίδα 114 - βιβλίο "Μέλετη Πλοίου" / Τόμος 1, του Α.Δ. Παπανικολάου.** Πριν παραθέσουμε όλα τα στοιχεία θα πρέπει να τονιστεί ότι η συγκεκριμένη μέθοδος ίσως να μην βγάλει ακριβή αποτελέσματα αφού είναι φτιαγμένη για πολύ παλαιότερα πλοία **(μέθοδος από το βιβλίο "Entwerfen von Schiffen I-IV", του Strohbusch E. (1971))**

Τύπος Πλοίου Ομάδα	Φορτηγό	Δεξαμενόπλοιο	Ψυγείο	Επιβατηγό
I	1,5 - 6	0,5 - 1	1,5 - 5	8 - 14
II_1	--	--	10 - 26	--
II_2	4 - 7	1 -2	4 - 7	4 - 10
III	5 - 6	1 - 2	6 - 8	8 - 12
IV	1,2 - 1,5	2,5 -5	1,2 -1,5	5 - 6
V	2 - 4	1,5 - 2	2 - 4	10
VI	2,5 - 4	0 - 0,1	1	0,5
VII	1 - 1,5	0,3 - 0,5	1 - 1,5	1
$VIII_1$	--	--	6,5 -10	--
$VIII_2$	4 - 7	1,5 - 2	4 - 7	12 - 20
IX	2 - 3	1 - 1,5	2 - 3	3 - 4

Πριν προχωρήσουμε στους υπολογισμούς θα πρέπει να αναφέρουμε αναλυτικά τις ομάδες βαρών που αντιστοιχούν στους αριθμούς της πρώτης στήλης του παραπάνω πίνακα.

Οι ομαδοποίηση των βαρών ενδιαίτησης και εξοπλισμού έγινε σύμφωνα με το αντικείμενο εργασίας. Έτσι :

I →χονδρές ξυλουργικές εργασίες : όπως ξύλινα καταστρώματα, επενδύσεις χώρων κυτών, ψυκτικών χώρων και διπυθμένου και μη ξύλινες: επενδύσεις χώρων κυτών

II_1 → μονωτικές εργασίες: βάρος μόνωσης συναρτήσει του υλικού και λιγότερο του πάχους επένδυσεις.

II_2 →χρωματουργικές και αντιδιαβρωτικές εργασίες : χρώματα, πισσάρισμα, 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 εξαέρωσεις και μετρητικοί. Όλα τα επιστόμια, βαλβίδες, σύρτες κ.λ.π. Σκεύη υγιεινής, καλοριφέρ. Υψηλή τιμή για δεξαμενόπλοιο.

V →μηχανουργικές εργασίες : χαλύβδινες πόρτες, καλύμματα στομίων κυτών και ανοιγμάτων φρακτών κ.λ.π. Σκαλωσίες. Μεταλουργικές εργασίες εσωτερικής διαρύθμισης, σκεύη κουζινικής χρήσης (φούρνοι, πλυντήρια κ.λ.π.) Αγωγοί φυσικού εξαερισμού και κλιματισμού

VI →φορτοεκφορτωτικά σκεύη : εκτός των ιστών, των βαρούλκων και των γερανών, όλα τα φορτοεκφορτωτικά εξαρτήματα όπως βραχίονες φορτωτήρα, σχοινιά, τροχαλίες, άγκιστρα, αλυσίδες κ.λ.π.

VII →σκεύη ρυμούλκησης και όρμησης : εκτός των βαρούλκων, όλα τα σκεύη ρυμούλκησης και όρμησης. Οι τιμές του πίνακα μειώνονται με το απόλυτο μέγεθος του πλοίου

$VIII_1$ →ψυκτικά μηχανήματα : για χώρους φορτίου

$VIII_2$ → λοιπά υποβοηθητικά μέσα : μηχανισμός πηδαλίου, βαρούλκα για όλες τις χρήσεις (άγκυρες, φορτωτήρες, λέμβοι), εγκατάσταση κλιματισμού, πυρόσβεσης. Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις. Εγκαταστάσεις επικοινωνίας.

IX →λοιπός εξοπλισμός : άγκυρες, αλυσίδες, κάβοι, καραβόπανα, λέμβοι, όργανα σήμανσης ναυσιπλοίας, εργαλεία, αναλώσιμα, κουζινικά σκεύη, κινητός εξοπλισμός χώρων ενδιαίτησης και διαμονής.

Το τελικό βάρος του $W_{οτ}$ θα υπολογιστεί για κάθε ομάδα βαρών σύμφωνα με έναν συντελεστή βάρους w από το παρακάτω τύπο :

Συντελεστής βάρους w

w = Βάρος / L_{BP} * B * D όπου **D = κοίλο καταστρώματος αντοχής.**
→ **Βάρος = w *L_{BP} *B * D**

Άρα για **Βάρος Ομάδας I**	→	**Βάρος I** επιλέγω **w= 0,6**	άρα	**Βάρος I = 175.633,92**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας II_1**	→	**Βάρος II_1** επιλέγω **w= 0**	άρα	**Βάρος II_1 = 0,00**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας II_2**	→	**Βάρος II_2** επιλέγω **w= 1,5**	άρα	**Βάρος II_2=439.084,80**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας III**	→	**Βάρος III** επιλέγω **w= 1,5**	άρα	**Βάρος III =439.084,80**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας IV**	→	**Βάρος IV** επιλέγω **w= 4**	άρα	**Βάρος IV =1.170.892,80**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας V**	→	**Βάρος V** επιλέγω **w= 1,75**	άρα	**Βάρος V =512.265,60**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας VI**	→	**Βάρος VI** επιλέγω **w= 0,05**	άρα	**Βάρος VI =14.636,16**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας VII**	→	**Βάρος VII** επιλέγω **w= 0,4**	άρα	**Βάρος VII =117.089,28**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας $VIII_1$**	→	**Βάρος $VIII_1$** επιλέγω **w= 0**	άρα	**Βάρος $VIII_1$=0,00**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας $VIII_2$**	→	**Βάρος $VIII_2$** επιλέγω **w= 1,75**	άρα	**Βάρος $VIII_2$=512.265,60**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας IX**	→	**Βάρος IX** επιλέγω **w= 1,25**	άρα	**Βάρος IX =365.904,00**	**kp**

	Τελικό $W_{ΟΤ}$ =	3.746.856,96	kp
Άρα ορίζουμε	$W_{ΟΤ1}$ =	3.746.856,96	kp
	$W_{ΟΤ1}$ =	3.746,85696	MT

β) Μια ακόμα εκτίμηση του **βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού** μπορεί να γίνει με την βοήθεια **προσεγγιστικών τύπων** που δίνονται στην σελίδα **119-βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/Τόμος 1 του Α.Δ. Παπανικολάου.**

Σε αυτή την **προκαταρκτική φάση της μελέτης** για **Φορτηγά πλοία ο προσεγγιστικός τύπος** είναι :

$W_{ΟΤ2} = K_{ΟΤ} * L_{BP} * B = 2.488,78$ MT
$W_{ΟΤ2} = K_{ΟΤ} * L_{BP} * B = 2.488.780,80$ kp

όπου για δεξαμενόπλοια με L_{BP} **≈300 m** το $K_{ΟΤ}$ **= 0,17 t/m²** και με L_{BP}**≈150 m** το $K_{ΟΤ}$**=0,28 t/m²**
άρα για το πατρικό μας πλοίο με L_{BP} **= 264m** επιλέγουμε το $K_{ΟΤ}$ **≈ 0,1964 t/m²**
με βάση την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής.

<u>γ)Τύπος προεκτίμησης του W_{OT} για δεξαμενόπλοια</u>

Ένας άλλος τύπος με το οποίο μπορούμε να προεκτιμήσουμε το **W_{OT}** είναι ο εξής :

$$w = W_{OT3} / L_{BP} * B * D$$

όπου **D = κοίλο καταστρώματος αντοχής.**

→ $W_{OT3} =$ $w * L_{BP} * B * D$ **= 3.659.040,00 kp**

και με **$w = 12,5\ kp/m^3$** (συντελεστής βάρους που κυμαίνεται στα όρια 10÷15)

→ $W_{OT3} =$ $w * L_{BP} * B * D$ **= 3.659,04 MT**

Με βάση τα παραπάνω τρία αποτελέσματα για την τιμή του **W_{OT}** θα υπολογίσουμε την τελική τιμή του W_{OT} παίρνοντας τον μέσο όρο των τριών αυτών τιμών. Δηλαδή :

$W_{OT} = W_{OT1}+W_{OT2}+W_{OT3} =$ **3.297.896,10 kp**

$W_{OT} = W_{OT1}+W_{OT2}+W_{OT3} =$ **3.297,89610 MT**

3.1.1.3 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης (W_M) του πατρικού πλοίου:

Υπολογισμός βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης W_M :

Όπως έχουμε πει και παραπάνω το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης ορίζεται ως :

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

όπου W_{MM} = βάρος κύριας μηχανής (**Main Machinery**)
W_{MS} = βάρος ελικοφόρου άξονα και έλικας (**Shaft - Propeller**)
W_{MR}= βάρος λοιπών μηχανολογικών εξαρτημάτων (**Rest Machinery**)

Μια πρώτη εκτίμηση του W_M μπορεί να γίνει με τον παρακάτω τρόπο :

Προσεγγιστική μέθοδος μέσω εμπειρικών συντελεστών :
Κατα την προκαταρκτική φάση της μελέτης του W_M μπορεί να προσεγγιστεί μέσω εμπειρικών συντελεστών που αναφέρονται στις ομάδες W_{MM}, W_{MS} και W_{MR} που συνθέτουν το W_M. Οι συντελεστές αυτοί που αναφέρονται σε διαφορετικούς τύπους πλοίων, είναι αναγμένοι κατά μέρος στην εγκατεστημένη ισχύ πρόωσης (W_{MM} και W_{MS}) ή το ογκομετρικό γινόμενο **L * B * D** (εναλακτικά την ισχύ πρόωσης) για το βάρος W_{MR}.

Η παραπάνω μέθοδος θα πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τον **πίνακα 2,16 / Σελίδα 133 /Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου / Τόμος 1 του Α.Δ. Παπανικολάου**.

Τύπος Πλοίου Συντελεστής	Δεξαμενόπλοιο
w_1 [kp/m^3]	3 - 5
w_2 [kp/HP]	25 - 35
w_3 [kp/HP]	4
w_4 [kp/HP]	ατμοστρόβιλος 20-25
w_5 [kp/HP]	55 - 60

Επεξηγήσεις :

1) Ανάλυση βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης :

W_{MM} :βάρος κυρίας μηχανής και μειωτήρα (για στροβιλομηχανές : στρόβιλος, μειωτήρας, λέβητες)

W_{MS} : βάρος ελικοφόρου άξονα και έλικας (περιλαμβάνει έδρανα και στορέα)

W_{MR} : βάρος λοιπής μηχ/κής εγκατάστασης (βοηθητικές μηχανές για την λειτουργία της κύριας μηχανής : αντλίες καυσίμου, ψύξης, κ.λ.π., εξατμιστήρες.
Σωλήνες μηχανοστασίου για καύσιμα, λιπαντικά, ψύξη, ατμό κ.λ.π. Αγωγοί εξάτμισης, καπνοδόχοι. Λέβητες. Εξαεριστικοί αγωγοί μηχανοστασίου. Κινητές δεξαμενές μηχανοστασίου, αντλίες ερματισμού, απάντλησης , πυρόσβεσης, γλυκού νερού - μηχανοστασίου. Κύρια ηλεκτρογεννητική εγκατάσταση,ηλεκτρογεννήτριες, μετασχηματιστές, πίνακες. Εργαλεία μηχανοστασίου.

2) Ορισμοί :

$w_1 = W_{MR1} / L * B * D$	kp/m^3	
$w_2 = W_{MR2} / SHP$	kp/HP	(όπου **SHP : Shaft Horse Power)**
$w_3 = W_{MS} / SHP$	kp/HP	
$w_4 = W_{MM} / SHP$	kp/HP	
$w_5 = W_M / SHP$	kp/HP	

Για την εύρεση του **SHP** που χρειαζόμαστε παραπάνω ισχύει ο εξής τύπος :

$$BHP = SHP / n_{μειωτ}$$

Όμως το πλοίο μου εφόσον έχει μια δίχρονη μηχανή δεν υπάρχει μειωτήρας οπότε $n_{μειωτ} = 1$ οπότε **SHP = BHP**. Σύμφωνα με το project guide της μηχανής του πατρικού μου πλοίου, η οποία είναι η **Hyundai 6S70MC-C**, είναι :

BHP = SHP = 25.320 HP

Ισχύει 1 HP = 0,7355 kW

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω :

$w_1 = W_{MR1} / L * B * D$	→	$W_{MR1} = w_1 * L * B * D$	=1.170.892,80	kp
$w_2 = W_{MR2} / SHP$	→	$W_{MR2} = W_2 * SHP$	= 759.600	kp
$w_3 = W_{MS} / SHP$	→	$W_{MS} = W_3 * SHP$	= 101.280	kp
$w_4 = W_{MM} / SHP$	→	$W_{MM} = W_4 * SHP$	= 582.360	kp
$w_5 = W_M / SHP$	→	$W_M = W_5 * SHP$	= 1.443.240	kp

Τελικά, σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα για τον υπολογισμό του W_M :

$W_M = W_{MR1} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	1.854.532,80	kp
$W_M = W_{MR2} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	1.443.240	kp
$W_M = W_M =$	1.443.240	kp

Όμως το βάρος της κυρίας μηχανής V_{MM} υπολογίστηκε παραπάνω θεωρητικά με συντελεστές από τον παραπάνω πίνακα.
Παρ' όλ' αυτά ο υπολογισθέν αριθμός δεν είναι ακριβής, διότι σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, το βάρος της κυρίας μηχανής V_{MM} υπολογίζεται για ατμοστρόβιλο και μειωτήρα. Το πλοίο μας όμως δεν έχει ούτε στρόβιλο ούτε μειωτήρα. Για αυτό τον λόγο θα υπολογίσουμε το βάρος της μηχανής μας από το project guide της μηχανής μας.
Έτσι σύμφωνα με το project guide της μηχανής μας το βάρος της είναι ίσο με:

$V_{MM} = 555$ MT → $V_{MM} = 555.000$ kp

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει :

$W_M = W_{MR1} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	**1.827.172,80**	**kp**
$W_M = W_{MR2} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	**1.415.880**	**kp**
$W_M = W_M =$	**1.443.240**	**kp**

Από τις παραπάνω τρεις τιμές επιλέγουμε την δεύτερη τιμή διότι είναι αδιαστατοποιημένη και γίνεται πιο λεπτομερής ανάλυση βαρών. Έτσι :

$W_{M1} = W_{MR2} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	**1.415.880**	**kp**
$W_{M1} = W_{MR2} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	**1.415,880**	**MT**

<u>Υπολογισμός με βάση προσεγγιστικούς τύπους :</u>

<u>Μέθοδος Watson and Gilfillan:</u>

Η παρακάτω μέθοδος βρίσκεται στο βιβλίο **"Ship Design and Construction" / Chapter 11 - Parametric Design/ Page 11-24 / Volume 1 της Sname.**

Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο προτείνεται ο διαχωρισμός του βάρους της κύριας μηχανής από των υπολοίπων τμημάτων της μηχανολογικής εγκατάστασης. Έτσι :

$$W_M = W_{ME} + Wrem$$

Αν μια μηχανή δεν έχει επιλεχθεί, δίνεται η ακόλουθη εξίσωση παλινδρομικής ανάλυσης η οποία υπολογίζει περίπου **5%** περισσότερο από το **μέσο των μηχανών Diesel του 1977**.

$$W_{ME} = \Sigma^i \quad 12{,}0 * (MCR^i / N_{ei})^{0{,}84}$$

όπου **i** = είναι ο δείκτης σχετικά σε πολλαπλές μηχανές οι κάθε μια από τις οποίες δουλεύει στο **MCR** της **MCR^i (kW)** και της μηχανής τα **rpm N_{ei}.**
όμως δεν χρειάζεται ο υπολογισμός του βάρους της μηχανής μας **(W_{ME})**, διότι το γνωρίζουμε από το project guide της μηχανής του πατρικού πλοίου. Έτσι γνωρίζουμε ότι :

$$W_{ME} = 555.000 \text{ kp}$$

Στην συνέχεια, το βάρος των υπόλοιπων τμημάτων της κυρίας μηχανής υπολογίζεται ως εξής :

$$Wrem = Cm * (MCR)^{0{,}70}$$

όπου **Cm = 0,72** για **tankers**
και το **MCR** σε **KW**

Από το **Trim and Stability Booklet** γνωρίζουμε ότι το **M.C.R.** της μηχανής του **πατρικού** πλοίου είναι: **MCR = 25.320 BHP → 18.881,43 KW**

Άρα **Wrem = 708.854,2424 kp**

Συνεπώς από τα παραπάνω αποτελέσματα έχουμε:

$W_{M2} = W_{ME} + Wrem = 1.263.854$ **kp**
$W_{M2} = W_{ME} + Wrem = 1.263,854$ **MT**

Με βάση τα παραπάνω θα πάρουμε σαν τελική τιμή του W_M τον μέσο όρο των δύο τιμών που προκύπτουν παραπάνω.
Έτσι με βάση αυτά που έχουμε υπολογίσει παραπάνω ισχύει :

$W_M = W_{M1} + W_{M2} \rightarrow W_M = 1.339.867$ **kp**
$W_M = W_{M1} + W_{M2} \rightarrow W_M = 1339,867121$ **MT**

3.1.2 <u>Εκτίμηση του λόγου</u>: $\lambda = W_{LS}^{ACT} / W_{LS}^{TH}$

Αρχικώς μας σκοπός ήταν να υπολογίσουμε τον βάρος του κενού πατρικού μας σκάφους, δηλαδή του W_{LS} **(Light Ship)**. Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω υπολογίσαμε τα εξής :

➡ W_H = 24.561.601,25 kp

➡ W_M = 1.339.867 kp

Με βάση τις παραπάνω τιμές που υπολογίσαμε μπορούμε να εκτιμήσουμε το θεωρητικό βάρος του άφορτου πατρικού μας σκάφους W_{LS}^{TH}.

Άρα :

$$W_{LS}^{TH} = W_H + W_M \rightarrow W_{LS}^{TH} = 25.901.468,37 \text{ kp}$$

Επίσης θεωρούμε μια ανοχή R που προστίθεται στην τιμή του W_{LS}^{TH} ίση με R = 2 % W_{LS}^{TH}.
Άρα :

$$W_{LS}^{TH} = W_H + W_M + R \rightarrow W_{LS}^{TH} = 26.419.497,74 \text{ kp}$$
$$W_{LS}^{TH} = W_H + W_M + R \rightarrow W_{LS}^{TH} = 26.419,50 \text{ MT}$$

Στην συνέχεια από το **Trim and Stability booklet** του πατρικού μας πλοίου βλέπουμε ότι η πραγματική τιμή του βάρους του άφορτου πατρικού μας σκάφους W_{LS}^{ACT} είναι ίση με :

$$W_{LS}^{ACT} = 23.423,60 \text{ MT}$$

Με βάση τις παραπάνω τιμές μπορούμε να υπολογίσουμε τον λόγο **λ** που όπως έχουμε προαναφέρει θα αποτελέσει τον διορθωτικό συντελεστή για τις δύο τιμές W_{LS}^{TH} και W_{LS}^{ACT}. Άρα ισχύει :

$$W_{LS}^{ACT} / W_{LS}^{TH} = \lambda \rightarrow 0,886602775$$
$$W_{LS}^{TH} / W_{LS}^{ACT} = 1/\lambda \rightarrow 1,127900824$$

3.2 Προκαταρκτική Μελέτη Βαρών του υπό μελέτη πλοίου με εμπειρικές και ημι-εμπειρικές μεθόδους:

3.2.1 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Άφορτου πλοίου (W_{LS}) του υπό μελέτη πλοίου:

Αρχικώς μας σκοπός είναι να υπολογίσουμε τον βάρος του κενού σκάφους μας, δηλαδή του **W_{LS} (Light Ship)**. Άρα θα πρέπει να υπολογίσουμε τα εξής :

- W_{ST}
- W_{OT}
- W_{MM}
- W_{MS}
- W_{MR}

3.2.1.1 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Μεταλλικής Κατασκευής (W_{ST}) του υπό μελέτη πλοίου:

Μέθοδος υπολογισμού W_{ST} με την μέθοδο του Schneekluth :

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε με μια σύνθετη μέθοδο υπολογισμού το W_{ST} ,και η μέθοδος που επιλέγεται είναι του **Schneekluth** όπως αυτή αναλύεται στην σελίδα 92 του βιβλίο "Μελέτη Πλοίου" /Τόμος 1 / - του Α.Δ. Παπανικολάου. Έτσι σύμφωνα με το βιβλίο αυτό η μέθοδος αυτή είναι καλής ακριβείας για πολλούς τύπους πλοίων. Δεν περιλαμβάνει όμως στους υπολογισμούς της το βάρος των υπερκατασκευών και έτσι θα αυτό το βάρος θα υπολογιστεί με την βοήθεια της μεθόδου του Muller - Koster που αναλύεται στο ίδιο βιβλίο σε παρακάτω σελίδες. Έτσι για την εφαρμογή της μεθόδου θα πρέπει αρχικά να έχουμε τα εξής στοιχεία :

CRUDE OIL	RESULTS	Units
Δ	173.567,045	MT
V	169.333,702	m^3
DWT	150.000	MT
DWT/Δ	0,86422	
L_{OA}	271,208	m
L_{BP}	260,234	m
B	47,5	m
T	16,51	m
D	23,382	m
C_B	0,82972	
*C_{BD}	0,847435	
C_P	0,8322	
C_M	0,9970	
S_F	0,000	m
S_A	0,690	m
b	1,2500	m
n	1	
V_U	254.297,6472	m^3
BHP	23.998,3779	HP
BHP	17.895,882	KW
u_s	15,4	knots

<u>Αρχικοί Έλεγχοι :</u>
Πριν προχωρήσουμε παρακάτω και αφού παραθέσαμε στον παραπάνω πίνακα τις κύριες διαστάσεις και τα λοιπά στοιχεία του μελετούμενου πλοίου θα πρέπει αρχικά να προβούμε στους εξής ελέγχους:

<u>Γεωμετρικό εκτόπισμα</u> :

$$\Delta = L_{BP} * B * T * C_B * \gamma * K = 173.910,720 \text{ MT}$$

όπου το $\gamma = 1,025\ t/m^3$
και $K = 1,002 \rightarrow$ (συντελεστής περιβλήματος γάστρας για δεξαμενόπλοια)

$$\text{επομένως} \quad V = L_{BP} * B * T * C_B * K = 169.669,00\ m^3$$

Παραπάνω υπολογίσαμε την τιμή πραγματική τιμή του Δ (εκτοπίσματος) και του V (όγκος εκτοπίσματος) του υπό μελέτη πλοίου μας έτσι όπως προκύπτουν από τους τύπους (γεωμετρικό εκτόπισμα). Στην συνέχεια συγκρίναμε τα παραπάνω αποτελέσματα με τις αντίστοιχες τιμές του Δ και V που υπάρχουν στον παραπάνω πίνακα και που προέκυψαν από τα όμοια μας πλοία, μέσω της μεθόδου της παλινδρομικής ανάλυσης. Όπως βλέπουμε οι τιμές μεταξύ τους παρουσιάζουν μικρή απόκλιση. Αυτό αποτελεί μια αρχική εκτίμηση του γεγονότος ότι έχουμε υπολογίσει αρκετά καλά τις διαστάσεις του υπό μελέτη πλοίου μας μέσω των ομοίων πλοίων και της μεθόδου της παλινδρομικής ανάλυσης (regression analysis). Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να προχωρήσουμε με μεγαλύτερη ασφάλεια κ βεβαιότητα στην προεκτίμηση των βαρών του υπό μελέτη πλοίου μας.

Έτσι συνεχίζοντας από τον παραπάνω πίνακα το $*C_{BD}$ = ο συντελεστής γάστρας στο ύψος **D**.
Αυτός σύμφωνα με την σελίδα 94/ βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/Α.Δ. Παπανικολάου ορίζεται ως:

$$\mathbf{C_{BD} = C_B + C_1 * (B-D) / T * (1-C_B)}$$

για $\mathbf{C_1 = 0,25}$ και σύμφωνα με τις τιμές του παραπάνω πίνακα :

$$\rightarrow \quad \mathbf{C_{BD} = 0,84743461}$$

Και από τον πίνακα:
S_F = πρωραία σιμότητα στο FP
S_A = πρωραία σιμότητα στο AP
b = η κυρτότητα του καταστρώματος στην μέση τομή
n = ο αριθμός των καταστρωμάτων

} Τα $\mathbf{L_S, S_F, S_A, b, n}$ έχουν μετρηθεί από το σχέδιο γενικής διάταξης (general arangement plan) του πατρικού μας πλοίου για αυτό και αρχικά τα θεωρούμε ίδια με το πατρικό.

όπου V_U = ο όγκος κάτωθεν ανώτατου συνεχούς καταστρώματος, ο οποίος δεν μας είναι γνωστός οπότε μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο στην σελίδα 94 / βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/ Τόμος 1 / του Α.Δ. Παπανικολάου :

$$\mathbf{V_U = V_D + V_S + V_b + V_H}$$

όπου $\mathbf{V_D = L_{BP} * B * D * C_{BD} = 244.930,60\ m^3}$ (το V_D = ο όγκος μέχρι το **D**)
και $\mathbf{Vs = Ls * B * (S_F + S_A) * C_2 = 201,1967486}$ (αύξηση όγκου λόγω σιμότητας)
όπου $\mathbf{L_S}$ = έκταση σιμότητας ($\leq \mathbf{L_{BP}}$) → $\mathbf{L_S = 41,13\ m}$
και $\mathbf{C_2 = C_{BD}^{2/3}/6 = 0,149252}$

Η έκταση της σιμότητας έχει υπολογιστεί με βάση την μέθοδο των τριών υπολογίζοντας την σιμότητα από τα σχέδια του πατρικό μας πλοίο, δηλαδή :

Για L_{BP}=264 m το πατρικό μας έχει έκταση σιμότητας L_S=41,73m
Για L_{BP}=260,234 m το υπό μελέτη πλοίο μας έχει έκταση σιμότητας L_S=? M
και τελικά του υπό μελέτη πλοίου μας είναι: L_S = 43,13 m

(θεωρώντας και σε αυτό το σημείο της μελέτης ότι η σιμότητα πρώραθεν είναι μηδενική (0))

Στην συνέχεια το $\mathbf{V_b = L*B*b*C_3}$

όπου $\mathbf{C_3 = 0,7*C_{BD}}$ → $\mathbf{C_3 = 0,593204228}$
και **b = 1,2500**
άρα $\mathbf{V_b = 9.165,849}$ (το V_b εκφράζει την αύξηση του όγκου λόγω κυρτότητας καταστρώματος)

Και τελικά το $\mathbf{V_H = \Sigma^N (l_{Hi} * b_{Hi} * h_{Li})}$ (το V_H εκφράζει την αύξηση όγκου λόγω στομίων κυτών) με :

$\mathbf{l_{Hi}}$: μήκος στομίου i
$\mathbf{b_{Hi}}$: πλάτος στομίου i
$\mathbf{h_{Li}}$: ύψος στομίου i
N : αριθμός στομίων

Αφού όμως το υπό μελέτη πλοίο είναι δεξαμενόπλοιο (tanker) δεν έχουμε στόμια κυτών άρα :

$$\mathbf{V_H = \Sigma^N (l_{Hi} * b_{Hi} * h_{Li}) = 0}$$

Άρα σύμφωνα με τα παραπάνω :

$$\mathbf{V_U = V_D + V_S + V_b + V_H} \quad \rightarrow \quad \mathbf{V_U = 254.297,647\ m^3}$$

Αφού έχουμε υπολογίσει όλα τα παραπάνω μπορούμε να προχωρήσουμε στον υπολογισμό του τύπου που θα μας δώσει το **W'st** αλλά όπως προαναφέρθηκε χωρίς το βάρος των υπερκατασκευών. Έτσι το **W'st** στον παρακάτω τύπο δίδεται συναρτήση του όγκου V_U **(m^3)** που υπολογίστηκε μόλις παραπάνω, ενός συντελεστή βάρους **C'st (t/m^3)**, (ο οποίος υπολογίζεται παρακάτω) και διαφόρων διορθώσεων. Ο τύπος είναι ο παρακάτω :

$$W'_{ST} = V_U * C'_{ST} * |1+0,33*(L_{BP}/D -12)| * |1+0,06 * (n-D/D_0)|*|1+0,05*(1,85-B/D)| * |1+0,2 *(T/D-0,85)|*|0,92 +(1-C_{BD})^2|*|1+0,75*C_{BD}*(C_M-0,98)|$$

όπου D_0**= 4 m** και $L_{BP}/D \geq 9 \rightarrow$ **11,12977622 ≥ 9** άρα ισχύει για το δικό μου πλοίο.

Άρα :

$\|1+0,33*(L_{BP}/D -12)\|$	=	0,971282615
$\|1+0,06 * (n-D/D_0)\|$	=	0,709272626
$\|1+0,05*(1,85-B/D)\|$	=	0,990925379
$\|1+0,2 *(T/D-0,85)\|$	=	0,971220799
$\|0,92 +(1-C_{BD})^2\|$	=	0,943276198
$\|1+0,75*C_{BD}*(C_M-0,98)\|$	=	1,010808658

Επίσης η τιμή του συντελεστή **C'_{ST} (t/m^3)** είναι συναρτήσει του τύπου του υπό μελέτη σκάφους και για το δικό μου σκάφος το οποίο είναι δεξαμενόπλοιο ο τύπος υπάρχει στην **Σελίδα 95 / Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου" / Τόμος 1 / του Α.Δ. Παπανικολάου :**

άρα για δεξαμενόπλοια με περιοχή μηκών **150 ÷ 350 m** :

$$C'_{ST} = [0,112+L(m)*10^{-4}]* y \qquad \text{με} \quad y = (0,95 \div 1,05)$$

και αφού το υπό μελέτη πλοίο έχει L_{BP} **= 260,234 m** επιλέγω **y= 0,95**
άρα :

$$C'_{ST} = 0,131122276 \quad t/m^3$$

Επομένως σύμφωνα με τα παραπάνω το W'_{ST} προκύπτει :

$$W'_{ST} = V_U * C'_{ST} * |1+0,33*(L_{BP}/D -12)| * |1+0,06 * (n-D/D_0)|*|1+0,05*(1,85-B/D)| * |1+0,2 *(T/D-0,85)|*|0,92 +(1-C_{BD})^2|*|1+0,75*C_{BD}*(C_M-0,98)|$$

$$\rightarrow W'_{ST} = 21.078,7275 \text{ MT}$$

Διορθώσεις : Το βάρος της μεταλλικής κατασκευής του σκάφους W'_{ST} που υπολογίσαμε σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο, πρέπει να διορθωθεί ως εξής :
1) Για εγκάρσιο σύστημα ναυπήγησης : +2,5 % * W'_{ST}
Το πατρικό μου πλοίο έχει διαμήκες σύστημα ναυπήγησης και επειδή και το υπό μελέτη πλοίο μου θα ναυπηγηθεί με το ίδιο σύστημα (διαμήκες) δεν θα κάνουμε καμία διόρθωση.

2) Για βοβλοειδή πλώρα : +0,4 ÷ 0,7 % * W'_{ST}

Το υπό μελέτη πλοίο μου θα σχεδιαστεί με βοβλοειδή πλώρα όπως και το πατρικό μου, για αυτό θα κάνουμε μια μείωση της τάξεως των 0,6% άρα:

W'_{ST} = 21.205,20 MT
W'_{ST} = 21.205.199,83 kp

<u>Θέση Κέντρου Βάρους W'_{ST}:</u>
Στην μέθοδο υπολογισμού του **W'_{ST}** κατά **Schneekluth** συμπεριλαμβάνεται και η προσέγγιση της καθ' ύψος θέσης του κέντρου βάρους του **W'_{ST} (χωρίς υπερκατασκευές)**:
Έτσι, σύμφωνα με την **σελίδα 98 / Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/ Τόμος 1 / του Α.Δ. Παπανικολάου** το **KG'** δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$KG' |\%D| = |44 + 0,155 * (0,85 - C_{BD}) * (L/D)^2 | * D_S/D$$

όπου $(Ds/D) = 1 + C_{BD}^{2/3} * (S_F+S_A) / (6*D)$ → **Ds/D = 0,0115** → **Ds = 0,269650402**

άρα → **KG'|%D|= 0,507997112**

<u>Προσοχή :</u> Τα παραπάνω ισχύουν για σιμότητα που εκτείνεται τουλάχιστον έως το μέσον του πλοίου, επομένως δεν αποτελεί ακριβή υπολογισμό του υπό μελέτη πλοίου μας.

<u>Υπολογισμός του W_{ST} με την βοήθεια προσεγγιστικών τύπων :</u>

Στην συνέχεια θα προεκτιμήσουμε το Wst με τους προσεγγιστικούς τύπους που δίνονται στις σελίδες 110 - 111 του βιβλίου "Μελέτη Πλοίου" / Τόμος 1 / του Α.Δ Παπανικολάου.
Έτσι πιο αναλυτικά για δεξαμενόπλοια ισχύουν οι δύο παρακάτω τύποι, οι οποίοι υπολογίζουν προσεγγιστικά το βάρος της μεταλλικής κατασκευής.

<u>1) Τύπος του Det Norske Veritas (1972) :</u>

$$W_{ST} = \Delta * |\alpha_L + \alpha_T * (1{,}009 - 0{,}004 * (L_{BP}/B)) * 0{,}06 * (28{,}7 - (L_{BP}/D))|$$

όπου $\alpha_L = ((0{,}054 + 0{,}004 * (L_{BP}/B)) * 0{,}97) / (0{,}189 * (100 * (L_{BP}/D))^{0,78)})$

$\alpha_T = 0{,}0290 + 0{,}00235 * \Delta * 10^{-5}$

$\alpha_T = 0{,}0252 + (\Delta * 10^{-5})^{0,3}$

Από την μέθοδο της **παλινδρομικής ανάλυσης (Regression Analysis)** που κάναμε με τα παρόμοια πλοία μας και με την προεκτίμηση του εκτομπίσματος που κάναμε στην προμελέτη των κυρίων διαστάσεων του υπό μελέτη πλοίου μας, βρήκαμε ότι το εκτόπισμα αυτού στο βύθισμα σχεδιάσεως είναι **Δ= 173.567,045 MT** άρα ισχύει ο πρώτος τύπος για τον υπολογισμό του α_T . Άρα

$\alpha_T = 0{,}0290 + 0{,}00235 * \Delta * 10^{-5} \rightarrow \alpha_T = 0{,}0330788$

και $\alpha_L = ((0{,}054 + 0{,}004 * (L_{BP}/B)) * 0{,}97) / (0{,}189 * (100 * (L_{BP}/D))^{0,78)}) \rightarrow$
$\alpha_L = 0{,}001638231$

άρα $W_{ST} = 6.258{,}83$ MT

όπου τα όρια για την εφαρμογή του τύπου είναι :

$L_{BP}/D = 10 \div 14$	<u>το υπό μελέτη</u>	$L_{BP}/D = 11{,}12977622$	άρα είμαστε μέσα
$L_{BP}/B = 5 \div 7$	<u>πλοίο μας έχει</u>	$L_{BP}/B = 5{,}478620615$	στα αποδεκτά
$L_{BP} = 150 \div 480$ m	<u>τις εξής τιμές :</u>	$L_{BP} = 260{,}2$ m	όρια

<u>Υπόθεση :</u>
- Χρήση κοινού χάλυβα
- Χωρίς υπερκατασκευές και υπερστεγάσματα

2) Sato (SNAME 1967)

$$W'_{ST} = ((C_B/0,8)^{1/3})* \left|5,11*L^{3,3} * B/D + 2,56 * L^2 * (B+D)^2 \right| * 10^{-5}$$

W_{ST} = 18.639,416 MT

W_{ST} = 18.639.416,00 kp

όπου τα όρια για την εφαρμογή του τύπου είναι :

DWT = 130 ÷ 250 * 10^3 t
C_B = 0,78 ÷ 0,84
B/T = 2,0 ÷ 3,0
T/D = 0,69 ÷ 0,75

το υπό μελέτη πλοίο μας έχει τις εξής τιμές :

DWT = 150.000 MT
C_B =0,8297
B/T =2,9
T/D = 0,706103995

άρα είμαστε μέσα στα αποδεκτά όρια

3) Τύπος προεκτίμησης του W_{ST} για δεξαμενόπλοια με υπερκατασκευές :

Ένας άλλος τύπος με το οποίο μπορούμε να προεκτιμήσουμε το **W'$_{ST}$** είναι ο εξής :

w = W_{ST} / L_{BP} * B * D όπου **D =κοίλο καταστρώματος αντοχής.**

→ **W_{ST} = w * L_{BP} *B * D** = 26.012.336,32 kp
με **w = 90** (συντελεστής βάρους που κυμαίνεται στα όρια 90÷110)

→ **W_{ST} = w * L_{BP} *B * D** = 26.012,34 MT

<u>Υπολογισμός βάρους υπερκατασκευών/υπερστεγασμάτων κατά Muller - Koster (από το βιβλίο Muller-Koster, Hansa (1973))</u>

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι για τον υπολογισμό του βάρους των υπερκατασκευών/υπερστεγασμάτων του υπό μελέτη πλοίου μου θεωρήσαμε ότι τα δύο πλοία μας, το πατρικό κ το υπό μελέτη, έχουν τις ίδιες υπερκατασκευές/υπερστεγάσματα και γι' αυτό η προμελέτη τους είναι ίδια.

Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω για τον υπολογισμό του βάρους της μεταλλικής κατασκευής πρέπει να υπολογιστεί και να προστεθεί στο βάρος του κυρίου σκάφους $\mathbf{W'_{ST}}$ (που υπολογίστηκε με την μέθοδο του Schneekluth παραπάνω), το βάρος των υπερκατασκευών και των υπερστεγασμάτων.
Κατά Muller - Koster το βάρος αυτό μπορεί να υπολογιστεί συναρτήσει του περικλειόμενου όγκου και της θέσης των ανωτέρω στοιχείων της κατασκευής.

<u>Υπερκατασκευές - Superstructures :</u>
Σύμφωνα με τους κανονισμούς (Γραμμή Φόρτωσης) στην κατηγορία αυτή θεωρούνται κατασκευές επί του κυρίου καταστρώματος με απόσταση των πλαγίων τοιχωμάτων από τα πλευρά του πλοίου μικρότερη/ίση του 4% του πλάτους B. Εξετάζοντας το παραπάνω κριτήριο προκύπτει ότι η ελάχιστη απόσταση των πλαγίων τοιχωμάτων από τα πλευρά του πλοίου των κατασκευών του καταστρώματος είμαι μεγαλύτερη του 4% του πλάτους B. Πιο αναλυτικά :

Πίσω κομμάτι - φουγάρο → $L_{DeckStructure1} = 3,71$ m $\geq 4\% * B = 1,9$ m
Κομμάτι ενδιαιτήσεων - γέφυρας → $L_{DeckStructure2} = 8,08$ m $\geq 4\% * B = 1,9$ m

άρα οι κατασκευές δεν θεωρούνται υπερκατασκευές αλλά υπερστεγάσματα και για αυτό τον λόγο ο υπολογισμός του βάρους τους θα γίνει με τον παρακάτω τρόπο.

α) Πρόστεγο (back) : Το ογκομετρικό βάρος (βάρος ανά μονάδα όγκου) ενός προστέγου είναι :

Το πατρικό μας πλοίο δεν είχε πρόστεγο παρ' 'ολ' αυτά στο υπό μελέτη πλοίο που σχεδιάζουμε θα τοποθετήσουμε ένα πρόστεγο για μεγαλύτερη ασφάλεια του πληρώματος κατά την διάρκεια θαλασσωταραχής όταν αυτό εργάζεται επάνω στο κατάστρωμα (μείωση των απόνερων που δημιουργούνται από τις σφυροκρούσεις) αλλά και για να "κερδίσουμε" έξαλλα παρακάτω όταν θα εφαρμόσουμε την γραμμή φόρτωσης για το πλοίο μας.

$C_{BACK} \approx 100$ kp/m^3 για $L \geq 140$ m
130 kp/m^3 για $L \approx 120$ m

Υποθέσεις :

ύψος προστέγων : $\mathbf{h_{BACK}} \approx$ 2,5 ÷ 3,25 m
μήκος προστέγων : $\mathbf{l_{BACK}} \approx$ ÷ 0,2 * L_{BP}

Διορθώσεις :

δC_{BACK} |%| ≈ ÷ -10, για $l_{BACK} \approx 0{,}33 * L_{BP}$
δC_{BACK} |%| ≈ -5 ÷ -10, για $\mathbf{h_{BACK}} > 3{,}25$ m

Το υπό μελέτη μου πλοίο θα έχει :

$L_{πρόστεγο}$ = 26,023 m **(υπολογίζεται περίπου στο 7-10% του L_{BP} με βάση τους κανονισμούς)**
$B_{πρόστεγο}$ = 0,0185 m **(το θεωρώ ίσο με το πάχος (ty) της υδροροής με βάση το midship section plan του πατρικού μου πλοίου)**
$h_{πρόστεγο}$ = 2,3 m

Άρα το βάρος του προστέγου αφού έχουμε L = 260,234 m ≥ 140 m ορίζεται ως :

$$C_{BACK} \approx 100 \text{ kp/m}^3$$

άρα → $W_{πρόστεγο} = 100 * L_{πρόστεγο} * B_{πρόστεγο} * h_{πρόστεγο} = 110{,}728$ kp
$W_{πρόστεγο} = 101 * L_{πρόστεγο} * B_{πρόστεγο} * h_{πρόστεγο} = 0{,}110728$ MT

β) Επίστεγο (poop) :

Το πατρικό μας πλοίο δεν έχει επίστεγο και ούτε εμείς κατά την σχεδίαση του νέου πλοίου μας θα προσθέσουμε κάποιο οπότε σε αυτό το κομμάτι της προμελέτης δεν θα γίνει κανένας υπολογισμός για το βάρος του επιστέγου.

<u>Υπερστεγάσματα - Deckhouses :</u>

α) Στεγάσματα με ενδιαιτήσεις :

Στεγάσματα καταστρώματος που περιλαμβάνουν περισσότερα του ενός καταστρώματα δεν υπολογίζονται ως μια ενιαία κατασκευή αλλά ως αποτελούμενα από επιμέρους τμήματα, τα οποία ταξινομούνται ως προς τη θέση τους υπεράνω του κυρίου (ανώτατου συνεχούς) καταστρώματος. Έτσι, το μέρος του στεγάσματος, που βρίσκεται επί του κυρίου καταστρώματος, χαρακτηρίζεται ως έχον τη θέση 1, υπεράνω αυτού τη θέση 2 κ.λ.π.

Θεωρείται ότι εφόσον ένα στέγασμα βρίσκεται επί του επίστεγου (ανάλογα πρόστεγο) τότε αρχίζει με τη θέση 2.

Το βάρος των στεγασμάτων εξαρτάται από τους εξής παράγοντες :

- τρόπος κατασκευής
- μήκος πλοίου
- αριθμός υπερκειμένων καταστρωμάτων
- ύψος καταστρωμάτων
- μήκος εσωτερικών διαχωριστικών τοιχωμάτων, εφόσον είναι από χάλυβα
- λόγος επιφάνειας υπερκείμενου καταστρώματος A_0, συμπεριλαμβανομένης της επιφάνειας αστέγαστων εξωτερικών διαδρόμων, ως προς την πραγματικά στεγασμένη επιφάνεια του εκάστοτε καταστρώματος A_U.

Στον ακόλουθο Πίνακα δίδεται **το βάρος ανά μονάδα όγκου για υπερστεγάσματα συναρτήσει του λόγου A_0/A_U** :

Θέση A_0/A_U	1,00	2	3	4	Οιακιστήριο
1,00	57	55	52	53	40
1,25	64	63	59	60	45
1,50	71	70	65	66	50
1,75	78	77	72	73	55
2,00	86	84	78	80	60
2,25	93	91	85	86	65
2,50	98	98	91	93	70

Μετρώντας από το πατρικό μου πλοίο το **A_o** και το **A_u** βρίσκω τις εξής τιμές :

A_o = 23,68 m

A_U = 23,68 m

άρα **A_o/A_U =** 1

Το βάρος ενός τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 1-4 ή του οιακιστηρίου προκύπτει από τον τύπο :

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

όπου $C_{DH}|kp/m^3|$ = ογκομετρικός συντελεστής βάρους σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα. (για ενδιάμεσες τιμές του A_0/A_U επιλέγεται γραμμική παρεμβολή)

Am = $0,5*(A_0+A_U)$ δηλαδή Am = ο μέσος όρος επιφανειών
h = ύψος στεγάσματος
k_1, k_2, k_3 = διορθώσεις
$k_1 = 1+ 0,02 * (h-2,6\ m)$ δηλαδή k_1 = διόρθωση για ύψος σταγάσματος διάφορο 2,6 m
$k_2 = 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH})$ δηλαδή k_2 = διόρθωση για μήκος εσωτερικών τοιχωμάτων διάφορου του κανονισμού (4,5 * μήκος στεγάσματος)
όπου l_T = ολικό μήκος εσωτερικών τοιχωμάτων
και l_{DH} = μήκος στεγάσματος

$k_3 = 0,95$ για $L_{PP} = 100$ m
$k_3 = 1,1$ για $L_{PP} = 230$ m
} για ενδιάμεσες τιμές κάνω γραμμική παρεμβολή

Οι ανώτερο τιμές ισχύουν και για υπερκατασκευές με ενδιαιτήσεις ανεξάρτητα του ορισμού τους κατά την Γραμμή Φόρτωσης (πρόστεγο-επίστεγο).

Έτσι πιο αναλυτικά :
1) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 1 προκύπτει από τον τύπο :

$$W_{DH1} = C_{DH1} * A_{m1} * h_1 * k_{1.1} * k_{2.1} * k_{3.1}$$

Συνεπώς για την θέση 1 οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

$C_{DH1} = 57\ kp/m^3$ (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
$A_{m1} =$ 23,68
$h_1 =$ 3,00 m
$k_{1.1} = 1+0,02*(h-2,6) = 1,008$ (αφού το $h \neq 2,6$ m)
$k_{2.1} = 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,474900925$
με $l_T = 227,13$ m και $l_{DH} = 15,14$ m
$k_{3.1} = 1,134$ (εφόσον το υπό μελέτη πλοίο μου έχει $L_{BP} = 260,234$ m)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH1} = C_{DH1} * A_{m1} * h_1 * k_{1.1} * k_{2.1} * k_{3.1} = \mathbf{2.198,14\ kp}$$

2) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 2 προκύπτει από τον τύπο :

$$W_{DH2} = C_{DH2} * A_{m2} * h_2 * k_{1.2} * k_{2.2} * k_{3.2}$$

Συνεπώς για την θέση 2 οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

$C_{DH2} = 55$ **kp/m^3** (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
$A_{m2} = 23,68$
$h_2 = 3,00$ **m**
$k_{1.2} = 1+0,02*(h-2,6) = 1,008$ (αφού το h ≠ 2,6 m)
$k_{2.2} = 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,700825627$
με $l_T =$ **158,72 m** και $l_{DH} =$ **15,14 m**
$k_{3.2} = 1,134$ (εφόσον το υπό μελέτη πλοίο μου έχει L_{BP} = **260,234 m**)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH2} = C_{DH2} * A_{m2} * h_2 * k_{1.2} * k_{2.2} * k_{3.2} = \mathbf{3.130,04\ kp}$$

3) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 3 προκύπτει από τον τύπο :

$$W_{DH3} = C_{DH3} * A_{m3} * h_3 * k_{1.3} * k_{2.3} * k_{3.3}$$

Συνεπώς για την θέση 3 οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

$C_{DH3} = 52$ **kp/m^3** (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
$A_{m3} = 23,68$
$h_3 = 3,00$ **m**
$k_{1.3} = 1+0,02*(h-2,6) = 1,008$ (αφού το h ≠ 2,6 m)
$k_{2.3} = 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,381704095$
με l_T **= 255,35 m** και l_{DH} **= 15,14 m**
$k_{3.3} = 1,134$ (εφόσον το υπό μελέτη πλοίο μου έχει L_{BP} **= 260,234 m**)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH3} = C_{DH3} * A_{m3} * h_3 * k_{1.3} * k_{2.3} * k_{3.3} = 1.611,78 \text{ kp}$$

4) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 4 προκύπτει από τον τύπο :

$$W_{DH4} = C_{DH4} * A_{m4} * h_4 * k_{1.4} * k_{2.4} * k_{3.4}$$

Συνεπώς για την θέση 4 οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

$C_{DH4} = 53$ **kp/m^3** (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
$A_{m4} = 23,68$
$h_4 = 3,00$ **m**
$k_{1.4} = 1+0,02*(h-2,6) = 1,008$ (αφού το h ≠ 2,6 m)
$k_{2.4} = 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,832265522$
με l_T **= 118,92 m** και l_{DH} **= 15,14 m**
$k_{3.4} = 1,134$ (εφόσον το υπό μελέτη πλοίο μου έχει L_{BP} **= 260,234 m**)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH4} = C_{DH4} * A_{m4} * h_4 * k_{1.4} * k_{2.4} * k_{3.4} = 3.581,91 \text{ kp}$$

5) Το βάρος του τμήματος υπερστεγάσματος στη θέση 5-οιακιστήριο προκύπτει από τον τύπο:

$$W_{DH5} = C_{DH5} * A_{m5} * h_5 * k_{1.5} * k_{2.5} * k_{3.5}$$

Συνεπώς για την θέση 5-οιακιστήριο οι αριθμοί που προκύπτουν είναι :

C_{DH5} = 40 **kp/m^3** (προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα)
A_{m5} = 23,68
h_5= 2,85 **m**
$k_{1.5}$ = 1+0,02*(h-2,6) = 1,005 (αφού το h ≠ 2,6 m)
$k_{2.5}$= 1+ 0,05 * (4,5 - l_T/l_{DH}) = 0,985844749
με l_T = **67,04 m** και l_{DH} = **14,016 m**
$k_{3.5}$ = 1,134 (εφόσον το υπό μελέτη πλοίο μου έχει L_{BP} = **260,234 m**)

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{DH5} = C_{DH5} * A_{m5} * h_5 * k_{1.5} * k_{2.5} * k_{3.5} = 3.033,01 \text{ kp}$$

Το συνολικό βάρος των στεγασμάτων (με πρόστεγο) και ενδιαιτήσεις είναι :

$$W_{DH_{ALL}} = W_{DH1} + W_{DH2} + W_{DH3} + W_{DH4} + W_{DH5} + W_{προστ} = 13.665,60 \text{ kp}$$
$$W_{DH_{ALL}} = W_{DH1} + W_{DH2} + W_{DH3} + W_{DH4} + W_{DH5} + W_{προστ} = 13,665601 \text{ MT}$$

β) Οίκισκος φορτώσεων (Winch houses) :
Θεωρούμε ότι ο αριθμός, η θέση, το μέγεθος και ο τύπος των οικίσκων φορτώσεων/γερανών του υπό μελέτη σκάφους μας είναι ίδιος με αυτούς του πατρικού μας πλοίου. Άρα, το πλοίο μας διαθέτει **δύο γερανούς ανυψωτικής ικανότητας ίσης με 15 tonnes** και για κάθε γερανό έχει **έναν οικίσκο. Άρα το πλοίο μας έχει δύο οικίσκους. Συνεπώς,** εφόσον έχουμε δύο οικίσκους οι οποίοι είναι ίδιοι με τους οικίσκους του πατρικού, το βάρος τους θα είναι το ίδιο οπότε το συνολικό βάρος και των δύο οικίσκων θα είναι ίσο με :

$$W_{WHTOTAL} = 2* C_{WH} * \nabla_{WH} * k_1 = 19.784,13 \text{ kp}$$
$$W_{WHTOTAL} = 2* C_{WH} * \nabla_{WH} * k_1 = 19,7841 \text{ MT}$$

Συνεπώς από τα παραπάνω προκύπτει ότι η πρώτη τιμή για το συνολικό βάρος της μεταλλικής κατασκευής του πατρικού πλοίου μου $W_{ST\ TOTAL}$ μαζί με τον βάρος των υπερκατασκευών προκύπτει προσθέτοντας την τιμή του W'st που υπολογίσαμε με την μέθοδο του Sneekluth, την τιμή του βάρους των υπερκατασκευών-υπερστεγασμάτων και την τιμή των οικίσκων φορτώσεων που υπολογίσαμε με την μέθοδο Muller - Koster. Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει :

$$W_{ST\ TOTAL} = W'_{ST} + W_{DH\ ALL} + W_{WH\ TOTAL} = 21.238.649,56 \quad kp$$
$$W_{ST\ TOTAL} = W'_{ST} + W_{DH\ ALL} + W_{WH\ TOTAL} = 21.238,6496 \quad MT$$

<u>Υπολογισμός βάρους μεταλλικής κατασκευής W_{ST} με την μέθοδο Watson</u>

Η μέθοδος προτείνεται στο **βιβλίο "Some Ship Design Methods" , του Watson D.G.M. & Gilfillan A.W. (RINA 1976)**. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή το βάρος της μεταλλικής κατασκευής του υπό μελέτη πλοίου μας ορίζεται ως :

$W_{ST}^* = K * E^{1,36}$ όπου **K = 0,032** (συντελεστής για δεξαμενόπλοια)
και **E = 1.500 ÷ 40.000** και θεωρώντας **E = 19.000**

προκύπτει $W_{ST}^* = 21.098,66$

Διόρθωση : Για $C_B^{*}{}_{(0,8*D)} \neq 0,7$ ισχύει :

$$(W_{ST}) = (W_{ST})^* * (1+0,5*(C_B^*-0,7)) = 22.546,70 \quad MT$$
$$(W_{ST}) = (W_{ST})^* * (1+0,5*(C_B^*-0,7)) = 22.546.698,97 \quad kp$$

Όπου το $C_B^{*}{}_{(0,8*D)}$ του μελετούμενου πλοίου μας, επειδή δεν μπορούμε να υπολογίσουμε από το **Trim and Stability Booklet,** εκτιμήσαμε από τον παρακάτω τύπο :

$$C_B^* = C_{B1} + (1-C_{B1})*(0,8* D-T)/ 3*T = 0,837263586$$
όπου $C_{B1} = C_B\,(T) = C_B = 0,8297$

Για την συνολική εκτίμηση του $W_{ST\ ALL}$ θα δώσουμε συντελεστές στις τιμές που προεκτιμήσαμε από τις μεθόδους :

α) Sneekluth με υπερκατασκευές κ υπερστεγάσματα
β) Sato (Sname)
γ) Watson

Για κάθε μια από τις παραπάνω τρεις τιμές που θα συμπεριλάβουμε για την συνολική εκτίμηση του $W_{ST\ ALL}$ = τελική τιμή εκτίμησης του βάρους της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου μου, θα δώσουμε συντελεστή βαρύτητας 33,33 % (ή 0,3333). Έτσι :

$$W_{ST\ ALL} = W_{ST\ TOTAL} + W_{ST\ SATO} + (W_{ST}) = 20.806.174,02 \quad kp$$
$$W_{ST\ ALL} = W_{ST\ TOTAL} + W_{ST\ SATO} + (W_{ST}) = 20.806,1740 \quad MT$$

3.2.1.2 <u>Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Εξοπλισμού</u> (W_{OT}) <u>του υπό μελέτη πλοίου:</u>

<u>Υπολογισμός βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού</u> W_{OT} :
α)Είναι γνωστό ότι λόγω της ανομοιομορφίας των στοιχείων του W_{OT} δεν είναι δυνατή η ανάπτυξη μεθόδων υπολογισμού του W_{OT}, όπως για την μεταλλική κατασκευή. Εφόσον λείπουν συγκριτικά στοιχεία ομοίων πλοίων μπορεί κανείς να καταφύγει σε εμπειρικούς τύπους ή συντελεστές για διαφόρους τύπους πλοίων. Εδώ, πρέπει να σημειωθεί ότι γενικά παρατηρείται μια αύξηση των βαρών της κατηγορίας αυτής σε σχέση με παλαιότερα κύριως λόγω της βελτίωσης της ποιότητας ενδιαίτησης, λόγω της βελτίωσης των φορτοεκφορτωτικών μέσων, λόγω των ασφαλέστερων εγκαταστάσεων πυρόσβεσης κ.λ.π. Η προεκτίμηση του βάρους ενδιαίτησης θα γίνει όπως ακριβώς υπολογίστηκε και στην προμελέτη του βάρους ενδιαίτησης του πατρικού, δηλαδή με την βοήθεια του **πίνακα 2,12/Σελίδα 117 - βιβλίο "Μέλετη Πλοίου" / Τόμος 1, του Α.Δ. Παπανικολάου,** ο οποίος παραθέτετε παραπάνω, κατά την προεκτίμηση των βαρών εξοπλισμού του πατρικού πλοίου.

Επίσης, η προεκτίμηση θα γίνει με συντελεστές βάρους από κάθε μια ομάδα βαρών. Οι αντίστοιχες ομάδες βαρών παραθέτονται και αυτές παραπάνω σε πίνακα κατά την μελέτη των βαρών εξοπλισμού του πατρικού πλοίου και ο πίνακας βρίσκεται στην **Σελίδα 114 - βιβλίο "Μέλετη Πλοίου" / Τόμος 1, του Α.Δ. Παπανικολάου.**

Πριν παραθέσουμε όλα τα στοιχεία θα πρέπει να τονιστεί ότι η συγκεκριμένη μέθοδος ίσως να μην βγάλει ακριβή αποτελέσματα και για το υπό μελέτη πλοίο μας, αφού όπως αναφέραμε και προηγουμένως στην μελέτη βαρών εξοπλισμού του πατρικού σκάφους, είναι φτιαγμένη για πολύ παλαιότερα πλοία **(μέθοδος από το βιβλίο "Entwerfen von Schiffen I-IV", του Strohbusch E. (1971)).**

Έτσι με βάση τα α) **Πίνακας 2,12/Σελίδα 117 - βιβλίο "Μέλετη Πλοίου" / Τόμος 1, του Α.Δ. Παπανικολάου** και β) **Σελίδα 114 - βιβλίο "Μέλετη Πλοίου" / Τόμος 1, του Α.Δ. Παπανικολάου**), το τελικό βάρος του W_{OT} θα υπολογιστεί για κάθε ομάδα βαρών σύμφωνα με έναν συντελεστή βάρους w από το παρακάτω τύπο :

Συντελεστής βάρους w

w = Βάρος / L_{BP} * B * D όπου **D = κοίλο καταστρώματος αντοχής.**

→ **Βάρος = w *L_{BP} *B * D**

Άρα για **Βάρος Ομάδας I**	→	**Βάρος I** επιλέγω **w= 0,6**	άρα	**Βάρος I = 173.415,58**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας II_1**	→	**Βάρος II_1** επιλέγω **w= 0**	άρα	**Βάρος II_1 = 0,00**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας II_2**	→	**Βάρος II_2** επιλέγω **w= 1,5**	άρα	**Βάρος II_2=433.538,94**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας III**	→	**Βάρος III** επιλέγω **w= 1,5**	άρα	**Βάρος III = 433.538,94**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας IV**	→	**Βάρος IV** επιλέγω **w= 4**	άρα	**Βάρος IV =1.156.103,84**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας V**	→	**Βάρος V** επιλέγω **w= 1,75**	άρα	**Βάρος V =505.795,43**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας VI**	→	**Βάρος VI** επιλέγω **w= 0,05**	άρα	**Βάρος VI =14.451,30**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας VII**	→	**Βάρος VII** επιλέγω **w= 0,4**	άρα	**Βάρος VII =115.610,38**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας $VIII_1$**	→	**Βάρος $VIII_1$** επιλέγω **w= 0**	άρα	**Βάρος $VIII_1$=0,00**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας $VIII_2$**	→	**Βάρος $VIII_2$** επιλέγω **w= 1,75**	άρα	**Βάρος $VIII_2$=505.795,43**	**kp**
Άρα για **Βάρος Ομάδας IX**	→	**Βάρος IX** επιλέγω **w= 1,25**	άρα	**Βάρος IX =361.282,45**	**kp**

Τελικό W_{OT} = 3.699.532,28 kp

Άρα ορίζουμε W_{OT1} = 3.699.532,28 kp

W_{OT1} = 3.699,53 MT

β) Μια ακόμα εκτίμηση του **βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού** μπορεί να γίνει με την βοήθεια **προσεγγιστικών τύπων** που δίνονται στην σελίδα **119-βιβλίο "Μελέτη Πλοίου"/Τόμος 1 του Α.Δ. Παπανικολάου.**

Σε αυτή την **προκαταρκτική φάση της μελέτης** για **Φορτηγά πλοία ο προσεγγιστικός τύπος** είναι :

$W_{OT2} = K_{OT} * L_{BP} * B$ = 2.461,84 MT

$W_{OT2} = K_{OT} * L_{BP} * B$ =2.461.844,20 kp

όπου για δεξαμενόπλοια με L_{BP} **≈300 m** το **K_{OT}=0,17 t/m^2** και με L_{BP}**≈150 m το K_{OT}=0,28 t/m^2**
άρα για το υπό μελέτη πλοίο με L_{BP}**=260,234m** επιλέγουμε το **K_{OT} ≈ 0,19916 t/m^2**
με βάση την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής.

Από το αποτέλεσμα φαίνεται πως η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε δεν βγάζει αξιόπιστα αποτελέσματα καθώς παρουσιάζει μεγάλη απόκλιση από την παραπάνω μέθοδο που εφαρμόσαμε για την εύρεση του βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού. Για αυτό τον λόγο δεν θα λάβουμε καθόλου υπόψιν μας το αποτέλεσμα αυτού του προσεγγιστικού τύπου.

γ) Τύπος προεκτίμησης του W_{OT} για δεξαμενόπλοια:

Ένας άλλος τύπος με το οποίο μπορούμε να προεκτιμήσουμε το W_{OT} είναι ο εξής :

$$w = W_{OT3} / L_{BP} * B * D$$

όπου **D = κοίλο καταστρώματος αντοχής.**

→ $W_{OT3} = w * L_{BP} * B * D = 3.612.824,49$ kp

και με **w = 12,5 kp/m³** (συντελεστής βάρους που κυμαίνεται στα όρια 10÷15)

→ $W_{OT3} = w * L_{BP} * B * D = 3.612,82$ MT

Με βάση τα παραπάνω δύο αποτελέσματα για την τιμή του W_{OT} θα υπολογίσουμε την τελική τιμή του W_{OT} δίνοντας συντελεστές βαρύτητας :
1) 15% για την πρώτη μέθοδο
2) 70% για την δεύτερη μέθοδο
3) 15% για την Τρίτη μέθοδο
Άρα με βάση τα παραπάνω θα έχουμε :

$W_{OT} = W_{OT1}+W_{OT2}+W_{OT3} = 2.820.144,45$ kp
$W_{OT} = W_{OT1}+W_{OT2}+W_{OT3} = 2.820,14$ MT

3.2.1.3 Προκαταρκτική Εκτίμηση Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης (W_M) του υπό μελέτη πλοίου:

Υπολογισμός βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης W_M :

Όπως έχουμε πει και παραπάνω το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης ορίζεται ως :

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

όπου
W_{MM} = βάρος κύριας μηχανής (**Main Machinery**)
W_{MS} = βάρος ελικοφόρου άξονα και έλικας (**Shaft - Propeller**)
W_{MR} = βάρος λοιπών μηχανολογικών εξαρτημάτων (**Rest Machinery**)

Μια πρώτη εκτίμηση του W_M μπορεί να γίνει με τον παρακάτω τρόπο :

Προσεγγιστική μέθοδος μέσω εμπειρικών συντελεστών :
Κατα την προκαταρκτική φάση της μελέτης του W_M μπορεί να προσεγγιστεί μέσω εμπειρικών συντελεστών που αναφέρονται στις ομάδες W_{MM}, W_{MS} και W_{MR} που συνθέτουν το W_M. Οι συντελεστές αυτοί που αναφέρονται σε διαφορετικούς τύπους πλοίων, είναι αναγμένοι κατά μέρος στην εγκατεστημένη ισχύ πρόωσης (W_{MM} και W_{MS}) ή το ογκομετρικό γινόμενο **L * B * D** (εναλακτικά την ισχύ πρόωσης) για το βάρος W_{MR}.

Η παραπάνω μέθοδος θα πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τον **πίνακα 2,16 / Σελίδα 133 /Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου / Τόμος 1 του Α.Δ. Παπανικολάου**.

Τύπος Πλοίου Συντελεστής	Δεξαμενόπλοιο
w_1 [kp/m^3]	3 - 5
w_2 [kp/HP]	25 - 35
w_3 [kp/HP]	4
w_4 [kp/HP]	ατμοστρόβιλος 20-25
w_5 [kp/HP]	55 - 60

Επεξηγήσεις :

1) Ανάλυση βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης :

W_{MM} :βάρος κυρίας μηχανής και μειωτήρα (για στροβιλομηχανές : στρόβιλος, μειωτήρας, λέβητες)

W_{MS} : βάρος ελικοφόρου άξονα και έλικας (περιλαμβάνει έδρανα και στορέα)

W_{MR} : βάρος λοιπής μηχ/κής εγκατάστασης (βοηθητικές μηχανές για την λειτουργία της κύριας μηχανής : αντλίες καυσίμου, ψύξης, κ.λ.π., εξατμιστήρες.
Σωλήνες μηχανοστασίου για καύσιμα, λιπαντικά, ψύξη, ατμό κ.λ.π. Αγωγοί εξάτμισης, καπνοδόχοι. Λέβητες. Εξαεριστικοί αγωγοί μηχανοστασίου. Κινητές δεξαμενές μηχανοστασίου, αντλίες ερματισμού, απάντλησης , πυρόσβεσης, γλυκού νερού - μηχανοστασίου. Κύρια ηλεκτρογεννητική εγκατάσταση,ηλεκτρογεννήτριες, μετασχηματιστές, πίνακες. Εργαλεία μηχανοστασίου.

2) Ορισμοί :

$w_1 = W_{MR1} / L * B * D$	**kp/m^3**	
$w_2 = W_{MR2} / SHP$	**kp/HP**	(όπου **SHP : Shaft Horse Power)**
$w_3 = W_{MS} / SHP$	**kp/HP**	
$w_4 = W_{MM} / SHP$	**kp/HP**	
$w_5 = W_M / SHP$	**kp/HP**	

Για την εύρεση του **SHP** που χρειαζόμαστε παραπάνω ισχύει ο εξής τύπος :

$$BHP = SHP / n_{μειωτ}$$

Όμως το πλοίο μου εφόσον θα έχει μια δίχρονη μηχανή (όπως και το πατρικό μου) δεν θα υπάρχει μειωτήρας οπότε $n_{μειωτ} = 1$ οπότε **SHP = BHP**. Σύμφωνα με την προμελέτη της ισχύος πρόωσης του υπό μελέτη πλοίου μου βρήκαμε ότι :

BHP = SHP = 23.998 HP

Ισχύει 1 HP = 0,7355 kW

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω :

$w_1 = W_{MR1} / L * B * D$	**→**	**$W_{MR1} = w_1 * L * B * D = 1.156.103,84$**	**kp**
$w_2 = W_{MR2} / SHP$	**→**	**$W_{MR2} = W_2 * SHP = 719.951$**	**kp**
$w_3 = W_{MS} / SHP$	**→**	**$W_{MS} = W_3 * SHP = 95.994$**	**kp**
$w_4 = W_{MM} / SHP$	**→**	**$W_{MM} = W_4 * SHP = 551.963$**	**kp**
$w_5 = W_M / SHP$	**→**	**$W_M = W_5 * SHP = 1.367.908$**	**kp**

Τελικά, σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα για τον υπολογισμό του W_M :

$W_M = W_{MR1} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	**1.804.060,04**	**kp**
$W_M = W_{MR2} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	**1.367.908**	**kp**
$W_M = W_M =$	**1.367.908**	**kp**

Όμως το βάρος της κυρίας μηχανής W_{MM} υπολογίστηκε παραπάνω θεωρητικά με συντελεστές από τον παραπάνω πίνακα.
Παρ' όλ' αυτά ο υπολογισθέν αριθμός δεν είναι ακριβής, διότι σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, το βάρος της κυρίας μηχανής W_{MM} υπολογίζεται για ατμοστρόβιλο και μειωτήρα.
Το πλοίο μας όμως δεν έχει ούτε στρόβιλο ούτε μειωτήρα. Για αυτό τον λόγο θα υπολογίσουμε το βάρος της μηχανής μας από το project guide της μηχανής του πατρικού μας πλοίου. Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω θα έχουμε τα εξής :
Σύμφωνα με το project guide της κύριας μηχανής του πατρικού το βάρος της είναι ίσο με:

$$V_{MM} = \mathbf{555\ MT} \rightarrow V_{MM} = \mathbf{555.000\ kp}$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει :

$W_M = W_{MR1} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	**1.807.097,35**	**kp**
$W_M = W_{MR2} + W_{MS} + W_{MM} \rightarrow W_M =$	**1.370.945**	**kp**
$W_M = W_M =$	**1.367.908**	**kp**

Από τις παραπάνω τρεις τιμές επιλέγουμε την δεύτερη τιμή διότι είναι αδιαστατοποιημένη και γίνεται πιο λεπτομερής ανάλυση βαρών. Έτσι :

$W_M = W_{MR2} + W_{MS} + W_{MM}$	→	$W_M = 1.370.945$	kp
$W_M = W_{MR2} + W_{MS} + W_{MM}$	→	$W_M = 1.370,945$	MT

<u>Σημείωση</u> :
Στην προμελέτη βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης του υπό μελέτη πλοίου μας δεν εφαρμόσαμε την μέθοδο του Watson and Gilfillan όπως εφαρμόσαμε στην αντίστοιχη μελέτη του πατρικού μας, διότι δεν γνωρίζουμε το M.C.R. την συγκεκριμένης μηχανής για us = 15,4 knots που είναι η υπηρεσιακή ταχύτητα του υπό μελέτη πλοίου μας.

3.2.2 <u>Εκτίμηση του</u> W_{LS} <u>του υπό μελέτη πλοίου:</u>

Αρχικώς μας σκοπός ήταν να υπολογίσουμε τον βάρος του κενού πατρικού μας σκάφους, δηλαδή του **W_{LS} (Light Ship)**. Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω υπολογίσαμε τα εξής :

➡ $W_H = 23.626.318,47$ kp

➡ $W_M = 1.370.945$ kp

Με βάση τις παραπάνω τιμές που υπολογίσαμε μπορούμε να εκτιμήσουμε το θεωρητικό βάρος του άφορτου πατρικού μας σκάφους W_{LS}^{TH}.

Άρα :

$$W_{LS}^{TH} = W_H + W_M \rightarrow W_{LS}^{TH} = 24.997.263,32 \text{ kp}$$

Επίσης θεωρούμε μια ανοχή R που προστίθεται στην τιμή του W_{LS}^{TH} ίση με R = 2% W_{LS}^{TH}. Άρα :

$$W_{LS}^{TH} = W_H + W_M + R \rightarrow W_{LS}^{TH} = 25.497.208,59 \text{ kp}$$
$$W_{LS}^{TH} = W_H + W_M + R \rightarrow W_{LS}^{TH} = 25.497,21 \text{ MT}$$

Έτσι, για την εύρεση του W_{LS}^{ACT} του υπό μελέτη πλοίου μας, θα πολλαπλασιάσουμε το W_{LS}^{TH} του, που μόλις υπολογίσαμε παραπάνω, με τον διορθωτικό συντελεστή **(λ)** (που βρήκαμε προηγουμένως μέσα από την προμελέτη βαρών του πατρικού μας πλοίου). Έτσι θα έχουμε:

$$W_{LS}^{ACT} = W_{LS}^{TH} * \lambda = 22.605.895,88 \text{ kp}$$

$$W_{LS}^{ACT} = W_{LS}^{TH} * \lambda = 22.605,90 \text{ MT}$$

όπου ο διορθωτικός συντελεστής είναι **λ = 0,886602775**

3.3 Έλεγχος Εκτοπίσματος Δ:

Στην συνέχεια θα πρέπει να προχωρήσουμε στον έλεγχο του εκτοπίσματος για να δούμε κατά πόσον οι προσεγγίσεις των βαρών από την παραπάνω προμελέτη αντιστοιχούν στην αρχική εκτιμήση του εκτοπίσματος που προέκυψε από την παλινδρομική ανάλυση (regression analysis).

Το **γεωμετρικό εκτόπισμα** του υπό μελέτη πλοίου μας είναι ίσο με :

$$\Delta = L_{BP} * B * T * C_B * \gamma * K = 173.910,720 \quad MT$$

όπου $\gamma = 1,025\ t/m^3$

και $K = 1,002 \rightarrow$ (συντελεστής περιβλήματος γάστρας για δεξαμενόπλοια)

$$V = L_{BP} * B * T * C_B = 169.669,00 \quad m^3$$

Το **πραγματικό εκτόπισμα** του υπό μελέτη πλοίου μας που προέκυψε από την παραπάνω προμελέτη βαρών είναι ίσο με:

$$\Delta = W_{LS}^{ACT} + DWT = 172.605,90 \quad MT$$

με $W_{LS}^{ACT} = 22.605,90$ **MT** και **DWT** = 150.000 **MT**

$$V = \Delta / (\gamma * K) = 168.396,00 \quad m^3$$

Άρα από τα παραπάνω βλέπουμε ότι η διαφορά ανάμεσα στις δύο τιμές είναι πολύ μικρή και επομένως οι προσεγγίσεις των βαρών από την παραπάνω προμελέτη διαφέρουν ελάχιστα από την αρχική εκτιμήση του εκτοπίσματος που προέκυψε από την παλινδρομική ανάλυση (regression analysis). Έτσι, τα παραπάνω αποτελούν απόδειξη ότι η εκτίμηση του εκτοπίσματος είναι καλή και έτσι δεν χρειάζεται να κάνουμε ανακύκλωση της προμελέτης βαρών αλλάζοντας κάποια από τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήσαμε παραπάνω.

4. <u>Υπολογισμός Γραμμής Φορτώσεως του υπό μελέτη πλοίου</u>:

Πριν προχωρήσουμε περαιτέρω μελέτη του πλοίου, θα πρέπει να ελέγξουμε αν οι κύριες διαστάσεις του πλοίου μας πληρούν τους κανονισμούς της γραμμής φόρτωσης. Πριν όμως ξεκινήσουμε τους υπολογισμούς θα πρέπει να αναφέρουμε κάποια πράγματα για την γραμμή φόρτωσης. Αρχικά σύμφωνα με την σύμβαση περί Γραμμής Φορτώσεως, κάθε πλοίο είναι υποχρεωτικό να έχει ένα ελάχιστο ύψος εξάλων (freeboard) για τους παρακάτω λόγους :

1) Για την ίδια την ασφάλεια του.
Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος εξάλων τόσο μεγαλύτερη είναι η εφεδρική πλευστότητα του πλοίου και επομένως τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα διασώσεώς του σε περίπτωση βλάβης (ρήγματος) στο εξωτερικό του περίβλημα.
2) Για την ασφάλεια του πληρώματος.
Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος εξάλων τόσο μεγαλύτερα περιθώρια ασφαλείας και ανέσεως στους χειρισμούς (π.χ. κυκλοφορία στο ανοιχτό κατάστρωμα) εξασφαλίζονται στο πλήρωμα σε κατάσταση θαλασσοταραχής.

<u>Καθορισμός ύψους εξάλων για πλοία τύπου Α και Β:</u>

Το ύψος εξάλων που πρέπει να έχει κάθε πλοίο προκύπτει από την εφαρμογή των κανόνων της διεθνούς συμβάσεως για την γραμμή φορτώσεως.
Ένα **βασικό ύψος εξάλων** καθορίζεται από την σύμβαση, με βάση **το μήκος για τον καθορισμό του ύψους εξάλων, L_F** και τον τύπο του πλοίου που διακρίνεται σε **τύπο Α και τύπο Β.**
Ειδικότερα:
1) **Ως πλοία τύπου Α** χαρακτηρίζονται τα πλοία που έχουν ως αποκλειστικό προορισμό την μεταφορά υγρών φορτίων, στα οποία οι δεξαμενές φορτίου έχουν μικρά στόμια με υδατοστεγανά πώματα. Τα πλοία αυτού του τύπου έχουν ψηλό βαθμό ασφαλείας λόγω της πολύς χαμηλής διαχωρητότητας των χώρων φορτίου τους και για τον λόγο αυτό επιτρέπουν οι κανονισμοί μικρότερα ύψη εξάλων.
2) **Ως πλοία τύπου Β** χαρακτηρίζονται όλα τα πλοία που δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως τύπου Α.

<u>Εξαιρέσεις για τύπους πλοίων που εξαιρούνται από την σύμβαση της γραμμής φορτώσεως:</u>

Η διεθνής σύμβαση για την γραμμή φόρτωσης **δεν** εφαρμόζεται για :

a) Πολεμικά Πλοία (**War Ships**)
b) Νέες Ναυπηγήσεις με Μήκος μικρότερο από 24 μέτρα (**New Ships of Less than 24 metres /79 feet in Length)**
c) Υπάρχοντα πλοία με Μικτό Όγκο Κυτών μικρότερο από 150 Μετρικούς Τόνους (**Existing Ships of Less than 150 MT Gross Tonnage)**
d) Σκάφη Αναψυχής που δεν μισθώνονται (**Pleasure Yachts Not Enganed in Trade**)
e) Αλιευτικά Πλοία (**Fishing Vessels**)

Πριν προχωρήσουμε στον υπολογισμό της γραμμής φόρτωσης και των εξάλων του υπό μελέτη πλοίου μου, θα πρέπει να παραθέσουμε τον πίνακα με τις κύριες διαστάσεις του, που έχουμε υπολογίσει σε προηγούμενο στάδιο αυτής της εργασίας.

CRUDE OIL SHIP	RESULTS	Units
Δ	173.910,720	MT
∇	169.669,00	m^3
DWT	150.000	MT
DWT/Δ	0,862	
L_{OA}	271,208	m
L_{BP}	260,234	m
B_m	47,5	m
T_m	16,51	m
D	23,382	m
C_B	0,82972	
C_P	0,8322	
C_M	0,9970	
C_{WP}	0,8889	
C_{VP}	0,9335	
$L_{BP}/\nabla^{1/3}$	4,704	
B/T	2,877	
B/D	2,031	
L_{BP}/B	5,479	
L_{BP}/D	11,130	
L_{BP}/T	15,762	
BHP	23.998,3779	HP
BHP	17.895,882	KW
C_N	473,542	
D/T	1,416	
L_{OA}/L_{BP}	1,042	
u_s	15,4	knots

Στην συνέχεια θα πρέπει να υπολογίσουμε το μήκος υπολογισμού, L, για το πλοίο μας. Αυτό υπολογίζεται ως εξής:

Μήκος Υπολογισμού 'Υψους Εξάλλων L:
Είναι το μεγαλύτερο από τα μήκη που προκύπτουν συγκρίνοντας το 96%L_{WL} και του L_{BP}, μετρούμενα σε μία ίσαλο στα 85% του πλευρικού ύψους (δηλαδή σε βύθισμα T = 0,85*D). (δηλαδή κατά τη μελέτη της γραμμής φόρτωσης η πρυμναία και η πρωραία κάθετος θεωρείται στο πρυμναίο και πρωραίο άκρο της ισάλου που υπολογίζουμε το μήκος L).

* Σε πλοία που το περίγραμμα της πλώρης (stem contour) είναι κοίλο (concave) πάνω από την ίσαλο στα 85% του πλευρικού ύψους, τότε το πρωραίο άκρο (forward terminal) κατά τον υπολογισμό του μήκους L θα είναι η κάθετη προβολή (**vertical projection**) στην ίσαλο από το ακραίο σημείο του κοίλου περιγράμματος της πλώρης πάνω από την ίσαλο.
**Σε πλοία που έχουν σχεδιαστεί με κεκλιμένη τρόπιδα (rake of keel), η ίσαλος γραμμή με βάση την οποία θα μετρήσουμε το L θα πρέπει να είναι παράλληλη στην L_{WL}.

Από τα παραπάνω που έχουν αναφερθεί έως τώρα αρχικά πρέπει να δηλώσουμε ότι το πλοίο μας είναι τύπου Α, εφόσον είναι δεξαμενόπλοιο μεταφοράς αργού πετρελαίου (crude oil tanker).
Στην συνέχεια θα πρέπει να καθορίσουμε κάποια μεγέθη τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην μελέτη της γραμμής φόρτωσης του πλοίου.

Μήκος υπολογισμού ύψους εξάλων :
Το μήκος υπολογισμού ύψους εξάλων **(L)** υπολογίζεται ως εξής :
Το **L** θα θεωρήσουμε ότι είναι το μεγαλύτερο από τα δύο μήκη που υπολογίζουμε παρακάτω, δηλαδή : 96% L_{WL}=255,12 m
όπου **L_{WL} =265,75 m**
και θεωρείται το μήκος του πλοίου σε εκείνη την ισάλο όπου θεωρούμε ότι φτάνει το βύθισμα του πλοίου, που είναι ίσο με **T = 16,51 m**
και το L_{BP} = 260,234 m
επομένως από τα παραπάνω ορίζουμε ως μήκος υπολογισμού ύψους εξάλων (L) το
L_{BP} = L = 260,234 m

Πλάτος (B) :
Από την προμελέτη των κυρίων διαστάσεων προέκυψε ότι :
B = 47,5 m

Πλευρικό ύψος αναφοράς (D):
Από την προμελέτη των κυρίων διαστάσεων υπολογίσαμε ότι :
D = 23,382 m

Πλευρικό Ύψος Εξάλων :

Το πλευρικό ύψος εξάλλων (**Depth for Freeboard**) είναι το πλευρικό ύψος αναφοράς **D**, προσαυξημένο με το πάχος του ελάσματος της υδρορροής του καταστρώματος εξάλλων **ty**, και με την τιμή $t_E(L-S)/L$, όπου t_E είναι το πάχος της τυχόν ξύλινης επένδυσης του καταστρώματος (εκτείνεται σε όλο το κατάστρωμα) και **S** το ολικό πραγματικό μήκος υπερκατασκευών. Άρα :

$$D_F = D + t_y + t_E(L-S)/L$$

Το πάχος του ελάσματος της υδρορροής του πατρικού μας πλοίου με βάση το midship section plan είναι **ty = 18,5 mm** και θεωρούμε πως και το υπό μελέτη πλοίο μας θα έχει το ίδιο πάχος ελάσματος υδρορροής. Επίσης, το πατρικό μας πλοίο δεν έχει ξύλινη επένδυση και για αυτό θα θεωρήσουμε το ίδιο και για το μελετούμενο πλοίο μας. Με βάση τα παραπάνω :

$$D_F = 23,4003 \text{ m}$$

Υπολογισμός του C_B στο 0,85*D :

Θα πρέπει να υπολογίσουμε τον συντελεστή γάστρας C_B στο **0,85** του **D**.

Μπορούμε να υπολογίσουμε το $C_{B(0,85*D)}$ από τον παρακάτω τύπο :

$$V_{(0,85*D)} = V_I = Vo * (T_I/To)^{(C_{WPo}/C_{Bo})}$$ όπου

V_I = ο όγκος εκτοπίσματος στο **0,85** του **D**
Vo= ο όγκος εκτοπίσματος του υπό μελέτη πλοίου μου → **Vo** = *169.669,00 m^3*
T_I = το βύθισμα του πλοίου στα **0,85** του **D** → T_I = **19,875 m**
To= το βύθισμα **(T)** του υπό μελέτη πλοίου μου → **To** = **16,51 m**
C_{WPo} = συντελεστής ισάλου επιφάνειας μελετούμενου πλοίου → C_{WPo} = **0,8889**
C_{Bo} = συντελεστής γάστρας μελετούμενου πλοίου → C_{Bo} = **0,82972**

Συνεπώς $V_I = 206.555,2962 \text{ m}^3$

Άρα το $C_{B(0,85*D)} = V_I / (L*B*T_I) = 0,8408$

Πραγματικά μήκη και ύψη υπερκατασκευών και υπερστεγασμάτων :

πραγματικό μήκος l (m)	πραγματικό ύψος h (m)	κανονικό ύψος hs (m)	το πλάτος b του υπερστεγ. στο μισό του μήκους του S (m)	το πλάτος Bs του πλοίου στο μισό του μήκους του υπερστεγάσματος (m)	δρών μήκος l_E (m)
πρόστεγο	***26,023***	***2,30***	2,30	-----	-----	26,023
μεσόστεγο	-----	-----	-----	-----	-----	-----
επίστεγο	-----	-----	-----	-----	-----	-----
υπεστεγάσμα 1°-φουγ. b > 0,6*B	10,4	4,17	2,30	24,3	35,52	7,11
υπεστεγάσμα 2°-μ.τμ. b > 0,6*B	15,66	5,32	2,30	24,3	43,32	8,78
$S = \Sigma l_i$ =	52,08			$E = \Sigma l_{Ei}$ =		41,923

Όπου :

Δρών μήκος :

για h< hs → $l_E = l * (h/hs) * (b/Bs)$ → δεν ισχύει για κανένα υπερστέγασμα ή πρόστεγο.

για h≥ hs → $l_E = l * (b/Bs)$ → ισχύει για όλα τα υπερστεγάσματα και το πρόστεγο.

Υπολογισμός Ολικού Δρώντος Μήκους :

Σε όλες τις περιπτώσεις όπου μια κλειστή υπερκατασκευή με κανονικό ύψος h_s, δεν εκτείνεται σε όλο το πλάτος B του πλοίου αλλά σε πλάτος **b ≥ 96%B** , όπως ορίζεται και από τον Regulation 3 (10), το δρών μήκος θα δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$E = S^* b/B_s$$

όπου **E** : δρων μήκος υπερστεγάσματος,
S : μήκος υπερστεγάσματος
b : το πλάτος του υπερστεγάσματος στο μισό του μήκους του S
B_s : το πλάτος του πλοίου στο μισό του μήκους του υπερστεγάσματος

(όταν η υπερκατασκευή δεν εκτείνεται σε όλο το πλάτος του πλοίου μόνο κατά ένα μέρος της, το παραπάνω γίνεται μόνο για το μέρος εκείνο - δηλαδή χωρίζουμε την υπερκατασκευή σε κομμάτια και βρίσκουμε το Ε για κάθε κομμάτι και στο τέλος αθροίζουμε)

Με βάση τα παραπάνω το υπό μελέτη πλοίο μας έχει δύο τμήματα υπερκατασκευών και ένα πρόστεγο.

Οπότε το **Ολικό Δρων Μήκος** θα είναι :

$$E = E_{φουγ.} + E_{μπροσ.τμηματ.} + E_{προστεγ.}$$

• Το δρών μήκος του **πίσω κομματιού** της υπερκατασκευής - φουγάρο δεν εκτείνεται σε όλο το πλάτο **B** του πλοίου οπότε για το δρων μήκος της θα ισχύει :

Εφουγ = Sφουγ * b/Bs = 7,11 m όπου Sφουγ = 10,4 m
B =24,3m
Bs = 35,52m

• Το δρών μήκος του **μπροστά κομματιού** της υπερκατασκευής δεν εκτείνεται σε όλο το πλάτο **B** του πλοίου οπότε για το δρων μήκος της θα ισχύει :

Εμ.τμ. = Sμ.τμ.* b/Bs = 8,78 m όπου Sμ.τμ. = 15,66 m
b = 24,3 m
Bs = 43,32 m

• Το δρών μήκος του **προστέγου** θα είναι :

Επροστ =Sπροστ* b/Bs = 26,023 m όπου Sπροστ = 26,023 m
b/Bs = 1

Άρα $E = E_{φουγ} + E_{εμ.τμ.} + E_{προστ} = 41,923$ m

Ολικό πραγματικό μήκος υπερκατασκευών :

$$S = \Sigma\, li = 52{,}083$$

Ολικό δρών μήκος υπερκατασκευών :

$$E = \Sigma\, l_{Ei} = 41{,}923$$

$$S / (2*L) = 0{,}10007023$$
$$E / L = 0{,}16109572$$

Έξαλλα (Freeboard) :
Τα έξαλλα ενός πλοίου είναι η κάθετη απόσταση που μετριέται στο μέσο του πλοίου από το άνω άκρο του καταστρώματος εξάλλων μέχρι το άνω άκρο της εκάστοτε γραμμή φόρτωσης (related load line).

1. Βασικό ύψος εξάλων :
(κανομισμός 28)

Το βασικό ύψος εξάλων θα επιλεγεί με βάση τον τύπο του πλοίου στον οποίο ανήκει το υπό μελέτη πλοίο μας. Όπως προαναφέραμε και παραπάνω το υπό μελέτη πλοίο μας ανήκει στην κατήγορία "τύπου Α" οπότε και θα ανατρέξουμε σε αντίστοιχους πίνακες. Έτσι με βάση τον πίνακα 1, στην σελίδα 192/ Βιβλίο "Μελέτη Πλοίου" του Α.Δ. Παπανικολάου - Τόμος 2, βλέπουμε ότι για :

Μήκος πλοίου L (m) :	260	Βασικό ύψος εξάλων (mm) :	3.072
Μήκος πλοίου L (m) :	264	Βασικό ύψος εξάλων (mm) :	3.101

Το υπό μελέτη πλοίο μας έχει μήκος πλοίου L = **260,234 m** και με γραμμική παρεμβολή βρίσκουμε:

Βασικό ύψος εξάλων --> Fb^{*} = **3073,70 mm**

Στο ύψος εξάλων που υπολογίσαμε πρέπει να προσθέσουμε και το έλασμα της υδροροής που προηγουμένως από το πατρικό μας βρήκαμε ότι είναι **ty = 18,5 mm** άρα :

<u>Βασικό ύψος εξάλων</u>: $Fb^* = 3.092,2$ mm

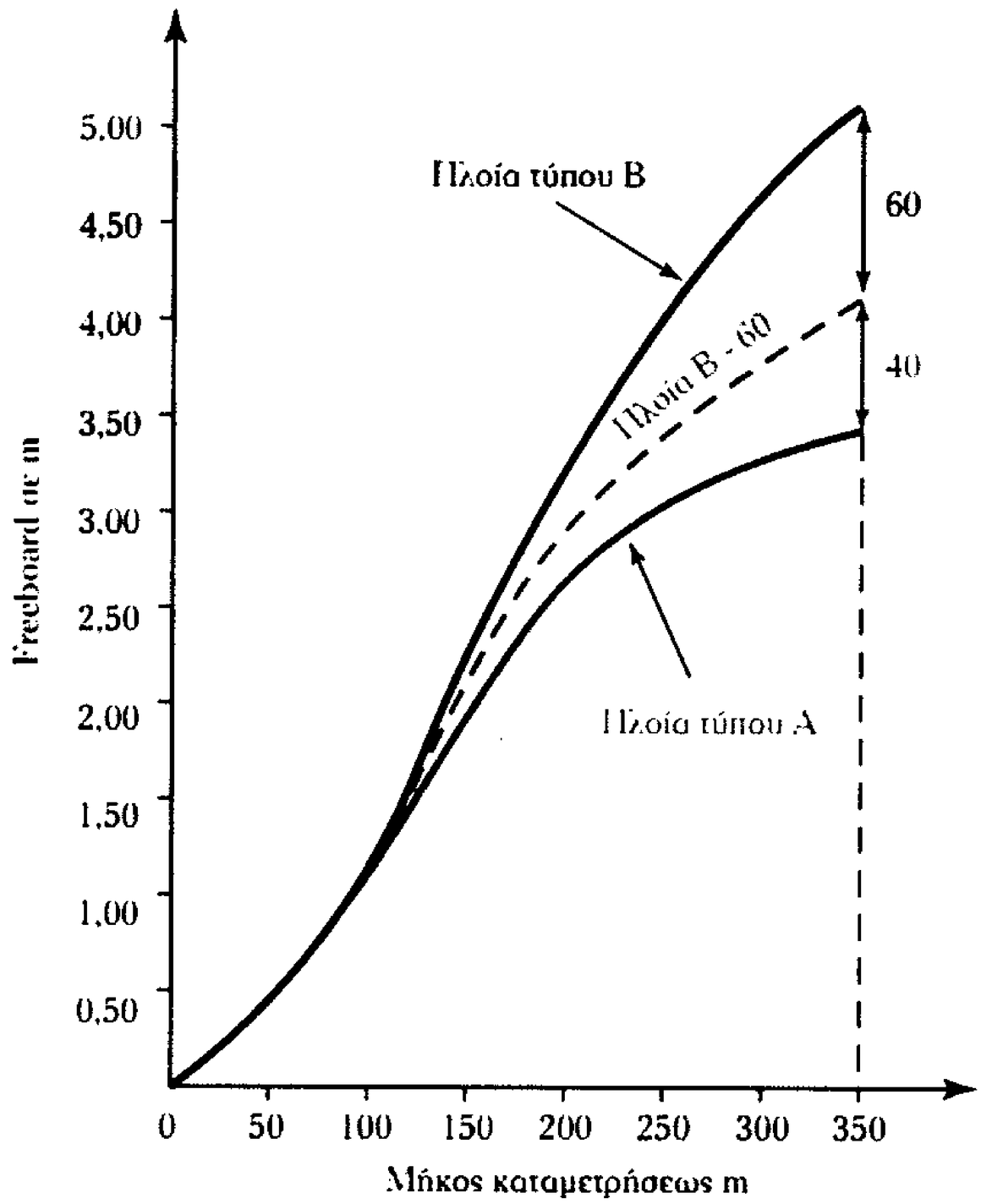
Επίσης για κάθε μια από τις κατηγορίες πλοίων Α και Β, η σύμβαση δίνει, το αναγκαίο βασικό ύψος εξάλων, ως συνάρτηση του L = μήκος υπολογισμού.
Έτσι, αυτό μπορεί να προσεγγιστεί και από μια παραβολική καμπύλη παλινδρόμησης του πίνακα τιμών έτσι όπως έχει δωθεί από την σύμβαση της γραμμής φορτώσεως. Αυτή η καμπύλη εκφράζεται με την παρακάτω συνάρτηση για πλοία τύπου Α :

$$Fb^* = -0,027415 * L^2 + 21,007881 * L - 562,067149 \quad \text{σε mm}$$
$$\rightarrow Fb^* = 3.048,31 \text{ mm}$$

Προσθέτοντας και το έλασμα της υδροροής στην παραπάνω τιμή έχουμε :

$$Fb^* = 3.066,81 \text{ mm}$$

Η παραπάνω τιμή που μόλις υπολογίσαμε αποτελεί πολύ καλή επαλήθευση του βασικού ύψους εξάλλων που υπολογίσαμε παραπάνω.
Επίσης η τιμή του βασικού ύψους εξαλλών μπορεί να επαληθευτή και από το παρακάτω διάγραμμα όπου απεικονίζονται οι τιμές του αναγκαίου βασικού ύψους εξάλων με την μορφή καμπύλης :



2. Διόρθωση για συντελεστή γάστρας :
(κανονισμός 30)

Όπου ο συντελεστής εκτοπίσματος ($C_{B(0,85*D)}$) υπερβαίνει το 0,68 δηλαδή :

$$(C_{B(0,85*D)}) > 0,68,$$

το βασικό ύψος εξάλων που καθορίζεται στον κανονισμό 28, θα πρέπει να πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή (($C_{B(0,85*D)}$ +0,68) / 1,36) έτσι ώστε σε περίπτωση βλάβης να έχω μεγαλύτερη απώλεια άντωσης. Επομένως :

$$Fb^* = ((C_{B(0,85*D)} + 0,68) / 1,36) * Fb^* \rightarrow$$
$$Fb^* = 3.457,75 \text{ mm}$$

3.Διόρθωση για πλευρικό ύψος :
(κανονισμός 31)

Η τιμή L/15 υπολογίζεται :

(L/15) = 17,349 επίσης
D_F = 23,4003 m

Άρα D > (L/15)

Σύμφωνα με τον κανονισμό 30, όταν το **D_F** υπερβαίνει το **(L/15)**, τότε το βασικό ύψος εξάλων πρέπει να αυξήθει κατά : **$(D_F - (L/15))*R$**
όπου το **R = (L/0,48)** για **L< 120 m** και **R=250** για **L ≥ 120m**
και όπου L = μήκος υπολογισμού και D_F = πλευρικό ύψος εξάλλων

Άρα: $Fb^* = Fb^* + ((D_F - (L/15))*R) =$ 4.970,5936 mm

4. Διόρθωση για υπερκατασκευές :
(κανονισμός 37)

4.1 Μείωση ύψους εξάλλων για:
E = 0,159 * L εφόσον το E το βρήκαμε παραπάνω ίσο με **E = 41,923 m**
Άρα E <1,0 * L και επομένως σύμφωνα με τον κανονισμό 37 για πλοία τύπου Α, θα πρέπει να μειώσουμε το βασικό ύψος εξάλλων Fb^*.

Γενικός εάν **E = 0,1 * L** τότε η μείωση για **L = 260,234 m** θα είναι :

Μήκος πλοίου (m)	85	122 και άνω
Μείωση ύψους Εξάλλων (mm)	**860**	**1070**

Για ενδιάμεσα μήκη η μείωση βρίσκεται με γραμμική παρεμβολή.
Από το παραπάνω πίνακα συμπεράνουμε ότι η μείωση ύψους εξάλλων για το πλοίο μας θα είναι : **Fb* = 1070 mm**

Αφού όμως **E = 0,159 * L** θα πάρουμε το **11,13%** της παραπάνω μείωσης.
Το παραπάνω ποσοστό μείωσης (**ίσο με 11,13%**) βρέθηκε με γραμμική παρεμβολή βάση τις τιμές του παρακάτω πίνακα ο οποίος με βάση τον κανονισμό ορίζει ότι :
όταν το συνολικό δρών μήκος υπερκατασκευών-υπερστεγασμάτων είναι μικρότερο από 1,0*L η έκπτωση ανέρχεται σε ένα ποσοστό που λαμβάνεται από τον παρακάτω πίνακα:

Συνολικό δρων μήκος υπερστεγ. :	0	0,1*L	0,2*L	0,3*L
Ποσοστό έκπτωσης για πλοία κατηγορίας τύπου "Α" ανεξάρτητα είδους υπερκατασκευής :	0	7	14	21

Για ενδιάμεσα μήκη υπερκατασκευών-υπερστεγασμάτων με γραμμική παρεμβολή.

Άρα **Fb* = 119,091 mm**

Επομένως η τελική μείωση για τον <u>κανονισμό 37</u> θα είναι :

Fb* = 4.851,5026 mm

5. Διόρθωση για σιμότητα :
(κανονισμός 38)

Standard Sheer Profile - Κανονική κατανομή σιμότητας :
Οι συντεταγμένες για την κανονική κατατομή της σιμότητας (**standard sheer profile**) δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

	Θέση	Συντεταγμένη (σε mm)	Παράγοντας Simpson
After Half Πρύμνηθεν	Πρυμναία Κάθετος	25(L/3+10)	1
	1/6 L από Πρ.Καθ.	11,1(L/3+10)	3
	1/3 L από Πρ.Καθ.	2,8(L/3+10)	3
	Μέσο Πλοίου	0	1
Forward Half Πλώραθεν	Μέσο Πλοίου	0	1
	1/3 L από Πλ.Καθ.	5,6(L/3+10)	3
	1/6 L από Πλ.Καθ.	22,2(L/3+10)	3
	Πλωραία Κάθετος	50(L/3+10)	1

Τα Tables που δίνουν τα έξαλλα για την κάθε κατηγορία πλοίου είναι βασισμένα σε πλοία με κανονική κατανομή σιμότητας και η οποία έχει μετρηθεί με βάση τον 2ο κανόνα του Simpson σε 7 διαφορετικά σημεία που ισαπέχουν, κατά μήκος L (σε μέτρα) του πλοίου.

Αυτή η σιμότητα αποτελείται από 2 παραβολές που ξεκινάνε από το μέσο του πλοίου και υπολογίζεται σαν το εμβαδό κάτω από αυτές τις καμπύλες μέχρι την γραμμή αναφοράς.

Για το Πρυμναίο Τμήμα (After Half) προκύπτει : $\mathbf{M'_{NA} = 66,7*(L/3 + 10)}$
Για το Πλωραίο Τμήμα (Forward Half) προκύπτει : $\mathbf{M'_{NF} = 133,4*(L/3 + 10)}$

(Στην **Συντεταγμένη** περιέχεται ο παράγοντας **3*h/8,** με **h** την ισαπόσταση μεταξύ των σημείων μέτρησεως - από τον κανόνα 2ο Κανόνα Simpson)

Με βάση τον **Regulation 38 (9)** η **Κανονική Σιμότητα** που θα παίρνουμε υπόψιν μας θα είναι :

Κανονική Σιμότητα Πρύμνηθεν : $\mathbf{M_{NA} = M'_{NA}/8}$
Κανονική Σιμότητα Πλώραθεν : $\mathbf{M_{NF} = M'_{NF}/8}$
Μέσο Μέτρο Κανονικής Ολικής Σιμότητας : $\mathbf{M_N = (M_{NA} + M_{NF})/2}$

(Να σημειωθεί πως εάν κάποια **συντεταγμένη** βρίσκεται **κάτω** από την **γραμμή αναφοράς** τότε θεωρείται **αρνητική.**)

Άρα έχω : **<u>Ολική έλειψη σιμότητας :</u>**

Σ(δM) = -221,61 mm

Επομένως : η **<u>Ολική διόρθωση για σιμότητα</u>** θα είναι :

Σ(δM) * (0,75 - (S/(2*L))) = -144,031 mm

Παρατήρηση : Όταν η ολική σιμότητα είναι έλειψη (στην περίπτωση μας είναι), η ολική διόρθωση θα πρέπει να προστίθεται στο ύψος εξάλλων. Επομένως :

(-1) * Σ(δM) * (0,75 - (S/(2*L))) = 144,031 mm

Επομένως η τελική διόρθωση για τον <u>κανονισμό 38</u> θα είναι :

Fb* = 4.995,5335 mm

Το παραπάνω ύψος εξάλλων, θεωρείται το ύψος εξάλλων θέρους και επομένως με βάση την γραμμή φόρτωσης το μέγιστο βύθισμα θέρους (που είναι το μεγαλύτερο βύθισμα) θα είναι :

TmaxLoadLine = Df - Fb* = 18,4047914 m

Θεωρώντας ότι το βύθισμα που έχουμε εκτιμήσει στην προμελέτη κυρίων διαστάσεων είναι και το μεγαλύτερο στο οποίο μπορεί να βρεθεί το πλοίο υποθέτουμε ότι :

Tm = Tmax = 16,51 m

Το βύθισμα αυτό με βάση την **ICLL** είναι εντάξει, οπότε δεν χρειάζεται να το αλλάξουμε. Εάν το TmaxLoadLine < 16,51 m τότε θα έπρεπε να μειώσω τα έξαλλα, Fb*, ώστε να αυξηθεί το βύθισμα. Αυτό θα γινόταν είτε με αύξηση του ύψους ή μήκους του προστέγου είτε με μείωση του μήκους του πλοίου.

6. Ύψος πρώρας :
(κανονισμός 39)

Σύμφωνα με την **ICLL**, αφού στο πρωραίο τμήμα του υπό μελέτη πλοίου μας έχουμε σιμότητα, αυτή θα πρέπει να καλύπτει (από την πρωραία κάθετο) απόσταση κατ' ελάχιστον ίση με :

Ισιμότητ ≥ 0,15 * L = 39,04

Επίσης, επειδή υπάρχει και πρόστεγο, αυτό θα πρέπει να καλύπτει (από την πρωραία κάθετο) απόσταση κατ' ελάχιστον ίση με :

Ιπροστέγ ≥ 0,07 * L = 18,22

και πρέπει επίσης το πλοίο να συμμορφώνεται και με τις ακόλουθες απαιτήσεις :
για τα πλοία μήκους πάνω από 100 μέτρα, δεν χρειάζεται να συμμορφώνονται με τον κανονισμό 3 (10), αλλά θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με συσκευές κλεισίματος.

Έτσι, το μελετούμενο πλοίο μας έχει :

L = 260,234m
Ισιμότητ = 35,94 m *< 39,04*

δεν ικανοποιείται αλλά αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα στην σχεδίαση του πλοίου μας εφόσον το ύψος πρώρας καλύπτεται από το πρόστεγο.

Ιπροστέγ = 21,40 m *>18,22* ικανοποιείται

όπου L = μήκος υπολογισμού ύψους εξάλλων

Υπολογισμός ελαχίστου απαιτούμενο ύψος πρώρας :

Το ύψος πρώρας που ορίζεται ως η κατακόρυφη απόσταση στην πρωραία κάθετο μεταξύ της ισάλου γραμμής που αντιστοιχεί στο ύψος των εξάλων θέρους (και στη σχεδιασθείσα διαγωγή) και του άνω εκτεθειμένου καταστρώματος πλευρικά στην πλώρη δεν πρέπει να είναι μικρότερη από:

Για πλοία μήκους 250 μέτρων και άνω:

Fb /F.P. = 7,000* (1,36 / (0,68+Cb)) = 6.305,82 mm

όπου : L είναι το μήκος του πλοίου σε μέτρα,
Cb είναι ο συντελεστής εκτοπίσματος, οποίος δεν θα πρέπει να λαμβάνεται μικρότερος από 0,68

<u>Πραγματικό ύψος πρώρας :</u>
Το παγματικό ύψος πρώρας στο υπό μελέτη πλοίο μας, είναι :

Προκύπτον ύψος εξάλων :	4.995,5335 mm
Τεταγμένη σιμότητας στην F.P. :	810 m
Υψος προστέγου στην F.P. :	2.300 mm
Πάχος ελάσματος καταστρώματος :	18,5 mm

Το πραγματικό ύψος πρώρας είναι : **Fb*/F.P. =** **8.124,0335 mm**

Έλεχγος :

Fb*/F.P. > Fb/F.P.

άρα ο κανονισμός ικανοποιείται για το υπό μελέτη πλοίο μας εφόσον το πραγματικό ύψος πρώρας είναι μεγαλύτερο του απαιτούμενου.

5. Παρουσίαση των κύριων χαρακτηριστικών και λοιπών στοιχείων του υπό μελέτη πλοίου:

Μετά από την παραπάνω μελέτη κυρίων διαστάσεων και βαρών το υπό μελέτη πλοίο μου αλλά και τον έλεγχο της γραμμής φόρτωσης, καταλήξαμε στα εξής τελικά μεγέθη :

Κύριες Διαστάσεις		Βάρη		Αδιάστατοι Λόγοι		Συντελεστές Μορφής	
L_{OA}	271,208 m	Δ	172.605,90 MT	DWT/Δ	0,864	C_B	0,82972
L_{BP}	260,234 m	∇	168.396,00 m^3	$L_{BP}/\nabla^{1/3}$	4,704	C_P	0,8322
B_m	47,5 m	L_S	22.605,90 MT	B/T	2,877	C_M	0,9970
T_m	16,51 m	DWT	150.000 MT	B/D	2,031	C_{WP}	0,8889
D	23,382 m			L_{BP}/B	5,479	C_{VP}	0,9335
				L_{BP}/D	11,130	C_N	473,542
u_s	15,4 knots			L_{BP}/T	15,762		
BHP	23.998,3779 HP			D/T	1,416		
BHP	17.895,882 KW			L_{OA}/L_{BP}	1,042		

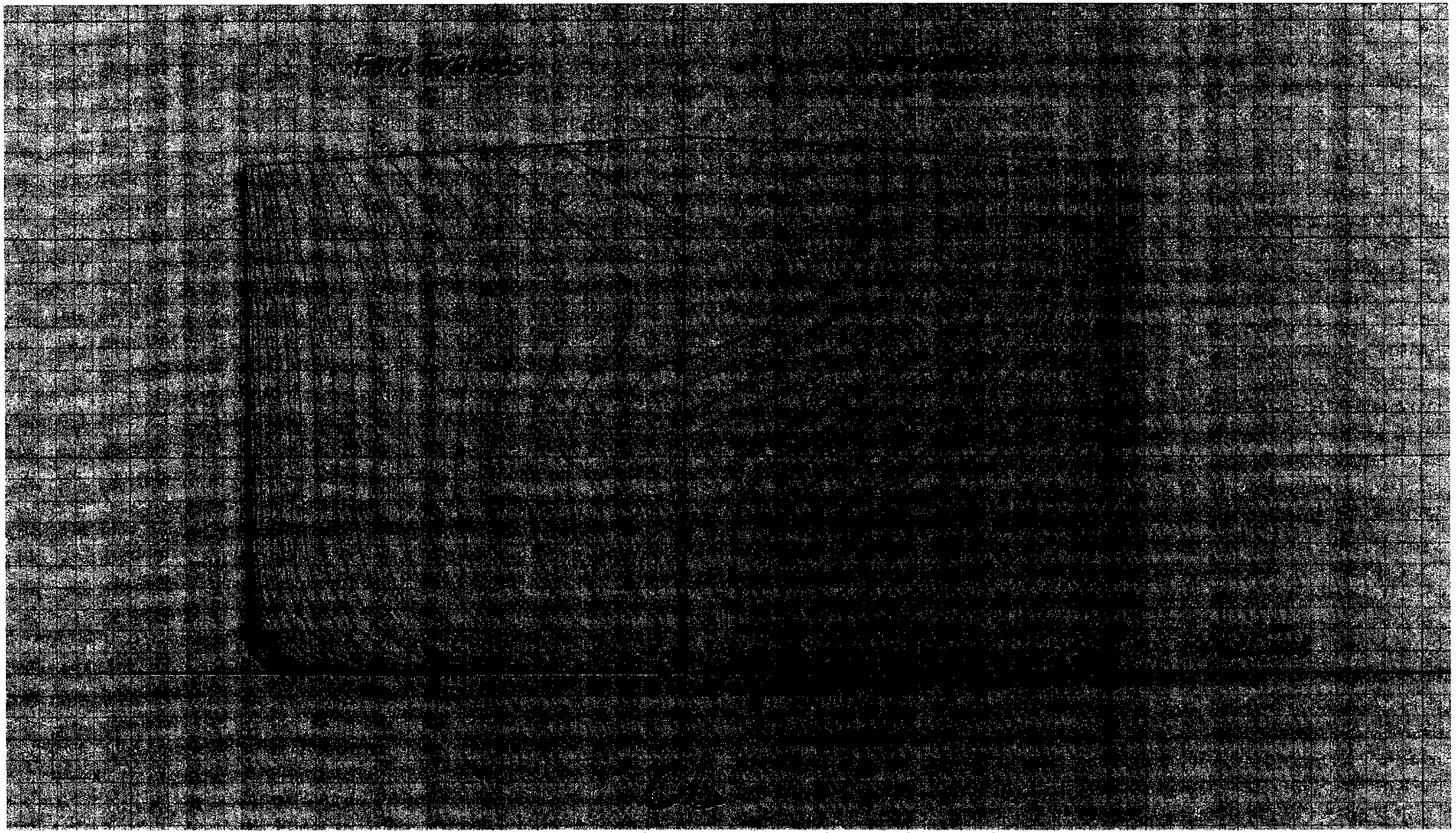
Αφού καταλήξαμε στα παραπάνω χαρακτηριστηκά του πλοίου, το δεύτερο στάδιο της διπλωματικής μας εργασίας αναφέρεται στο σχεδιαστικό κομμάτι το οποίο αποτελείται από τη σχεδίαση των γραμμών του πλοίου (lines plan), την ανάπτυξη του σχεδίου γενικής διάταξης (general arrangement plan) και τέλος την τρισδιάστατη ανάπτυξη των μοντέλων, του πατρικού και του υπό μελέτη πλοίου μας (3D model). Τα παραπάνω σχέδια αναπτύχθηκαν στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Rhinoceros 4.0 και οι φάσεις σχεδιασμού μαζί με τα τελικά σχέδια παρουσιάζονται παρακάτω.

6. Ανάπτυξη Σχεδίων και 3D Μοντέλων του πατρικού και του υπό μελέτη πλοίου:

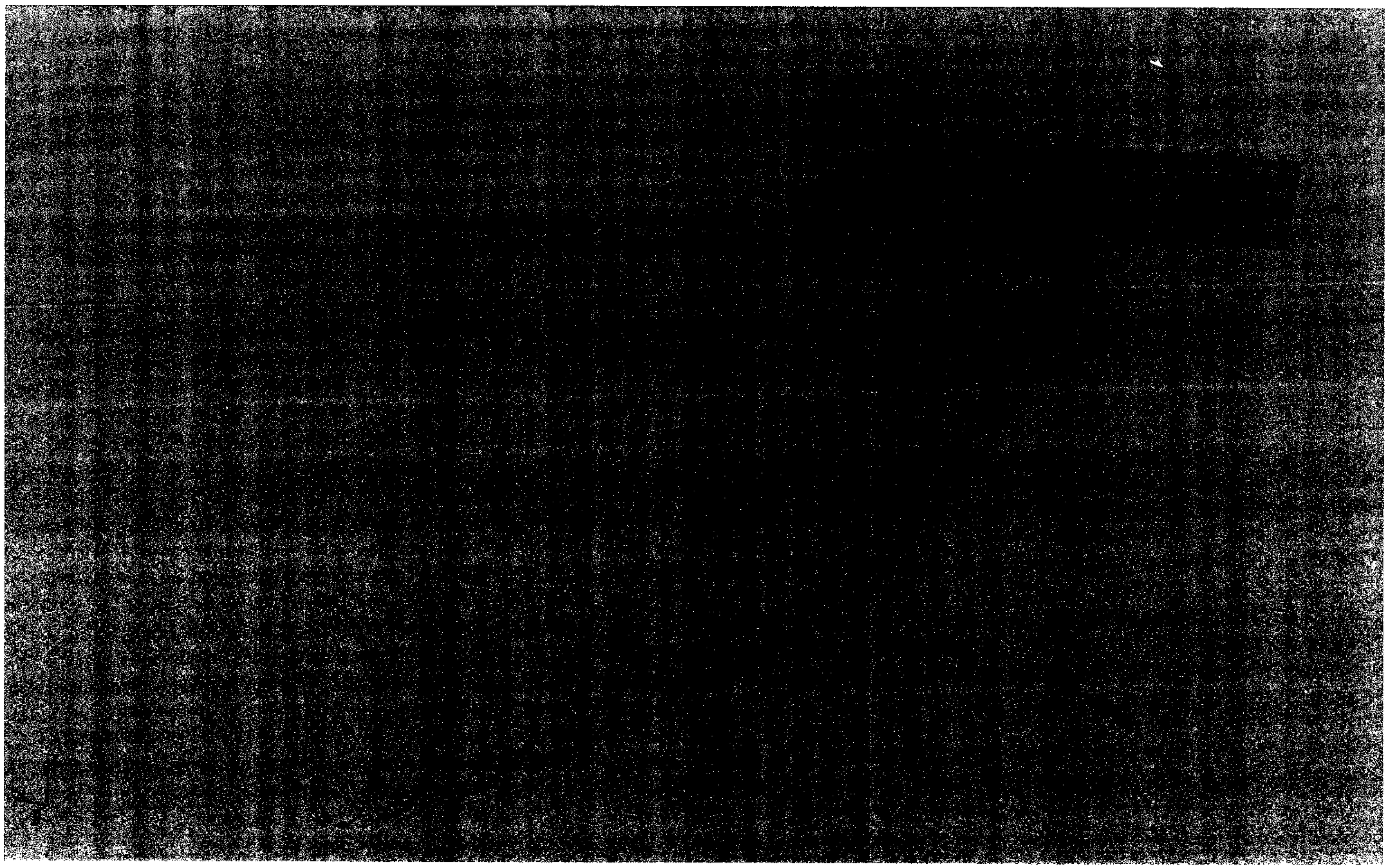
Το σχέδιο γενικής διάταξης του υπό μελέτη πλοίου που παρουσιάζεται παρακάτω, παρατίθεται και στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

6.1 Ανάπτυξη του Σχεδίου Γραμμών (Lines Plan) του υπό μελέτη πλοίου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Rhinoceros 4.0:

Παρακάτω παρουσιάζεται το σχέδιο γραμμών του πλοίου μου σε 2 και 3 διαστάσεις έτσι όπως σχεδιάστηκε στο Rhinoceros 4.0 :

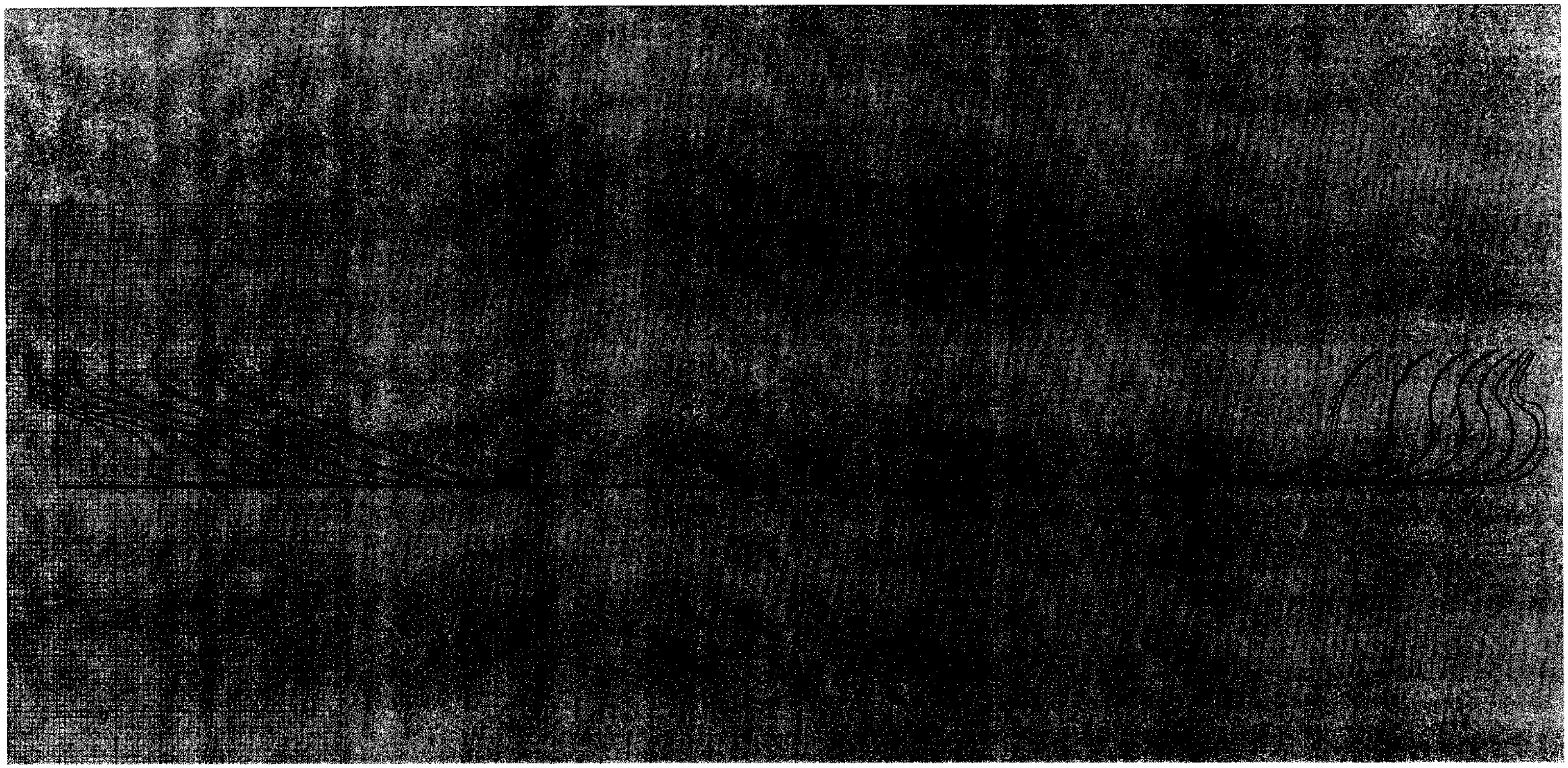


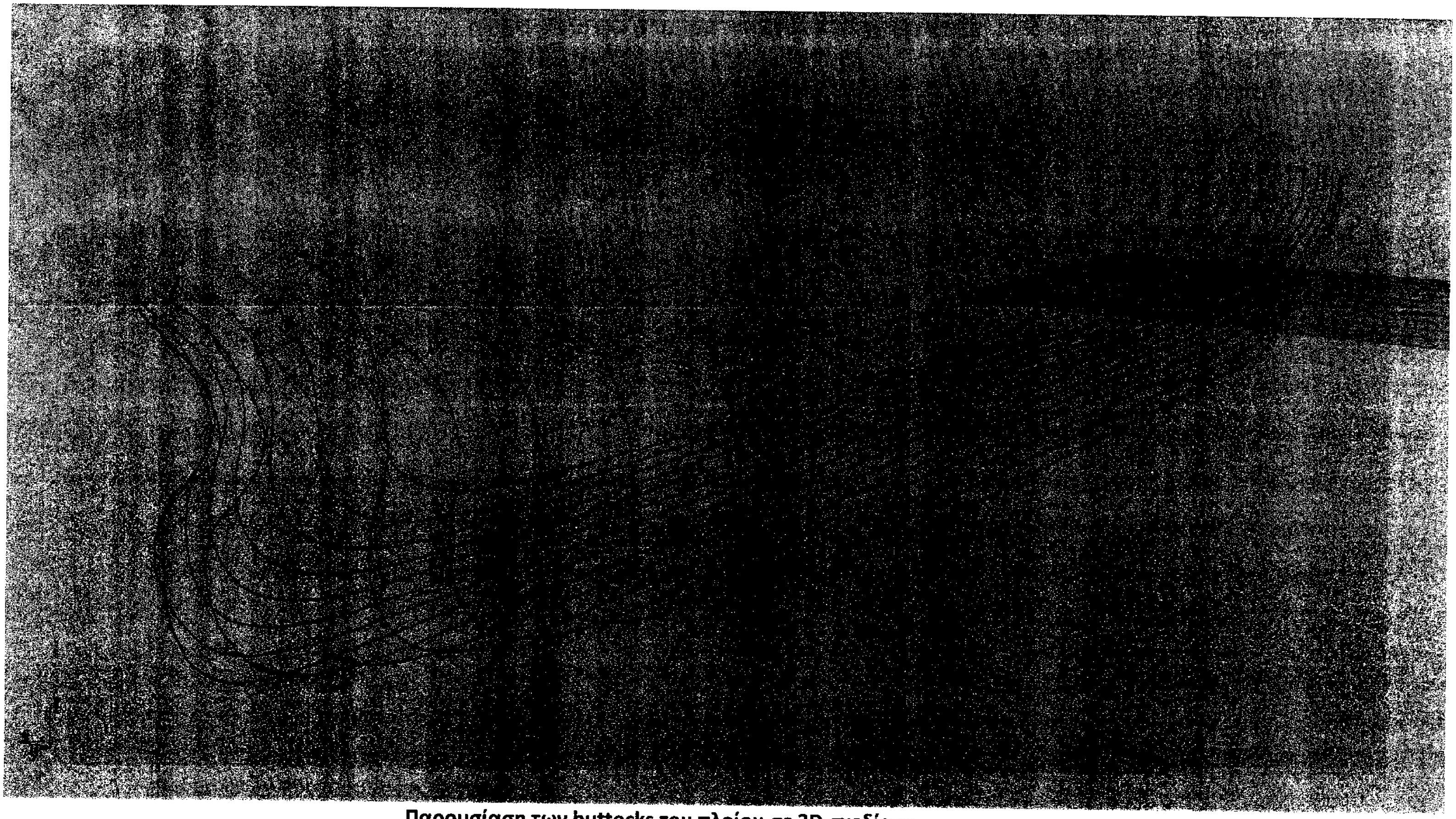
Παρουσιάση του body plan του πλοίου μου αναπτυγμένο σε δύο διαστάσεις (2D plan)



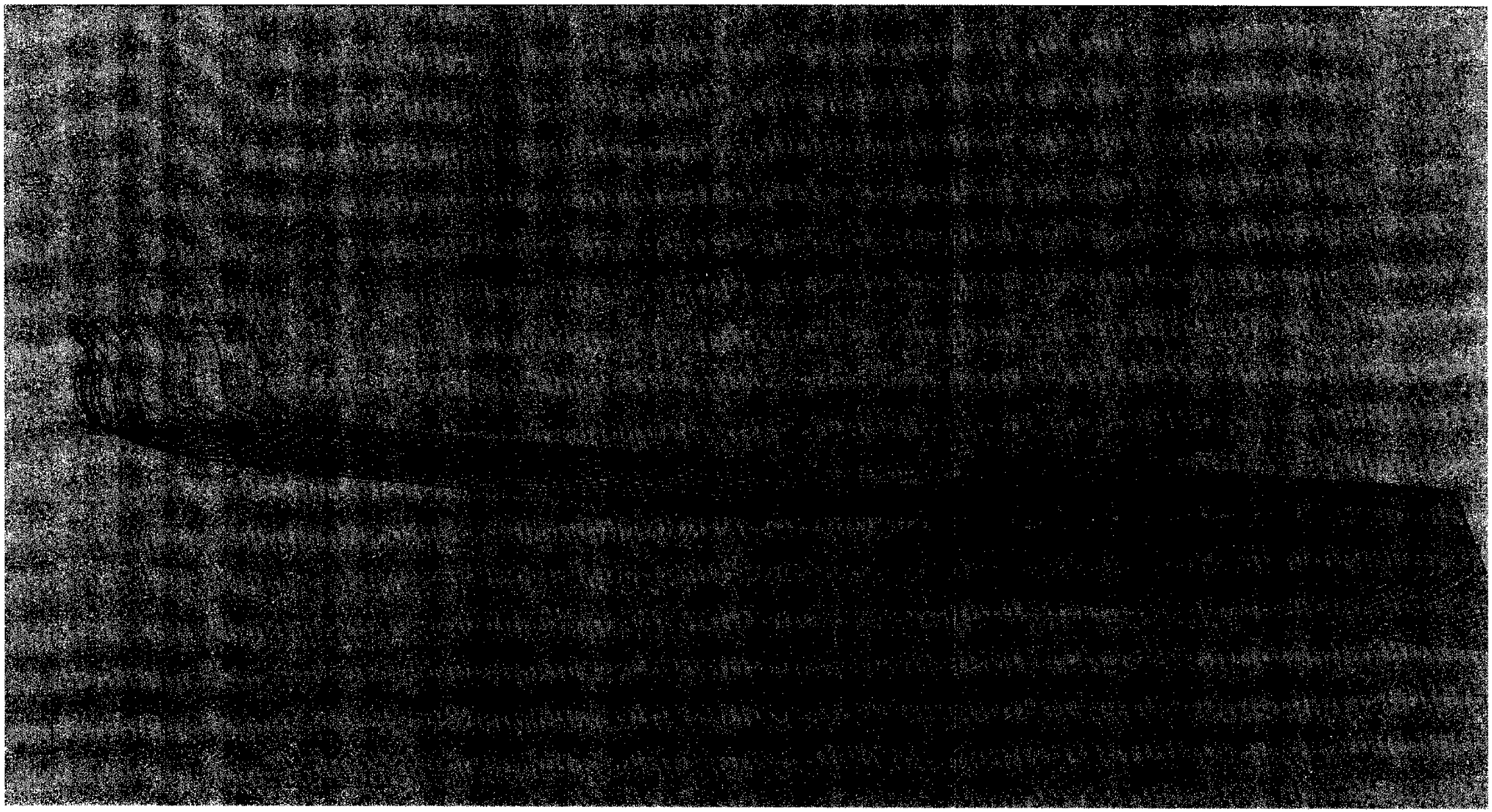
Παρουσίαση του bodyplan του πλοίου από άλλη οπτική γωνία κα βλέποντας το σχέδιο σε 3D ανάπτυξη

Παρουσίαση των buttocks του πλοίου με πλαγία όψη σε 2D σχεδίαση

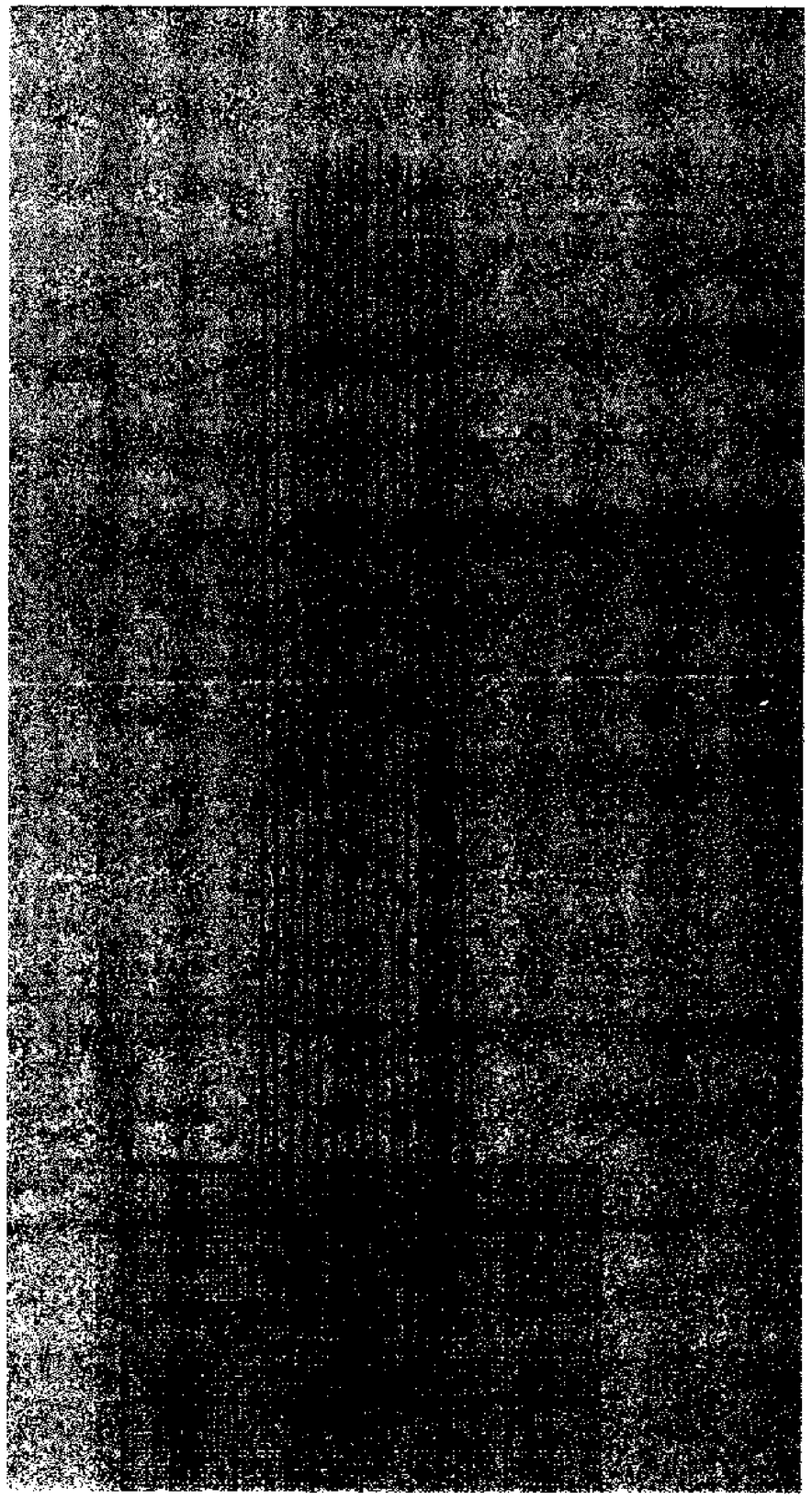




Παρουσίαση των buttocks του πλοίου σε 3D σχεδίαση



Παρουσίαση των buttocks του πλοίου σε 3D σχεδίαση



Παρουσίαση των buttocks του πλοίου σε κάτοψη και 3D σχεδίαση

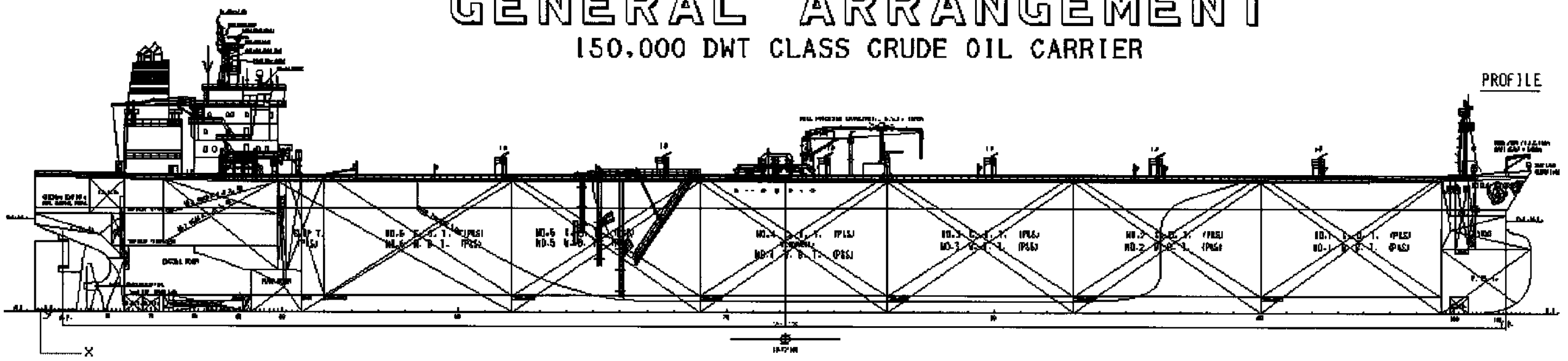
6.2 Ανάπτυξη του σχεδίου Γενικής Διάταξης (General Arrangement Plan) του υπό μελέτη πλοίου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Rhinoceros 4.0:

• **Profile Plan & Tank Plan**

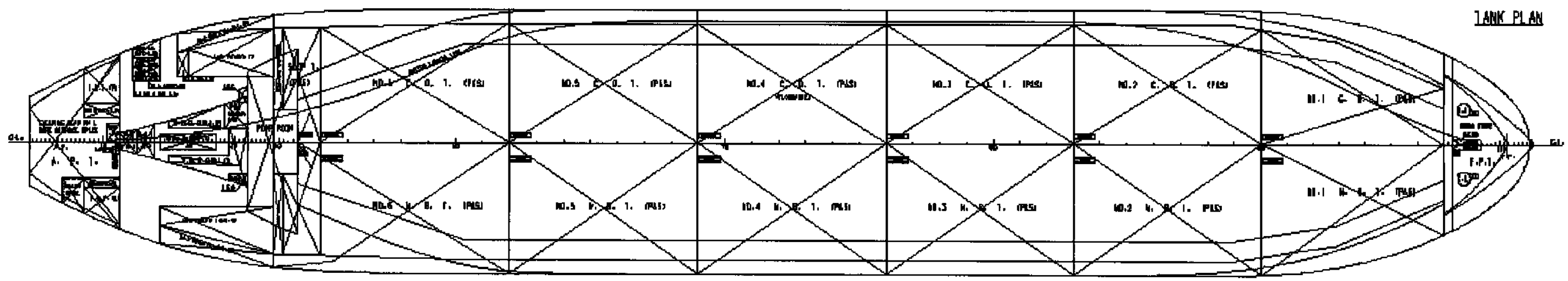
GENERAL ARRANGEMENT

150,000 DWT CLASS CRUDE OIL CARRIER

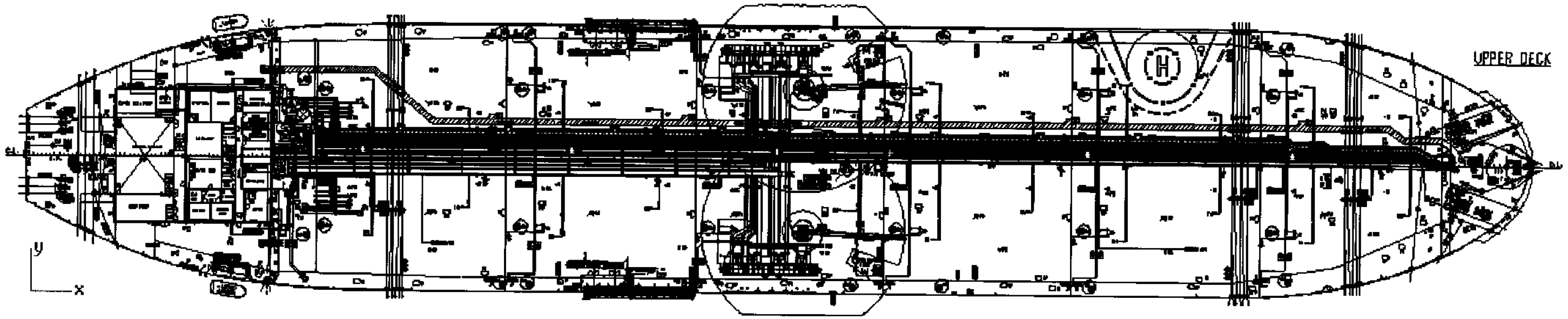
PROFILE

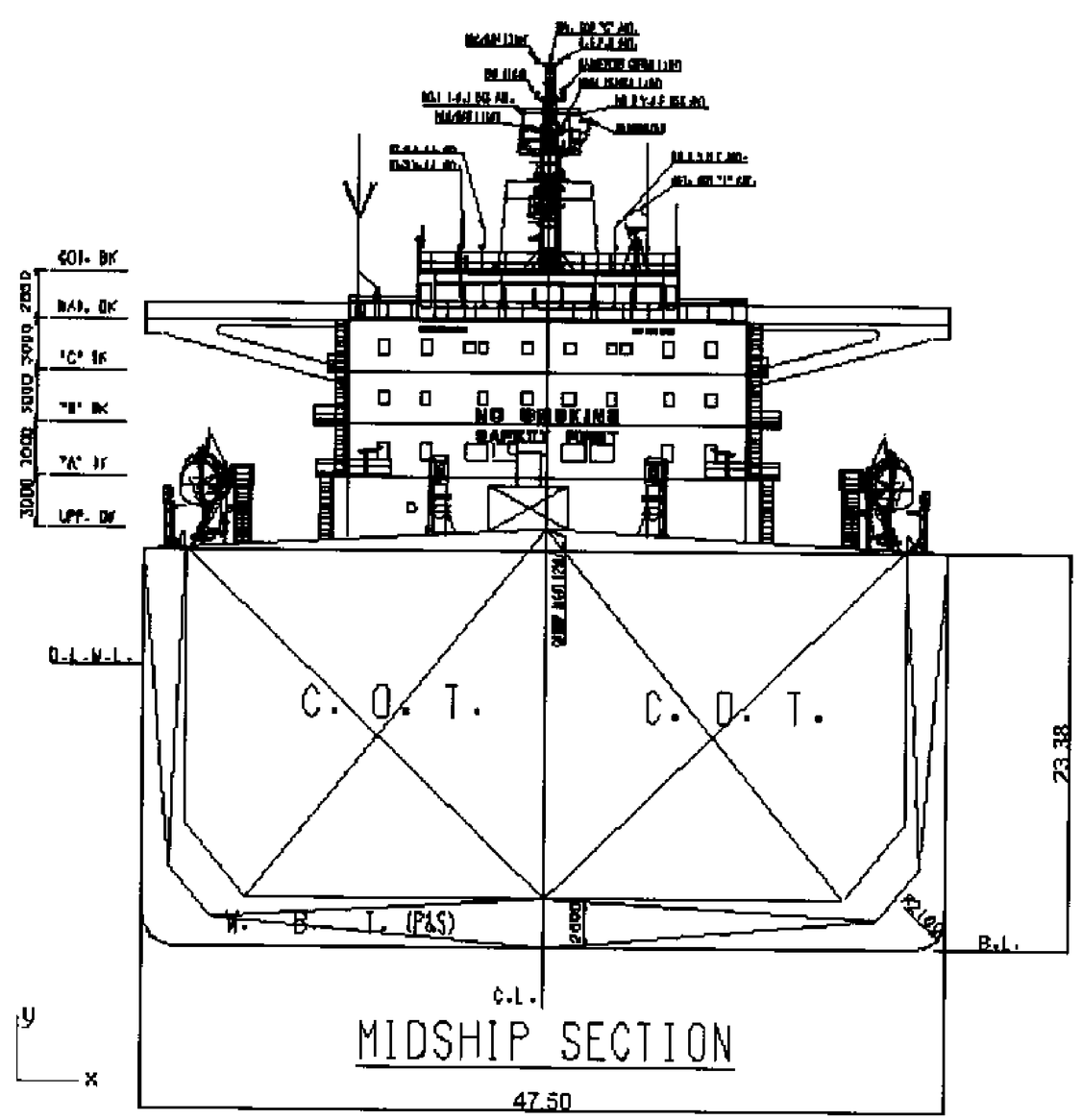


TANK PLAN



•**Upper Deck & Midship Section**



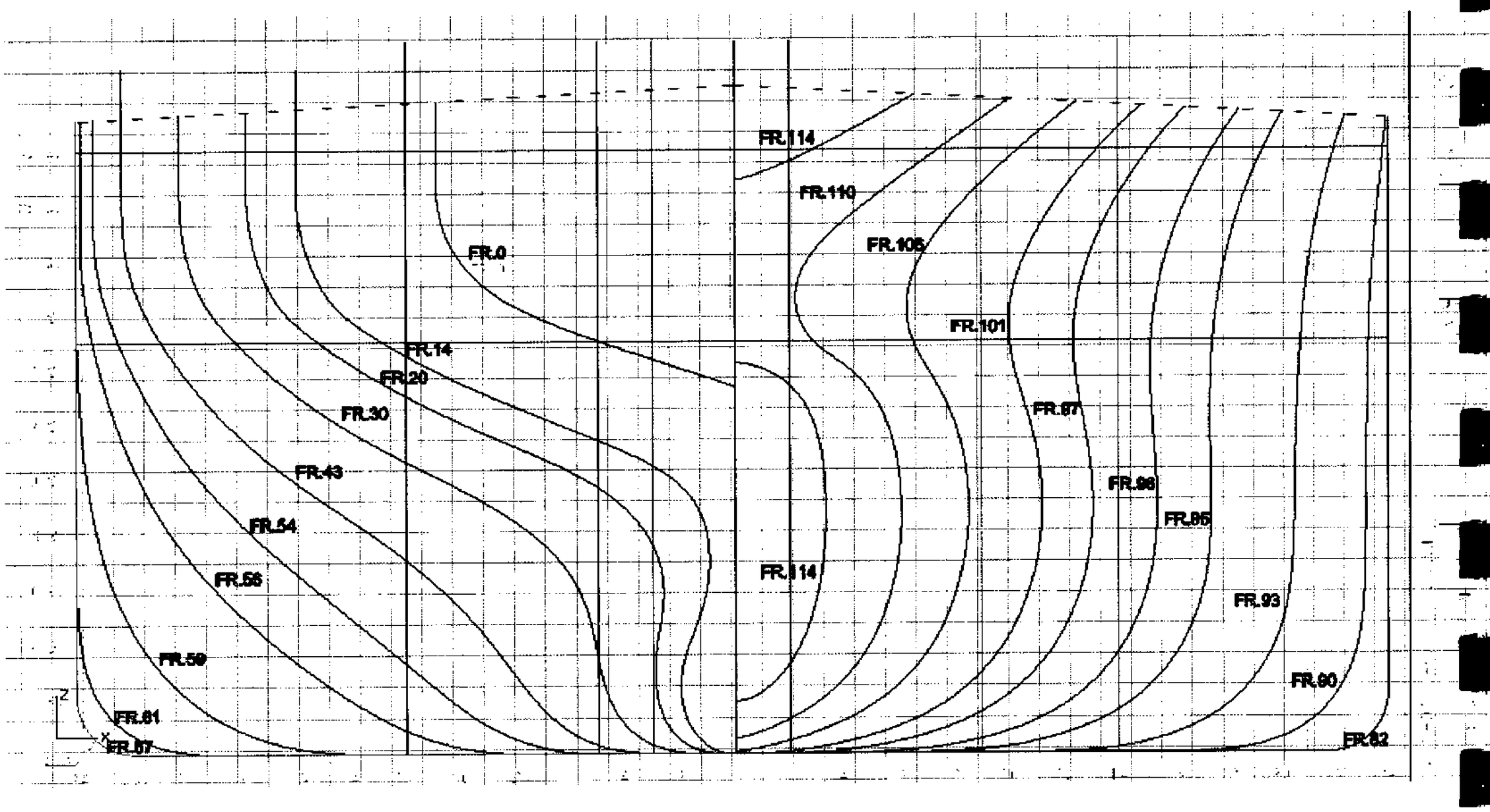


MIDSHIP SECTION

6.3 Ανάπτυξη του 3D μοντέλου του πατρικού πλοίου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Rhinoceros 4.0 :

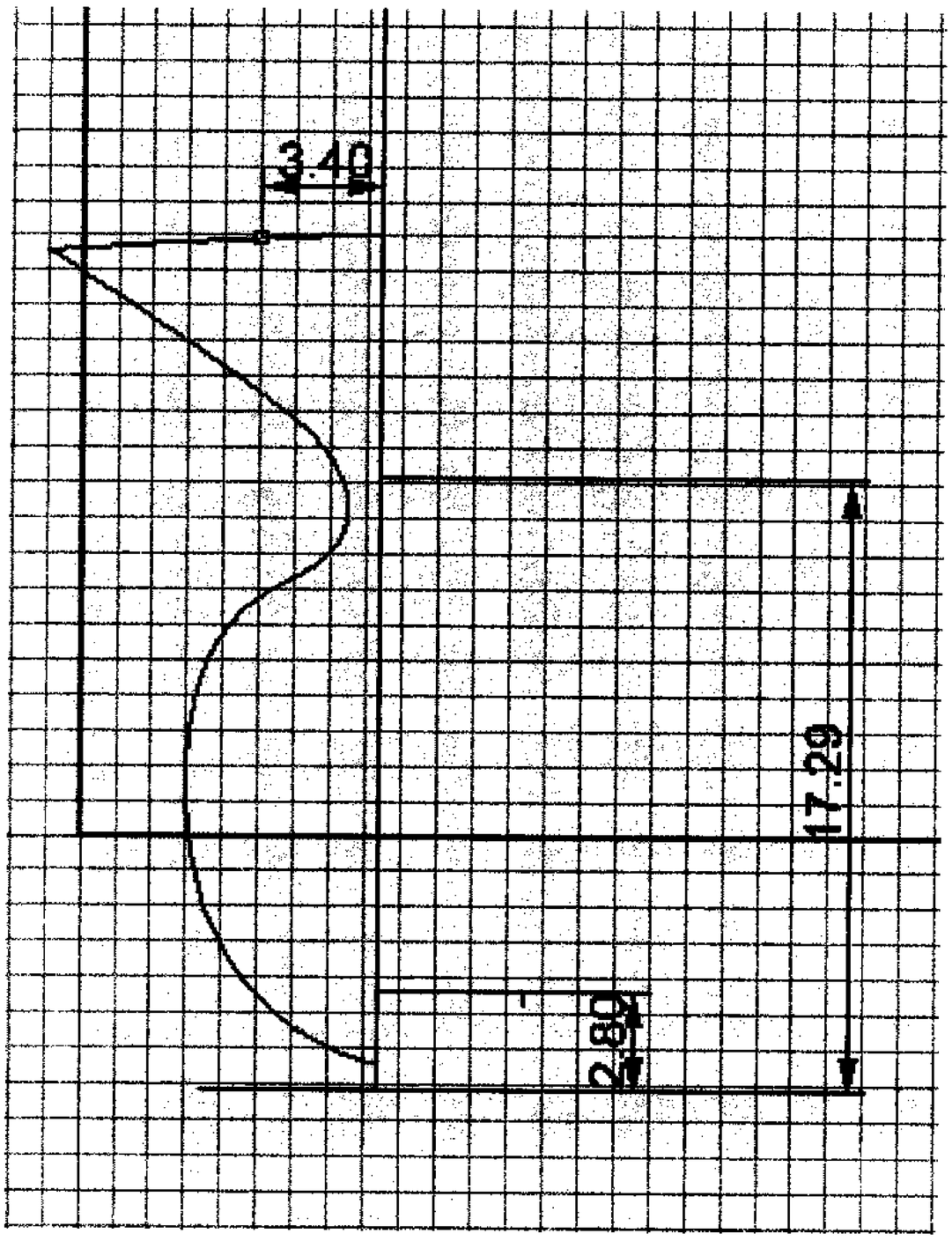
Στην συνέχεια της παρούσας μελέτης προχωρήσαμε στην ανάπτυξη του 3D μοντέλου του πατρικού πλοίου ξεκινώντας από το bodyplan του ίδιου πλοίου. Μερικές φωτογραφίες από τα στάδια της κατασκευής παραθέτονται παρακάτω. Επιπροσθέτως, και αυτό το μοντέλο του πλοίου αναπτύχθηκε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Rhinoceros 4.0.

Ο σχεδιασμός του μοντέλου του πατρικού πλοίου έγινε σχεδιάζοντας αρχικά το bodyplan στο Rhino και στην συνέχεια παιρνόντας επιφάνειες πάνω από αυτές. Τέλος κλείσαμε το πλοίο εμπρός και πίσω δημιουργώντας πρυμνάιο και πρωραίο βολβό.

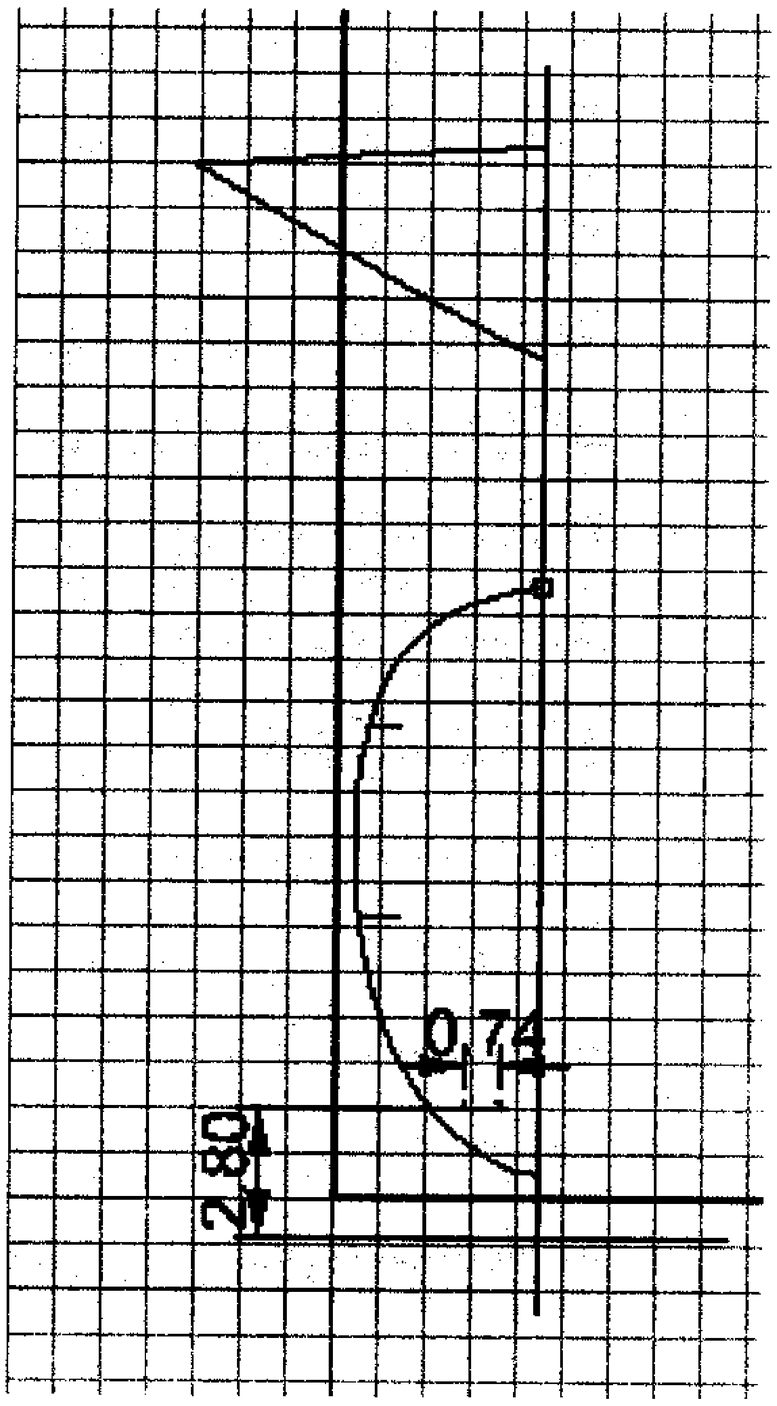


Παραπάνω φαίνεται το bodyplan του πατρικού πλοίου σχεδιασμένο στο Rhino. Με κόκκινο χρώμα σημειώνεται ο μεσαίος νομέας του πλοίου.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η κατασκευή των νομέων 111 και 113 που αποτελούν μέρος το πρωραίου τμήματος του πλοίου στο σημείο του σχηματίζεται ο βοβλός.



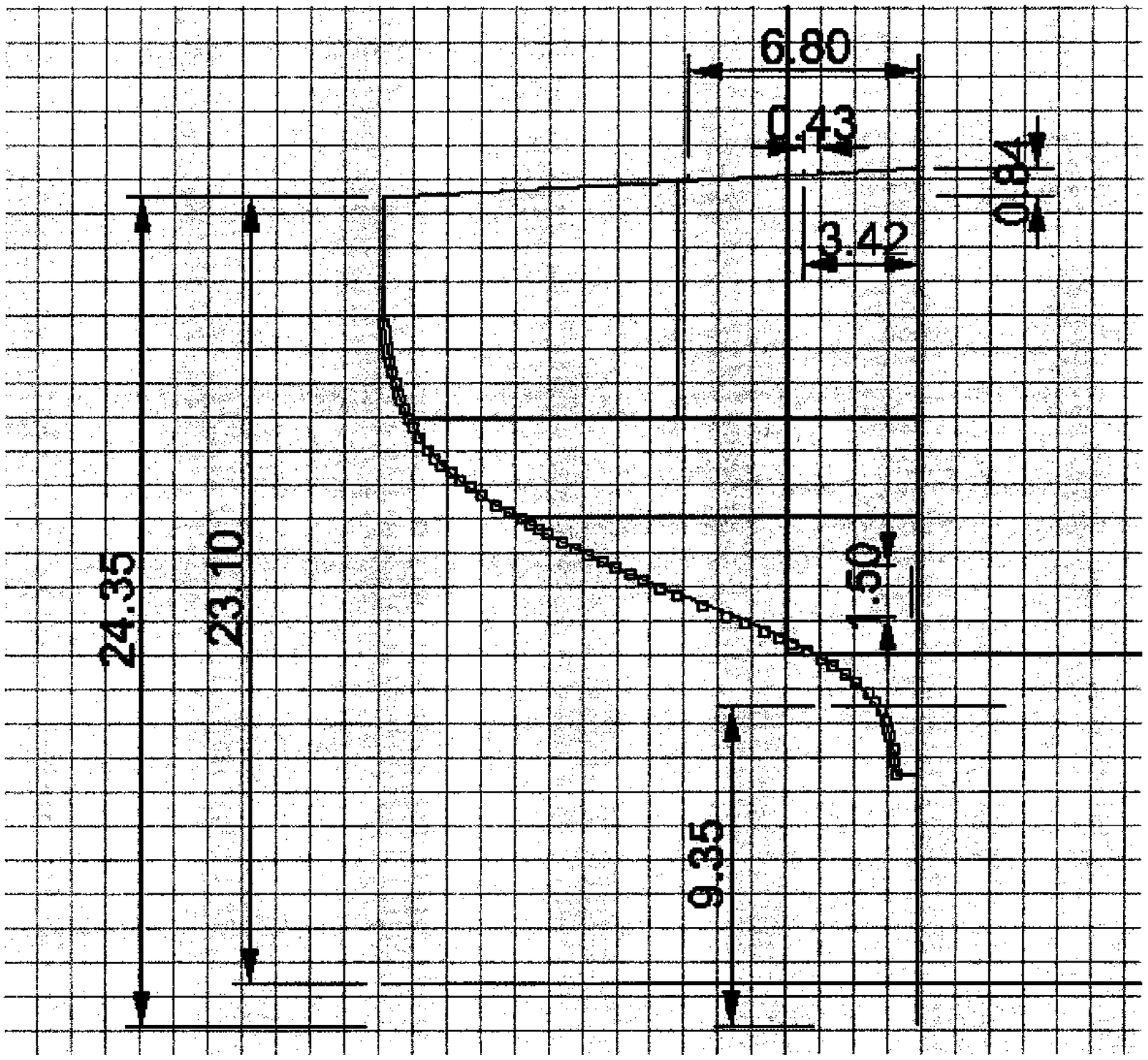
Frame 111 – Fore Part – Balbe



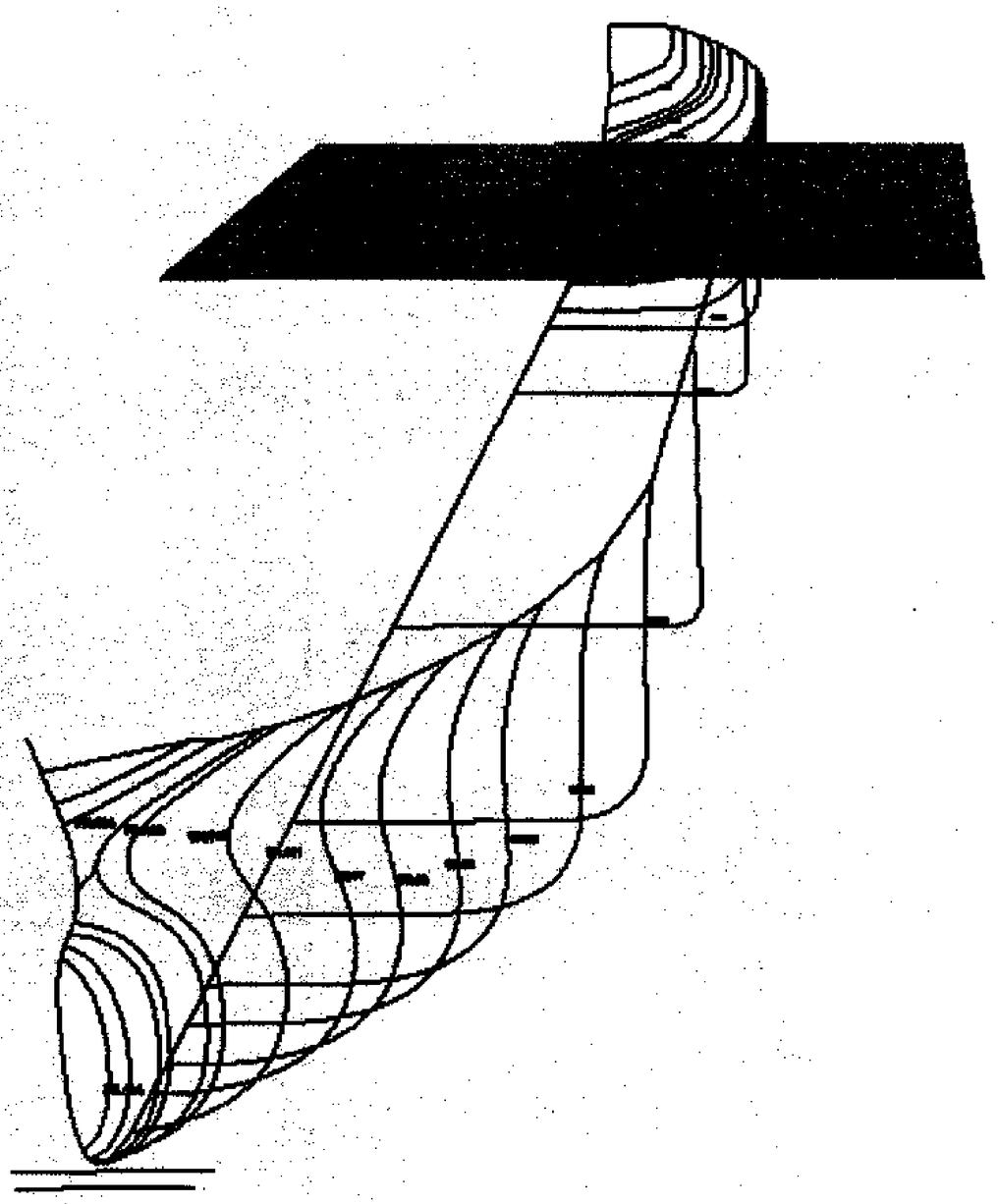
Frame 113 – Fore Part – Balbe

Ακόμα, παρακάτω παρουσιάζεται ο νομέας 13 που αποτελεί μέρος του πρωραίου μέρους του πλοίου.

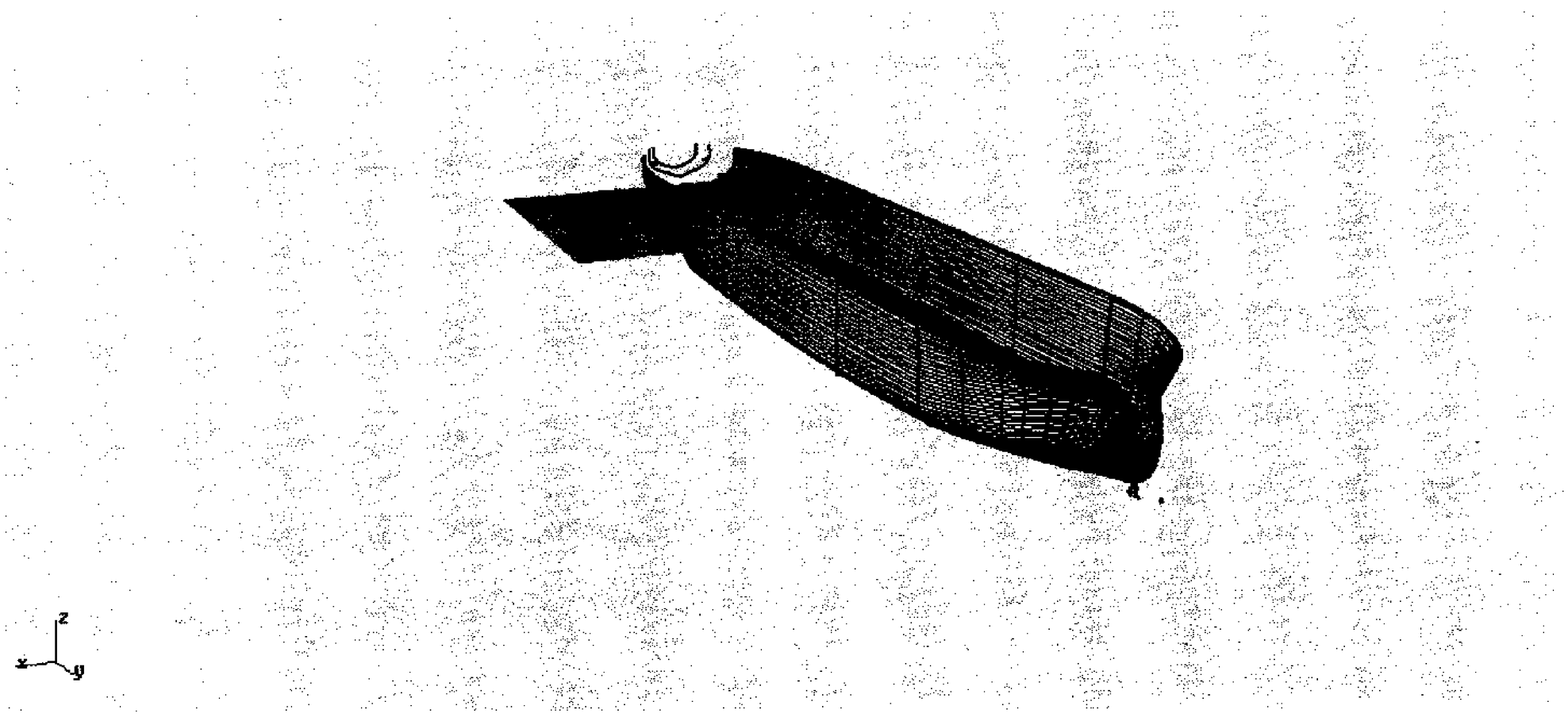
Frame 13 – Aft Part

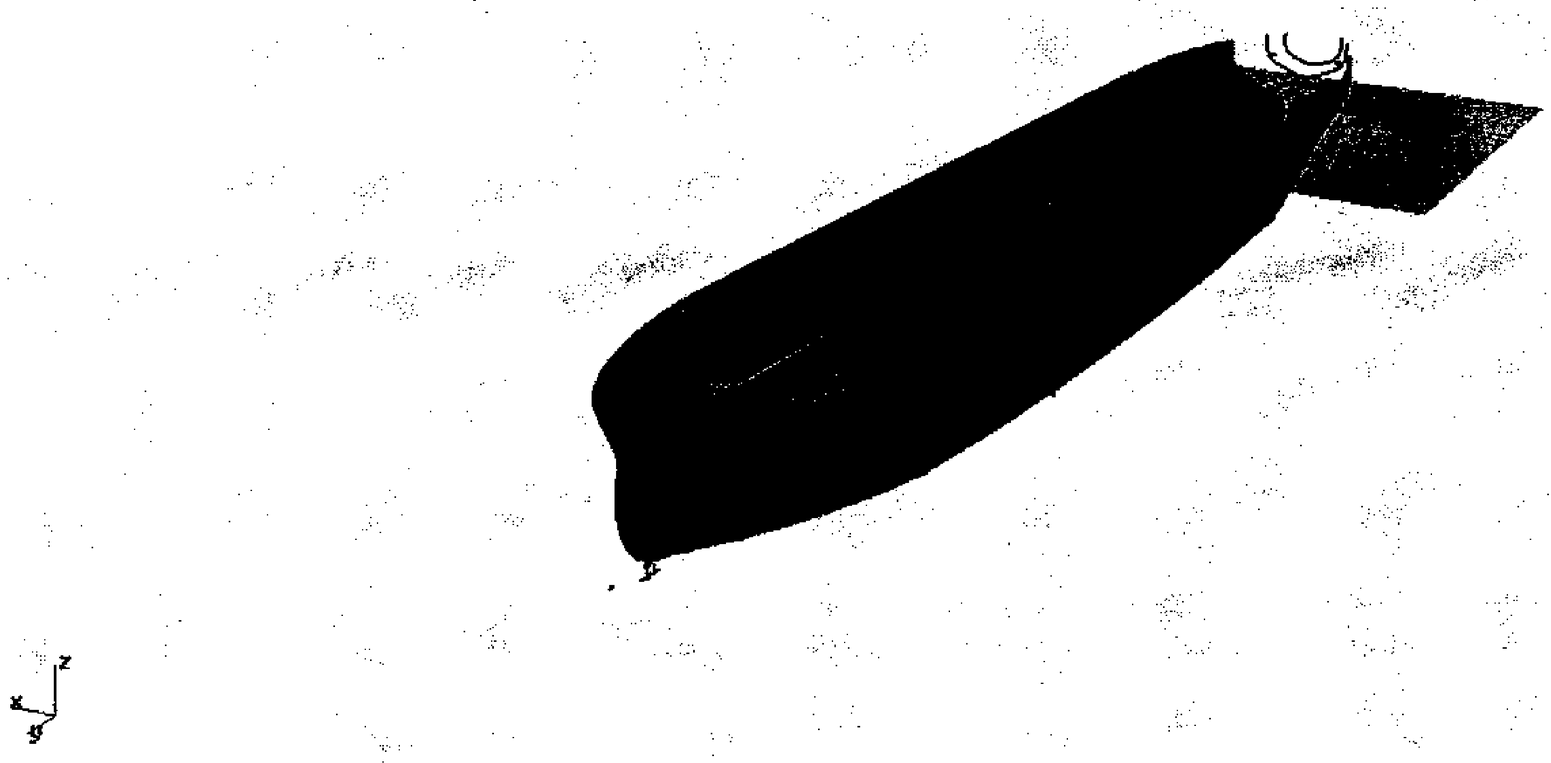


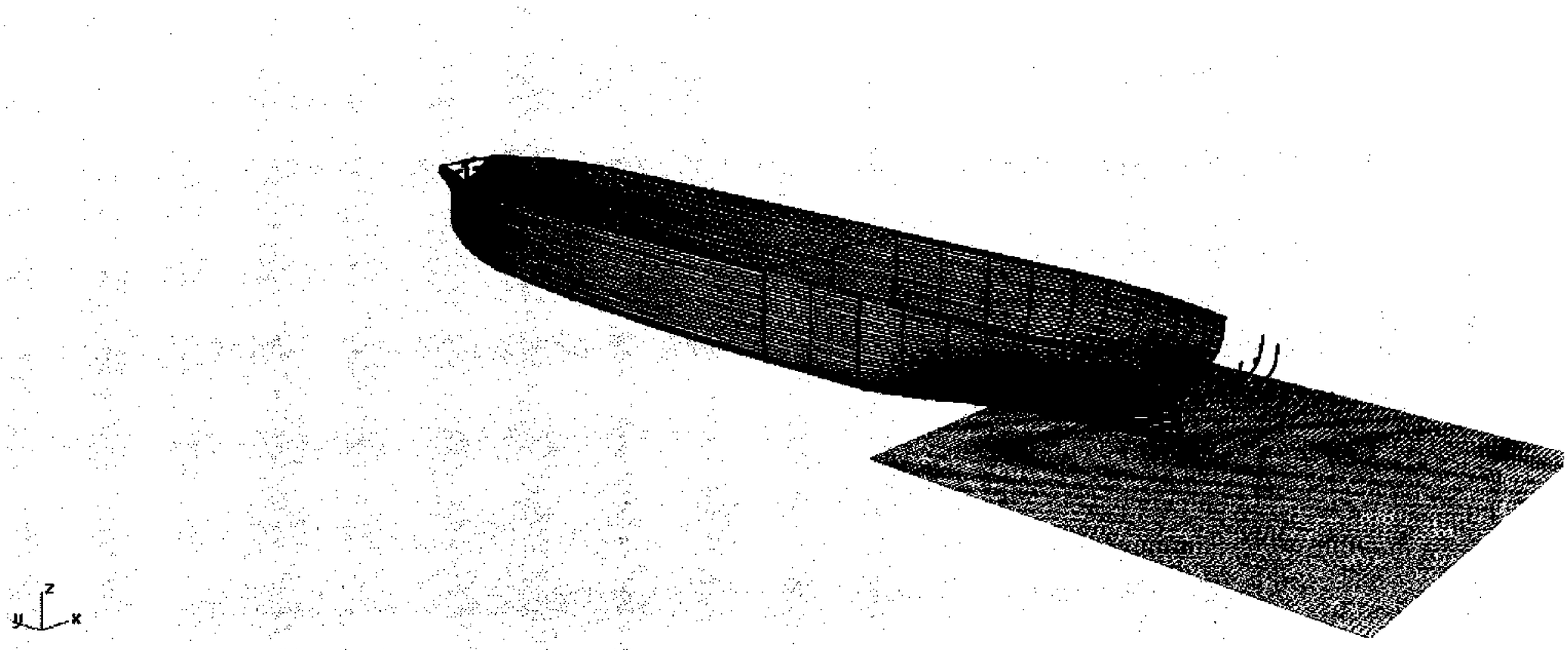
Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι γραμμές του πατρικού πλοίου ανεπτυγμένες :

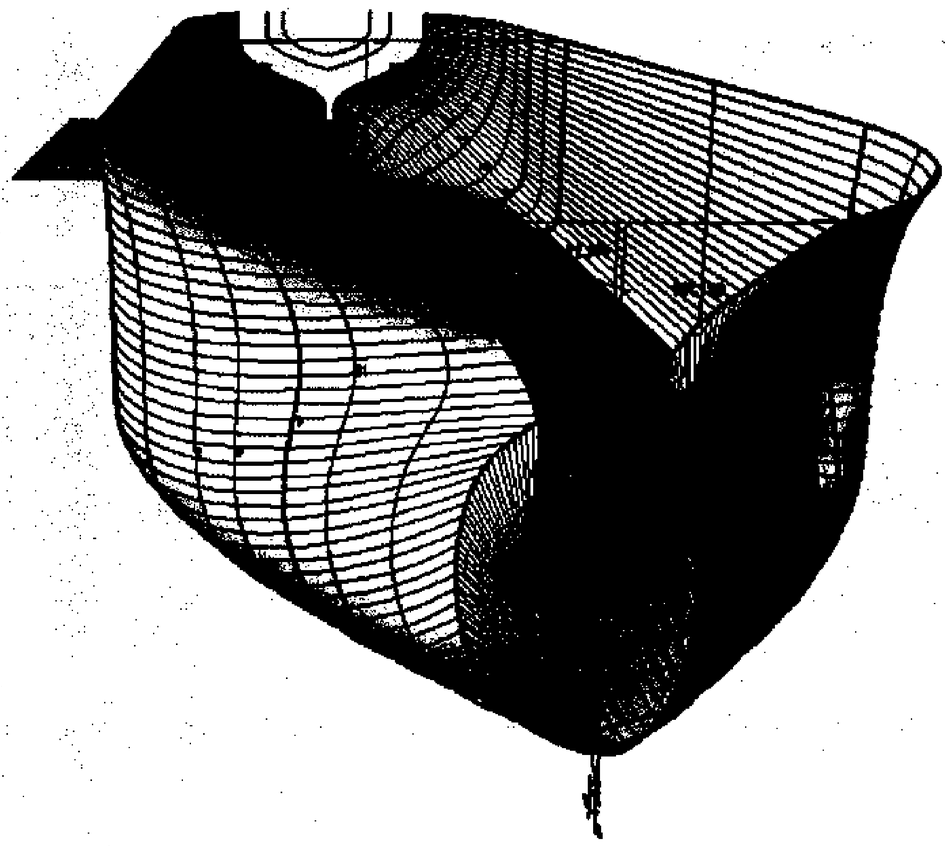


Παρακάτω φαίνεται το πλοίο με περασμένες τις επιφάνειες στο μεγαλύτερο κομμάτι του (λείπουν οι επιφάνειες πρώρα και πρύμα):

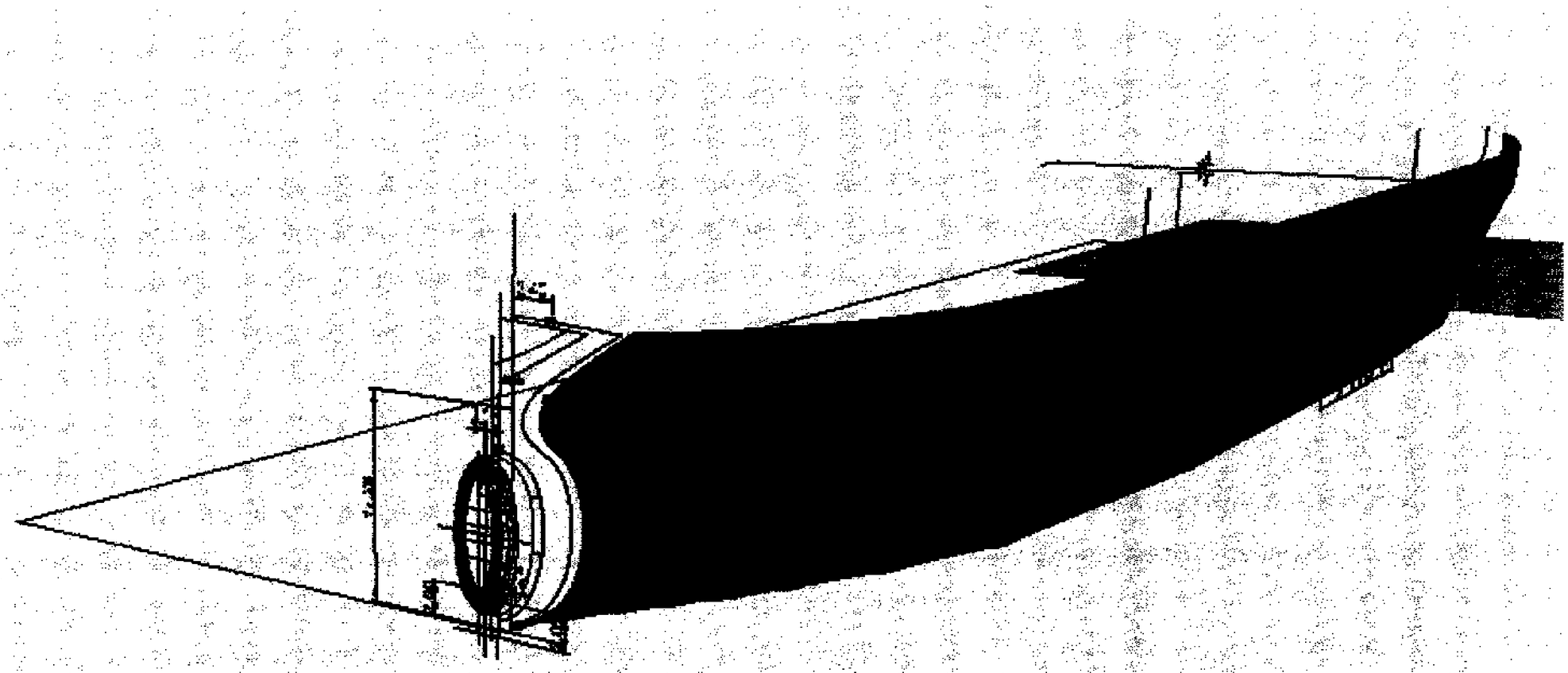




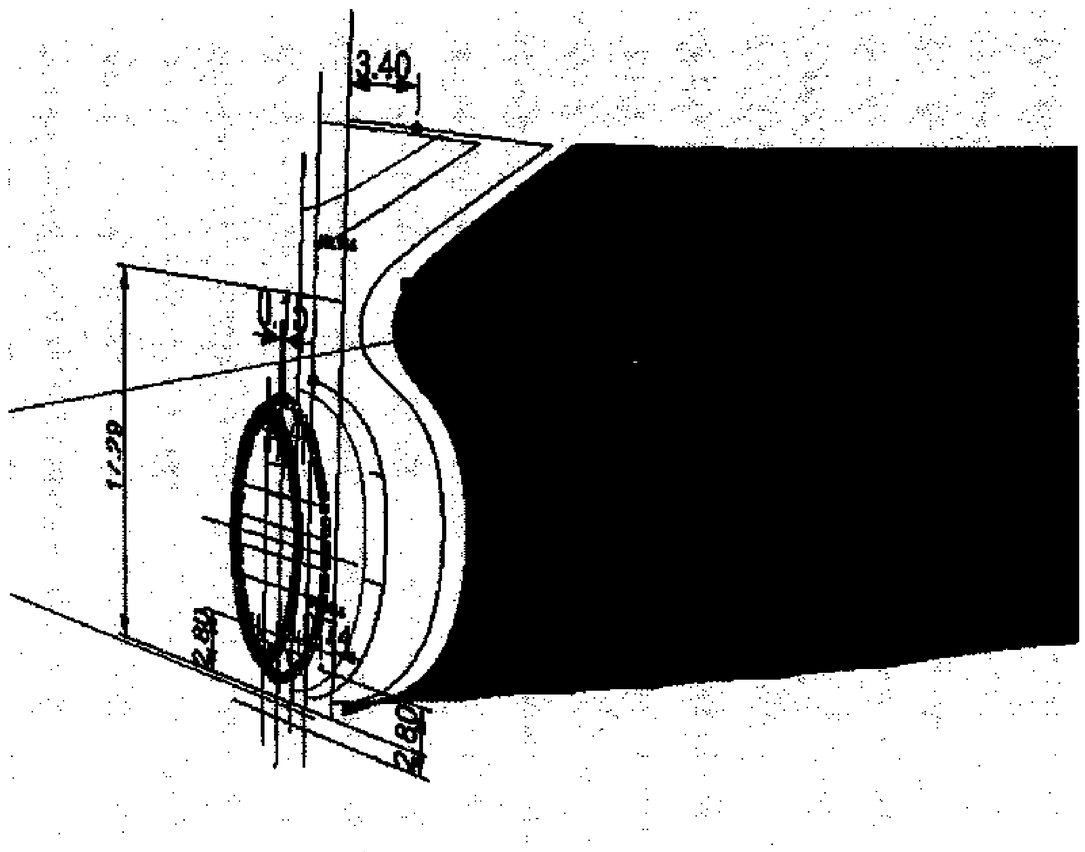

z
y
x


z
x
y

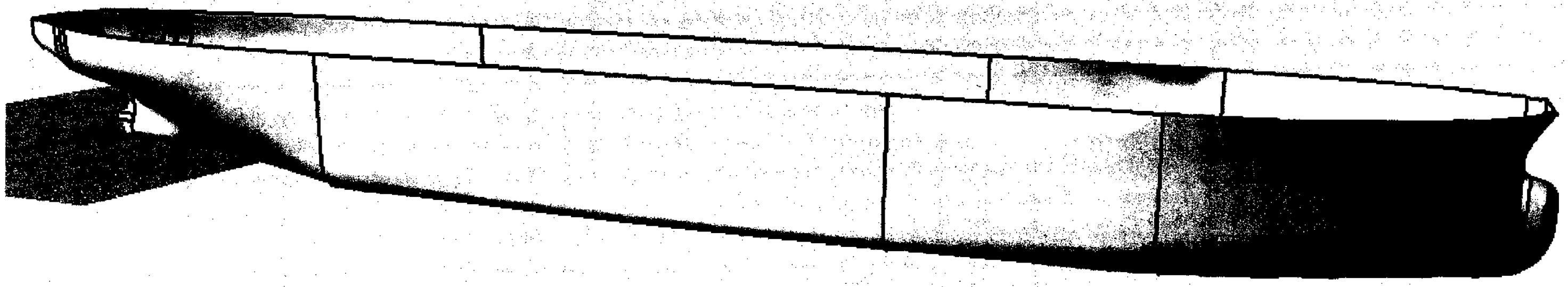
Και τέλος παρακάτω παρουσιάζεται ένα μέρος του πλοίου ενώ περνούσαμε επιφάνειες στο πρωραίο βολβό του πλοίου.

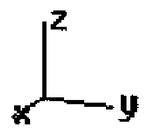


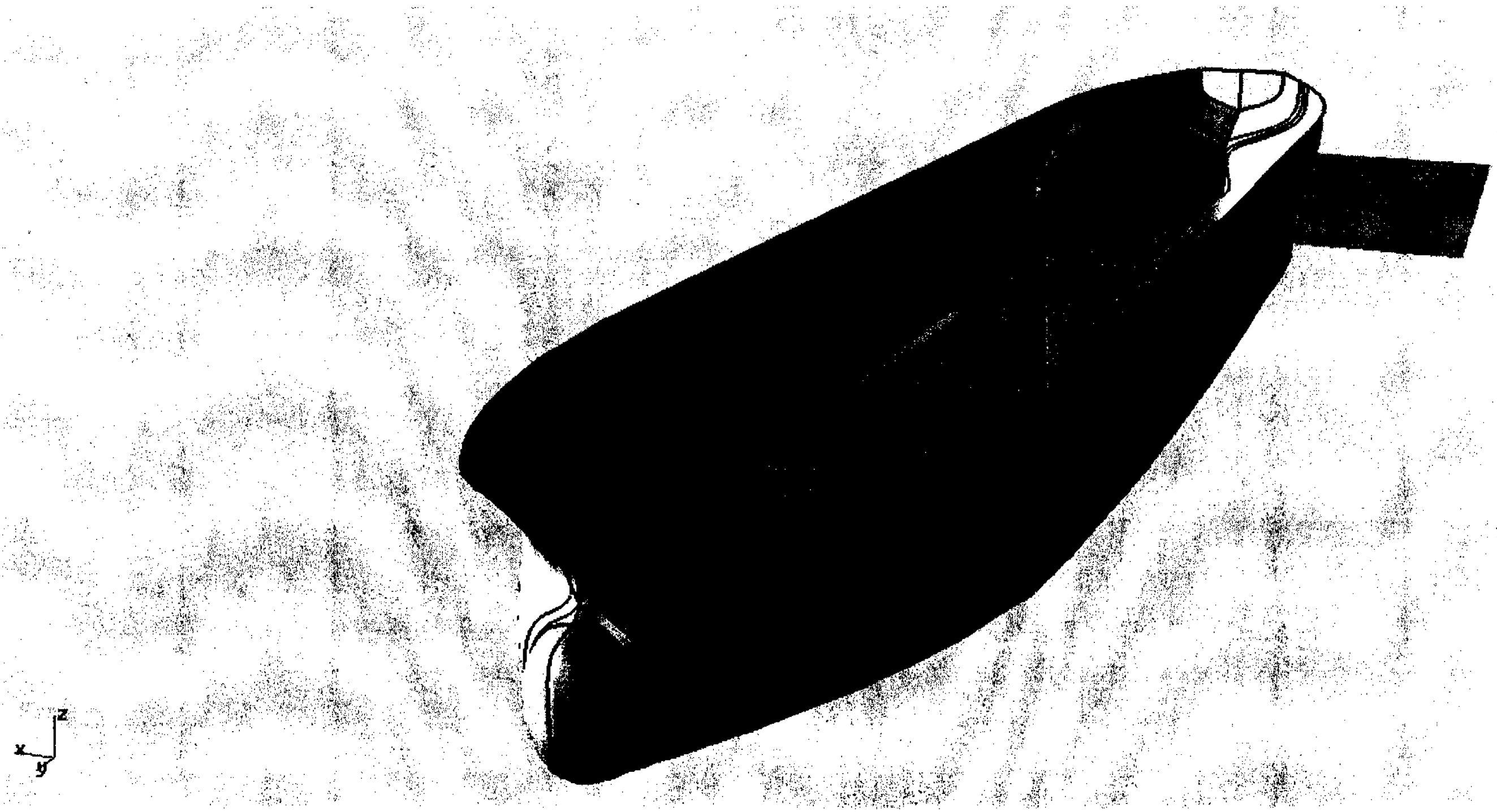
Λεπτομέρεια από τον σχεδιασμό του πρωραίου βολβού:

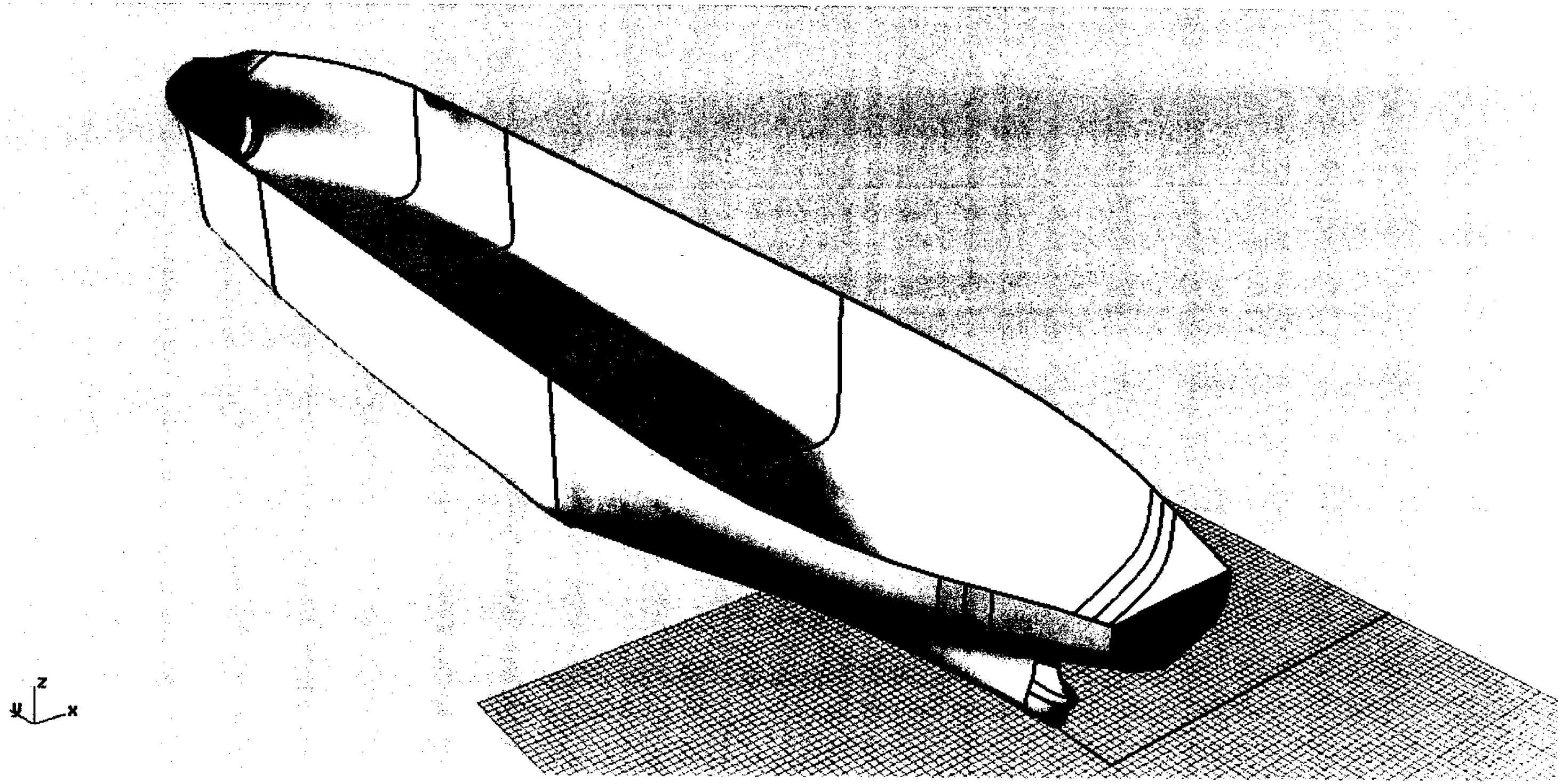


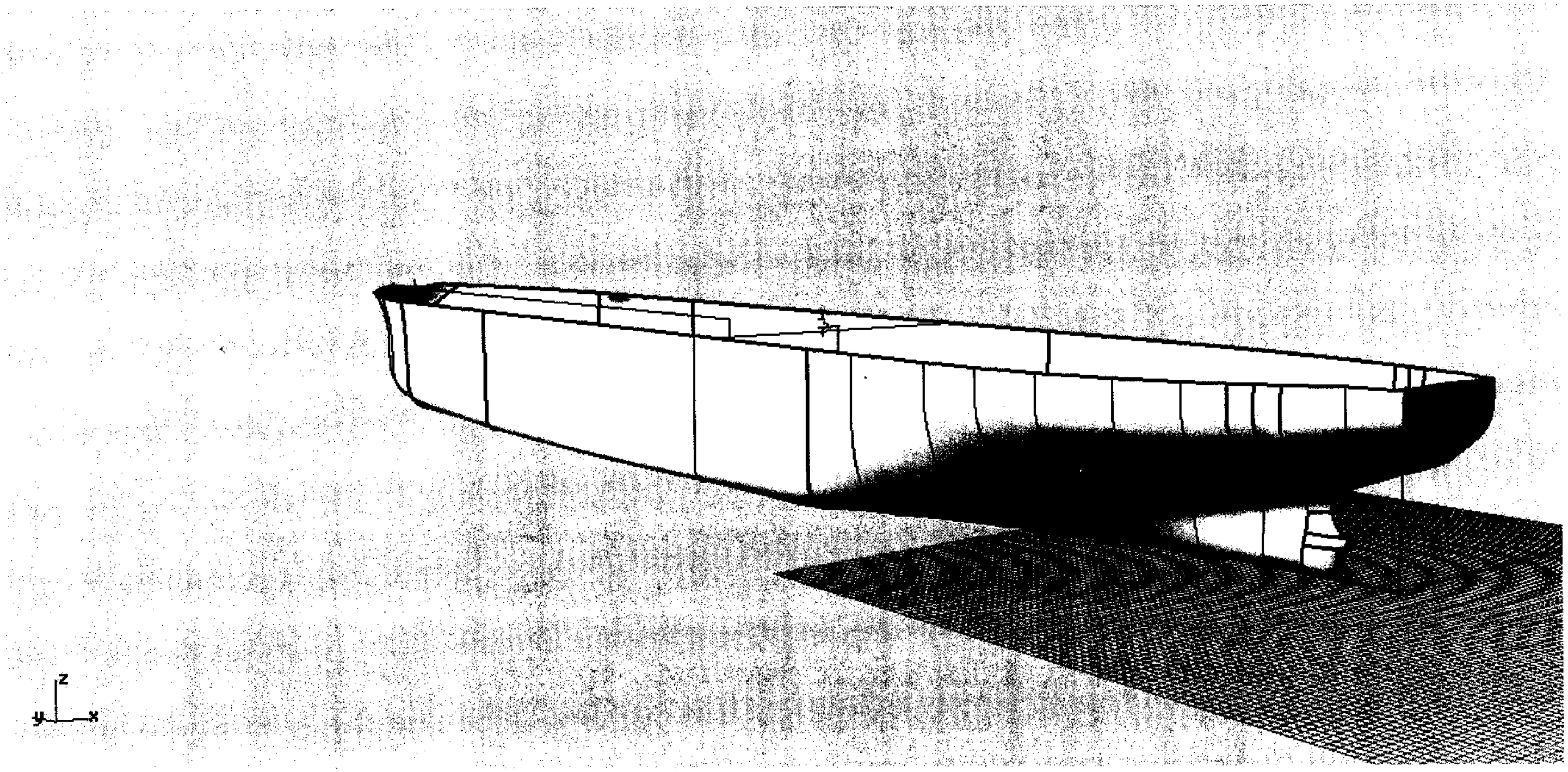
Τέλος καταλήγουμε στο ολοκληρωμένο μοντέλο του πλοίου το οποίο είναι το εξής:

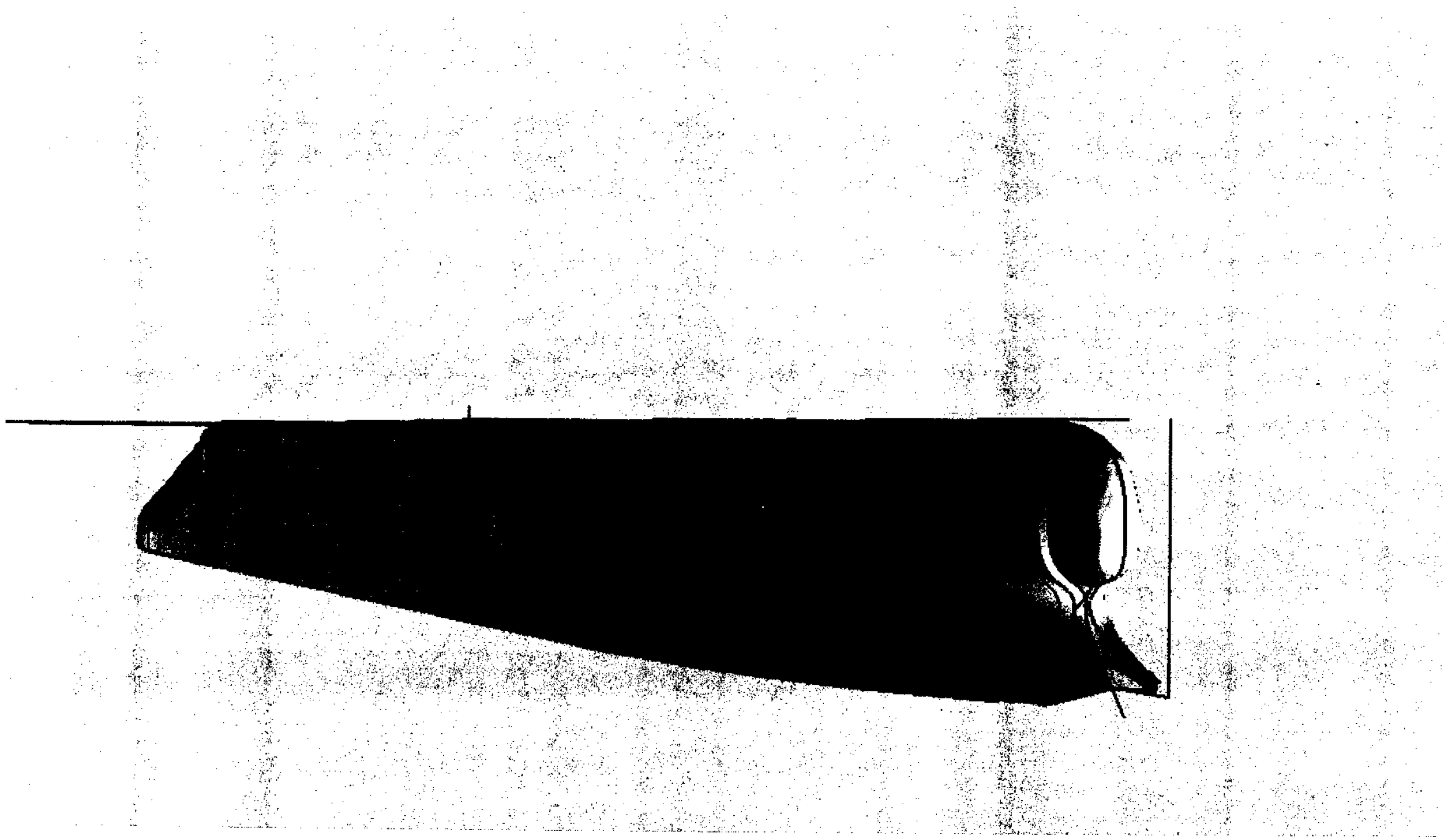




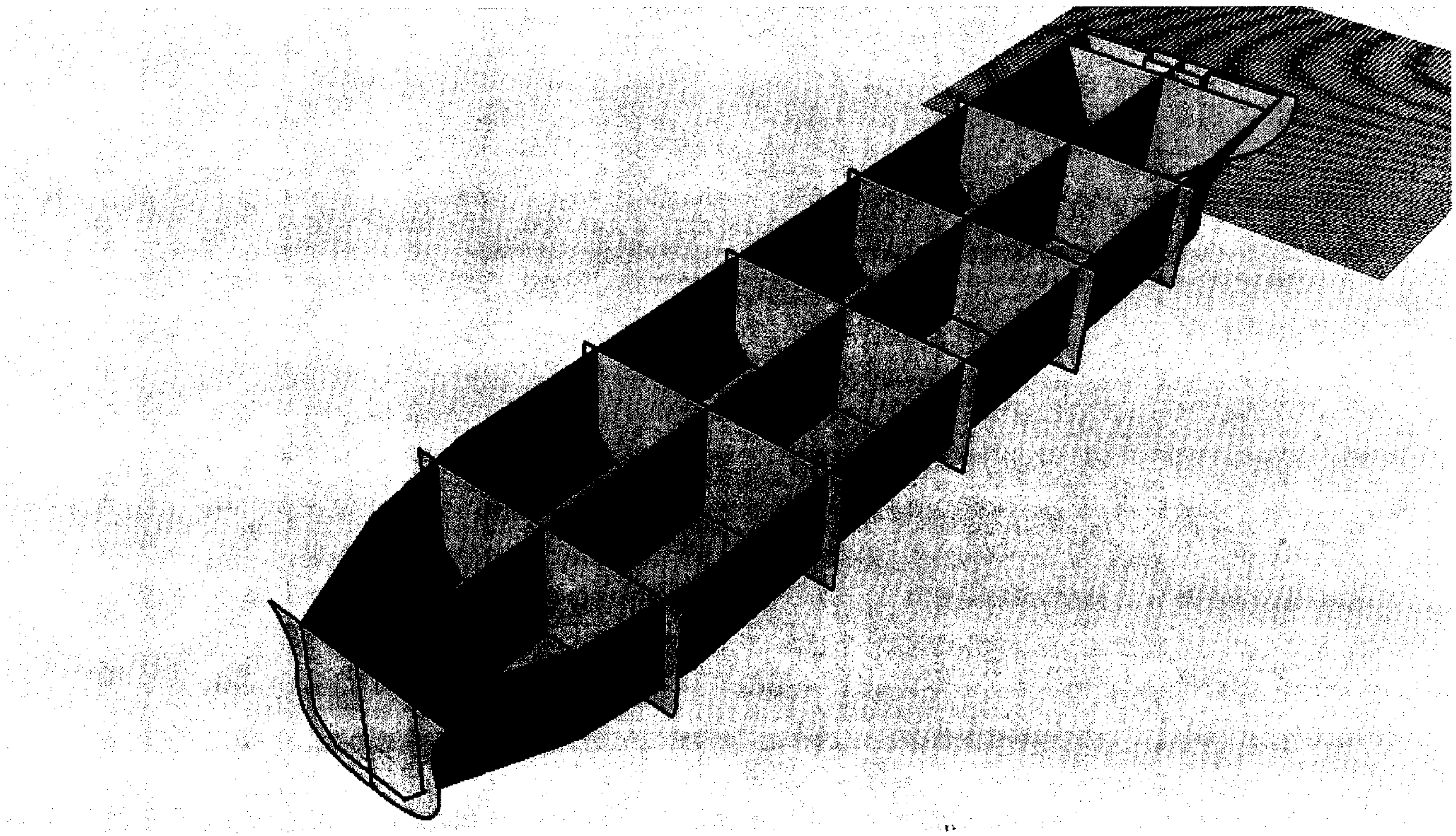

z
x
y

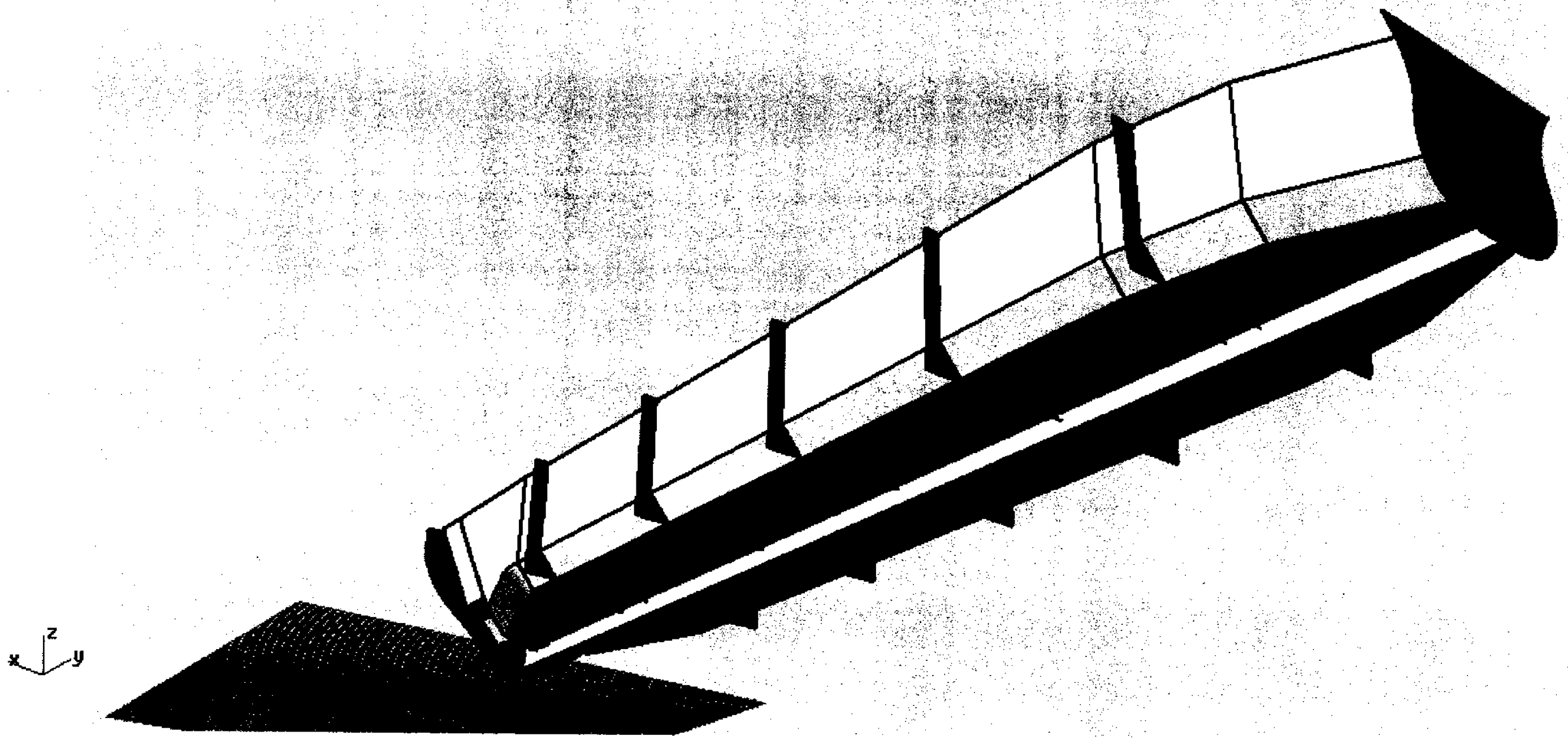

z
y
x


z
y
x

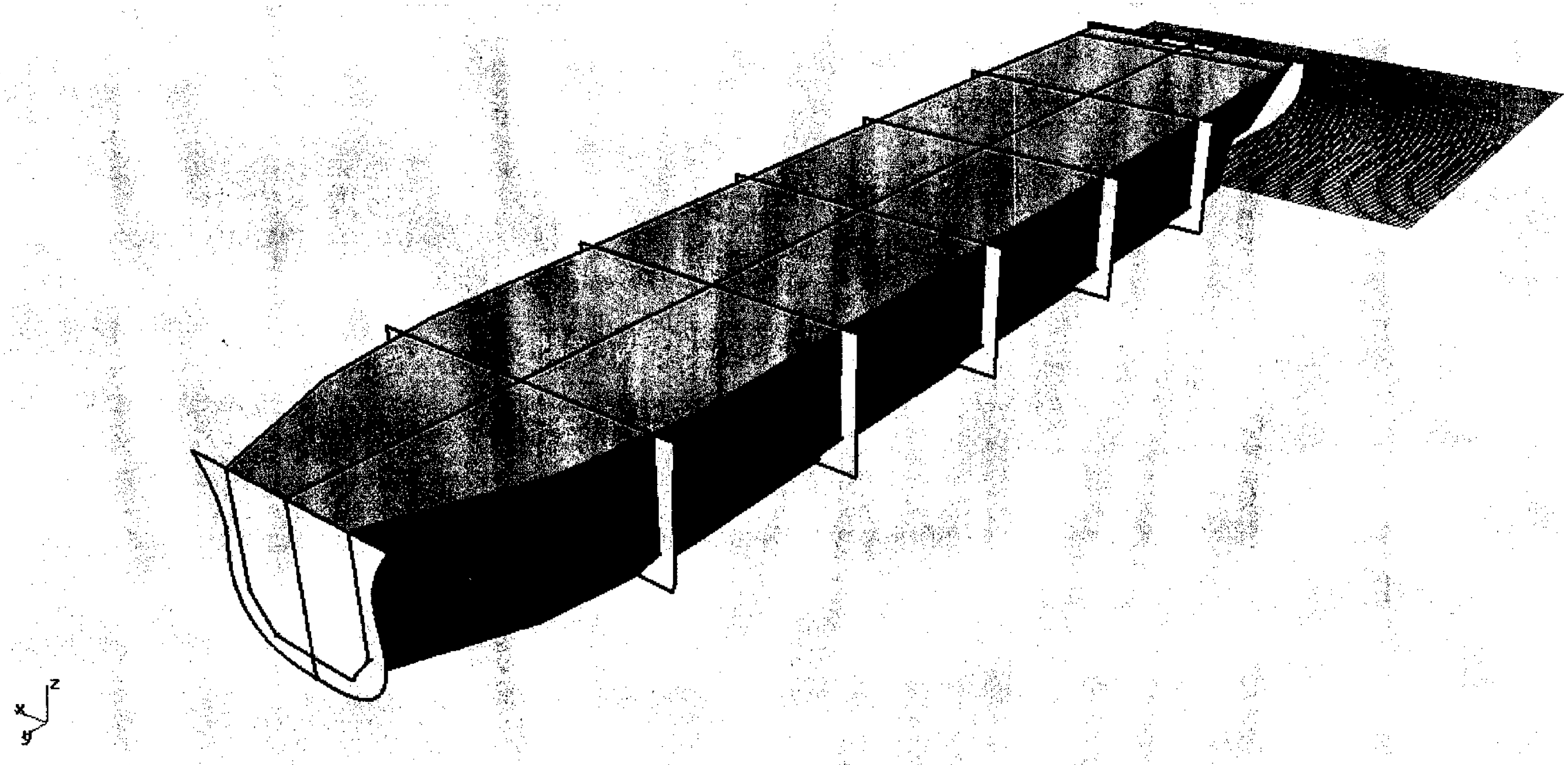


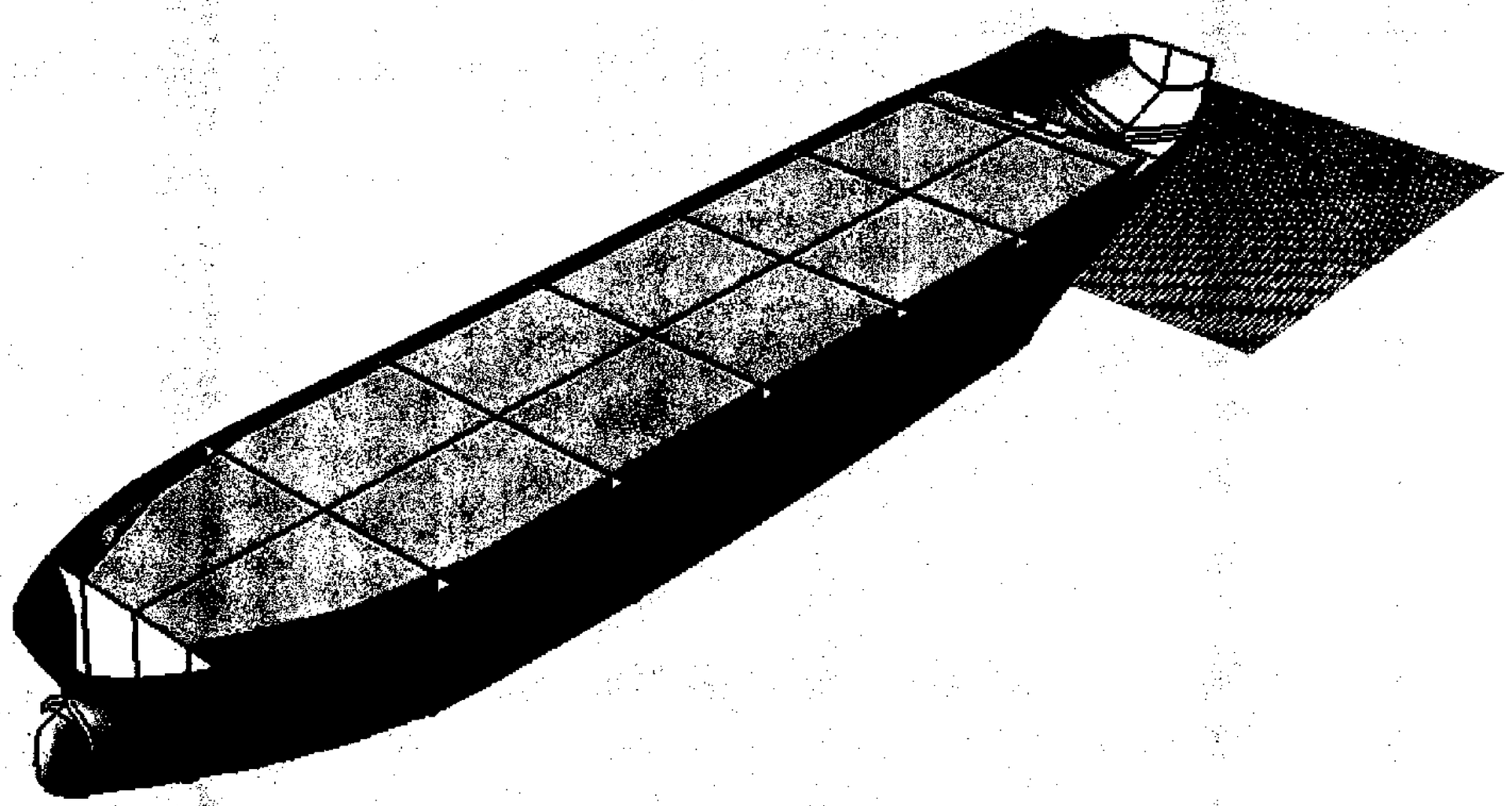
Ανάπτυξη δεξαμενών (cargo block) του πλοίου μου:



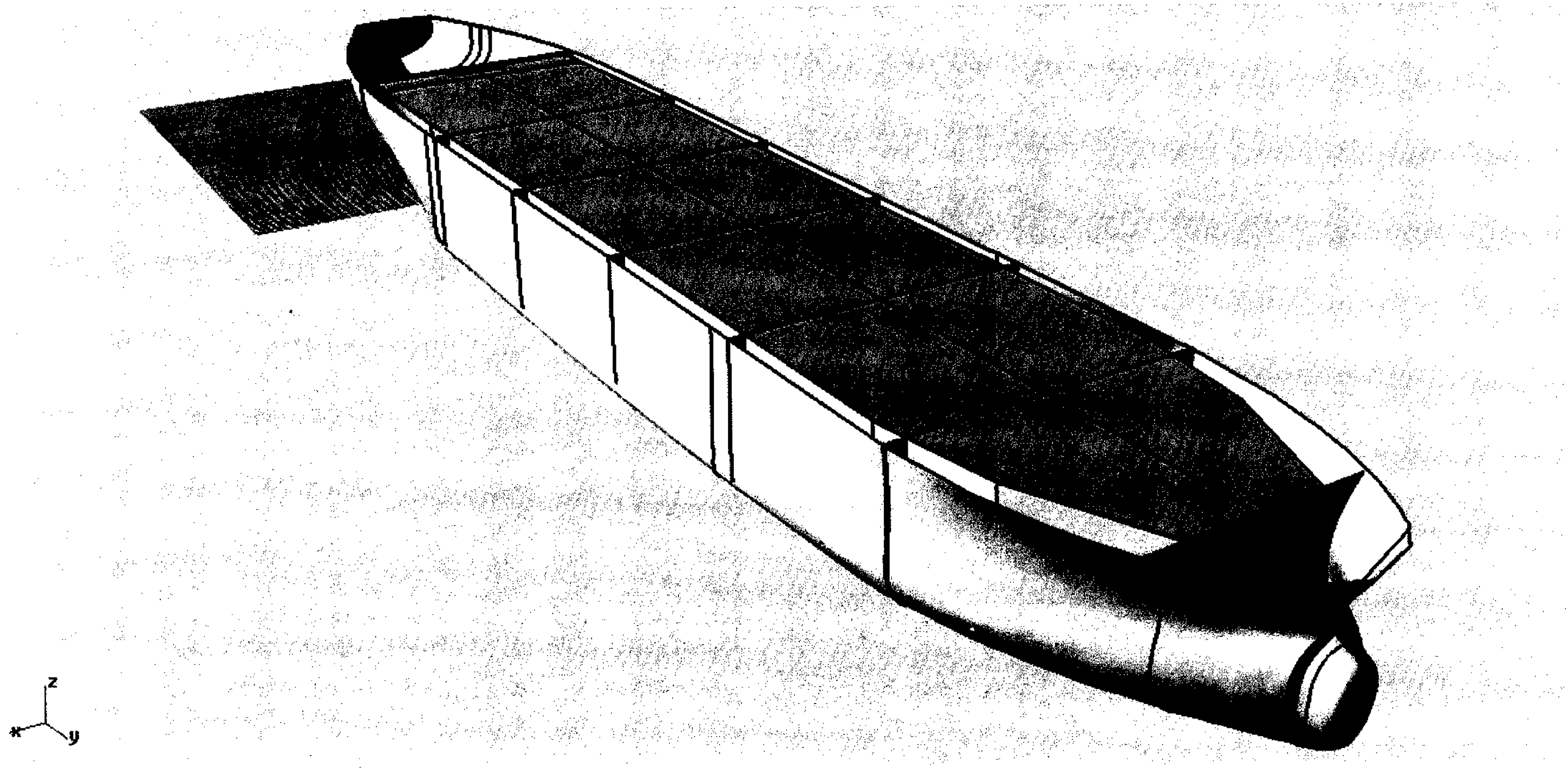

Z
X
Y

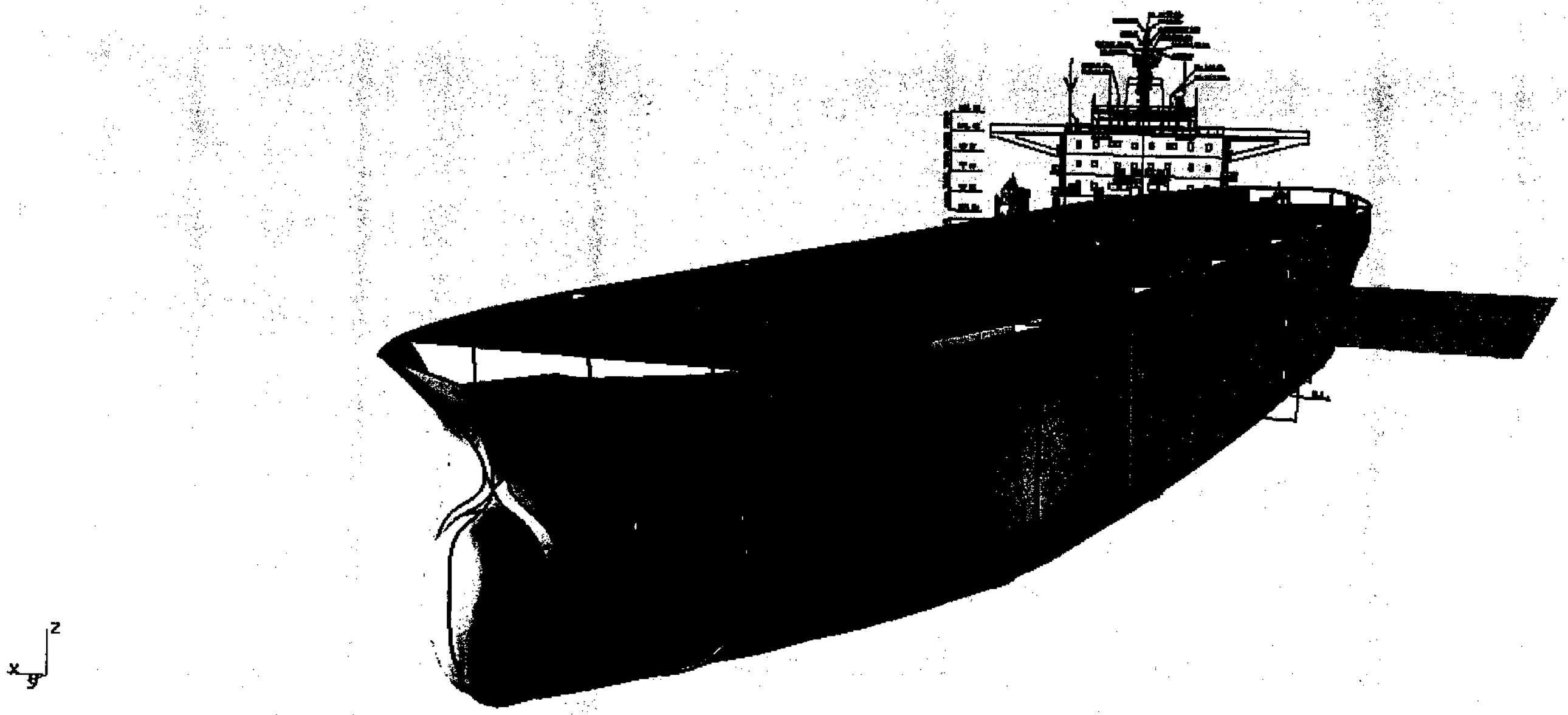
Τοποθέτηση καπακιών στις δεξαμενές του πατρικού πλοίου μου:

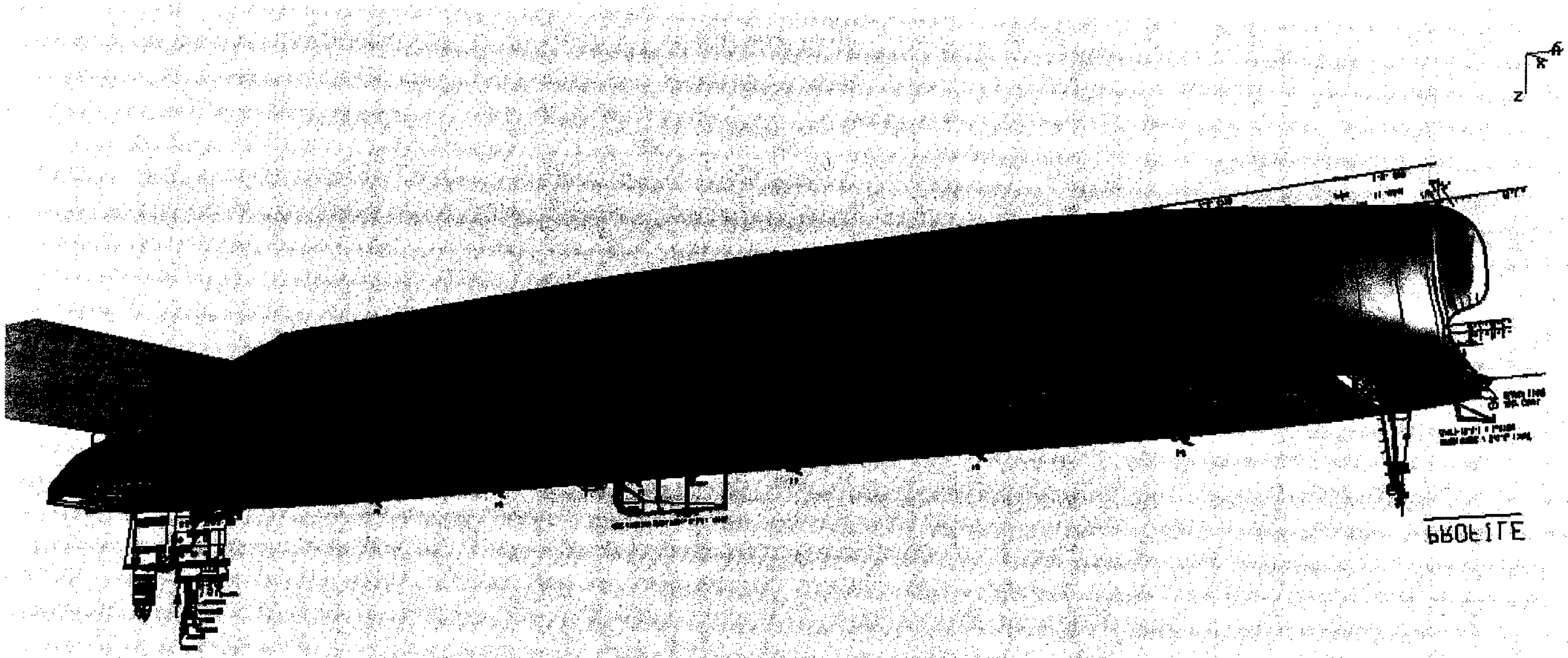


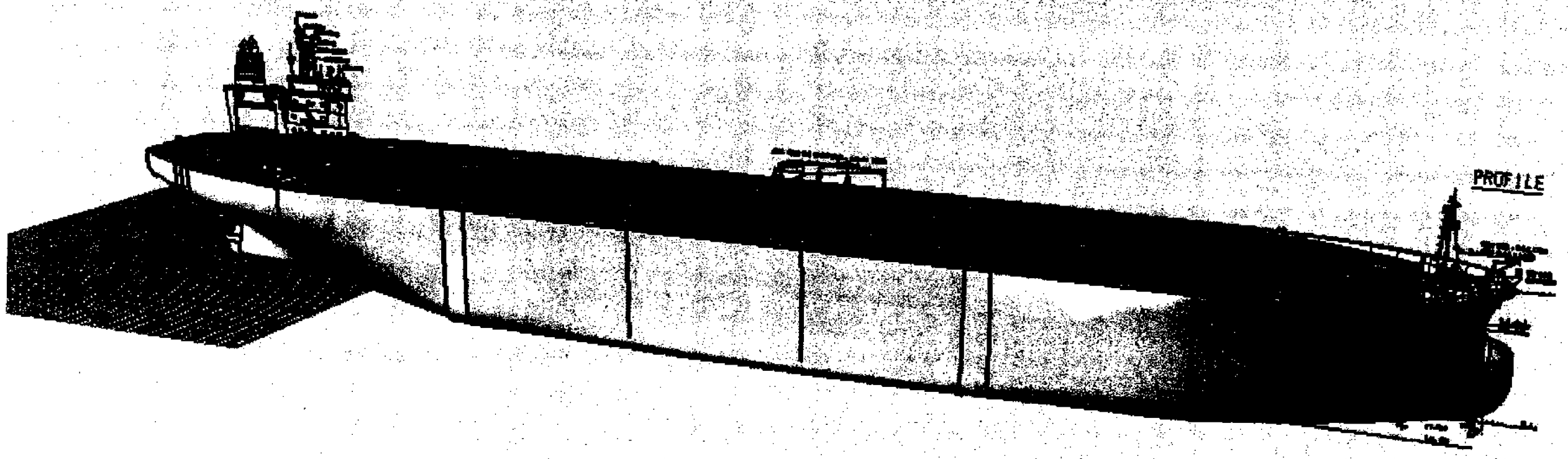


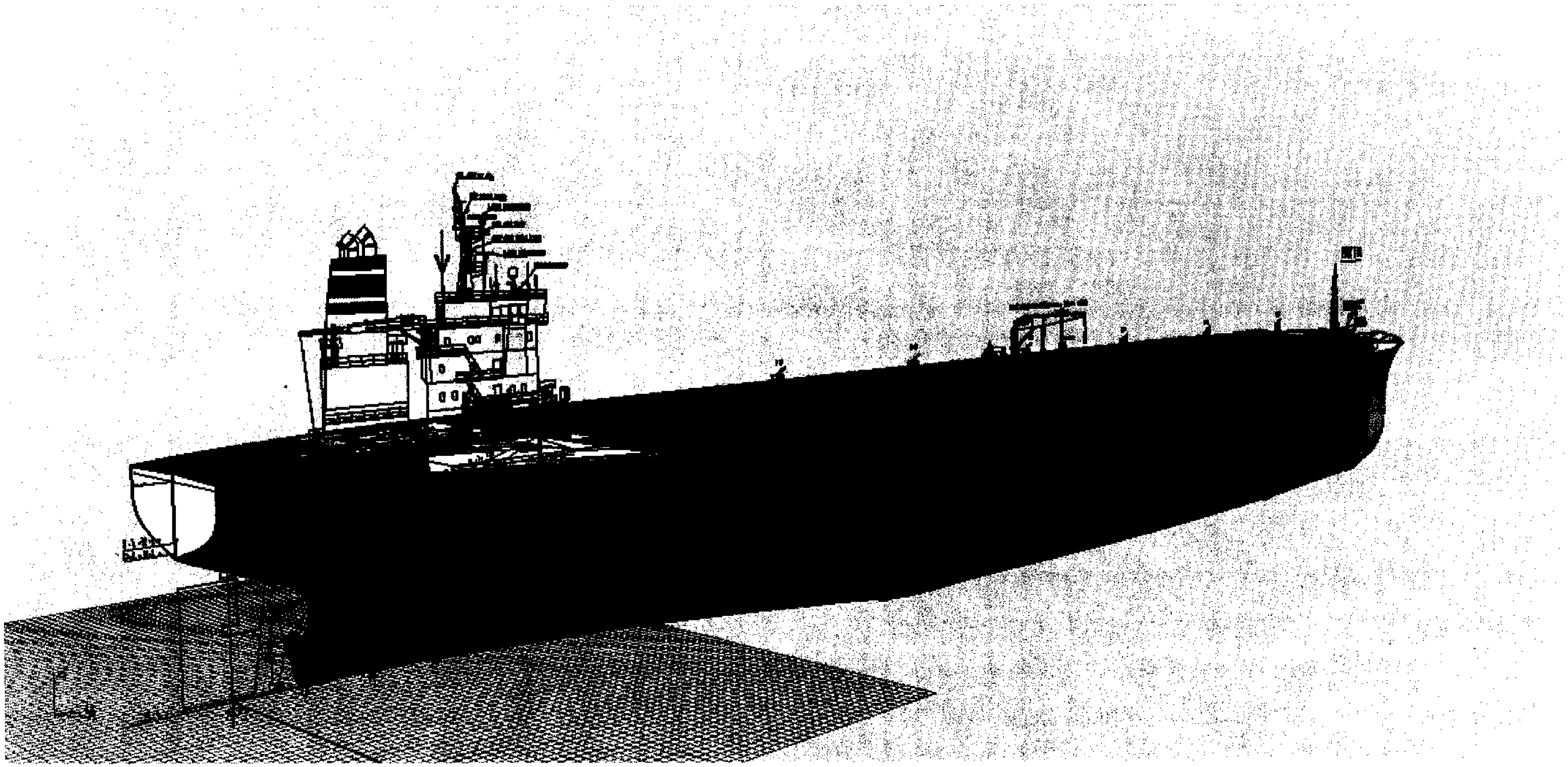
Το 3D μοντέλο του πατρικού μου πλοίου με την γάστρα, τις δεξαμενές και τα καπάκια:




z
x
y


PROFILE

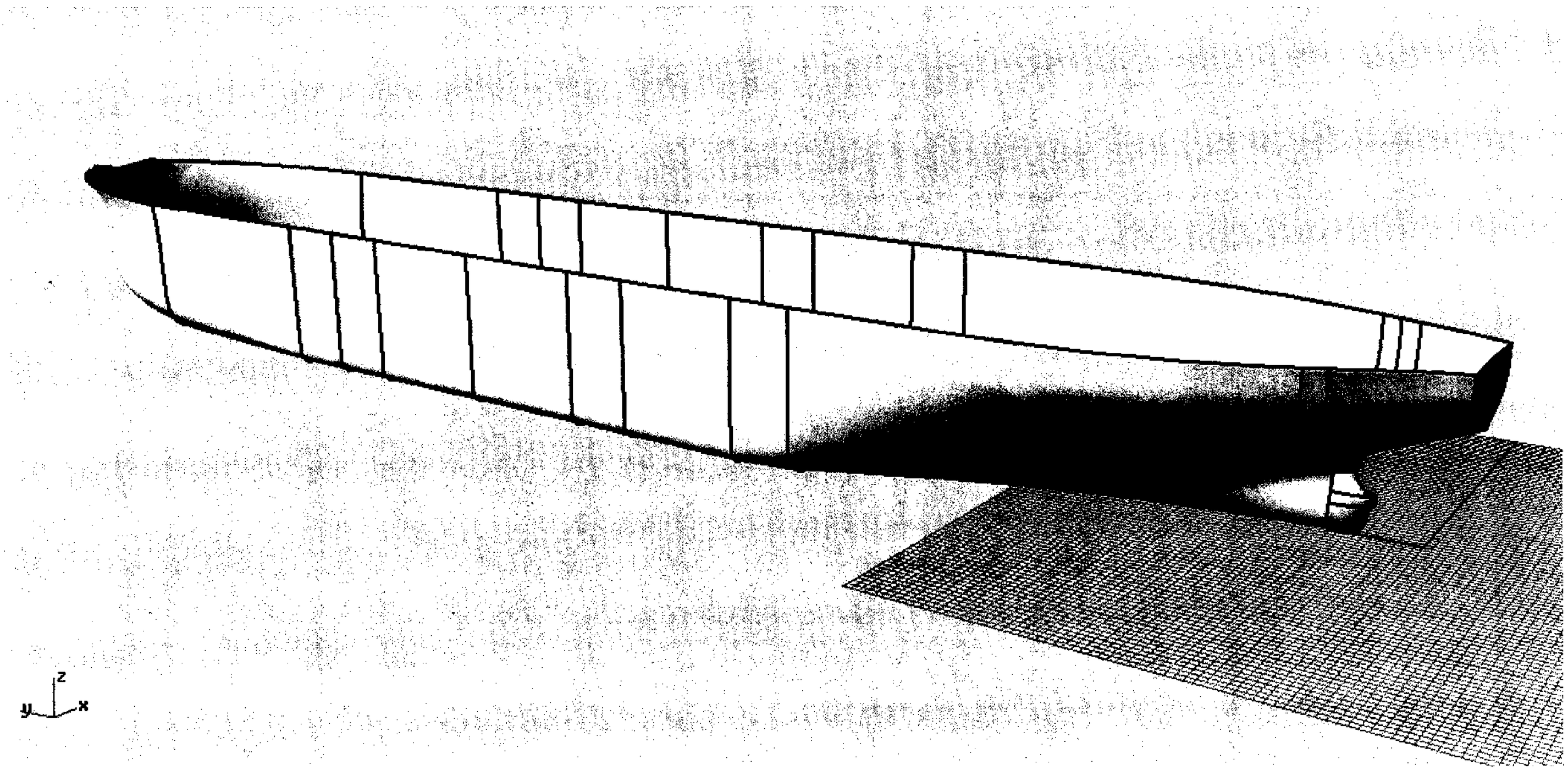

PROFILE
z
y
x

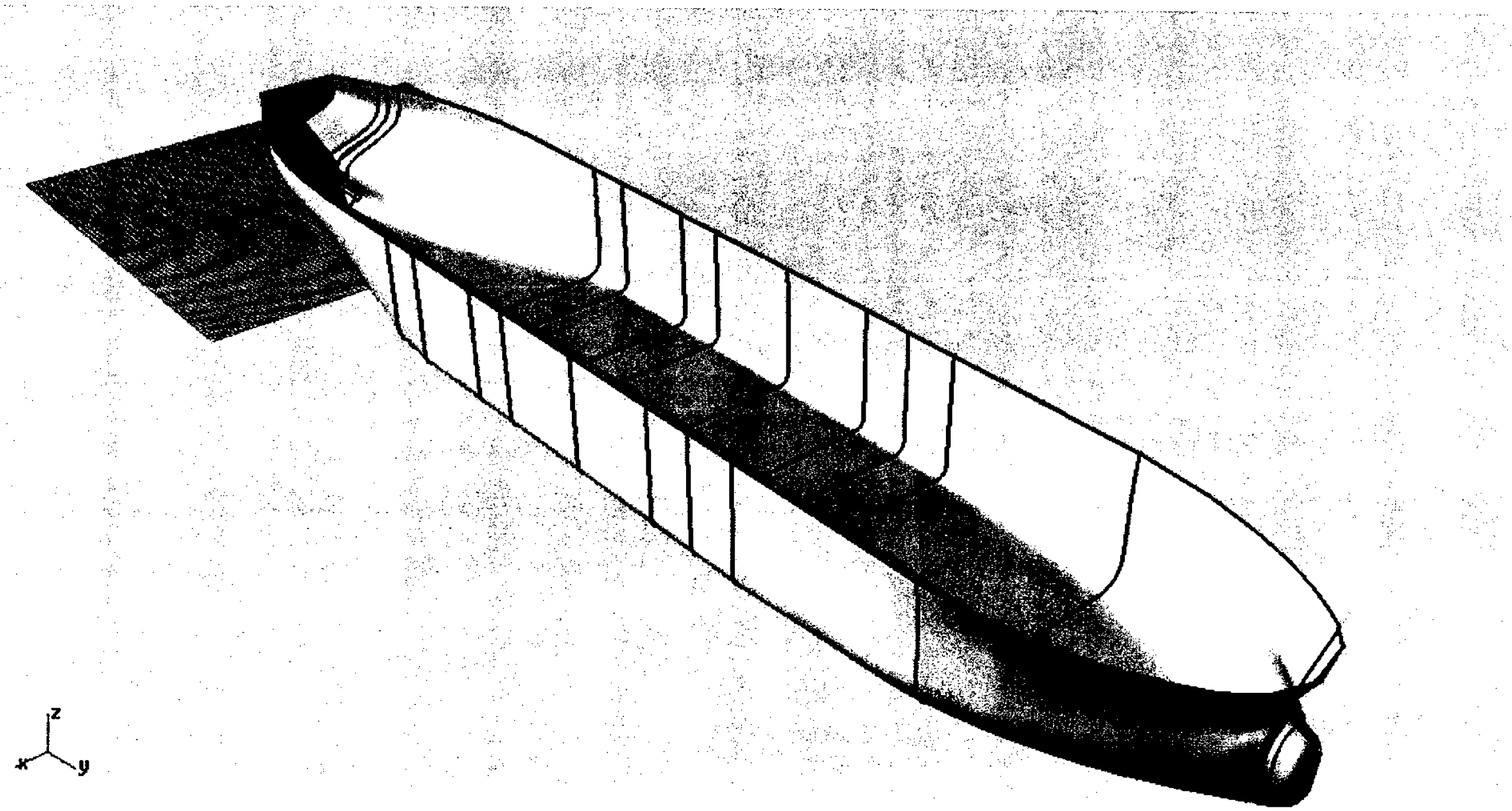


6.4 Ανάπτυξη του 3D μοντέλου του υπό μελέτη πλοίου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Rhinoceros 4.0 :

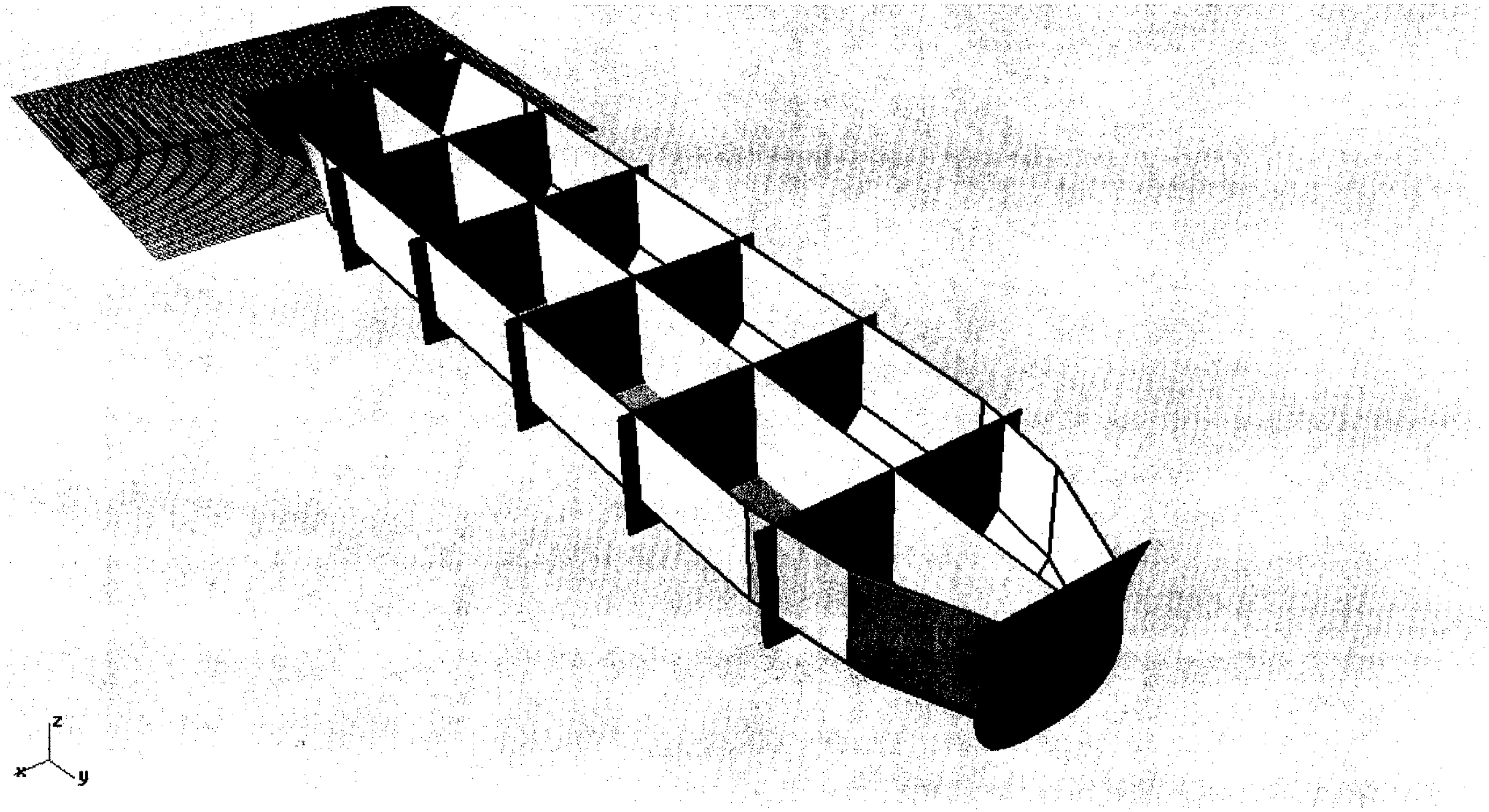
Το επόμενο στάδιο της διπλωματικής μου εργασίας ήταν η ανάπτυξη του 3D μοντέλου του υπό μελέτη πλοίου μου στηριζόμενη στις γραμμές του πατρικού. Για αυτό το λόγο, η σχεδίαση του μοντέλου έγινε μετατρέποντας τις κύριες διαστάσεις του μοντέλου του πατρικού πλοίου σε αυτές που έχει το υπό μελέτη πλοίο μου. Με αυτό τον τρόπο καταλήξαμε να σχεδιάσουμε το νέο μας πλοίο βασιζόμενη στην σχεδίαση του πατρικού μας. Το μοντέλο του υπό μελέτη πλοίου μας παρουσιάζεται παρακάτω :

Παρακάτω παρουσιάζεται η τελική γάστρα του πλοίου μου:

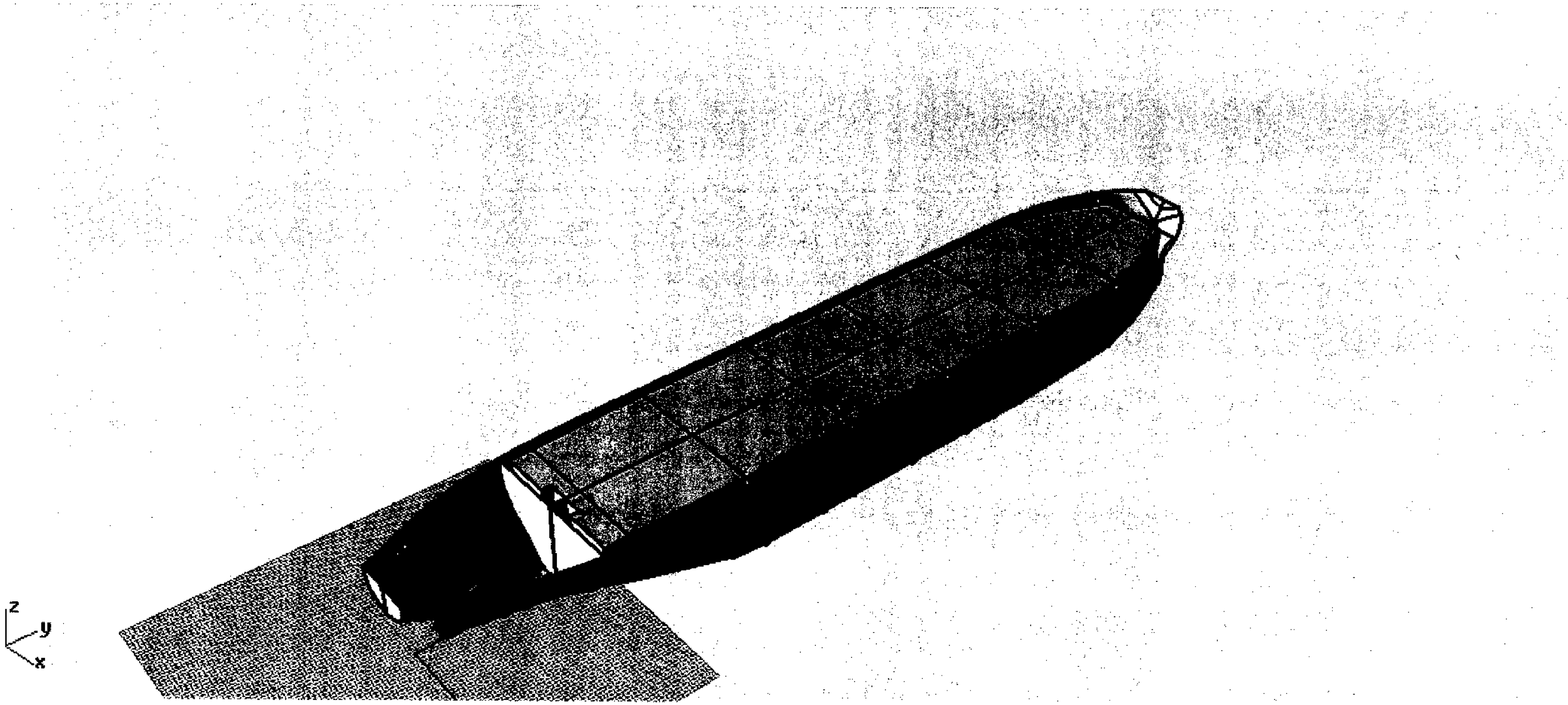



z
x
y

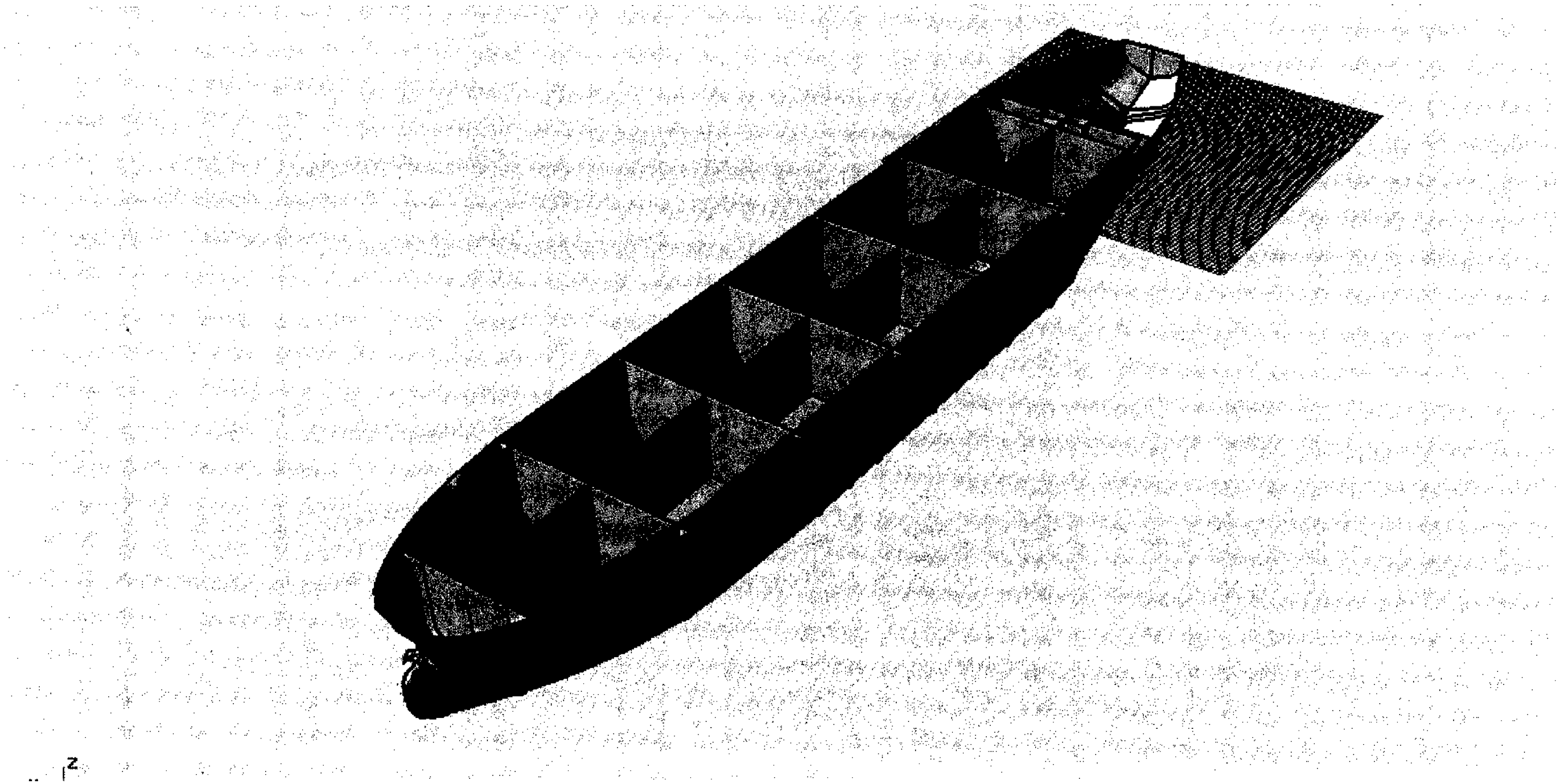
Οι δεξαμενές (cargo block) του πλοίου μου :



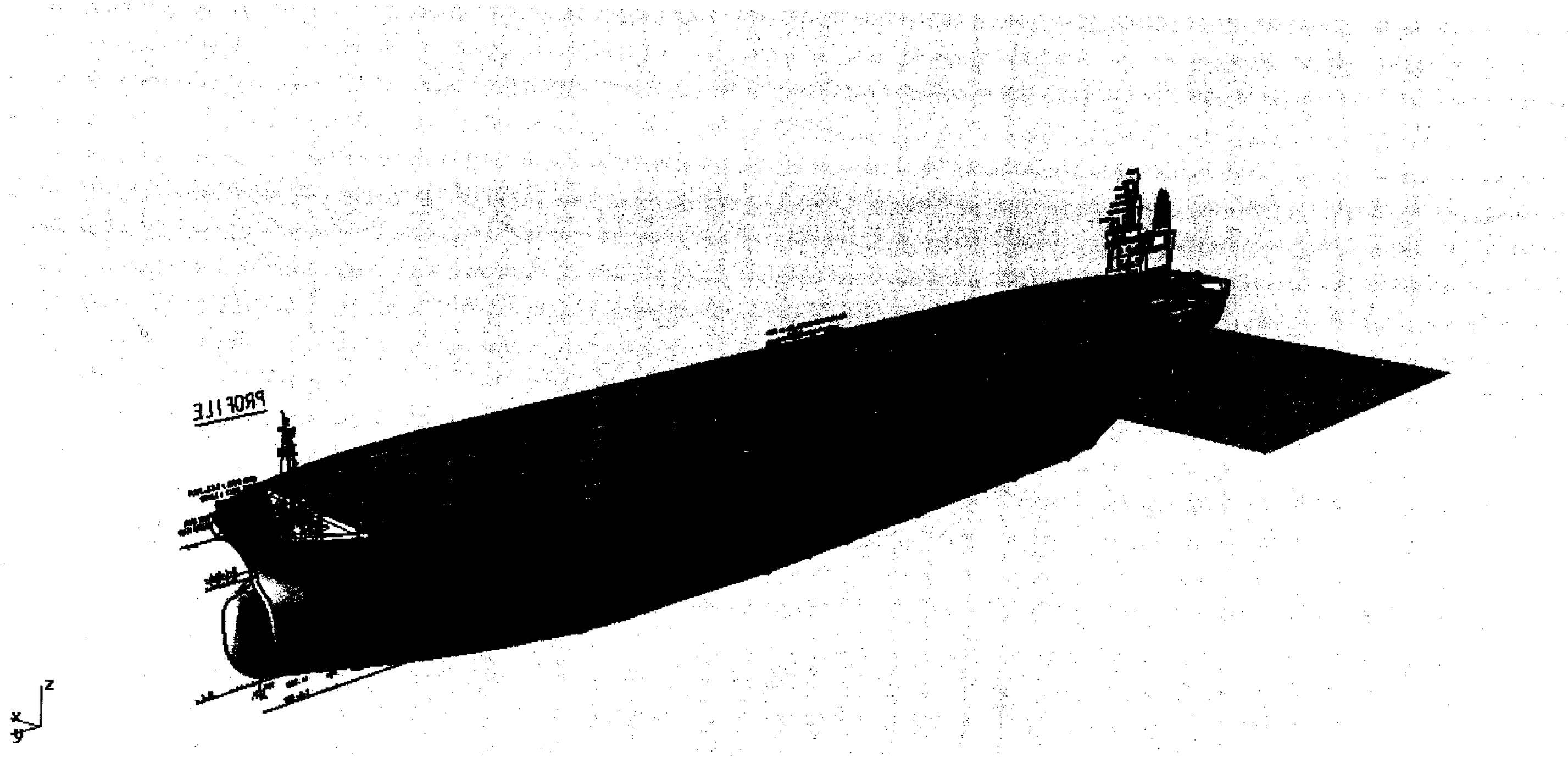
Η γάστρα μαζί με τις δεξαμενές και τα καπάκια τους :

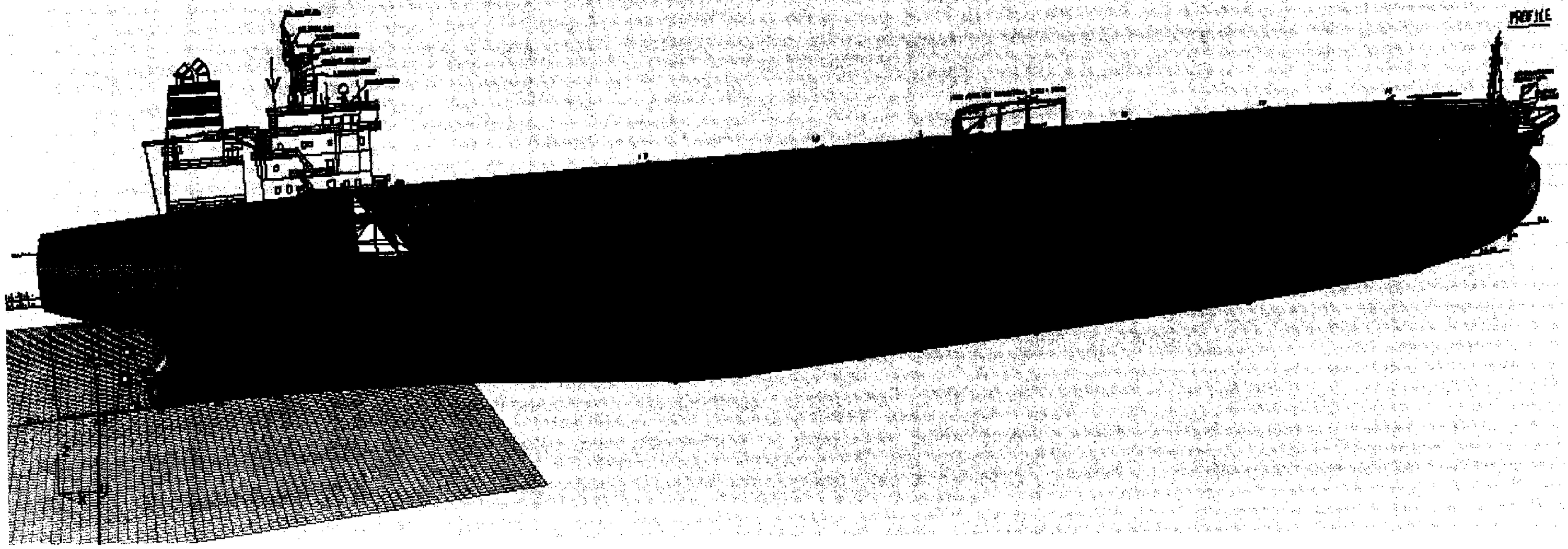


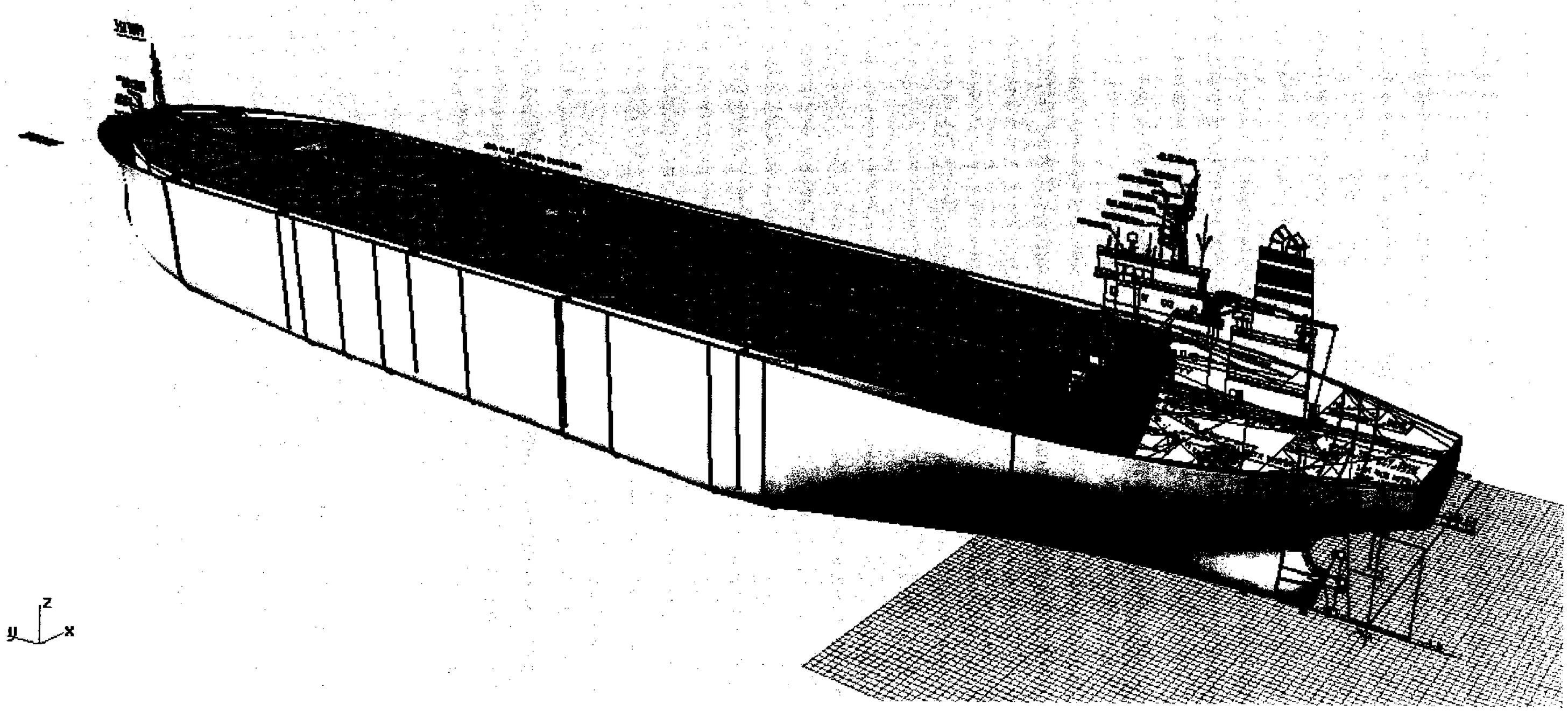
Η γάστρα μαζί με τις δεξαμενές:



Το τελικό μοντέλο του πλοίου μου:




PROFILE


z
y
x

7. Η Διεθνής σύμβαση της Marpol και η εφαρμογή του κανονισμού 23 :

Το τρίτο και τελευταίο κομμάτι της παρούσας διπλωματικής είναι η εξέταση και εφαρμογή του κανονισμού 23 – Κεφάλαιο 4 – Παράρτημα Ι της Marpol που αναφέρεται στην ποσότητα διαρροής πετρελαίου από ένα δεξαμενόπλοιο σε περίπτωση βλάβης της γάστρας του στα πλάγια ή στον πυθμένα του πλοίου. Πριν όμως αναφερθούμε σε αυτόν τον κανονισμό θα πρέπει να αναφέρουμε ορισμένα πράγματα για την Διεθνής σύμβαση της Marpol και την ρύπανση της θάλασσας από πετρέλαιο.

7.1 Λίγα Λόγια για την Marpol :

Η διεθνής σύμβαση MARPOL 1973/78 122

Η ιδέα της δημιουργίας μίας ΔΣ που να καλύπτει όλες τις μορφές της θαλάσσιας ρυπάνσεως τέθηκε το 1968 κατά τη διάρκεια της 23ης Συνόδου της ΓΣ του ΟΗΕ. Το επόμενο έτος, η Συνέλευση του IMO αποφάσισε να συγκαλέσει μία διεθνή Συνδιάσκεψη για τη θαλάσσια ρύπανση, η οποία θα διεξαγόταν το 1973, με σκοπό την προετοιμασία μίας ΔΣ για την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος. Σε αυτή την πρωτοβουλία βοήθησε η διεξαγωγή της Διάσκεψης της Στοκχόλμης για το Ανθρώπινο Περιβάλλον (1972) όπου αναφέρθηκε ρητά ότι ήταν απαραίτητη η συμμετοχή των κρατών-μελών στη Συνδιάσκεψη του IMO που επρόκειτο να ακολουθήσει και η οποία ανατέθηκε στην MSC.
Όμως, το 1973 είχαν περάσει 20 χρόνια από την πρώτη Συνδιάσκεψη του IMO σχετικά με τη θαλάσσια ρύπανση από πετρέλαιο που είχε καταρτίσει τη ΔΣ OILPOL (1954).
Κατά συνέπεια είχε διαφοροποιηθεί σε μεγάλο βαθμό η ναυτιλιακή βιομηχανία, π.χ. αύξηση του μεγέθους του διεθνούς θαλάσσιου εμπορίου, αύξηση της μέσης χωρητικότητας των δ/ξ, διαφορετική αντίληψη για τις διαστάσεις του φαινόμενου της θαλάσσιας ρύπανσης κυρίως λόγω του ναυαγίου του δ/ξ Torrey Canyon (1967) στα στενά της Μάγχης με συνολική απόρριψη 119.000 τόνων αργού πετρελαίου.
Εκείνη την εποχή το ισχύον διεθνές θεσμικό πλαίσιο προστασίας του θαλασσίου περιβάλλοντος βασιζόταν στην τεχνική του συστήματος load-on-top (LOT), το οποίο ήταν πλέον παράνομο για τα όρια των απορρίψεων πετρελαιώδους μίγματος σύμφωνα με την OILPOL. Ωστόσο, το ζήτημα της θαλάσσιας ρύπανσης που προέρχεται από τις συνήθεις λειτουργικές διαδικασίες των εμπορικών πλοίων ήταν πρώτη προτεραιότητα για αρκετά κράτη, π.χ. κατά την προεδρεία του Nixon στις ΗΠΑ, απαιτήθηκε σειρά πιο αποτελεσματικών μέτρων για την κατασκευή και λειτουργία των δ/ξ. Φυσικό ήταν ότι η νέα ΔΣ επρόκειτο να αντιμετωπίσει πολλά προβλήματα στην πορεία για την έναρξη ισχύος της.
Πολλά κράτη, ανάμεσα τους ορισμένα που διέθεταν μεγάλους στόλους δ/ξ, είχαν επικυρώσει την προηγούμενη ΔΣ και δεν ήταν ευνοϊκά διακείμενα προς την πολιτική υιοθέτησης μίας νέας σύμβασης.
Χρήσιμο είναι να αναλύσουμε την εφαρμογή του LOT, το οποίο εμφανίστηκε την περίοδο που ίσχυε η OILPOL. Στις αρχές της δεκαετίας του 1960 καθιερώθηκε το σύστημα «φορτώσεως από πάνω» για να συμβάλλει στην καταπολέμηση της λειτουργικής ρύπανσης των εμπορικών πλοίων. Σύμφωνα με αυτό, κατά τη διάρκεια του ερματισμού τα πετρελαϊκά κατάλοιπα των

δεξαμενών (τα οποία λόγω διαφοράς του ειδικού βάρους του πετρελαίου από το νερό ανεβαίνουν στην κορυφή), οδηγούνται με τις κατάλληλες σωληνώσεις σε ειδικές δεξαμενές καταλοίπων (slop tanks) αποφεύγοντας έτσι τη διαρροή τους μαζί με το θαλασσινό νερό κατά τον αφερματισμό. Στη συνέχεια λειτουργεί ειδικός διαχωριστήρας (oil water separator) που ξεχωρίζει τα πετρελαϊκά κατάλοιπα από τις ήδη υπάρχουσες προσμίξεις με θαλασσινό νερό που αποδίδεται πλέον καθαρό στη θάλασσα.

Η συμβολή του LOT στη μείωση των ποσοστών της ρύπανσης από πετρελαιοειδή ήταν σημαντική στη δεκαετία που ακολούθησε (1970-1980) μολονότι την ίδια περίοδο αυξήθηκαν σημαντικά οι θαλάσσιες μεταφορές πετρελαίου. Όμως το σύστημα επικρίθηκε σε μεγάλο βαθμό λίγο πριν την καθιέρωση της MARPOL διότι:

- Είχε μικρή πιθανότητα επιτυχίας σε μικρής χρονικής διάρκειας ταξίδια (λιγότερο από 50 ώρες) π.χ. τα ενδο-μεσογειακά διότι το πετρέλαιο δεν προλαβαίνει να ανέβει στην κορυφή της δεξαμενής σε τόσο μικρή χρονική περίοδο
- Είχε λιγοστές πιθανότητες να λειτουργήσει αποτελεσματικά σε ταξίδια με δύσκολες καιρικές συνθήκες διότι για να είναι πλήρης ο διαχωρισμός πετρελαίου και νερού στις δεξαμενές καταλοίπων απαιτούνται τουλάχιστον 36 ώρες σε ήρεμη κατάσταση της θάλασσας και εξαρτάται επίσης από το είδος του πετρελαίου
- Θεωρήθηκε νομικά παράνομο διότι ορισμένες φορές οι απορρίψεις ξεπερνούσαν τα όρια που είχε θέσει η OILPOL, π.χ. η συνολική ποσότητα απόρριψης να μην υπερβαίνει το 1/15.000 της συνολικής χωρητικότητας του πλοίου διότι τα πληρώματα συχνά δεν τηρούσαν τις τεχνικές προδιαγραφές ή δεν μπορούσαν να κρίνουν σωστά, λόγω έλλειψης σχετικής εμπειρίας, την περιεκτικότητα του μίγματος
- Θεωρήθηκε οικονομικά ασύμφορο διότι η κατακράτηση των καταλοίπων πάνω στο πλοίο και η απόρριψη τους στα λιμάνια φόρτωσης θα διπλασίαζε τον χρόνο παραμονής των πλοίων και θα τα εξανάγκαζε, σε μικρά χρονικά ταξίδια, να παραμένουν στην ανοιχτή θάλασσα με σκοπό να διευκολύνουν τη διαδικασία διαχωρισμού πετρελαίου και νερού.

Η διεθνής Συνδιάσκεψη για τη Θαλάσσια Ρύπανση πραγματοποιήθηκε στο Λονδίνο από τις 8 Οκτωβρίου έως τις 2 Νοεμβρίου του 1973. Οι αντιπρόσωποι των κρατών-μελών ήταν 77 ενώ άλλα 7 κράτη συμμετείχαν ως παρατηρητές. Η Συνδιάσκεψη υιοθέτησε τη Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη της Θαλάσσιας Ρύπανσης από τα Εμπορικά Πλοία μαζί με τα (αρχικά) πέντε παραρτήματα της. Η MARPOL είναι παγκόσμιας εμβέλειας για δύο λόγους: πρώτον εφαρμόζεται σε όλες τις θαλάσσιες περιοχές δίχως γεωγραφικούς περιορισμούς και δεύτερον οι διαδικασίες υπογραφής, επικύρωσης και αποδοχής της MARPOL ήταν ανοιχτές για οποιοδήποτε κράτος. Η εν λόγω σύμβαση αναφέρεται περισσότερο στα πλοία αντί των θαλασσίων περιοχών διότι ούτως ή άλλως τα πλοία μπορούν να αναζητηθούν οπουδήποτε στο θαλάσσιο περιβάλλον. Εξάλλου, το κείμενο της MARPOL δεν αναφέρεται σε θαλάσσιες περιοχές επομένως αυτή εφαρμόζεται και στα εσωτερικά ύδατα των παρακτίων κρατών, π.χ. κόλποι, όρμοι, δέλτα ποταμών, λιμένες κλπ.

Η MARPOL αντικατέστησε την OILPOL (1954) μαζί με τις τροποποιήσεις της των 1962, 1969 και 1971 και θεωρείται μία από τις σπουδαιότερες στον τομέα της πρόληψης της θαλάσσιας ρύπανσης. Σήμερα περιλαμβάνει έξι παραρτήματα και δύο πρωτόκολλα.

Τα τελευταία αναφέρονται σε: πρώτον Υποχρεωτικές Αναφορές Περιστατικών Ρύπανσης από Επιβλαβείς Ουσίες (άρθρο 8 της σύμβασης) και δεύτερον Διαδικασία Διαιτησίας για Διακανονισμό Διαφωνιών (άρθρο 10 της σύμβασης). Οι διαφορές της MARPOL με την OILPOL και τις τροποποιήσεις της είναι οι εξής:

- Στην επανακαθιέρωση ειδικών περιοχών (Μεσόγειος, Βαλτική, Μαύρη Θάλασσα, Ερυθρά Θάλασσα και Περσικός Κόλπος) άρθρο 10, (οι τρεις πρώτες περιοχές βρίσκονταν ήδη υπό ένα καθεστώς προστασίας ενώ ακολούθησαν οι δύο τελευταίες)
- Καμία απόρριψη πετρελαίου δεν επιτρέπεται σε αυτές τις περιοχές ακόμη και για τα δ/ξ που είναι εφοδιασμένα με το σύστημα LOT. Αντίθετα, καθιερώνει τις ξεχωριστές δεξαμενές έρματος (segregated ballast tanks–SBT), το σύστημα πλύσης των δεξαμενών φορτίου με αργό πετρέλαιο (crude oil washing–COW), τον διαχωριστήρα νερού/πετρελαίου (oil water seperator), τις επαρκείς δεξαμενές καταλοίπων (Adequate Sludge Tanks) και το σύστημα αδρανούς αερίου (Inert Gas System) το οποίο υιοθετήθηκε με το αντίστοιχο πρωτόκολλο της SOLAS (1974) στην TSSP (1978).
- Καλύπτει όλες τις μορφές ρύπανσης της θάλασσας από τα πλοία και δεν περιορίζεται μόνο στο πετρέλαιο
- Προβλέπει μέτρα για την αποφυγή ή τον περιορισμό της ρύπανσης που είναι δυνατόν να προκληθεί από ατυχήματα πλοίων
- Τα δ/ξ από 150 κοχ και πάνω καθώς και όλα τα άλλα πλοία από 400 κοχ και πάνω υπόκεινται σε επιθεωρήσεις (αρχικές, ενδιάμεσες, υποχρεωτικές, περιοδικές) με σκοπό να τους χορηγηθεί το Πιστοποιητικό Πρόληψης της Ρύπανσης από Πετρέλαιο (IOPP)
- Υποχρεώνει τα παράκτια κράτη και ιδιαίτερα αυτά που βρίσκονται μέσα σε ειδικές περιοχές να εγκαταστήσουν στα λιμάνια τους Ευκολίες (ή Σταθμούς) Υποδοχής Καταλοίπων (ΕΥΚ).

Οι περισσότεροι κανονισμοί της MARPOL αναφέρονται σε ζητήματα σχεδιασμού, κατασκευής και εξοπλισμού των πλοίων, επιθεωρήσεων και ΕΥΚ. Με άλλα λόγια, η σύμβαση καλύπτει όλα τα ζητήματα τεχνικής φύσεως για τη ρύπανση της θάλασσας από τα εμπορικά πλοία εκτός από τις εσκεμμένες απορρίψεις υλικών (dumping) και εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους των εμπορικών πλοίων εκτός αυτών που χρησιμοποιούνται για την εξόρυξη και εκμετάλλευση της υφαλοκρηπίδας και του βυθού των θαλασσών (π.χ. πλατφόρμες και γεωτρύπανα εξόρυξης υποθαλάσσιου πετρελαίου και φυσικού αερίου).

Πίνακας 4: Τα Παραρτήματα της MARPOL 1973/1978

Παράρτημα	*Αντικείμενο*	Ημερομηνία ισχύος
I	Ρύπανση από πετρέλαιο	2 Οκτωβρίου 1983
II	Ρύπανση από υγρές επιβλαβείς ουσίες χύμα	6 Απριλίου 1987
III	Ρύπανση από επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται θαλάσσια σε συσκευασίες, εμπορευματοκιβώτια, φορητές δεξαμενές ή βυτιοφόρα οχήματα	1 Ιουλίου 1992
IV	Ρύπανση από λύματα	27 Σεπτεμβρίου 2003
V	Ρύπανση από απορρίμματα	31 Δεκεμβρίου 1988
VI	Ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα πλοία	19 Μαΐου 2005

ΠΗΓΗ: IMO News, No1, (2007)

Γενικότερα μέχρι το 1974 είχαν ήδη υιοθετηθεί αρκετές συμβάσεις, τόσο σε διεθνές όσο και σε περιφερειακό επίπεδο: πρώτον οι ΔΣ του IMO CLC (1969), INTERVENTION (1969), FUND (1971), LDC (1972), δεύτερον η Διάσκεψη της Στοκχόλμης (1972) και τρίτον οι περιφερειακές συμβάσεις του Όσλο για τις Απορρίψεις (1972), του Ελσίνκι για το θαλάσσιο περιβάλλον (1974) και του Παρισιού για τη θαλάσσια ρύπανση από τις χερσαίες πηγές (1974).

Το κοινό στοιχείο των παραπάνω συμβάσεων εκτός από τη σύμβαση της Βαλτικής ήταν η αναφορά σε μία μόνο μορφή θαλάσσιας ρύπανσης. Αντίθετα η MARPOL αναφέρεται σ' όλες τις μορφές θαλάσσιας ρύπανσης που προκαλείται από τη λειτουργία των εμπορικών πλοίων. Ο σκοπός της MARPOL ορίζεται σαφώς στο άρθρο 1 όπου ως σημείο αναφοράς είναι η πρόληψη της ρύπανσης του θαλασσίου περιβάλλοντος από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών. Πρόσθετα, ο IMO στην Απόφαση A/237 (VII) της Συνέλευσης του τονίζει ότι ο κύριος στόχος της σύμβασης είναι η εξαφάνιση της εσκεμμένης ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο και άλλες τοξικές ουσίες και η μείωση των απορρίψεων πετρελαίου εξαιτίας ατυχημάτων.

Η επικύρωση της MARPOL υπήρξε χρονοβόρα λόγω οικονομικών και τεχνικών δυσχερειών, π.χ. το πρώτο παράρτημα ήταν ατυχώς συνδεδεμένο με το δεύτερο το οποίο επέβαλλε πρόσθετα βάρη (αυστηρότερα μέτρα) στα κράτη-μέλη. Ο IMO με τη σύγκλιση της Συνδιάσκεψης για την κατάρτιση της MARPOL είχε την πρόθεση της παγιοποίησης αλλά και επέκτασης της ήδη τροποποιημένης OILPOL, δεδομένου ότι το 75% της παγκόσμιας χωρητικότητας δ/ξ είχε επικυρώσει την τελευταία.

7.2 Οι κανονισμοί της MARPOL:

Η MARPOL θεωρείται η κύρια σύμβαση που αναφέρεται στη ρύπανση από τα εμπορικά πλοία. Οι κανονισμοί της είναι επαρκείς για τον έλεγχο της θαλάσσιας ρύπανσης και αυτό που χρειάζεται είναι η συμμόρφωση προς αυτούς από τα κράτη- μέλη. Πρόσθετα, από τη στιγμή που η ρύπανση από τα εμπορικά πλοία είναι ο πιο δημοφιλής τομέας για την έκδοση διεθνών κανονισμών, είναι εξαιρετικά αμφίβολο εάν τα μεγάλα ναυτιλιακά κράτη θα επιθυμούσαν ενδεχόμενες αλλαγές στο υπάρχον σύστημα.

Σύμφωνα με τη MARPOL, τα άρθρα 1-8 αναφέρονται σε γενικούς κανονισμούς.
Συγκεκριμένα:

- Στη δικαιοδοσία ελέγχου
- Στην παράθεση των ορισμών «πλοίο», πρόκειται για μία ευρεία έννοια του όρου η οποία περιλαμβάνει οτιδήποτε σκάφος χρησιμοποιείται στη θάλασσα και «συμβάν», δηλαδή ένα γεγονός που αφορά στην απόρριψη ή πιθανή απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο θαλάσσιο περιβάλλον
- Στην εξαίρεση των πολεμικών πλοίων και των κυβερνητικών πλοίων που δεν χρησιμοποιούνται για εμπορικούς σκοπούς
- Στην υποχρέωση όλων των πλοίων για την κατοχή του IOPP προς συμμόρφωση στις διατάξεις της MARPOL
- Στη συνεργασία ανάμεσα στα κράτη-μέλη για εντοπισμό παραβάσεων
- Στην καθιέρωση των ειδικών θαλάσσιων περιοχών που θεωρούνται αρκετά ευπαθείς στη ρύπανση από πετρελαιοειδή και επομένως οι απορρίψεις πετρελαίου σε αυτές έχουν απαγορευθεί.

Σύμφωνα με το παράρτημα Ι της σύμβασης οι ειδικές περιοχές είναι:

(α) Η Μεσόγειος θάλασσα από τον παράλληλο 41º Β στα θαλάσσια όρια Μεσογείου και Μαύρης θάλασσας μέχρι τον μεσημβρινό 5º 36΄ Δ στα στενά του Γιβραλτάρ
(β) Η Βαλτική θάλασσα από τον κόλπο της Βοθνίας στη Φιλανδία μέχρι την είσοδο της Βαλτικής που ορίζεται από τον παράλληλο 57º 44.8΄
(γ) Η Μαύρη θάλασσα μέχρι τον παράλληλο 41º Β στα σύνορα Μεσογείου και Εύξεινου Πόντου
(δ) Η Ερυθρά θάλασσα περιλαμβάνοντας τους κόλπους του Σουέζ και της Άκαμπα
(ε) Ο Περσικός Κόλπος και ο Κόλπος του Ομάν.

7.3 Τα παραρτήματα της MARPOL 73/78:

Η αρχική Συνθήκη του 1973 περιλάμβανε 5 τεχνικά Παραρτήματα και τη δεκαετία του 1990 προστέθηκε άλλο ένα, το έκτο Παράρτημα. Κάθε Παράρτημα πραγματεύεται Κανονισμούς για ένα συγκεκριμένο τομέα ως εξής:

•ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Κανονισμοί για τη πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από το πετρέλαιο.

•ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Κανονισμοί για τον έλεγχο της θαλάσσιας ρύπανσης από τις επιβλαβείς ουσίες σε μορφή χύδην.

•ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Κανονισμοί για τη ρύπανση της θάλασσας από επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται θαλασσίως σε συσκευασμένη μορφή. (εμπορευματοκιβώτια, φορητές δεξαμενές ή βυτιοφόρα οχήματα)

•ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: Κανονισμοί για τη πρόληψη της ρύπανσης από λύματα από τα σκάφη. (έναρξη ισχύος:27 Σεπτεμβρίου 2003)

•ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: Κανονισμοί για τη πρόληψη της ρύπανσης από τα απορρίμματα από τα πλοία.

•ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI: Κανονισμοί για τη πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα σκάφη. (από τις εκρροές αερίων από τα πλοία, πχ διοξείδιο του άνθρακα)

Στην παρούσα διπλωματική εμείς θα εξετάσουμε τον κανονισμό 23 που ανήκει στο Παράρτημα Ι το οποίο αναφέρεται στα εξής:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο
Έναρξη ισχύος: 2 Οκτωβρίου 1983
Το πετρέλαιο είναι μια από τις πιο διαδεδομένες ουσίες που ρυπαίνουν το θαλάσσιο περιβάλλον. Διοχετεύεται στη θάλασσα από διάφορες πήγες, όπως από φυσικές διαφυγές του βυθού και διαβρώσεις ιζηματογενών στρωμάτων, από την ατμόσφαιρα με τις βροχές, από τις θαλάσσιες πετρελαιοπηγές, από τα διυλιστήρια, από τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα , από τα ποτάμια και τις απορρίψεις των πλοίων.
Ενώ η ποσότητα του πετρελαίου που μεταφέρθηκε μεσώ θάλασσας τα τελευταία χρόνια αυξήθηκε σημαντικά όπως δείχνουν και διάφορες έρευνες, η ποσότητα πετρελαίου που εισήλθε στη θάλασσα από τις θαλάσσιες μεταφορές μειώθηκε σημαντικά. Σύμφωνα με μια μελέτη της Εθνικής Ακαδημίας Επιστήμων των Η.Π.Α (1990) εκτιμήθηκε ότι οι απορρίψεις πετρελαίου από τα πλοία έχουν μειωθεί από 1,47 εκατομμύρια τόνους το 1981 σε 600.000 το 1989.Συμφωνα με την ίδια μελέτη, από την παραπάνω ποσότητα των 600.000 τόνων πετρελαίου που εισέρχονται κάθε χρόνο από τις θαλάσσιες μεταφορές, πάνω από το 60% προκαλείται από λειτουργικές διαδικασίες (έρμα από δεξαμενές φορτίου, σεντίνας μηχανοστασίου, κατάλοιπα, δεξαμενισμοί κ.λ.π) ενώ το υπόλοιπο οφείλεται σε ατυχήματα πετρελαιοφόρων και άλλων πλοίων. Η ρύπανση με πετρέλαιο είτε είναι λειτουργική, είτε είναι ατυχηματικη, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την υπεύθυνη εφαρμογή όλων των απαιτήσεων που αφορούν τη πρόληψη της πετρελαϊκής ρύπανσης και την ασφάλεια του πλοίου, και οι οποίες βρίσκονται στο Παράρτημα Ι.

Το Παράρτημα Ι της MARPOL περιλαμβάνει Κανονισμούς για τη Πρόληψη της Ρύπανσης με Πετρέλαιο από τα Πλοία, και χωρίζεται σε 4 μέρη:

•ΜΕΡΟΣ Ι: Γενικά (Κανονισμοί 1 έως 8)

•ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ: Απαιτήσεις για τον έλεγχο της λειτουργικής ρυπάνεις (Κανονισμοί 9 έως 21)

•ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ: Απαιτήσεις για την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης από πετρέλαιο, που οφείλεται σε ζημίες των πλευρών ή του πυθμένα των πετρελαιοφόρων (Κανονισμοί 22 έως 25).

•ΜΕΡΟΣ ΙV: Πρόληψη της ρύπανσης που προκαλείται από περιστατικά πετρελαϊκής ρύπανσης (Κανονισμός 26).

Συγκεκριμένοι Κανονισμοί του Παραρτήματος Ι αφορούν αποκλειστικά τα πετρελαιοφόρα, ενώ άλλοι αφορούν τα πλοία ανεξαρτήτως τύπου. Η ευθύνη εφαρμογής των κανονισμών του Παραρτήματος Ι μπορεί να είναι είτε των Κυβερνήσεων και των Λιμενικών Αρχών, είτε των Πλοιοκτητών, των φορτωτών και των παραληπτών Φορτίων, του προσωπικού του πλοίου και ιδιαίτερα του Πλοίαρχου και των Αξιωματικών.

7.4 Η θαλάσσια ρύπανση από τα ατυχήματα των εμπορικών πλοίων:

Είναι γνωστό ότι τα εμπορικά πλοία κατά την επιχειρησιακή τους λειτουργία κινδυνεύουν από κάθε είδους ατυχήματα. Οι κίνδυνοι της θάλασσας προέρχονται από σφοδρούς ανέμους και την κίνηση των κυμάτων, τα παλιρροιακά ρεύματα, την ομίχλη, τους υφάλους ιδίως κοντά σε ακτές και τα διάφορα αβαθή.
Οι απότομες αλλαγές στην κίνηση των ανέμων μεταβάλλουν τις συνθήκες στη θάλασσα και σε συνδυασμό με την αδυναμία του ανθρώπου πολλές φορές να αντιμετωπίσει (ή και να επιβιώσει) αβοήθητος στο θαλάσσιο περιβάλλον, οδηγούν σε απώλειες ανθρώπινων ζωών, πλοίου, φορτίου και πιθανόν σε θαλάσσια ρύπανση.
Μία πηγή υποστηρίζει ότι οι ατυχηματικές απορρίψεις από τα τάνκερς είναι δύο ειδών. Η πρώτη περίπτωση αφορά στους τερματικούς σταθμούς κατά τη διάρκεια φορτώσεων ή εκφορτώσεων. Οι απορρίψεις αυτές μολονότι αποτελούν ένα μικρό μέρος της θαλάσσιας ρύπανσης, πιθανόν να προκαλούν σοβαρές συνέπειες διότι το πετρέλαιο είναι συνήθως αδιάλυτο και απειλεί τους χώρους των λιμένων. Η δεύτερη περίπτωση που είναι και η πιο σοβαρή από τις δύο αφορά στα ατυχήματα των τάνκερς στη θάλασσα.
Ειδικότερα, τα περισσότερα ατυχήματα των δεξαμενόπλοιων συμβαίνουν κοντά στις ακτές ή και σε περιοχές πυκνής κυκλοφορίας, οι δε περιπτώσεις ολικών απωλειών πλοίων ή και φορτίων (total losses or casualties) ανήκουν σε επτά επιμέρους κατηγορίες και μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

Βασικές κατηγορίες ατυχημάτων:

(1) Βύθιση του πλοίου (foundering or sinking) κυρίως στην ανοιχτή θάλασσα λόγω δυσμενών κλιματολογικών συνθηκών ή μετατόπισης του φορτίου με αποτέλεσμα να κοπεί το πλοίο σε δύο κομμάτια. Για να θεωρηθεί η βύθιση σαν ολική απώλεια του πλοίου αυτό εξαρτάται από παράγοντες όπως η πιθανότητα να ανελκυστεί σε σχέση με την κατάστασή του και τον τόπο του ατυχήματος καθώς και οι διαθέσιμες υπηρεσίες επιθαλάσσιας αρωγής.

(2) Προσάραξη του πλοίου (grounding) ή όπως κοινώς αποκαλείται όταν το πλοίο «πέφτει έξω» (stranding) συνήθως σε παράκτιες περιοχές με πυκνή κυκλοφορία λόγω κυρίως μηχανικής βλάβης, κακοκαιρίας και λανθασμένης πλοήγησης. Τα μεγάλης χωρητικότητας δεξαμενόπλοια (Very Large Crude Carriers) είναι ιδιαίτερα ευπαθή σε τέτοιου είδους ατυχήματα λόγω των διαστάσεων τους και της ύπαρξης ελάχιστου χώρου για ελιγμούς (maneuvering).

Case Study: η περίπτωση του δεξαμενόπλοιου METULA που το έτος 1974 με φορτίο 190.000 τόνων πετρελαίου ενώ έπλεε προς τη Χιλή, επέλεξε πορεία διαμέσου των στενών του Μαγγελάνου λόγω της σφοδρής κακοκαιρίας. Ένα λάθος ναυσιπλοΐας οδήγησε στην προσάραξη σε υφάλους με τη μέγιστη ταχύτητα του με αποτέλεσμα τη διαρροή 50.000 τόνων φορτίου στο θαλάσσιο περιβάλλον.
Με σκοπό να μειωθούν τα ατυχήματα εξαιτίας προσαράξεων ο IMO έχει εκτιμήσει ποιες θαλάσσιες περιοχές με μεταβαλλόμενο βάθος είναι κατάλληλες για πλοία με μεγάλα βυθίσματα και ποιες είναι σωστό να αποφεύγονται διότι δεν έχει γίνει ακόμη συστηματική έρευνα.

(3) Σύγκρουση (collision) ή επαφή του πλοίου (contact). Στην πρώτη περίπτωση με άλλο πλοίο κυρίως σε λιμένες ή τερματικούς σταθμούς και στις θαλάσσιες περιοχές με συχνή κυκλοφορία λ.χ. διεθνή στενά, διώρυγες κλπ.

Case Study: το δεξαμενόπλοιο PATMOS το έτος 1985 με φορτίο 83.000 τόνων συγκρούστηκε στα στενά της Μεσσίνας στην Ιταλία με ένα άλλο πετρελαιοφόρο που βρισκόταν σε ταξίδι υπό έρμα (δηλαδή χωρίς φορτίο). Η ποσότητα πετρελαίου που χύθηκε στο θαλάσσιο περιβάλλον ήταν μικρή αλλά η οικολογική καταστροφή ήταν μεγάλη.
Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε επαφή του πλοίου με μία μόνιμη εγκατάσταση π.χ. μεταφορικά μέσα ξηράς, προβλήτες λιμένων, πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου. Οι στατιστικές αναλύσεις θεωρούν ότι περίπου το 90% των περιπτώσεων σύγκρουσης και επαφής είναι αποτέλεσμα ανθρώπινου λάθους.
Σπουδαίο ρόλο στη μείωση των ναυτικών ατυχημάτων από συγκρούσεις διαδραματίζει η σύμβαση του IMO «Διεθνείς κανονισμοί για την αποφυγή των συγκρούσεων στη θάλασσα» (1972), η οποία καθιερώνει τις υποχρεωτικές πορείες πλοίων (traffic seperation schemes), ιδίως σε περιοχές που υπάρχει συχνή κυκλοφορία, και νέα βελτιωμένα συστήματα ραντάρ (το λεγόμενο ARPA).

(4) Έκρηξη (explosion) ή και πυρκαγιά (fire) που εμφανίζει υψηλά ποσοστά σε απώλειες ανθρώπινων ζωών διότι συνήθως το πλοίο δεν έχει άμεση βοήθεια από την πλησιέστερη ακτή και οι επικρατούσες συνθήκες είναι εξαιρετικά δύσκολες ιδίως κατά τη διάρκεια σφοδρής κακοκαιρίας όταν μεταφέρεται επικίνδυνο φορτίο.

Case Study: το δεξαμενόπλοιο CASTILLO DE BELLVER το έτος 1983 φορτωμένο με 250.000 τόνους πετρέλαιο τυλίχθηκε στις φλόγες κοντά στο λιμάνι του Κέιπταουν στη Νότια Αφρική. Ακολούθησαν μαζικές εκρήξεις και σαν αποτέλεσμα το πλοίο κόπηκε σε δύο κομμάτια αλλά οι άνεμοι που έπνεαν στην περιοχή βοήθησαν να αποφευχθεί μεγάλη ζημιά στις ακτές από τη διαρροή πετρελαίου.
Ακόμη και μετά την εγκατάσταση νέων συστημάτων πάνω στο πλοίο όπως η χρήση του αδρανούς αερίου (Inert Gas System) και η πλύση των δεξαμενών με αργό πετρέλαιο (Crude Oil Washing) για τη μείωση των ποσοστών του οξυγόνου εντός των δεξαμενών φορτίου δεν έχει επιλύσει οριστικά το πρόβλημα της πρόληψης των εκρήξεων στα δεξαμενόπλοια.

(5) Ζημιές στη δομή του πλοίου (structural failure) που συνήθως εμφανίζονται είτε στο εξωτερικό περίβλημα του πλοίου (hull) είτε στα τοιχώματα των δεξαμενών (bulkheads) εξαιτίας κυρίως καιρικών συνθηκών, μετατόπισης φορτίου και μηχανικής βλάβης, κακής συντήρησης με προφανή συνέπεια την μη αντοχή των υλικών.

Case Study: το δεξαμενόπλοιο WAFRA το έτος 1971 φορτωμένο με 40.000 τόνους αργό πετρέλαιο ζήτησε τη βοήθεια ρυμουλκών όταν ακινητοποιήθηκε λόγω μηχανικής βλάβης και πλημμύρισε το μηχανοστάσιο ενώ βρισκόταν κοντά στις ακτές της Νότιας Αφρικής, αλλά η επιχείρηση διάσωσης απέτυχε και η πετρελαιοκηλίδα κατάστρεψε μεγάλες εκτάσεις της παράκτιας ζώνης και μεγάλο αριθμό της θαλάσσιας πανίδας.
Πρέπει όμως να αναφέρουμε για αυτό το είδος ατυχήματος ότι η σχετική ανθεκτικότητα στην κατασκευή ενός πλοίου σχετίζεται άμεσα με την ηλικία του, στοιχείο που επιβεβαιώνεται από τον υψηλό μέσο όρο ηλικίας του παγκόσμιου στόλου δεξαμενόπλοιων, ιδίως των μεγάλων πλοίων.

(6) Απώλειες λόγω πολεμικών εχθροπραξιών (war losses), οι οποίες συμβαίνουν σε δύο περιπτώσεις. Πρώτον, όταν τα δεξαμενόπλοια έχουν επιταχθεί από την κυβέρνηση ενός κράτους για τη μεταφορά καυσίμων κατά τη διάρκεια εμπόλεμων καταστάσεων και δεύτερον, όταν απασχολούνται εξαιρετικά μεγάλης χωρητικότητας δεξαμενόπλοια για τη μεταφορά πετρελαίου σε περιόδους πετρελαϊκών κρίσεων για οικονομικούς λόγους και εισέρχονται σε περιοχές που υπάρχουν εχθροπραξίες.

(7) Ετερόκλητα ατυχήματα τα οποία μπορούμε να τα διαχωρίσουμε σε τέσσερις υποκατηγορίες:

(α) Μικτές μορφές των παραπάνω π.χ. πυρκαγιά και βύθιση, σύγκρουση και βύθιση, προσάραξη και πυρκαγιά, σύγκρουση και έκρηξη. Το φαινόμενο των μικτών μορφών

ατυχημάτων προβάλλει αρκετές δυσκολίες στην κατηγοριοποίηση τους διότι εξαρτάται από το ποιος οργανισμός κάνει την επεξεργασία των στοιχείων, π.χ. ένα πλοίο προσαράσσει ενώ προσπαθούσε να αποφύγει μία σύγκρουση αλλά τελικώς συγκρούεται με άλλο πλοίο, τι είδους ατύχημα θα θεωρηθεί αυτό.

(β) Εσκεμμένη βύθιση του πλοίου (scuttling) με τη μέθοδο του ανοίγματος οπών στα ύφαλα του πλοίου για να μην περιέλθει αυτό στην κατοχή του εχθρού σε περιόδους πολέμου ή για την εξοικονόμηση χρημάτων π.χ. ασφάλεια του πλοίου όταν ο πλοιοκτήτης δίνει εντολή για βύθιση του πλοίου.

Case Study: το δεξαμενόπλοιο SALEM το έτος 1980 αποτελεί τη σοβαρότερη υπόθεση ναυτικής απάτης όταν βυθίστηκε εσκεμμένα από το πλήρωμα πλησίον των ακτών της Σενεγάλης αφού είχε ήδη εκφορτώσει το φορτίο του στη Νότιο Αφρική (190.000 τόνοι), αφήνοντας 15.000 τόνους στις δεξαμενές φορτίου μαζί με θαλασσινό έρμα για να φαίνεται περισσότερο πειστική η απώλεια.

(γ) Εξαφάνιση του πλοίου χωρίς αιτιολόγηση (disappearance).
Case Study: το δεξαμενόπλοιο MILTON IATRIDIS το έτος 1969 φορτωμένο με 9.500 τόνους καυστική σόδα ενώ έπλεε προς τη Δυτική Αυστραλία εξαφανίστηκε ανεξήγητα μαζί με το πλήρωμα. Παρόλο που έγινε η διεξαγωγή εκτεταμένων ερευνών από θάλασσα και αέρα δεν βρέθηκε ούτε ένα αποδεικτικό στοιχείο για την απώλεια του πλοίου και παραμένει ακόμη και σήμερα ένα από τα μυστήρια της θάλασσας.

(δ) Εγκατάλειψη του πλοίου (abandoned).
Case Study: το δεξαμενόπλοιο EASTLAND TRADER το έτος 1968 φορτωμένο με αργό πετρέλαιο και κατεύθυνση προς το Χόνγκ Κόνγκ, εγκαταλείφθηκε από το πλήρωμα του κοντά στις ακτές της Αλγερίας διότι αντιμετώπιζε προβλήματα σοβαρών διαρροών πετρελαίου από τον πυθμένα του.
Είναι ευνόητο ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες φορτίου που μεταφέρονται, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η πρόκληση ζημιάς στο θαλάσσιο περιβάλλον με όλες τις σχετικές συνέπειες. Σαν αποτέλεσμα, τα γιγαντιαία πλοία απειλούν με σοβαρούς κινδύνους τις περιοχές μέσα στις οποίες κινούνται παρά την προσπάθεια της διεθνούς νομοθεσίας που στοχεύει να περιορίσει τους κινδύνους αυτούς.
Αρκεί να υπενθυμίσουμε ότι η θαλάσσια ρύπανση που προκαλείται από το αργό πετρέλαιο, από τα παράγωγα του πετρελαίου ή από ορισμένα χημικά φορτία εξαιρετικά μεγάλης τοξικότητας για το θαλάσσιο περιβάλλον, προξενεί μεγάλη διαταραχή στο θαλάσσιο οικοσύστημα ενώ συγχρόνως η καταπολέμηση της είναι επίπονη, χρονοβόρα και εξαιρετικά δαπανηρή με αμφίβολα μάλιστα αποτελέσματα στις περιπτώσεις εκείνες που δρουν επιβαρυντικές συνθήκες.
Εκτός όμως από τις απώλειες πλοίων που προξένησαν σοβαρή ζημιά στο θαλάσσιο περιβάλλον, πολλές φορές αποφεύχθηκε η περιβαλλοντική καταστροφή (την τελευταία ίσως στιγμή) διότι δεν δημιουργήθηκε σοβαρή ρύπανση παρά το γεγονός ότι πολλά από αυτά τα πλοία ήταν

φορτωμένα κυρίως με αργό πετρέλαιο κατά τη στιγμή της καταστροφής. Αυτό βέβαια σημαίνει ότι τα σωστικά μέσα κατόρθωσαν να θέσουν υπό έλεγχο την κατάσταση ή να διασώσουν μεγάλο μέρος του φορτίου πριν αυτό διαρρεύσει στη θάλασσα.

Σύμφωνα με μία μελέτη, αναλύοντας 38 περιπτώσεις θαλάσσιας ρύπανσης από τα δεξαμενόπλοια, βρέθηκε ότι:

α) 11 περιπτώσεις οφείλονται σε προσάραξη του πλοίου σε βυθό/ύφαλο (ή αλλιώς 28,9% των περιπτώσεων)

β) 11 περιπτώσεις οφείλονται σε συγκρούσεις (ή αλλιώς 28,9% των περιπτώσεων)

γ) 8 περιπτώσεις οφείλονται σε πυρκαγιά/έκρηξη (ή αλλιώς 21% των περιπτώσεων)

δ) 8 περιπτώσεις οφείλονται σε αποτυχία της δομής του πλοίου για οποιοδήποτε λόγο (ή αλλιώς 21% των περιπτώσεων)

Εξάλλου σύμφωνα με παραπλήσιας υφής μελέτη 85 η οποία αναλύει τα αίτια δημιουργίας των 50 μεγαλύτερων κηλίδων πετρελαίου που προκλήθηκαν από πλοία τύπου tankers και συνδυασμένων μεταφορών (O/O, OBO) βρέθηκε ότι:

α) σε 14 περιπτώσεις αίτιο ήταν η προσάραξη σε βυθό ή ύφαλο (ή αλλιώς 28% των περιπτώσεων)

β) σε 12 περιπτώσεις αίτιο ήταν η πυρκαγιά/έκρηξη (ή αλλιώς 24% των περιπτώσεων)

γ) σε 11 περιπτώσεις αίτιο ήταν η σύγκρουση (ή αλλιώς 22% των περιπτώσεων)

δ) σε 11 περιπτώσεις αίτιο ήταν η αποτυχία της δομής του πλοίου λόγω κοπώσεως των μετάλλων (ή αλλιώς 22% των περιπτώσεων)

ε) σε 2 περιπτώσεις το αίτιο παραμένει άγνωστο (ή αλλιώς 4% των περιπτώσεων)

Εάν συγκρίνουμε και αναλύσουμε τα ποσοστά από τις δύο μελέτες μπορούμε να συνάγουμε μία σειρά από συμπεράσματα που αφορούν άμεσα την προβληματική μας. Τα ποσοστά σε κάθε κατηγορία αιτίων είναι ίδια ή παραπλήσια, πράγμα που επιβεβαιώνει την αξία των στατιστικών τους μελετών. Ο ανθρώπινος παράγοντας φαίνεται υπεύθυνος για τις περισσότερες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα ευθύνεται σχεδόν ολικά για τις περιπτώσεις προσαράξεων και συγκρούσεων (57,8% και 50% αντίστοιχα) πιθανόν και για τμήμα της κατηγορίας πυρκαγιά και έκρηξη (21% και 24% και στις δύο μελέτες). Η ηλικία του πλοίου είναι δευτερεύον αίτιο, αφού αναφέρεται σε μικρό ποσοστό μόνο των κατηγοριών πυρκαγιά και έκρηξη (21% και 24%) και αποτυχία δομής πλοίου (21% και 22%).

Σύμφωνα με τα στοιχεία πιο πρόσφατης μελέτης, οι απορρίψεις πετρελαίου στη θάλασσα από τα εμπορικά πλοία υπολογίζεται ότι έχουν πέσει δραματικά, από 2,13 εκ. τόνοι (1973) σε 1,47 εκ. (1981) και τελικά σε 568,000 τόνοι (1989), εκ των οποίων μόνο 121,000 τόνοι οφείλονται σε ατυχήματα δεξαμενόπλοιων. Τούτο πιθανόν να οφείλεται στην εισαγωγή νέων τεχνολογιών πάνω στα πλοία που καθιέρωσε η ναυτιλιακή βιομηχανία λ.χ. LOT, COW, SBT και στην έναρξη ισχύος της σύμβασης MARPOL.

Ειδικότερα για την ατυχηματική ρύπανση, εμφανίζεται μία πτωτική τάση από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1980 (ο μέσος ετήσιος αριθμός των σημαντικότερων απορρίψεων έχει πέσει στο 1/3 σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία). Οι συχνότερες αιτίες αφορούν στις συγκρούσεις και τις προσαράξεις αλλά μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου χύθηκαν εξαιτίας εκρήξεων και αποτυχίας της δομής του πλοίου.

Το γεγονός ότι ένας μεγάλος αριθμός διεθνών και ιδιωτικών οργανισμών συγκεντρώνει στοιχεία, όσο επαγγελματικά και με σχετική επιμέλεια να γίνεται αυτό, δεν είναι δυνατόν να επιλυθεί το πρόβλημα της έλλειψης στοιχείων, επομένως και αρκετά περιστατικά δε θα γίνουν γνωστά. Πλείστα προβλήματα δημιουργούνται με τον χαρακτηρισμό ενός ατυχήματος, ιδίως στις μικτές μορφές, εξαρτάται δε από ποιος κάνει την επεξεργασία των στοιχείων.

Πρόσθετα υπάρχουν δυσχέρειες στον υπολογισμό της ποσότητας πετρελαίου που χύθηκε στο θαλάσσιο περιβάλλον για κάθε περιστατικό, όχι μόνο όταν έχουμε απόρριψη λίγων τόνων πετρελαίου οπότε και η απόκλιση είναι συνήθως μεγάλη, αλλά και στις πιο δύσκολες περιπτώσεις όπου έχει παραμείνει φορτίο στις δεξαμενές ενός βυθισμένου πλοίου ή η πυρκαγιά έχει ήδη απορροφήσει μέρος του φορτίου. Πολλοί φορείς βασίζονται σε στοιχεία που δίδονται εθελοντικά από τους πλοιοκτήτες τα οποία και συμπληρώνονται από άλλες πηγές. Αυτή η εξάρτηση από εθελοντική ροή πληροφοριών μας οδηγεί αναπόφευκτα στη σκέψη ότι η πληροφορία δεν είναι ακριβής, ιδίως για τις περιπτώσεις πολύ μικρών απορρίψεων.

Υπάρχει επομένως μεγάλος κίνδυνος να δίνεται έμφαση στις στατιστικές. Οι προσαράξεις, συγκρούσεις, εκρήξεις είναι αποτελέσματα και όχι οι αρχικές αιτίες. Εάν κάποιος επιθυμεί να γνωρίσει την πραγματική αιτία πρέπει να κοιτάξει πίσω από τα δεδομένα και να αναρωτηθεί γιατί συνέβη ή προσάραξη. Τα πλοία δεν κτυπούν από μόνα τους σε έναν ύφαλο αλλά οδηγούνται εκεί.

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται αναλυτική παρουσίαση των σοβαρότερων ατυχημάτων δεξαμενόπλοιων για μία αρκετά μεγάλη χρονική περίοδο από την πλευρά των ποσοτήτων πετρελαίου που εκχύθηκαν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Σ' αυτή την λίστα δεν περιλαμβάνονται περιστατικά ρύπανσης που προκλήθηκαν αποκλειστικά από εχθροπραξίες.

Οι σοβαρότερες διαρροές πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον από ατυχήματα δεξαμενόπλοιων

Όνομα Δ/Ξ	Ετος ναυπη-γήσεως	DWT	Ημ/νία Ατυχή-ματος	Περιοχή Ατυχήματος	Αρχικό Αίτιο	Σημαία	Ποσότητα (τόνοι)	Σχόλια-Συνέπειες
Atlantic Empress	1974	297.361	19.07.79	Πλησίον του Τομπάγκο	Σύγκρουση	Ελληνική	287.000	Συγκρούστηκε με το Δ/Ξ ***Aegean Captain***. Η μεγαλύτερη μέχρι σήμερα ρύπανση από πετρέλαιο (σε ποσότητα) που έχει επίσημα καταγραφεί
ABT Summer	1974	267.801	28.05.91	Δ. της Αγκόλας	Έκρηξη	Λιβερίας	260.000	Ολική απώλεια του Δ/Ξ, 5 μέλη του πληρώματος χάθηκαν
Castillo de Bellver	1979	271.540	06.08.83	Πλησίον του Κέιπ Τάουν	Έκρηξη	Ισπανική	252.000	Το Δ/Ξ κόπηκε σε δύο κομμάτια και 3 μέλη του πληρώματος χάθηκαν
Amoco Cadiz	1974	237.439	16.03.78	Γαλλικές Ακτές	Προσάραξη	Λιβερίας	223.000	Καθιέρωση των SBT, COW, IGS στα νέα Δ/Ξ άνω των 20.000 DWT (τροποποιήσεις των ΔΣ MARPOL και SOLAS)
Odyssey	1971	138.392	10.11.88	Νέα Σκωτία	Καιρικές συνθήκες / δομή πλοίου	Λιβερίας	132.000	Χάθηκαν και τα 27 μέλη του πληρώματος (15 Έλληνες και 12 ναυτικοί από την Ονδούρα)
Sea Star	1968	122.230	19.12.72	Κόλπος του Ομάν	Σύγκρουση	Νότια Κορέα	121.000	Συγκρούστηκε με το Δ/Ξ ***Horta Barbosa***, 12 ναυτικοί πέθαναν
Torrey Canyon	1959	118.285	18.03.67	Μάγχη	Προσάραξη	Λιβερίας	119.000	Καθιέρωση μείωσης των διαστάσεων των δεξαμενών φορτίου, της ευθύνης του πλοιοκτήτη και της επέμβασης του παράκτιου κράτους στην ανοιχτή θάλασσα για περιστατικά ρύπανσης (τροποποιήσεις της ΔΣ OILPOL και κατάρτιση των ΔΣ CLC, FUND και INTERVENTION)
Texaco Denmark	N/A (*)	125.424 (GRT) (**)	07.12.71	Βέλγιο	Σύγκρουση	N/A	104.000	Έλλειψη στοιχείων. Πιθανότατα δεν υπήρξε ολική απώλεια ή /και βύθιση του Δ/Ξ

Urquiola	1973	111,225	12.05.76	Λα Κορουνια	Προσάραξη	Ισπανική	100.000	Βύθιση του Δ/Ξ. Σκοτώθηκε ο πλοίαρχος. Εκτεταμένες ζημιές στις ιχθυοκαλλιέργειες της περιοχής
Hawaiian Patriot	1965	99.447	23.02.77	Πλησίον της Χαβάης	Καιρικές συνθήκες / Δομή πλοίου	Λιβερίας	95.000	1 μέλος του πληρώματος χάθηκε ενώ δεν προκλήθηκε ρύπανση στα νησιά λόγω ευνοϊκών καιρικών συνθηκών
Independenta	1978	152,408	15.11.79	Βόσπορος	Σύγκρουση	Ρουμανική	95,000	Σύγκρουση με το Ελληνικό Φ/Γ ***Evrialy***. Όλο το πλήρωμα (42) χάθηκε. Παράβαση των κανονισμών διεθνούς ναυσιπλοΐας
Julius Schindler	N/A	12.821 (GRT)	11.02.69	Αζόρες	Προσάραξη	N/A	94.000	Έλλειψη στοιχείων
Jakob Maersk	1966	89,412	29.01.75	Είσοδος του λιμένα Λεϊξόες	Προσάραξη/ έκρηξη	Δανική	88,000	6 μέλη του πληρώματος χάθηκαν ενώ έκλεισε το λιμάνι για λόγους ασφαλείας
Braer	1975	89,730	05.01.93	Σέτλαντ. Σκωτία	Προσάραξη	Λιβερίας	85.000	Καθιέρωση των νέων Δ/Ξ με DH/DB ή άλλο εναλλακτικό σχέδιο ίσης προστασίας (τροποποιήσεις της ΔΣ MARPOL. Κανονισμοί 13F και 13G)
Irenes Serenade	1965	105,460	23.02.80	Πλησίον Πύλου	Έκρηξη	Ελληνική	82.000	Το σοβαρότερο περιστατικό ρυπάνσεως στα Ελληνικά ύδατα. 2 ναυτικοί χάθηκαν ενώ προκλήθηκαν ζημιές στους αγωγούς και την αποβάθρα του σταθμού καυσίμων
Khark 5	1975	284.632	19.12.89	Ανοιχτά του Μαρόκου	Δομή πλοίου	Ιρανική	80.000	Έλλειψη στοιχείων. Επισκιάστηκε από το ατύχημα του ***Exxon Valdez*** την ίδια χρονιά.
Aegean Sea	1973	114.036	03.12.92	Λα Κορούνια	Προσάραξη	Ελληνική	74.000	Το ίδιο με το **Braer**.
Sea Empress	1993	147.273	15.02.96	Ουαλία	Προσάραξη	Λιβερίας	72.000	Καθιέρωση της ευθύνης των λιμενικών αρχών για περιστατικά θαλάσσιας ρυπάνσεως (απόφαση αγγλικών δικαστηρίων)
Katina P.	1966	69,992	17.04.92	Πλησίον Μαπουτο	Δομή πλοίου	Μαλτέζικη	72.000	Οικολογικές ζημιές και προβλήματα στην αναπαραγωγή των γαρίδων της περιοχής. Ο Έλληνας πλοίαρχος κρατήθηκε για δύο μήνες από τις Αρχές της Μοζαμβίκης
Nova	1975	239.435	06.12.85	Ιράν	Σύγκρουση	Νορβηγική	69.000	Έλλειψη στοιχείων. Δεν υπήρξε ολική απώλεια του Δ/Ξ

Prestige (***)	1976	81.564	13.11.02	Βόρεια Ισπανία	Δομή πλοίου	Μπαχάμες	63.000	Σε σφοδρή κακοκαιρία, το πλοίο υπέστη ζημιές στο κύτος, πήρε κλίση και ακυβέρνητο έπλεε προς την ακτή, όπου οι Ισπανικές αρχές αρνήθηκαν ασφαλές καταφύγιο με αποτέλεσμα να βυθιστεί στην ανοιχτή θάλασσα.
Epic Colocotronis	1965	65.673	13.05.75	Πουέρτο Ρίκο	Πυρκαγιά/ δομή πλοίου	Ελληνική	58.000	Καμία απώλεια ανθρώπινης ζωής. Το πλοίο θεωρήθηκε τεκμαρτή απώλεια και πήγε για scrap στην Ταϊβάν
Sinclair Petrolore	1955	56.089	06.12.60	Ανοιχτά της Βραζιλίας	Έκρηξη	Λιβερίας	56.000	Έλλειψη στοιχείων. Βύθιση του Δ/Ξ
Assimi	1964	59.032	07.01.83	Ανοιχτά του Μασκάτ	Πυρκαγιά/ έκρηξη	Ελληνική	53.000	Εσκεμμένη βύθιση του Δ/Ξ διότι αποτελούσε εμπόδιο στις οδούς ναυσιπλοΐας του Ινδικού ωκεανού
Yuyo Maru No.10	1966	53.684	09.11.74	Τόκιο	Σύγκρουση/ έκρηξη	Ιαπωνική	52.000	Συγκρούστηκε με το Φ/Γ ***Pacific Ares***. 5 ναυτικοί χάθηκαν ενώ ο πλοίαρχος του Δ/Ξ θεωρήθηκε υπεύθυνος για το ατύχημα
Metula	1968	210.719	09.08.74	Στενά Μαγγελάνου	Προσάραξη	Ολλανδική	51.000	Λάθος ναυσιπλοΐας. Προσωρινή απόφαση της Χιλιανής κυβέρνησης για την απαγόρευση διάπλου των στενών από Δ/Ξ άνω των 80.000DWT
Haven (****)	1973	232.164	11.04.91	Γένοβα	Έκρηξη	Κυπριακή	50.000	Βύθιση του Δ/Ξ. 6 μέλη του πληρώματος χάθηκαν. Το Δ/Ξ έκανε το παρθενικό του ταξίδι ύστερα από την παραμονή του για επισκευές σε γιάρδα.
Andros Patria	1970	222.173	31.12.78	Πλησίον Ισπανίας	Καιρικές συνθήκες / δομή πλοίου	Ελληνική	48.000	28 μέλη του πληρώματος και 2 επιβάτες πνίγηκαν όταν επιβιβάστηκαν σε βάρκα διασώσεως.
World Glory	1959	47.179	14.06.68	Πλησίον Ντάρμπαν	Δομή πλοίου / έκρηξη	Λιβερίας	46.000	25 μέλη του πληρώματος χάθηκαν. Οι καιρικές συνθήκες ευνόησαν την αποφυγή σοβαρής ρυπάνσεως των ακτών
British Ambassador	1958	45.650	10.01.75	Δ. της Ιβοζίμα	Δομή πλοίου / διαρροές	Αγγλική	45.000	Καμία απώλεια ανθρώπινης ζωής. Αποτυχία ρυμουλκήσεως του Δ/Ξ
Pericles G.C.	1967	60.044	09.12.83	Πλησίον Ντόχα	Έκρηξη	Ελληνική	44.000	Καμία απώλεια ανθρώπινης ζωής. Δηλώθηκε ως τεκμαρτή απώλεια

Mandoil II	1958	25.313 (GRT)	29.02.68	Α. των ΗΠΑ	Σύγκρουση / πυρκαγιά	Λιβερίας	42.000	Συγκρούστηκε με το Φ/Γ ***Suwaharu Maru***. 11 μέλη του πληρώματος χάθηκαν
Gino	1969	50.000	28.04.79	Ανοιχτά της Γαλλίας **Brittany coast**	Σύγκρουση	Λιβερίας	42.000	Συγκρούστηκε με το χημικό Δ/Ξ ***Team Castor*** σε συνθήκες χαμηλής ορατότητας και βυθίστηκε.
Ennerdale	N/A	N/A	01.06.70	Ανοιχτά των Σεϋχελλών	Επαφή/ Προσάραξη	N/A	41.000	Βοηθητικό Δ/Ξ του ΠΝ της Αγγλίας. Όλο το πλήρωμα σώθηκε. Βυθίστηκε από υποβρύχιο του ΠΝ
Burmah Agate	1963	62.663	01.11.79	Γάλβεστον	Σύγκρουση / εκρηξη	Λιβερίας	41.000	Συγκρούστηκε με το Φ/Γ ***Mimosa*** ενώ βρισκόταν στο αγκυροβόλιο. 32 μέλη του πληρώματος χάθηκαν.
Wafra	1956	50.560	27.02.71	Ακρωτήριο Αγκούλας	Μηχανική βλάβη/ Προσάραξη	Λιβερίας	40.000	Αποτυχία ρυμουλκήσεως. Καταστροφή χλωρίδας και πανίδας της ευρύτερης περιοχής
Tadotsu	1972	132.000	07.12.19 78	Κόλπος Ομάν	Ν/Α	Λιβερίας	40.000	Έλλειψη στοιχείων. Πιθανόν δεν υπήρξε απώλεια του Δ/Ξ
J. A. Lavalleja	1975	131.663	28.12.80	Αρζού	Προσάραξη	Ουρ/ουαης	39.000	Το ίδιο με το Tadotsu
Napier	1957	39.180	09.06.73	Χιλή	Προσάραξη	Λιβερίας	38.000	Καμία απώλεια μέλους του πληρώματος. Το ναυάγιο βομβαρδίστηκε από το ΠΝ της Χιλής
Saint Peter	1957	20.678 (GRT)	11.06.72	Εκουαδόρ	Πυρκαγιά / έκρηξη	Λιβερίας	38.000	Καμία απώλεια μέλους του πληρώματος. Βύθιση του Δ/Ξ. Ζημιές στην παραγωγή ψαριών
Thanassis A	1976	38.877	21.10.94	Ανοιχτά της Μανίλας	Δομή πλοίου	Ν/Α	37.000	Το ατύχημα προκάλεσε ο τυφώνας "Teresa". 16 ναυτικοί χάθηκαν
Exxon Valdez	1986	214.861	24.03.89	Αλάσκα	Προσάραξη	Αμερικής	37.000	Καθιέρωση των Δ/Ξ **DH/DB** και του καθεστώτος απεριόριστης ευθύνης του πλοιοκτήτη σύμφωνα με τον εθνικό νόμο των ΗΠΑ. **OPA 1990**
Corinthos	1963	54.988	31.01.75	Φιλαδέλφεια	Σύγκρουση	Λιβερίας	36.000	26 ναυτικοί έχασαν τη ζωή τους όταν το Δ/Ξ συγκρούστηκε με το Χημικό Δ/Ξ ***Edgar M. Queeny*** κατά τη διάρκεια μανουβρών
Athenian Venture	1975	31.000	21.04.88	Ακρωτήριο Ρεις	Δομή πλοίου / πυρκαγιά	Κυπριακή	35.000	Όλο το πλήρωμα (25) χάθηκε.

Brazilian Marina	1976	319.226	10.01.78	Σάο Σεμπαστιάο	Προσάραξη	Λιβερίας	35.000	Έλλειψη στοιχείων
Irenes Challenge	1956	33.253	18.01.77	Πλησίον νησιού Μίντγουευ	Δομή πλοίου	Λιβερίας	34.000	Συνδιάσκεψη για την ασφάλεια των Δ/Ξ και την πρόληψη της ρυπάνσεως (TSPP) το 1978 και ψήφιση των πρωτοκόλλων των ΔΣ MARPOL και SOLAS
Trader	1957	34.545	11.06.72	ΝΔ της Ελλάδας	διαρροή μηχαν/ασίου	Ελληνική	34.000	Δεν υπήρξε απώλεια ανθρώπινων ζωών. Μία πετρελαιοκηλίδα 100 τ.χλμ. αναφέρθηκε στο Ιόνιο.
Chryssi	1953	19.183 GRT	26.12.70	ΝΔ των Βερμουδων	Καιρικές συνθήκες / δομή πλοίου	Παναμα	33.000	21 ναυτικοί έχασαν τη ζωή τους. Το Δ/Ξ κόπηκε σε δύο κομμάτια και βυθίστηκε
I. Angelicoussis	1964	67.000	16.08.79	Αγκόλα	Έκρηξη	Ελληνική	31.000	3 ναυτικοί και 1 εργάτης σκοτώθηκαν στον τερματικό σταθμό. τροποποιήσεις 1984. 1985 της ΔΣ MARPOL
Tasman Spirit	1979	87.584	27.07.03	Καράτσι, Πακιστάν	Προσάραξη	Μαλτέζικη	30.000	Το πλοίο προσάραξε στην είσοδο του λιμένα και μετά από 10 ημέρες περίπου λόγω των δύσκολων καιρικών συνθηκών κόπηκε σε δύο κομμάτια

Πηγές: ITOPF, (2007), www.c4tx.org (2006), REMPEC (2004), Times Atlas of the Oceans (1983).

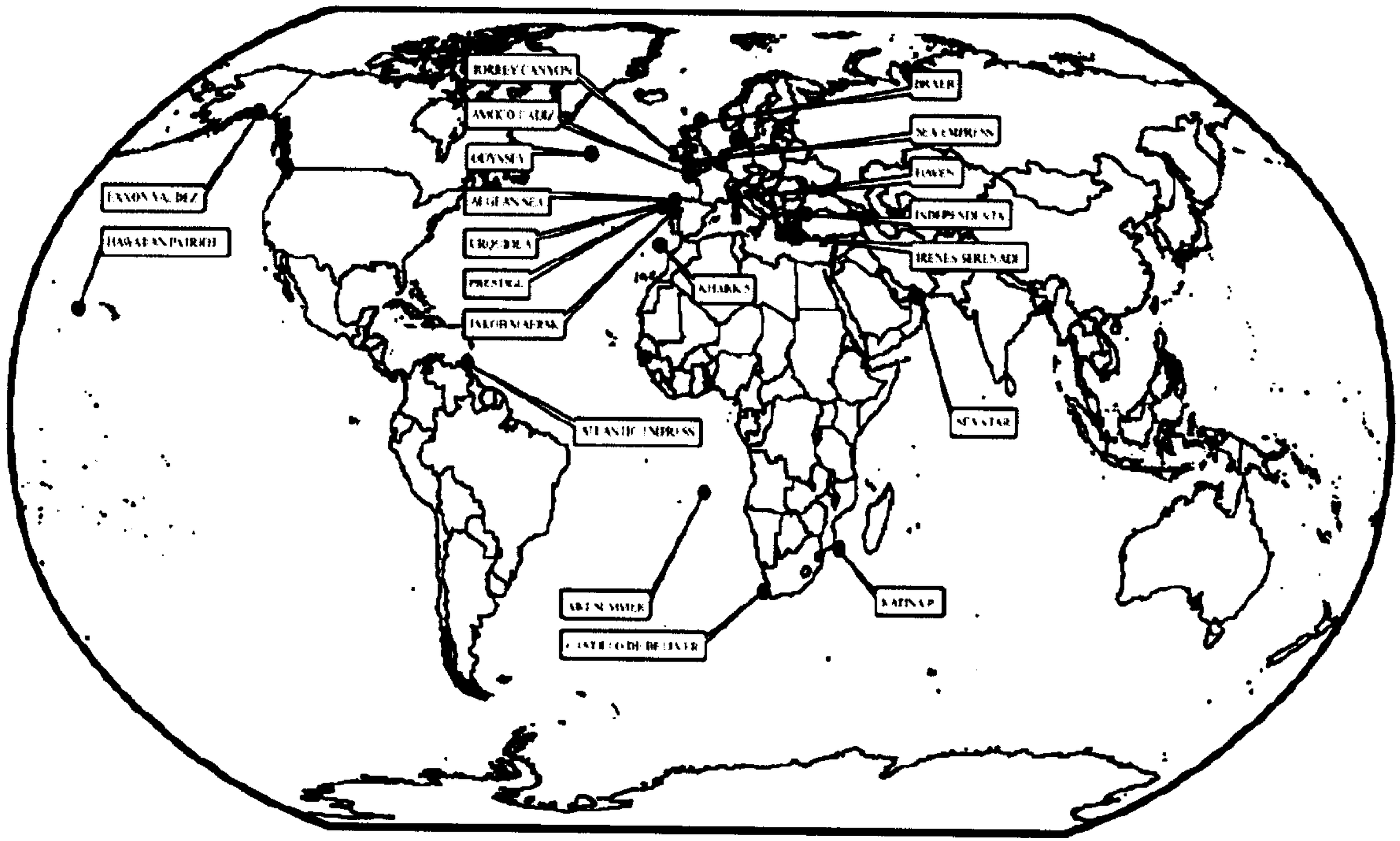
Επεξηγήσεις

(*) N/A = not available (μη διαθέσιμα στοιχεία)

(**) Όπου υπάρχει η ένδειξη GRT, αναφερόμαστε στους ΚΟΧ

(***) Το Prestige μαζί με το Erika είναι τα δύο πρόσφατα σοβαρά περιστατικά ρύπανσης από πετρελαιοειδή στα κοινοτικά ύδατα. Το Erika (δ/ξ, ναυπηγημένο το 1975, νηολογημένο στη Μάλτα) στις 12/12/99 κόπηκε σε δύο κομμάτια και βυθίστηκε στο Βισκαϊκό Κόλπο, προκαλώντας ρύπανση περίπου 20,000 τόνων. Και τα δύο ατυχήματα ήταν αφορμή για νέες αυστηρότερες απαιτήσεις από τη κοινοτική νομοθεσία σχετικά με τις θαλάσσιες μεταφορές.

(****) Σχετικά με τη συνολική ποσότητα που διέρρευσε στο θαλάσσιο περιβάλλον από το ατύχημα του δ/ξ Haven άλλες πηγές αναφέρουν τους 144,000 τόνους (www.itopf.org/stats.html) και άλλες πηγές τους 10,000 τόνους (www.rempec.org/accidents_analysis.html)



Τοποθεσίες ορισμένων σημαντικών ατυχημάτων

7.5 Ποσότητες διαρροής πετρελαίου:

Η πλειοψηφία των διαρροών στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι λιγότερο από 7 τόνους, και τα στοιχεία όσον αφορά τους αριθμούς και τα ποσά είναι ελλιπή. Εντούτοις, τα περισσότερα έτη είναι πιθανό να έχουν μια σχετικά μικρή συμβολή στη συνολική ποσότητα διαρροής πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον ως αποτέλεσμα των ατυχημάτων πετρελαιοφόρων.
Τα στοιχεία όσον αφορά τις διαρροές άνω των 7 τόνων καταγράφονται και τα ποσά διαρροής πετρελαίου κατά τη διάρκεια αυτών των γεγονότων έχουν προστεθεί, για να δώσουν μια σειρά ετήσιων εκτιμήσεων της συνολικής ποσότητας που ανατρέπεται για τα έτη 1970-2005.

Έτος	Ποσότητα (τόνοι)
1970	330.000
1971	138.000
1972	297.000
1973	164.000
1974	175.000
1975	357.000
1976	364.000
1977	291.000
1978	386.000
1979	640.000
Σύνολο δεκαετίας	**3.142.000**
1980	206.000
1981	48.000
1982	12.000
1983	384.000
1984	28.000
1985	85.000
1986	19.000
1987	30.000
1988	190.000
1989	174.000
Σύνολο δεκαετίας	**1.176.000**

Έτος	Ποσότητα (τόνοι)
1990	61.000
1991	430.000
1992	172.000
1993	139.000
1994	130.000
1995	12.000
1996	80.000
1997	72.000
1998	13.000
1999	31.000
Σύνολο δεκαετίας	**1.140.000**
2000	14.000
2001	8.000
2002	67.000
2003	42.000
2004	15.000
2005	17.000

Είναι φανερό ότι μερικές πολύ μεγάλες εκροές είναι αρμόδιες για ένα υψηλό ποσοστό διαρροής πετρελαίου. Παραδείγματος χάριν, στη δεκαετή περίοδο 1990-1999 υπήρξαν 358 εκροές πάνω από 7 τόνους, που αθροιστικά φτάνουν συνολικά 1.140.000 χιλιάδες τόνους, αλλά από αυτούς, οι 830 χιλιάδες τόνοι (73%) ανατράπηκαν σε 10 γεγονότα (ακριβώς κάτω από 3%). Οι αριθμοί για ένα συγκεκριμένο έτος μπορούν επομένως να διαστρεβλωθούν σοβαρά από ένα μεγάλο γεγονός. Αυτό διευκρινίζεται σαφώς μέχρι το 1979 (Atlantic Empress - 287.000 τόνοι), το 1983 (Castillo de Bellver - 252.000 τόνοι) και το 1991 (ABT Summer - 260.000 τόνοι).

7.6 Κανονισμός 23 της Marpol:

Όπως προαναφέραμε το τρίτο και τελευταίο στάδιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η εφαρμογή του κανονισμού 23 – Παράρτημα 1- Κεφάλαιο 4 της Marpol. Όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες σελίδες αυτού του κεφαλαίου, ένας σημαντικός παράγοντας πρόκλησης θαλάσσιου ατυχήματος και συνεπώς ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλοντος είναι η προσάραξη και η σύγκρουση των πλοίων. Ο παραπάνω κανονισμός έχει δημιουργηθεί ακριβώς για να μελετά και να προλαμβάνει τις παραπάνω περιπτώσεις θαλάσσιας ρύπανσης και στηρίζεται σε ένα πιθανοθεωρητικό μοντέλο το οποίο με βάση το μέγεθος του πλοίου και την μεταφορική του ικανότητα υπολογίζει την ποσότητα που θα εκρεύσει από τις δεξαμενές ενός πλοίου σε περίπτωση που υπάρξει διαρροή πετρελαίου από αυτό α) από τα πλάγια του πλοίου (side damage) - Σύγκρουση (collision) ή επαφή του πλοίου (contact)), β) από τον πυθμένα του πλοίου (bottom damage – Προσάραξη του πλοίου (grounding)). Ο σκοπός της ενασχόλησης μας με τον συγκεκριμένο κανονισμό ήταν η εφαρμογή και βελτιστοποίηση αυτού πάνω στο υπό μελέτη πλοίο που αναπτύξαμε. Πιο συγκεκριμένα, η βασική προυπόθεση ήταν η βελτίωση της απόδοσης εκούσιας εκροής πετρελαίου (accidental oil-outflow) από τις δεξαμενές του μελετούμενου πλοίου μας, ενώ ταυτόχρονα στόχος μας ήταν επίσης η ελαχιστοποίηση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής και η βελτιστοποίηση του όγκου του μεταφερόμενου φορτίου. Ο συγκεκριμένος κανονισμός θα πρέπει να εφαρμόζεται σε όλα τα δεξαμενόπλοια τα οποία παραδόθηκαν την ή μετά την 1 Ιανουαρίου του 2010. Παρακάτω βρίσκεται μεταφρασμένος στα ελληνικά ο κανονισμός 23 έτσι ακριβώς όπως υπάρχει στο βιβλίο της Marpol – Annex I – Chapter 4:

7.6.1 Regulation 23 /Κανονισμός 23 - Απόδοση ακούσιας εκροής πετρελαίου:

1. Ο κανονισμός αυτός εφαρμόζεται σε πετρελαιοφόρα τα οποία παραδίδονται την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2010, όπως καθορίζεται στον κανονισμό 1.28.8:

2. Για τον σκοπό του κανονισμού αυτού, εφαρμόζονται οι ακόλουθοι ορισμοί :

1. **Βύθισμα γραμμής φόρτωσης - Load line draught (ds)** : είναι η κατακόρυφη απόσταση, σε μέτρα από την προσβαλλόμενη γραμμή βάσης στο μέσο μήκος ως την ίσαλο γραμμή η οποία αντιστοιχεί στην θερινή γραμμή εξάλων η οποία έχει καθορισθεί στο πλοίο. Υπολογισμοί οι οποίοι πραγματοποιούνται βάσει του κανονισμού αυτού βασίζονται στο βύθισμα ds, παρά το ότι τα καθορισμένα βυθίσματα είναι δυνατό να υπερβαίνουν το ds, όπως η τροπική γραμμή φόρτωσης.

2. Ίσαλος (d_B) : είναι η κατακόρυφη απόσταση, σε μέτρα, από την προβαλλόμενη γραμμή βάσης στο μέσο μήκος ως την ίσαλο γραμμή η οποία αντιστοιχεί σε 30% του βάθους D_S

3. Πλάτος (Bs) : είναι το μέγιστο προβαλλόμενο πλάτος του πλοίου, σε μέτρα, στην ή κάτω από την βαθύτερη γραμμή φόρτωσης ds.

4. Πλάτος (B_B) : είναι το μέγιστο προβαλλόμενο πλάτος του πλοίου, σε μέτρα, στην ή κάτω από την ίσαλο γραμμή d_B.

5. Βάθος (Ds) : είναι το προβαλλόμενο βάθος, σε μέτρα, μετρούμενο στο μέσο μήκος έως το ανώτερο κατάστρωμα στην πλευρά.

6. Μήκος (L) και **νεκρό βάρος (DW)** : είναι όπως καθορίζονται στους κανονισμούς 1.19 και 1.23, αντίστοιχα.

Δηλαδή:
Μήκος (L) σημαίνει το 96 τοις εκατό του ολικού μήκους στην ίσαλο γραμμή, στο 85 τοις εκατό του ελάχιστου πλευρικού βάθους μετρούμενου από την άνω όψη της τρόπιδας, ή το μήκος από το εμπρόσθιο τμήμα της πλώρης έως τον άξονα του πηδαλίου σε αυτή την ίσαλο γραμμή, αν αυτό είναι μεγαλύτερο. Στα πλοία που έχουν σχεδιασθεί με επικλινή τρόπιδα, η ίσαλος επί της οποίας μετράται το μήκος αυτό πρέπει να είναι παράλληλη προς την ίσαλο σχεδιασμού. Το μήκος (L) μετράται σε μέτρα.

Νεκρό Βάρος (DW) σημαίνει την διαφορά σε τόνους μεταξύ του εκτοπίσματος του πλοίου εντός ύδατος ειδικού βάρους 1.025 στην έμφορτο γραμμή ισάλου που αντιστοιχεί στην καθορισθείσα γραμμή εξάλων θέρους και άφορτου εκτοπίσματος του πλοίου.

3. Για να παρέχεται επαρκής προστασία κατά της ρύπανσης από πετρελαιοειδή σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης πρέπει να υπάρχει συμμόρφωση με τα ακόλουθα :

.1 για πετρελαιοφόρα νεκρού βάρους 5.000 τόνων (DW) και άνω, η παράμετρος μέσης εκροής πετρελαίου είναι ως ακόλουθως :

OM ≤	0,015	για	C ≤ 200.000 m^3
OM ≤	0,015 + (0,003/200.000)*(400.000-C)	για	200.000 m^3 < C < 400.000 m^3
OM ≤	0,012		για C ≥ 400.000 m^3

για πλοία συνδιασμένου φορτίου μεταξύ νεκρού βάρους 5.000 τόνων (DWT) και χωρητικότητας 200.000 m^3 , η παράμετρος μέσης εκροής πετρελαίου είναι δυνατό να εφαρμόζεται, υπό την προϋπόθεση ότι οι υπολογισμοί υποβάλλονται προς ικανοποίηση της Αρχής, επιδεικνύοντας ότι αφού δώσει απολογισμό για την αυξημένη δοκιμή του ισχύ, το πλοίο συνδυασμένου φορτίου έχει τουλάχιστον ισοδύναμη απόδοση εκροής πετρελαίου με ένα τυπικό πετρελαιοφόρο διπλού κύτους του ίδιου μεγέθους το οποίο έχει :

OM < = 0,015	
OM ≤ 0,021	για C ≤ 100.000 m^4
OM ≤ 0,015 + (0,006/100.000) * (200.000-C)	για 100.000 m3 < C < 200.000 m^3

όπου

OM = παράμετρος μέσης εκροής πετρελαίου

C = συνολικός ***όγκος φορτίου πετρελαίου*** (including ***slop tanks***), με 98% πλήρωση δεξαμενής

.2Για πετρελαιοφόρα νεκρού βάρους (DWT) μικρότερου των 5.000 τόνων :
Το μήκος κάθε δεξαμενής φορτίου δεν υπερβαίνει τα 10 m ή μια από τις ακόλουθες τιμές, οποιοδήποτε είναι μεγαλύτερο:

.1 Όπου δεν υπάρχει διαμήκες διάφραγμα εσωτερικά των δεξαμενών φορτίου:
(0,5 * (bi/B) + 0,1)* L αλλά δεν υπερβαίνει το 0.2L

.2 Όπου υπάρχει διαμήκες διάφραγμα κεντρικής γραμμής εσωτερικά των δεξαμενών φορτίου:
(0,25 * (bi/B) + 0,15)* L

.3 Όπου υπάρχουν δύο ή περισσότερα διαμήκη διαφράγματα εσωτερικά των δεξαμενών φορτίου :
1. για πλευρικές δεξαμενές φορτίου : 0,2 * L
2. για τις κεντρικές δεξαμενές φορτίου :

.1 εάν bi/B ≥ 0,2 *L τότε : 0,2 *L

.2 εάν bi/B < 0,2 τότε :

-όπου υπάρχει διάφραγμα κατά μήκος της κεντρικής γραμμής :
(0,25 * bi/B + 0,1) * L

-όπου παρέχεται επίμηκες διάφραγμα κεντρικής γραμμής :
(0,25 * bi/B + 0,15) * L

.4 bi είναι η ελάχιστη απόσταση από την πλευρά του πλοίου στο εξωτερικό διαμήκες διάφραγμα της δεξαμενής για την οποία γίνεται ο υπολογισμός προς το εσωτερικό του

πλοίου στην κεντρική γραμμή σε ορθές γωνίες στο επίπεδο το οποίο αντιστοιχεί στο καθορισμένο ύψος εξάλων θέρους.

4. Οι ακόλουθες γενικές υποθέσεις εφαρμόζονται όταν υπολογίζονται η παράμετρος μέσης εκροής πετρελαίου :

.1 Το μήκος του μπλοκ φορτίου εκτείνεται μεταξύ των προσθίων και οπίσθιων άκρων όλων των δεξαμενών οι οποίες έχουν διευθετηθεί για την μεταφορά φορτίου πετρελαίου, περιλαμβανομένων των δεξαμενών καταλοίπων.

.2 Όπου ο κανονισμός αυτός αναφέρεται σε δεξαμενές φορτίου, είναι κατανοητό ότι περιλαμβάνει όλες τις δεξαμενές φορτίου, τις δεξαμενές καταλοίπων και τις δεξαμενές καυσίμων, οι οποίες ευρίσκονται εντός του μήκους μπλοκ φορτίου.

.3 Το πλοίο θεωρείται έμφορτο έως και το βύθισμα της γραμμής φορτίου ds χωρίς ισοστάθμιση ή κλίση.

.4 Όλες οι δεξαμενές φορτίου πετρελαίου θεωρούνται έμφορτες στο 98% της ογκομετρικής χωρητικότητας τους.Η ονομαστική πυκνότητα πετρελαίου (pn) υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$pn = 1000 * (DWT) / C \quad \text{σε } Kg/m^2$$

.5 Για τους σκοπούς αυτών των υπολογισμών εκροής, η διαπερατότητα έκαστου χώρου εντός του μπλοκ φορτίου, περιλαμβανομένων των δεξαμενών φορτίου, των δεξαμενών έρματος και των λοιπών χώρων άνευ πετρελαίου λαμβάνεται ως 0,99 εκτός εάν αποδεικνύεται διαφορετικά.

.6 Τα φρεάτια είναι δυνατό να αγνοούνται κατά τον προσδιορισμό της θέσης της δεξαμενής ύπο την προϋπόθεση ότι τα φρεάτια αυτά είναι μικρά όσο το δυνατόν και η απόσταση μεταξύ του πυθμένα δεν είναι μικρότερη από 0,5 * h, όπου h είναι το ύψος όπως καθορίζεται στον κανονισμό 19.3.2.

5. Οι ακόλουθες υποθέσεις χρησιμοποιούνται όταν συνδιάζονται οι παράμετροι εκροής πετρελαίου :

.1 Η μέση εκροή πετρελαίου υπολογίζεται για βλάβη στα τοιχώματα του πλοίου και χωριστά για βλάβη του πυθμένα και κατόπιν συνδιάζεται στην μη διαστατική παράμετρο εκροής πετρελαίου ΟΜ ως ακολούθως :

$$OM = (0,4 * OMS + 0,6 * OMB) / C$$

όπου :
OMS = μέση εκροή για βλάβη στα τοιχώματα πλοίου σε m^3, και
OMB = μέση εκροή για βλάβη πυθμένα, σε m^3.

.2 Ανεξάρτητοι υπολογισμοί για την μέση εκροή πετρελαίου από βλάβη πυθμένα πραγματοποιούνται για συνθήκες παλίρροιας 0m και μείον 2,5 m, και κατόπιν συνδιάζονται ως ακολούθως :

$$OMB = 0,7 * OMB_{(0)} + 0,3 * OMB_{(2,5)}$$

όπου :
$OMB_{(0)}$ = μέση εκροή για συνθήκη παλίρροιας 0m, και
$OMB_{(2,5)}$ = μέση εκροή για συνθήκη παλίρροιας μείον 2,5 m, σε m^3

6. Η μέση εκροή για βλάβη τοιχωμάτων OMS υπολογίζεται ως ακολούθως :

$$OMS = C_3 * \sum^{n}_{i} * Ps_{(i)} * Os_{(i)} \quad \text{σε } (m^3)$$

όπου :
i = αντιπροσωπεύει έκαστη δεξαμενή φορτίου υπό εξέταση

n = ολικός αριθμός δεξαμενών φορτίου

$P_{S(i)}$ = η πιθανότητα διείσδυσης στην δεξαμενής φορτίου i από πλευρική βλάβη, υπολογιζόμενη σύμφωνα με την παράγραφο 8.1 του παρόντος κανονισμού.

$O_{S(i)}$ = η εκροή, σε m^3, από πλευρική βλάβη στην δεξαμενή φορτίου i, η οποία υποτίθεται ότι είναι ίση με τον συνολικό όγκο στην δεξαμενή φορτίου i με πληρότητα 98%, εκτός εάν αποδειχθεί μέσω της εφαρμογής των Οδηγιών οι οποίες αναφέρονται στον κανονισμό 19.5 ότι οποιοσδήποτε σημαντικός όγκος φορτίου κατακρατηθεί, και

C_3 = 0,77 για πλοία τα οποία έχουν δύο επιμήκη διαφράγματα εντός των δεξαμενών φορτίου, υπό την προϋπόθεση ότι τα διαφράγματα αυτά είναι συνεχή σε ολόκληρο το μπλοκ φορτίου και το $P_{S(i)}$ αναπτύσεται σύμφωνα με τον κανονισμό αυτό. Το C_3 ισούται με 1.0 για όλα τα λοιπά πλοία ή όταν το $P_{S(i)}$ αναπτύσσεται σύμφωνα με την παράγραφο 10 του κανονισμού αυτού.

7. Η μέση εκροή από βλάβη πυθμένα υπολογίζεται για κάθε κατάσταση παλίρροιας ως ακολούθως :

.1 $OMB_{(0)} = \sum^{n}_{i} * P_{B(i)} * O_{B(i)} * C_{DB(i)}$ (σε m^3)

όπου : i = αντιπροσωπεύει κάθε δεξαμενή υπό εξέταση
n = ολικός αριθμός δεξαμενών φορτίου
$P_{B(i)}$ = η πιθανότητα διείσδυσης στην δεξαμενή φορτίου i από βλάβη πυθμένα, υπολογιζόμενη σύμφωνα με την παράγραφο 9.1 του παρόντος κανονισμού.
$O_{B(i)}$ = η εκροή από την δεξαμενή φορτίου i, σε m^3, υπολογιζόμενη σύμφωνα με την παράγραφο 7.3 του παρόντος κανονισμού, και
$C_{DB(i)}$ = συντελεστής ο οποίος υπολογίζει την συγκέντρωση πετρελαίου όπως καθορίζεται στην παράγραφο 7.4 του κανονισμού αυτού.

.2 $OMB_{(2.5)} = \sum^{n}_{i} * P_{B(i)} * O_{B(i)} * C_{DB(i)}$ (σε m^3)

όπου : i, n, και $C_{DB(i)}$ = όπως καθορίζονται στην υποπαράγραφο ανωτέρο
$O_{B(i)}$ = η εκροή από την δεξαμενή φορτίου i, σε m^3, μετά από αλλαγή της παλιρροιακής κατάστασης.

.3 Η εκροή πετρελαίου από κάθε δεξαμενή φορτίου πετρελαίου υπολογίζεται βασιζόμενη στις αρχές ισσοροπίας πίεσης, σύμφωνα με τις ακόλουθες υποθέσεις:

.1 το πλοίο θεωρείται προσαραγμένο με μηδενική διαγωγή και κλίση, με το προσαραγμένο βύθισμα πριν από την αλλαγή στην παλιρροιακή κατάσταση ίσο με το βύθισμα της γραμμής φόρτωσης ds.

.2 το επίπεδο του φορτίου μετά την βλάβη πρέπει να υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$hc = \{(ds + t_C - Zl)*(\rho_S)-(1000 * p)/ g \} / pn$$

όπου :
hc = το ύψος του φορτίου πετρελαίου υπεράνω του Zl, σε μέτρα
tc = η παλιρροιακή αλλαγή, σε μέτρα. Μειώσεις στην παλίρροια θα εκφράζονται ως αρνητικές τιμές.
Zl = το ύψος του χαμηλότερου σημείου στην δεξαμενή φορτίου πάνω από την βασική γραμμή, σε μέτρα.
ρ_S = πυκνότητα θαλασσίου νερού, να λαμβάνεται ως 1,025 kg/m^3
P = εάν έχει τοποθετηθεί ένα σύστημα αδρανών αερίων, η φυσιολογική υπερπίεση, σε kPa, να μην λαμβάνεται μικρότερη από 5 kPa. Εάν ένα σύστημα αδράνων αερίων δεν έχει τοποθετηθεί, η υπερπίεση μπορεί να λαμβάνεται ως 0.
G = η επιτάχυνση της βαρύτητας, να λαμβάνεται ως 9,81 m/s^2, και
pn = ονομαστική πυκνότητα πετρελαίου φορτίου, υπολογιζόμενη σύμφωνα με την παράγραφο 4.4 του παρόντος κανονισμού.

.3 Για δεξαμενές φορτίου οριοθετούμενες από το περίβλημα του πυθμένα, εκτός και αν διαφορετικά αποδεικνύεται, η εκροή πετρελαίου OB(i) πρέπει να λαμβάνεται όχι μικρότερη από 1% του συνολικού όγκου του φορτίου πετρελαίου με το οποίο έχει φορτωθεί η δεξαμενή ii, για να υπολογίζονται οι αρχικές απώλειες ανταλλαγής και οι δυναμικές επιδράσεις λόγω ρευμάτων και κυμάτων.

.4 Σε περίπτωση ζημίας στον πυθμένα, ένα μέρος της εκροής από μια δεξαμενή φορτίου είναι δυνατό να εγκλωβίζεται σε διαμερίσματα χωρίς πετρέλαιο. Το αποτέλεσμα αυτό προσεγγίζεται από την εφαρμογή του συντελεστή $C_{DB(i)}$ για κάθε δεξαμενή, ο οποίος λαμβάνεται ως εξής :

$C_{DB(i)}$ = 0,6 για δεξαμενές φορτίου οριοθετούμενες από το κάτω μέρος διαμερισμάτων χωρίς πετρέλαιο

$C_{DB(i)}$ = 1,0 για δεξαμενές φορτίου οριοθετούμενες από το περίβλημα πυθμένα.

8. Η πιθανότητα P_S παραβίασης ενός διαμερίσματος από βλάβη στα πλευρικά τοιχώματα υπολογίζεται ως ακολούθως :

.1 $P_S = P_{SL} * P_{SV} * P_{ST}$

όπου : $P_{SL} = 1- P_{Sf} - P_{Sa}$

P_{SL} = πιθανότητα η βλάβη να επεκταθεί εντός της διαμήκης ζώνης οριοθετούμενης από τα X_a και X_f

$P_{SV} = 1 - P_{SU} - P_{SI}$

P_{SV} = πιθανότητα η βλάβη να επεκταθεί εντός της κατακόρυφης ζώνης οριοθετούμενης από τα ZI και Z_U.

$P_{ST} = 1 - P_{SY}$

P_{ST} = πιθανότητα η βλάβη να επεκταθεί εγκάρσια πέραν του ορίου το οποίο καθορίζεται από το y.

.2 Τα P_{Sa}, P_{Sf}, P_{SI}, P_{Su}, και P_{Sy} καθορίζονται με γραμμική παρεμβολή από τον πίνακα πιθανοτήτων για πλευρική βλάβη ο οποίος παρέχεται στην παράγραφο 8.3 του κανονισμού αυτού, όπου :

PSa = η πιθανότητα η βλάβη να είναι εξ' ολοκλήρου πίσω από την θέση Xa/L.
PSf = η πιθανότητα η βλάβη να βρίσκεται εξ' ολοκλήρου μπροστά από την θέση Xa/L.
PSI = η πιθανότητα η βλάβη να βρίσκεται εξ' ολοκλήρου κάτω από την δεξαμενή.
PSu = η πιθανότητα η βλάβη να βρίσκεται εξ' ολοκλήρου επάνω από την δεξαμενή, κ'
PSy = η πιθανότητα η βλάβη να βρίσκεται εξ' ολοκλήρου εκτός της δεξαμενής.

Τα όρια των διαμερισμάτων Xa, Xf, Zl, Zu και y αναπτύσσονται ως ακολούθως :

Xa = η διαμήκης απόσταση από το πρυμναίο τερματικό του L έως το ακραίο πρυμναίο σημείο του εξεταζόμενου διαμερίσματος, σε μέτρα

Xf = η διαμήκης απόσταση από το πρυμναίο τερματικό του L έως το ακραίο πρωραίο σημείο του εξεταζόμεντου διαμερίσματος, σε μέτρα

Zl = η κάθετη απόσταση από την βασική γραμμή έως το κατώτατο σημείο του εξεταζόμενου διαμερίσματος, σε μέτρα

Zu = η κάθετη απόσταση από την βασική γραμμή έως το υψηλότερο σημείο του εξεταζόμενου διαμερίσματος, σε μέτρα. Το Zu δεν μπορεί να λαμβάνεται μεγαλύτερο του D_S, και

y = η ελάχιστη οριζόντια απόσταση μετρούμενη σε κάθετες γωνίες προς την κεντρική γραμμή μεταξύ του διαμερίσματος υπό εξέταση και του πλευρικού περιβλήματος σε μέτρα

(για συμμετρικές διατάξεις των δεξαμενών, οι βλάβες εξετάζονται για την μια πλευρά του πλοίου μόνο, περίπτωση στην οποία οι διατάξεις «y» πρόκειται να μετριούνται σε εκείνη την ίδια πλευρά. Για ασσύμετρες διατάξεις απευθυνθείτε στις Επεξηγηματικές Σημειώσεις επί τα οποία σχετίζονται με την απόδοση της ακούσιας εκροής πετρελαίου, οι οποίες έχουν υιοθετηθεί από τον Οργανισμό με την απόφαση MEPC. 112(52)).

3. Πίνακας πιθανοτήτων για πλευρική βλάβη :

Xa/L	Psa	Xf/L	PSf
0,00	0,000	0,00	0,967
0,05	0,023	0,05	0,917
0,10	0,068	0,10	0,867
0,15	0,117	0,15	0,817
0,20	0,167	0,20	0,767
0,25	0,217	0,25	0,717
0,30	0,267	0,30	0,667
0,35	0,317	0,35	0,617
0,40	0,367	0,40	0,567
0,45	0,417	0,45	0,517
0,50	0,467	0,50	0,467
0,55	0,517	0,55	0,417
0,60	0,567	0,60	0,367
0,65	0,617	0,65	0,317
0,70	0,667	0,70	0,267
0,75	0,717	0,75	0,217
0,80	0,767	0,80	0,167
0,85	0,817	0,85	0,117
0,90	0,867	0,90	0,068
0,95	0,917	0,95	0,023
1,00	0,967	1,00	0,000

Zl/Ds	PSl	Zu/DS	Psu
0,00	0,000	0,00	0,968
0,05	0,000	0,05	0,952
0,10	0,001	0,10	0,931
0,15	0,003	0,15	0,905
0,20	0,007	0,20	0,873
0,25	0,013	0,25	0,836
0,30	0,021	0,30	0,789
0,35	0,034	0,35	0,733
0,40	0,055	0,40	0,670
0,45	0,085	0,45	0,599
0,50	0,123	0,50	0,525
0,55	0,172	0,55	0,452
0,60	0,226	0,60	0,383
0,65	0,285	0,65	0,317
0,70	0,347	0,70	0,255
0,75	0,413	0,75	0,197
0,80	0,482	0,80	0,143
0,85	0,553	0,85	0,092
0,90	0,626	0,90	0,046
0,95	0,700	0,95	0,013
1,00	0,775	1,00	0,000

Το P_{Sy} υπολογίζεται ως ακολούθως :

Psy = (24,96 - 199,6 * y/Bs)*(y/Bs) για y/Bs ≤ 0,05
Psy = 0,749 + {5-44,4 * (y/Bs - 0,05)} * (y/Bs- 0,005) για 0,05 < y/Bs<0,1
Psy = 0,888 + 0,56 * (y/Bs - 0,1) για y/Bs ≥ 0,1

Το Psy δεν λαμβάνεται μεγαλύτερο του 1.

9. Η πιθανότητα PB παραβίασης ενός διαμερίσματος από πλευρική βλάβη υπολογίζεται ως ακολούθως :

.1 $P_B = P_{BL} * P_{BT} * P_{BV}$

όπου : $P_{BL} = 1- P_{Bf} -P_{Ba}$
P_{BL} = πιθανότητα η βλάβη να επεκταθεί εντός της διαμήκης ζώνης οριοθετούμενης από τα X_a και X_f

$P_{BT} = 1 - P_{Bp} - P_{BS}$
P_{BT} = πιθανότητα η βλάβη να επεκταθεί εντός της εγκάρσιας ζώνης οριοθετούμενης από τα Y_p και Y_S, και

$P_{BV} = 1 - P_{BZ}$
P_{BV} = πιθανότητα η βλάβη να επεκταθεί κατακόρυφα του ορίου το οποίο καθορίζεται από το z.

.2 Τα P_{Ba}, P_{Bf}, P_{Bp}, P_{BS}, και P_{BZ} καθορίζονται με γραμμική παρεμβολή από τον πίνακα πιθανοτήτων για βλάβη πυθμένα ο οποίος παρέχεται στην παράγραφο 9.3 του κανονισμού αυτού, όπου :

P_{Ba} = η πιθανότητα η βλάβη να είναι εξ' ολοκλήρου πίσω από την θέση Xa/L.
P_{Bf} = η πιθανότητα η βλάβη να βρίσκεται εξ' ολοκλήρου εμπρός από την θέση Xa/L.
P_{Bp} = η πιθανότητα η βλάβη να βρίσκεται εξ' ολοκλήρου αριστερά από την δεξαμενή.
P_{BS} = η πιθανότητα η βλάβη να βρίσκεται εξ' ολοκλήρου δεξιά από την δεξαμενή, κ'
P_{BZ} = η πιθανότητα η βλάβη να βρίσκεται εξ' ολοκλήρου εκτός της δεξαμενής.

Τα όρια των διαμερισμάτων Xa, Xf, Yp, Ys και z αναπτύσσονται ως ακολούθως :

Xa =η διαμήκης απόσταση από το πρυμναίο τερματικό του L έως το ακραίο πρυμναίο σημείο του εξεταζόμενου διαμερίσματος, σε μέτρα
Xf = η επιμήκης απόσταση από το πρυμναίο τερματικό του L έως το ακραίο πρωραίο σημείο του εξεταζόμεντου διαμερίσματος, σε μέτρα
Yp = η εγκάρσια απόσταση από το αριστερό σημείο στο διαμέρισμα το οποίο ευρίσκεται στην ή κάτω από την γραμμή του φορτίου d_B, σε μια κάθετη ευθεία η οποία βρίσκεται στο $B_B/2$ προς τα δεξιά της κεντρικής γραμμής του πλοίου, σε μέτρα.
Y_S = η εγκάρσια απόσταση από το δεξιότερο σημείο στο διαμέρισμα το οποίο ευρίσκεται στην ή κάτω από την γραμμή του φορτίου d_B, σε μια κάθετη ευθεία η οποία βρίσκεται στο $B_B/2$ προς τα δεξιά της κεντρικής γραμμής του πλοίου, σε μέτρα.
z = η ελάχιστη τιμή του ζ κατά μήκος του διαμερίσματος όπου, σε οποιαδήποτε δοθείσα επιμήκη θέση, το z είναι η απόσταση από το χαμηλότερο σημείο του περιβλήματος του πυθμένα σε εκείνη την επιμήκη θέση έως το χαμηλότερο σημείο του διαμερίσματος σε εκείνη την επιμήκη θέση, σε μέτρα.

3. Πίνακας πιθανοτήτων για πλευρική βλάβη:

Xa/L	PBa	Xf/L	PBf
0,00	0,000	0,00	0,969
0,05	0,002	0,05	0,953
0,10	0,008	0,10	0,936
0,15	0,017	0,15	0,916
0,20	0,029	0,20	0,894
0,25	0,042	0,25	0,870
0,30	0,058	0,30	0,842
0,35	0,076	0,35	0,810
0,40	0,096	0,40	0,775
0,45	0,119	0,45	0,734
0,50	0,143	0,50	0,687
0,55	0,171	0,55	0,630
0,60	0,203	0,60	0,563
0,65	0,242	0,65	0,489
0,70	0,289	0,70	0,413
0,75	0,344	0,75	0,333
0,80	0,409	0,80	0,252
0,85	0,482	0,85	0,170
0,90	0,565	0,90	0,089
0,95	0,658	0,95	0,026
1,00	0,761	1,00	0,000

Yp/BB	PBp	Ys/BB	PBS
0,00	0,844	0,00	0,000
0,05	0,794	0,05	0,009
0,10	0,744	0,10	0,032
0,15	0,694	0,15	0,063
0,20	0,644	0,20	0,097
0,25	0,594	0,25	0,133
0,30	0,544	0,30	0,171
0,35	0,494	0,35	0,211
0,40	0,444	0,40	0,253
0,45	0,394	0,45	0,297
0,50	0,344	0,50	0,344
0,55	0,297	0,55	0,394
0,60	0,253	0,60	0,444
0,65	0,211	0,65	0,494
0,70	0,171	0,70	0,544
0,75	0,133	0,75	0,594
0,80	0,097	0,80	0,644
0,85	0,063	0,85	0,694
0,90	0,032	0,90	0,744
0,95	0,009	0,95	0,794
1,00	0,000	1,00	0,844

Το P_{Bz} υπολογίζεται ως ακολούθως :

$P_{Bz} = (14,5 - 67 * z/Ds)*(z/Ds)$ για $z/Ds \leq 0,01$

$P_{Bz} = 0,78 + 1,1 * (z/Ds - 0,1)$ για $z/Ds \geq 0,1$

Το P_{Bz} δεν λαμβάνεται μεγαλύτερο του 1.

10. Ο κανονισμός αυτός χρησιμοποιεί μια απλοποιημένη πιθανολογική προσέγγιση όπου πραγματοποιείται μια άθροιση επί των συνεισφορών στην μέση εκροή από κάθε δεξαμενή φορτίου. Για συγκεκριμένους σχεδιασμούς όπως εκείνοι που χαρακτηρίζονται από περιπτώσεις βημάτων/ανοιγμάτων σε διαφράγματα /καταστρώματα και για κεγκλιμένα διαφράγματα και/ή μια προεξέχουσα καμπυλότητα κύτους, αυστηρότεροι υπολογισμοί δύναται να είναι κατάλληλοι. Στις περιπτώσεις αυτές μία από τις ακόλουθες διαδικασίες υπολογισμού είναι δυνατό να εφαρμόζεται :

.1 Οι πιθανότητες οι οποίες αναφέρονται στο 8 και 9 ανωτέρο μπορούν να υπολογίζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια μέσω της εφαρμογής υποθετικών υποδιαμερισμάτων.
.2 Οι πιθανότητες οι οποίες αναφέρονται στις παραγράφους 8 και 9 ανωτέρω, μπορούν να υπολογιστούν με άμεση εφαρμογή σχέσεων πιθανής πυκνότητας που περιέχονται στις οδηγίες που αναφέρονται στον κανονισμό 19.5.
.3 Η εκροή πετρελαίου μπορεί να αξιολογηθεί σύμφωνα με την μέθοδο που περιγράφεται στις οδηγίες που αναφέρονται στον κανονισμό 19.5.

11.Εφαρμόζονται αναφορικά με τις διατάξεις των σωληνώσεων τα ακόλουθα :
.1 Γραμμές σωληνώσεων οι οποίες περνούν μέσα από δεξαμενές φορτίου σε θέση μικρότερη από 0,30BS από την πλευρά του πλοίου ή μικρότερη από 0,30 Ds από τον πυθμένα του πλοίου πρέπει να είναι εξοπλισμένες με βαλβίδες ή παρεμφερείς διατάξεις κλεισίματος στο σημείο στο οποίο ανοίγουν εντός οποιασδήποτε δεξαμενής φορτίου. Οι βαλβίδες αυτές πρέπει να παραμένουν κλειστές κατά το ταξίδι πάντοτε όταν οι δεξαμενές περιέχουν φορτίο πετρελαίου εκτός από το ότι μπορούν να ανοίγονται για μεταφορά φορτίου η οποία είναι αναγκαία για ουσιώδεις λειτουργίες φορτίου.

.2 Πίστωση για την μείωση της εκροής πετρελαίου μέσω της χρήσης ενός συστήματος άμεσης ανάγκης ταχείας μεταφοράς φορτίου ή άλλου συστήματος το οποίο έχει διευθετηθεί για να μετριάζει την εκροή πετρελαίου σε περίπτωση ατυχήματος μπορεί να λαμβάνεται υπ'όψη μόνο αφού τα θέματα αποτελεσματικότητας και ασφάλειας του συστήματος έχουν εγκριθεί από τον Οργανισμό. Η υποβολή προς έγκριση πραγματοποιείται σύμφωνα με τις διατάξεις των Οδηγιών οι οποίες αναφέρονται στον κανονισμό 19.5.

7.6.2 <u>Προγραμματισμός του Regulation 23 στο πρόγραμμα MATLAB :</u>

Ο κανονισμός 23 –Annex 1 – Κεφάλαιο 4, της Marpol, που παραθέσαμε μόλις παραπάνω προγραμματίστηκε και υπολογίστηκε με την βοήθεια του προγράμματος Matlab. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα ροής στο οποίο παραθέτονται όλες οι μεταβλητές και οι σταθερές που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του αρχείου αυτού :

START

INPUTS :

- SHIP CHARACTERISTICS & HULL GEOMETRY
- CONDITION OF SEA (TIDE CONDITION)
- PHYSICAL CONSTANTS & PHYSICAL PROPERTIES OF WATER - AIR
- PHYSICAL PROPERTIES AND VOLUME OF CARGO
- SIZE AND ARRANGEMENT OF THE CARGO TANKS
- TABLES OF PROPABILITIES FOR SIDE & BOTTOM DAMAGE
- ULLAGES TABLES OF CARGO TANKS
- THE OUTFLOW FROM SIDE DAMAGE FROM EACH CARGO TANK

PROCESS – CALCULATIONS :

- CALCULATION OF PROPABILITIES : **PSa, PSs, PSl, PSu, Psy – PSL, PSV, PST – PS**
- CALCULATION OF PROPABILITIES : **PBa, PBf, PBp, PBs, PBs – PBL, PBT, PBV – PB**
- CALCULATION OF PRESSURE OF EACH TANK & SEA WATER ACCORDING TO THE PRESSURE BALANCE PRINCIPLES
- CALCULATION OF THE CARGO VOLUME OF A TANK AFTER SIDE OR/AND BOTTOM DAMAGE
- CALCULATION OF THE OUTFLOW FROM EACH CARGO TANK, AFTER TIDAL CHANGE (OB)
- CALCULATION OF $\mathbf{OM_B}$ & $\mathbf{OM_S}$

OUTPUTS :

- THE MEAN OIL OUTFLOW COMBINED INTO THE NON-DIMENSIONAL OIL OUTFLOW PARAMETER: **OM**

7.7 Αναλυτική παρουσίαση των εξεταζόμενων περιπτώσεων εφαρμογής του Regulation 23- Annex 1 – Chapter 4, της Marpol:

Ο παραπάνω κανονισμός (Regulation 23), εφαρμόστηκε και εξετάστηκε για 4 διαφορετικές περιπτώσεις. Οι περιπτώσεις αυτές αναφέρονται σε διαφορετικά πλοία (πατρικό και υπό μελέτη) αλλά και σε διαφορετικές διατάξεις δεξαμενών (cargo block) αυτών. Οι 4 διαφορετικές διατάξεις δεξαμενών εξετάστηκαν μόνο κατά το διάμηκες, δηλαδή μελετήσαμε περιπτώσεις τοποθετώντας τις φραχτές κάθε φορά σε διαφορετικές θέσεις κατά το διάμηκες του πλοίου. Τα πλάγια των δεξαμενών (εγκάρσια θέση) καθώς και τα ύψη τους παρέμειναν στις ίδιες θέσεις σε κάθε εξεταζόμενη περίπτωση. Πιο αναλυτικά, παρακάτω παρουσιάζονται μια προς μια η εξεταζόμενες περιπτώσεις εφαρμογής (case studies) του κανονισμού.

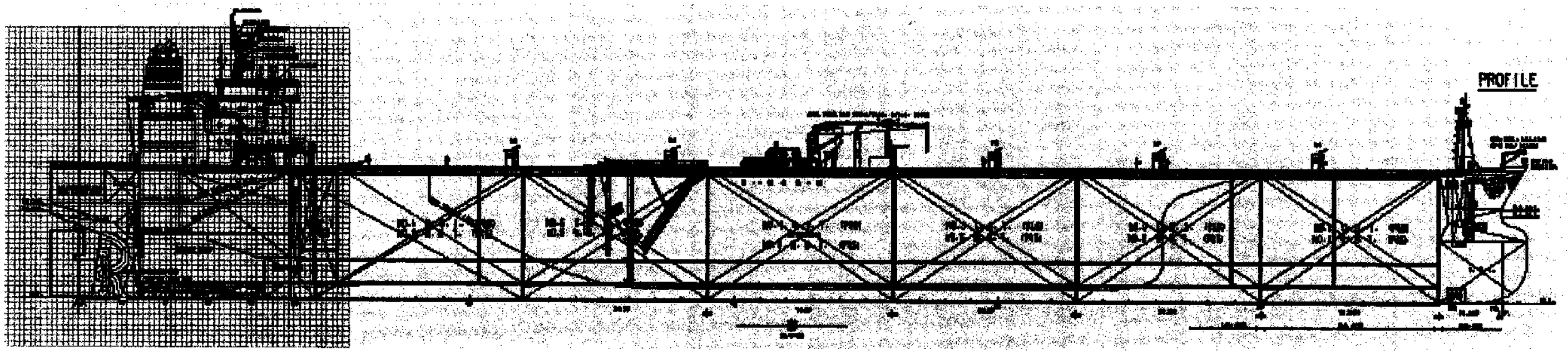
7.7.1 Case Study 1 – Εφαρμογή του κανονισμού στο πατρικό πλοίο:

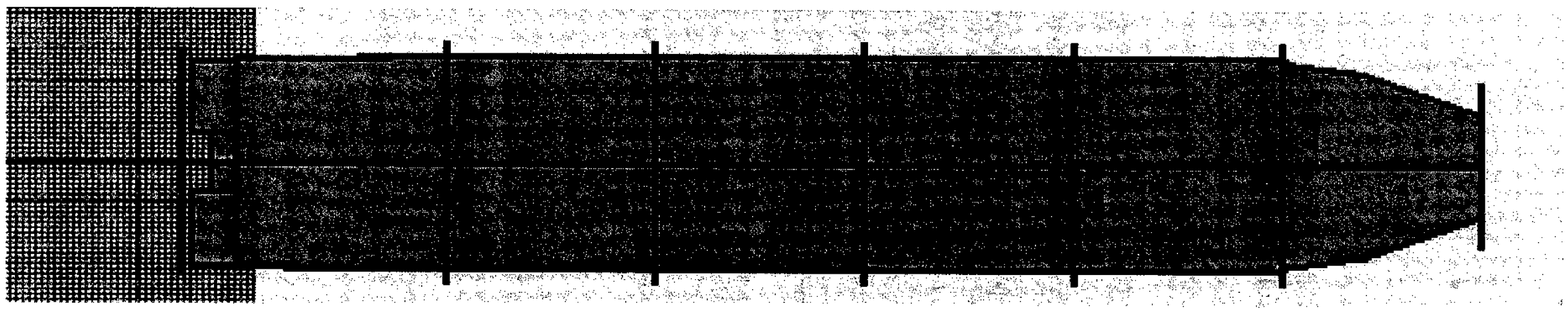
Αρχικά εφαρμόσαμε τον κανονισμό στο πατρικό πλοίο ώστε να εξετάσουμε εάν αυτός εφαρμόζεται για την διάταξη των δεξαμενών (cargo block) του πλοίου αυτού. Η διαμόρφωση των δεξαμενών φορτίου σε αυτή την περίπτωση ήταν 6x2 δηλαδή 12 δεξαμενές φορτίου με μια διάμηκες φραχτή στο μέσων και δύο δεξαμενές καταλοίπων (slop tanks). Οι θέσεις των φραχτών (ώς προς το διαμήκες) δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

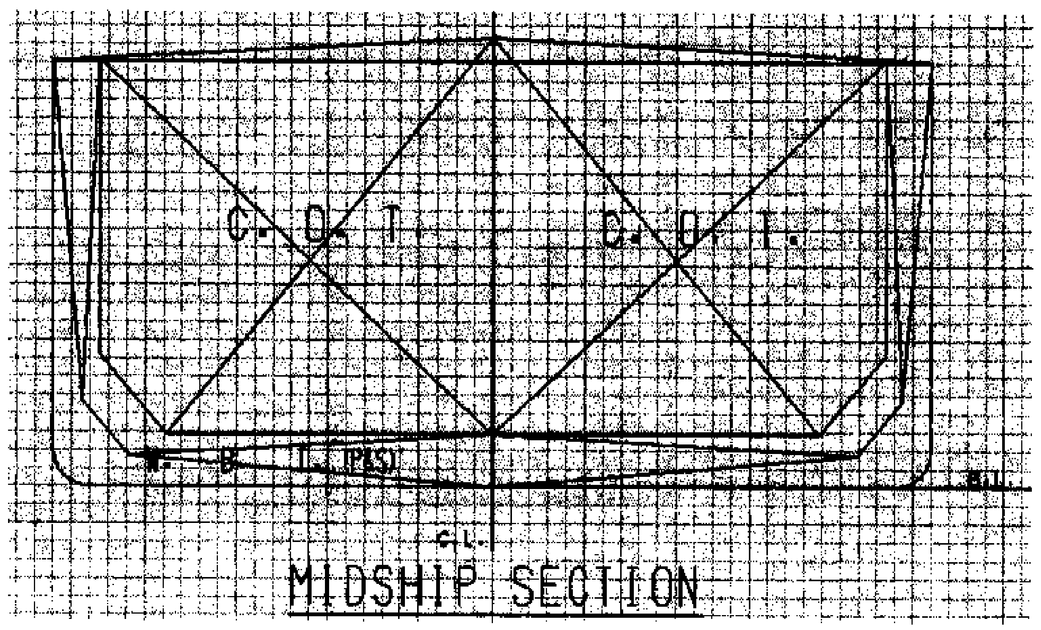
Number of Cargo Tank	Frame Number	Volume 98% full (m^3) (from the 3D Model)	Volume 98% full (m^3) (from Trim & Stability Booklet)	Deviation (%)
Cargo Tank 1	97 – 90	10756,85	10942,876	1,69
Cargo Tank 2	90 – 83	14583,18	14766,346	1,24
Cargo Tank 3	83 – 76	14619,92	14812,7	1,30
Cargo Tank 4	76 – 69	14694,95	14803,782	0,73
Cargo Tank 5	69 – 62	14671,52	14812,7	0,95
Cargo Tank 6	62 – 55	13340,11	13854,45	3,71
Slop Tank	55 – 51	1762,55	1884,7	6,48
Total Cargo Volume (C):		168858,224 m^3 in 14 tanks	171755,192 m^3 in 14 tanks	1,68

*Σημείωση : Η αρίθμηση των δεξαμενών ξεκινάει από πρώρα προς πρύμα, ενώ η αρίθμηση των νομέων ξεκινάει από πρύμα προς πρώρα.

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά η διάταξη των δεξαμενών φορτίου του πατρικού πλοίου:







Αποτελέσματα από την εφαρμογή του κανονισμού 23 για το πατρικό :

Αφού μετρήσαμε τους όγκους και την θέση της κάθε δεξαμενής φορτίου (κατά το εγκάρσιο, κατά το διάμηκες και καθ' ύψος) δημιουργήσαμε ένα αρχείο Matlab που να υπολογίζει τον κανονισμό 23 για το πατρικό. Το αποτέλεσμα που λάβαμε, αφού ''τρέξαμε'' το παραπάνω αρχείο, για την μέση εκροή πετρελαίου μετά από βλάβη στα τοιχώματα και στο πυθμένα του πλοίου ήταν :

$$OM = 0{,}0222$$

Με OMS = 7444,5 m^3 και OMB =1.286,6 m^3

Με OM = μη διαστατική παράμετρος εκρόής πετρελαίου
OMS = μέση εκροή για βλάβη στα τοιχώματα του πλοίου (bottom)
OMB = μέση εκροή για βλάβη πυθμένα του πλοίου (side)

<u>Συμπεράσματα :</u>

Από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι :

1) Το πατρικό πλοίο αν και ναυπηγήθηκε το 2007, **δεν ικανοποιεί** τον κανονισμό 23, ο οποίος απαιτεί OM≤ 0,015 για το μέγεθος του πατρικού μας πλοίου.

2) Η εκροή πετρελαίου για βλάβη στα τοιχώματα του πλοίου είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι η εκροή από βλάβη στον πυθμένα. Αυτό σημαίνει ότι στην μεταβολή της τιμής του OM, μεγαλύτερη επίδραση έχει το πλάτος των πλαϊνών δεξαμενών απ' ότι το ύψος του διπυθμένου.

7.7.2 Case Study 2 – Εφαρμογή του κανονισμού στο υπό μελέτη πλοίο (6x2):

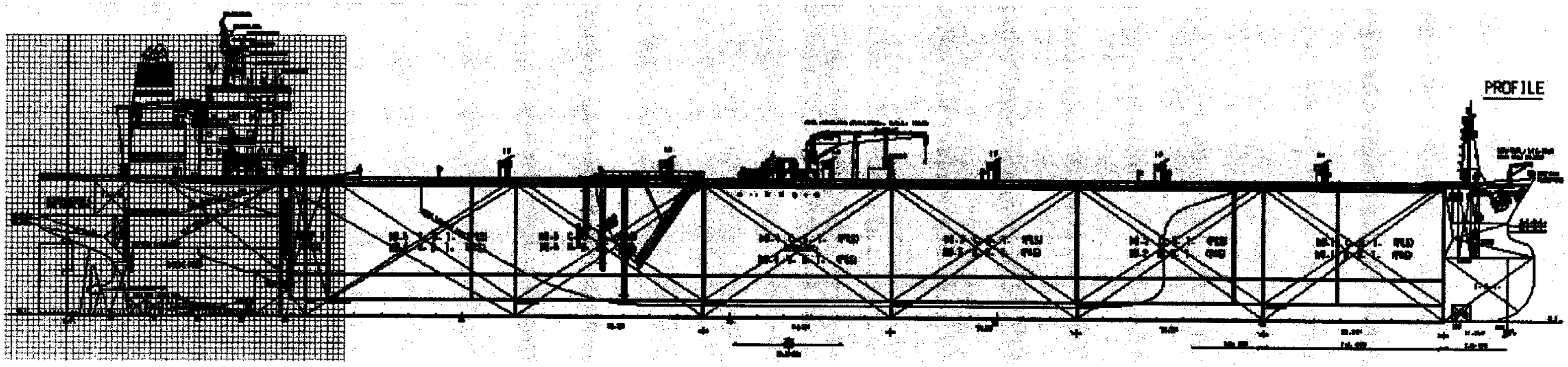
Επόμενο στάδιο εφαρμογής του κανονισμού που μελετάμε ήταν η εφαρμογή του στο υπό μελέτη πλοίο για να δούμε εάν αυτό θα τον ικανοποιεί. Είναι πολύ σημαντικό, το πλοίο κατά την παράδοση του από το εκάστοτε ναυπηγείο να συμμορφώνεται με τον Regulation 23, διότι ο κανονισμός αυτός πρέπει να εφαρμόζεται σε πετρελαιοφόρα τα οποία παραδίδονται την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2010.

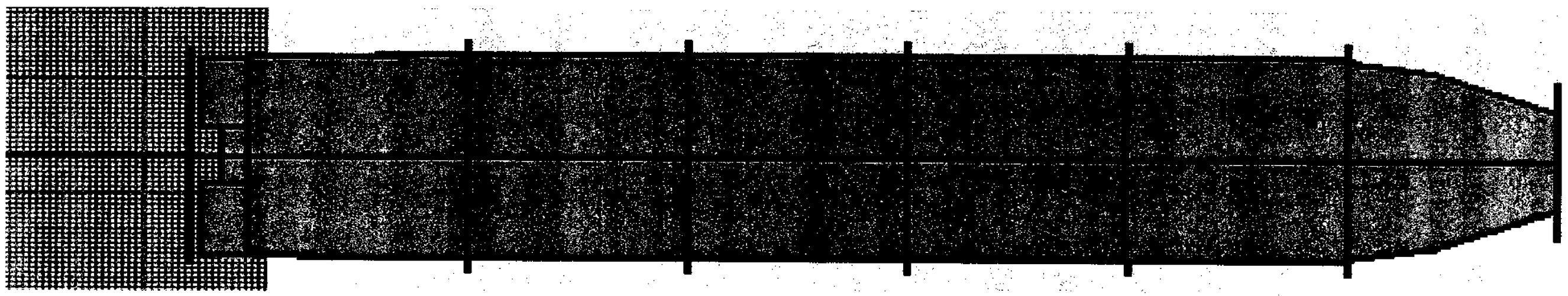
Η διαμόρφωση των δεξαμενών φορτίου και σε αυτή την περίπτωση ήταν 6x2 δηλαδή 12 δεξαμενές φορτίου με μια διάμηκες φραχτή στο μέσων και δύο δεξαμενές καταλοίπων (slop tanks) . Οι θέσεις των φραχτών (ώς προς το διαμήκες) δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

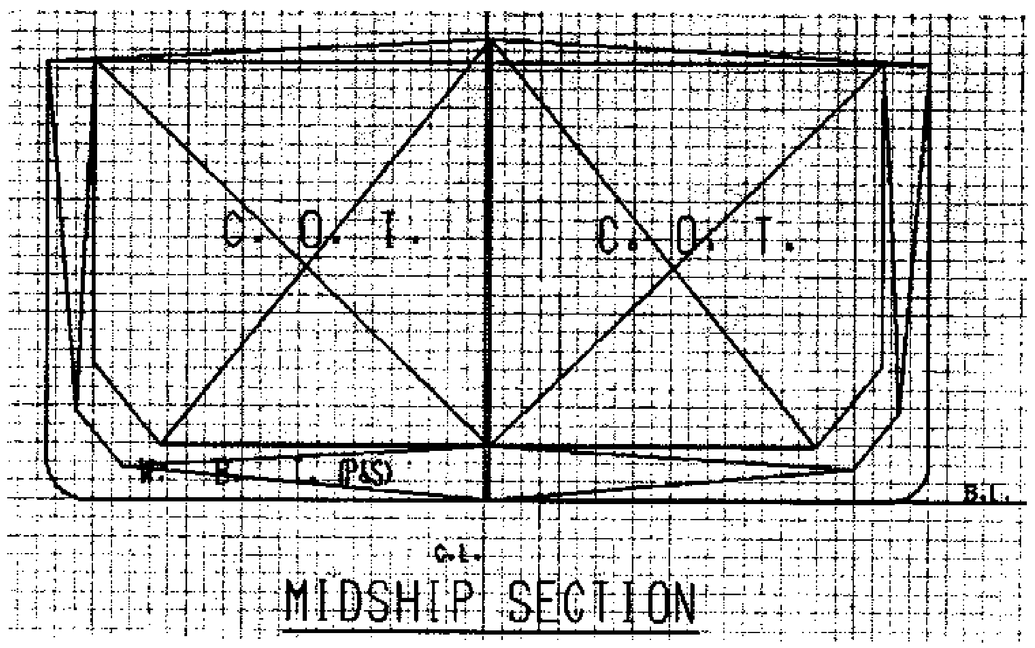
Number of Cargo Tank	Frame Number	Volume 98% full (m^3) (from the 3D Model)
Cargo Tank 1	97 – 90	10617,63
Cargo Tank 2	90 – 83	14394,44
Cargo Tank 3	83 – 76	14430,70
Cargo Tank 4	76 – 69	14504,76
Cargo Tank 5	69 – 62	14481,63
Cargo Tank 6	62 – 55	13203,56
Slop Tank	55 – 51	1739,73
Total Cargo Volume (C):		166744,965 m^3 in 14 tanks

*Σημείωση : Η αρίθμηση των δεξαμενών ξεκινάει από πρώρα προς πρύμα, ενώ η αρίθμηση των νομέων ξεκινάει από πρύμα προς πρώρα.

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά η διάταξη των δεξαμενών φορτίου του υπό μελέτη πλοίου:







MIDSHIP SECTION

Αποτελέσματα από την εφαρμογή του κανονισμού 23 για το υπό μελέτη:

Αφού μετρήσαμε τους όγκους και την θέση της κάθε δεξαμενής φορτίου (κατά το εγκάρσιο, κατά το διάμηκες και καθ' ύψος) δημιουργήσαμε πάλι ένα αρχείο Matlab που να υπολογίζει τον κανονισμό 23 για το υπό μελέτη. Το αποτέλεσμα που λάβαμε, αφού "τρέξαμε" το παραπάνω αρχείο, για την μέση εκροή πετρελαίου μετά από βλάβη στα τοιχώματα και στο πυθμένα του πλοίου ήταν :

$$OM = 0{,}0206$$

Με $OMS = 7298{,}9\ m^3$ και $OMB = 862{,}983\ m^3$

Με OM = μη διαστατική παράμετρος εκρόής πετρελαίου
OMS = μέση εκροή για βλάβη στα τοιχώματα του πλοίου (bottom)
OMB = μέση εκροή για βλάβη πυθμένα του πλοίου (side)

<u>Συμπεράσματα :</u>

Από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι :

1) Το υπό μελέτη πλοίο, **δεν ικανοποιεί** τον κανονισμό 23, καθ' όσον OM≤ 0,015 για το μέγεθος του πλοίου μας.

2) Η εκροή πετρελαίου για βλάβη στα τοιχώματα του πλοίου είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι η εκροή από βλάβη στον πυθμένα.

Εφόσον ο κανονισμός δεν ικανοποιείται θα προσπαθήσουμε να βελτιώσουμε την τιμή του OM αλλάζοντας την θέση των φραχτών κατά το διάμηκες του πλοίου. Θα μετακινήσουμε αρχικά τις φραχτές των δεξαμενών κατά το διάμηκες.

7.7.3 Case Study 3:

Α΄ Εναλλακτική σχεδίαση – Μετατόπιση των εγκαρσίων φραχτών κατά το διάμηκες (6x2):

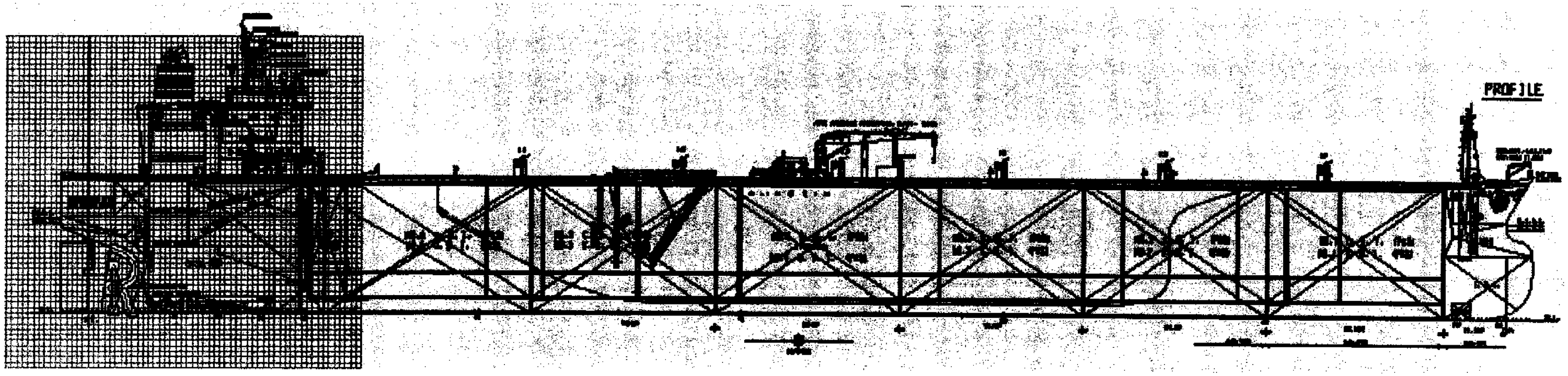
Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα που πήραμε από το case study 2 για το υπό μελέτη πλοίο μου, επόμενο βήμα εφαρμογής του κανονισμού που μελετάμε ήταν η εφαρμογή του στο υπό μελέτη πλοίο αλλά με διαφορετική διάταξη δεξαμενών φορτίου (cargo block). Αυτό επιτεύχθηκε μεταβάλλοντας μόνο τις θέσεις των φραχτών των δεξαμενών κατά το διάμηκες, χωρίς να αλλάξουμε τα όριο του χώρου των δεξαμενών φορτίου, ούτε τα πλάγια των δεξαμενών αλλά ούτε και τα ύψη τους. Βασικός στόχος ήταν να πετύχουμε μείωση του ΟΜ, ώστε να ικανοποιείται ο κανονισμός 23 στο μελετούμενο πλοίο, χωρίς όμως να προχωρήσουμε σε μεγάλες αλλαγές της αρχικής διάταξης των δεξαμενών φορτίου μας ούτε και των δεξαμενών έρματος. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η πρωραία και η πρυμναία φραχτή παρέμειναν στις ίδιες θέσεις και οι δεξαμενές καταλοίπων (slop tanks) δεν μεταβλήθηκαν καθόλου.

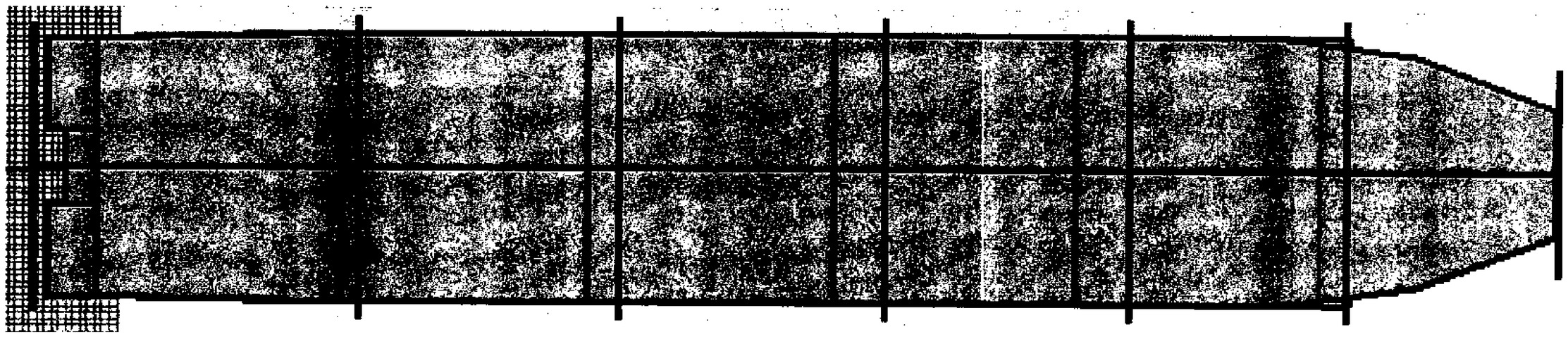
Στη νέα διαμόρφωση των δεξαμενών φορτίου δεν αλλάξαμε των αριθμό αυτών αλλά ούτε προσθέσαμε κάποια φραχτή. Έτσι, και σε αυτή την περίπτωση το cargo block ήταν 6x2 δηλαδή 12 δεξαμενές φορτίου με μια διάμηκες φραχτή στο μέσων και δύο δεξαμενές καταλοίπων (slop tanks). Οι αλλαγμένες θέσεις των φραχτών (ως προς το διαμήκες) δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

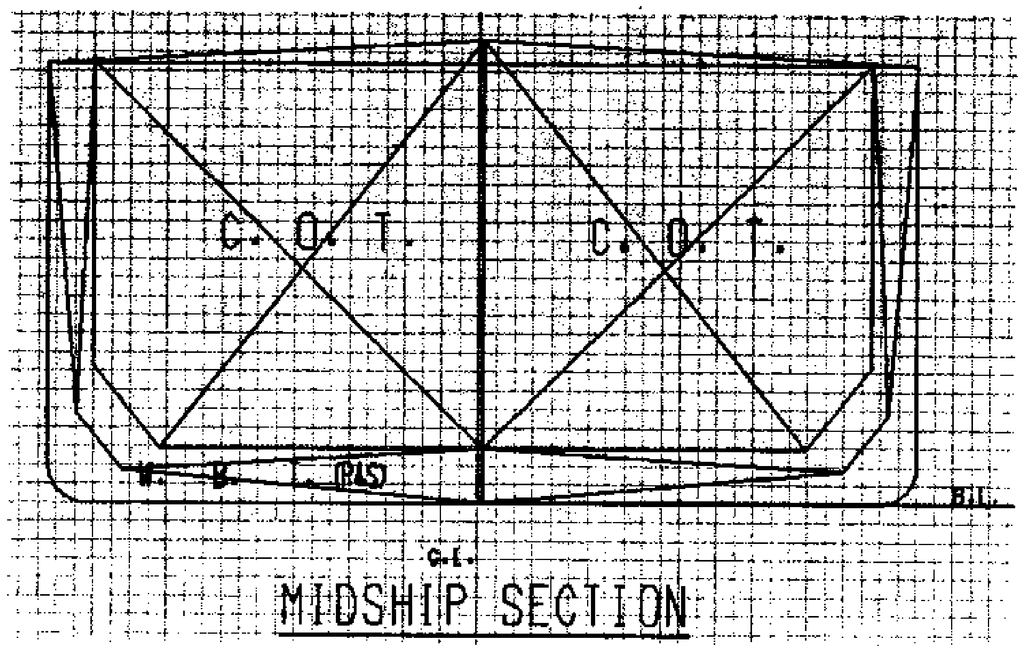
Number of Cargo Tank	Frame Number	Volume 98% full (m^3) (from the 3D Model)
Cargo Tank 1	97 – 91	9164,27
Cargo Tank 2	91 – 84,5	12677,70
Cargo Tank 3	84,5 – 77,5	14458,51
Cargo Tank 4	77,5 – 70	15741,00
Cargo Tank 5	70 – 62,5	15420,72
Cargo Tank 6	62,5 – 55	14004,20
Slop Tank	55 – 51	1739,73
Total Cargo Volume (C):		166412,348 m^3 in 14 tanks

*Σημείωση : Η αρίθμηση των δεξαμενών ξεκινάει από πρώρα προς πρύμα, ενώ η αρίθμηση των νομέων ξεκινάει από πρύμα προς πρώρα.

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά η αλλαγμένη διάταξη των δεξαμενών φορτίου του υπό μελέτη πλοίου:







Αποτελέσματα από την εφαρμογή του κανονισμού 23 για το υπό μελέτη:

Αφού μετρήσαμε τους όγκους και την θέση της κάθε δεξαμενής φορτίου (μόνο κατά το εγκάρσιο, αφού κατά το διάμηκες και καθ' ύψος παραμένουν ίδια) δημιουργήσαμε πάλι ένα ακόμα αρχείο Matlab που να υπολογίζει τον κανονισμό 23 για το υπό μελέτη με αλλαγμένες τις δεξαμενές αυτή την φορά. Το αποτέλεσμα που λάβαμε, αφού ''τρέξαμε'' το παραπάνω αρχείο, για την μέση εκροή πετρελαίου μετά από βλάβη στα τοιχώματα και στο πυθμένα του πλοίου ήταν :

$$OM = 0{,}0208$$

$$\text{Με} \quad OMS = 7360{,}7\ m^3 \qquad \text{και} \qquad OMB = 861{,}69\ m^3$$

Με OM = μη διαστατική παράμετρος εκροής πετρελαίου
OMS = μέση εκροή για βλάβη στα τοιχώματα του πλοίου (bottom)
OMB = μέση εκροή για βλάβη πυθμένα του πλοίου (side)

<u>Συμπεράσματα :</u>

Από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι :

1) Το υπό μελέτη πλοίο με αλλαγμένες τις θέσεις των φραχτών των δεξαμενών φορτίου , **δεν ικανοποιεί** και πάλι τον κανονισμό 23, σημειώνοντας μεγαλύτερες τιμές σε ορισμένα από τα αποτελέσματα.

2) Η εκροή πετρελαίου από βλάβη στα τοιχώματα του πλοίου είναι και πάλι πολύ μεγαλύτερη από ότι η εκροή από βλάβη στον πυθμένα. Επίσης, το OMS αυξήθηκε και το OMB μειώθηκε σε αυτή την νέα διάταξη δεξαμενών φορτίου σε σχέση με την αρχική διάταξη των δεξαμενών.

3) Την ίδια διαδικασία την επαναλάβαμε άλλες δύο φορές, μετακινώντας τις φραχτές σε διαφορετικές θέσεις κατά το διαμήκες, βρίσκοντας χειρότερα αποτελέσματα όμως κάθε φορά.

Με βάση όλα αυτά καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι μετακινώντας μόνο τις φραχτές των δεξαμενών φορτίου, δεν καταλήγουμε σε ιδιαίτερα βελτιωμένα αποτελέσματα των OMS, OMB και OM ώστε το πλοίο μας να ικανοποιήσει τον κανονισμό 23. Για αυτό τον λόγο, προχωρήσαμε σε ένα 4° case study, στο οποίο εξετάζουμε τον κανονισμό προσθέτοντας μια επιπλέον εγκάρσια φρακτή στον χώρο τον δεξαμενών φορτίου (cargo block arrangement).

7.7.4 Case Study 4:

Β' Εναλλακτική σχεδίαση – Προσθήκη επιπλέον εγκάρσιας φραχτής (7x2):

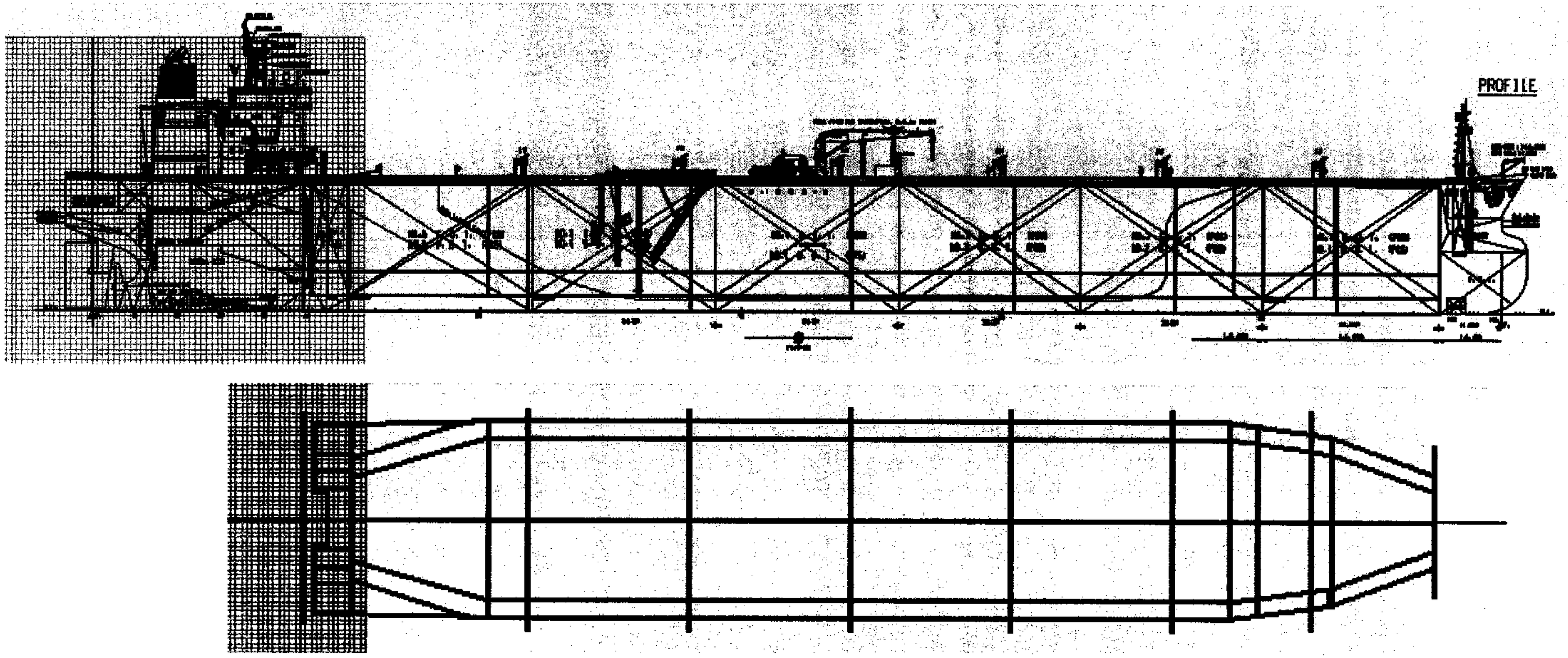
Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα που πήραμε από το case study 3 για το υπό μελέτη πλοίο μου, επόμενο βήμα εφαρμογής του κανονισμού που μελετάμε ήταν η εφαρμογή του στο υπό μελέτη πλοίο με διαφορετική διάταξη δεξαμενών φορτίου (cargo block) αλλά και με τοποθέτηση μιας ακόμα εγκάρσιας φραχτής και την δημιουργία μιας ακόμα δεξαμενής φορτίου (Cargo Hold No.7). Αυτό επιτεύχθηκε μεταβάλλοντας μόνο τις φραχτές των δεξαμενών κατά το διάμηκες μετακινώντας αυτές σε καινούργιες θέσης οι οποίες βρίσκονταν πιο κοντά στην πρωραία κάθετο. Σε αυτή την αλλαγή δεν αλλάξαμε τα όριο του χώρου των δεξαμενών φορτίου, ούτε τα πλάγια των δεξαμενών αλλά ούτε και τα ύψη τους. Βασικός στόχος και σε αυτό το σημείο της εφαρμογής του κανονισμού ήταν να πετύχουμε μείωση του ΟΜ, ώστε να ικανοποιείται ο κανονισμός 23 στο μελετούμενο πλοίο, χωρίς όμως να προχωρήσουμε σε μεγάλες αλλαγές της αρχικής διάταξης των δεξαμενών φορτίου μας ούτε των δεξαμενών έρματος. Ακόμα δεν θέλαμε να προχωρήσουμε στην προσθήκη παραπάνω φραχτών εγκαρσίων ή διαμήκων) πλην μιας φυσικά, αφού είναι πολύ σημαντικό το πλοίο να ικανοποιήσει τα όρια του κανονισμού 23 χωρίς όμως να γίνουν αισθητές διαφορές στην διάταξη και επίσης να μην σημειωθούν μεγάλες αποκλίσεις στο DWT του πλοίου, λόγω αύξησης του LS. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η πρωραία και η πρυμναία φραχτή παρέμειναν στις ίδιες θέσεις και οι δεξαμενές καταλοίπων (slop tanks) δεν μεταβλήθηκαν καθόλου. Λόγω του ότι προσθέσαμε μια φραχτή ακόμα μεγαλώσε ελάχιστα το LS του πλοίου και μειώθηκε ελάχιστα το DWT του, παρ΄όλ΄αυτά αυτή την αλλαγή δεν την λάβαμε υπόψιν όταν φτιάξαμε το αρχείο MATLAB, διότι η διαφοροποίηση είναι πολύ μικρή.

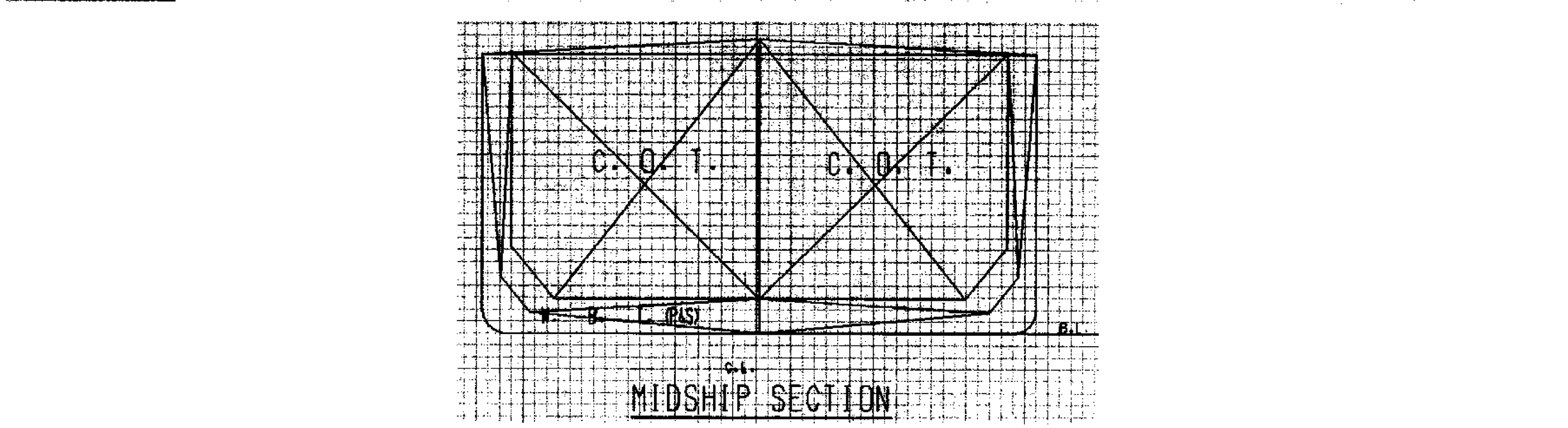
Στη νέα διαμόρφωση επομένως των δεξαμενών φορτίου, αλλάξαμε των αριθμό αυτών αφού προσθέσαμε μια φραχτή. Έτσι, σε αυτή την περίπτωση το cargo block ήταν 7x2 δηλαδή 14 δεξαμενές φορτίου με μια διάμηκες φραχτή στο μέσων και δύο δεξαμενές καταλοίπων (slop tanks). Οι αλλαγμένες θέσεις των φραχτών (ως προς το διαμήκες) μαζί με την προσθήκη της νέας δεξαμενής δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Number of Cargo Tank	Frame Number	Volume 98% full (m^3) (from the 3D Model)
Cargo Tank 1	97 – 92	6837,253
Cargo Tank 2	92 – 86,5	10636,24
Cargo Tank 3	86,5 – 80,5	12822,61
Cargo Tank 4	80,5 – 74,5	12852,84
Cargo Tank 5	74,5 – 68	12805,02
Cargo Tank 6	68 – 62	12829,44
Cargo Tank 7	62 – 55	12821,03
Slop Tank	55 – 51	1739,73
Total Cargo Volume (C):		166688,381 m^3 in 16 tanks

*Σημείωση : Η αρίθμηση των δεξαμενών ξεκινάει από πρώρα προς πρύμα, ενώ η αρίθμηση των νομέων ξεκινάει από πρύμα προς πρώρα.

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά η αλλαγμένη διάταξη των δεξαμενών φορτίου του υπό μελέτη πλοίου μαζί με την προσθήκη της δεξαμενής No.7 (Cargo Hold No.7):





Αποτελέσματα από την εφαρμογή του κανονισμού 23 για το υπό μελέτη:

Μετά την αλλλαγή της διάταξης των δεξαμενών και την προσθήκη της δεξαμενής No.7, μετρήσαμε τους όγκους και την θέση της κάθε δεξαμενής φορτίου (μόνο κατά το εγκάρσιο, αφού κατά το διάμηκες και καθ' ύψος παραμένουν ίδια) και δημιουργήσαμε πάλι ένα ακόμα αρχείο Matlab που να υπολογίζει τον κανονισμό 23 για το υπό μελέτη πλοίο στην νέα εξεταζόμενη κατάσταση. Το αποτέλεσμα που λάβαμε, αφού "τρέξαμε" το παραπάνω αρχείο, για την μέση εκροή πετρελαίου μετά από βλάβη στα τοιχώματα και στο πυθμένα του πλοίου ήταν :

$$OM = 0,0192$$

$$\text{Με} \quad OMS = 6782,0\ m^3 \qquad \text{και} \qquad OMB = 817,64\ m^3$$

Με OM = μη διαστατική παράμετρος εκρόής πετρελαίου
OMS = μέση εκροή για βλάβη στα τοιχώματα του πλοίου (bottom)
OMB = μέση εκροή για βλάβη πυθμένα του πλοίου (side)

<u>Συμπεράσματα :</u>

Από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι :

1) Το υπό μελέτη πλοίο με αλλαγμένες τις θέσεις των φραχτών των δεξαμενών φορτίου και με την προσθήκη μιας ακόμα δεξαμενής, **δεν ικανοποιεί** και πάλι τον κανονισμό 23. Παρ' όλ' αυτά μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι τιμές των OMB, OMS και OM έχουν μειωθεί αρκετά σε σχέση με τις τιμές των αποτελεσμάτων που πήραμε στα προηγούμενα case study που εξετάσαμε παραπάνω. Έτσι, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι όσο πιο πολλές εγκάρσιες φραχτές προσθέτουμε τόσο μειώνεται η μέση εκροή πετρελαίου μετά από βλάβη. Όμως, οι τυπικές διατάξεις που σχεδιάζονται για δεξαμενές φορτίου σε πετρελαιοφόρα της κατηγορίας των Suezmaz είναι : 5x2, 5x3, 6x2, 7x2. Οπότε εξαντλήσαμε όλες τις περιπτώσεις προσθήκης και άλλης φραχτής στην διάταξη των δεξαμενών φορτίου.

2) Η εκροή πετρελαίου για βλάβη στα τοιχώματα του πλοίου είναι και πάλι πολύ μεγαλύτερη από ότι η εκροή από βλάβη στον πυθμένα.

3) Παρουσιάζεται μικρή απόκλιση στο γενικό όγκο φορτίου δεξαμενών της νέας διάταξης σε σχέση με την αρχική (το ίδιο παρατηρείται και στο case study 3).

7.8 Γενικά Συμπεράσματα – Μελλοντικές Βελτιώσεις – Τροποποιήσεις:

Από τα παραπάνω Case Study που μελετήσαμε για τον κανονισμό 23, Παράρτημα 1, Κεφάλαιο 4 της Marpol καταλήξαμε σε κάποια τελικά συμπεράσματα και μελλοντικές βελτιώσεις ή τροποποιήσεις που μπορούν να γίνουν με βάση την παρούσα διπλωματική εργασία. Έτσι :

1) Η τιμή του ΟΜ εξαρτάται άμεσα από την διαμόρφωση των δεξαμενών φορτίου.

2) Όσες περισσότερες εγκάρσιες φραχτές προσθέτουμε στην διάταξη των δεξαμενών τόσο καλύτερο αποτέλεσμα έχουμε για την τιμή του ΟΜ (μεγαλύτερη μείωση), κάτι το οποίο είναι λογικό αφού όσες περισσότερες φραχτές υπάρχουν, τόσο πιο προστατευμένο θεωρείται το φορτίου, σε περίπτωση βλάβης.

3) Η τιμή του OMS = εκροή από βλάβη στα πλάγια του πλοίου, ήταν σε όλα τα case study που εξετάσαμε, μεγαλύτερη από ότι η τιμή του OMB = εκροή από βλάβη στο πυθμένα του πλοίου. Αυτό, μπορεί να δικαιολογηθεί και λόγω εξισορρόπησης των υδροστατικών πιέσεων που συμβαίνει στο πυθμένα του πλοίου και σταματάει σχετικά γρηγορότερα την εκροή από τον πυθμένα του πλοίου.

4) Για να έχουμε καλύτερο αποτέλεσμα στην μείωση της τιμής του ΟΜ, θα πρέπει να αυξήσουμε το πλάτος και το ύψος των δεξαμενών έρματος που βρίσκονται στα πλάγια και κάτω από τις δεξαμενές φορτίου αντίστοιχα. Έτσι, όσο πιο πολύ μεγαλώσουμε τις δεξαμενές έρματος τόσο μεγαλύτερη μείωση θα έχουμε στην τιμή του ΟΜ, το οποίο είναι και πάλι λογικό αφού το φορτίο μας θα είναι πολύ προστατευμένο για ενδεχόμενη βλάβη στα πλάγια και στον πυθμένα του πλοίου. Σε αυτή την περίπτωση όμως θα μειωθεί αρκετά το DWT του πλοίου μας εφόσον θα μεγαλώσει το $W_{waterballast}$.

5) Μια ακόμα περίπτωση που θα μετέβαλλε την τιμή του ΟΜ, θα ήταν να τοποθετήσουμε τις δεξαμενές έρματος με κεκλιμένο ή βαθμιδωτό double bottom, στα οποία γίνεται εκτενής αναφορά στο paper : ‹‹ Apostolos Papanikolaou, George Zaraphonitis , Evangelos Boulougouris, Uwe Langbecker , Sven Matho, Pierre Sames, ''Multi-objective optimization of oil tanker design'' ››

6) Τέλος, θα μπορούσαμε μελλοντικά να εξετάσουμε την περίπτωση εισαγωγής διαμήκων φραχτών (5x3), στο οποίο όμως και πάλι θα είχαμε σημαντική μείωση του DWT του πλοίου.

Βιβλιογραφία:

Books:

1. Αποστόλου Δ. Παπανικολάου, ''Μελέτη Πλοίου'', Τόμος 1 και 2, Εκδόσεις Συμεών

2. Dr. C.B. Barrass. ''Ship Design and Performance for Masters and Mates'', Εκδόσεις Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004

3. Eric Tapper, "Introduction to Naval Architecture", Εκδόσεις Butterworth-Heinemann, 2000

4. Thomas Lamb, "Ship Design and Constuction", Volume I, Published by The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2003

5. Thomas Lamb, "Ship Design and Constuction", Volume II, Published by The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2004

6. Schneekluth C. & Bertram V., ''Ship Design for Efficiency and Economy'', Εκδόσεις Butterworth-Heinemann, 1998

7. Watson D.G.M. ''Practical Ship Design'', Volume 1, Εκδόσεις Elsevier Ocean Engineering Book Series, 1998

8. Ιωάννου ΕΜ. Κολλινιάτη, ''Ναυπηγία'', Ίδρυμα Ευγενίδου – Βιβλιοθήκη του Ναυτικού, Ά Έκδοση, Άθηνα 1993

9. Αριστ. Β. Αλεξοπούλου & Νικ. Γ. Φουρναράκη, ''Διεθνείς Συμβάσεις, Κανονισμοί, Κώδικες'', Ίδρυμα Ευγενίδου – Εκπαιδευτικό Κείμενο Ακαδημιών Εμπορικού Ναυτικού, Αθήνα 2003

10. Marpol – Consolidated Edition 2011, IMO – INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION

11. Χ. Ν. Στεφανάκος, ''Προγραμματισμός Η/Υ με MATLAB'', Γκιούρδας Εκδοτική, Μάϊος 2009

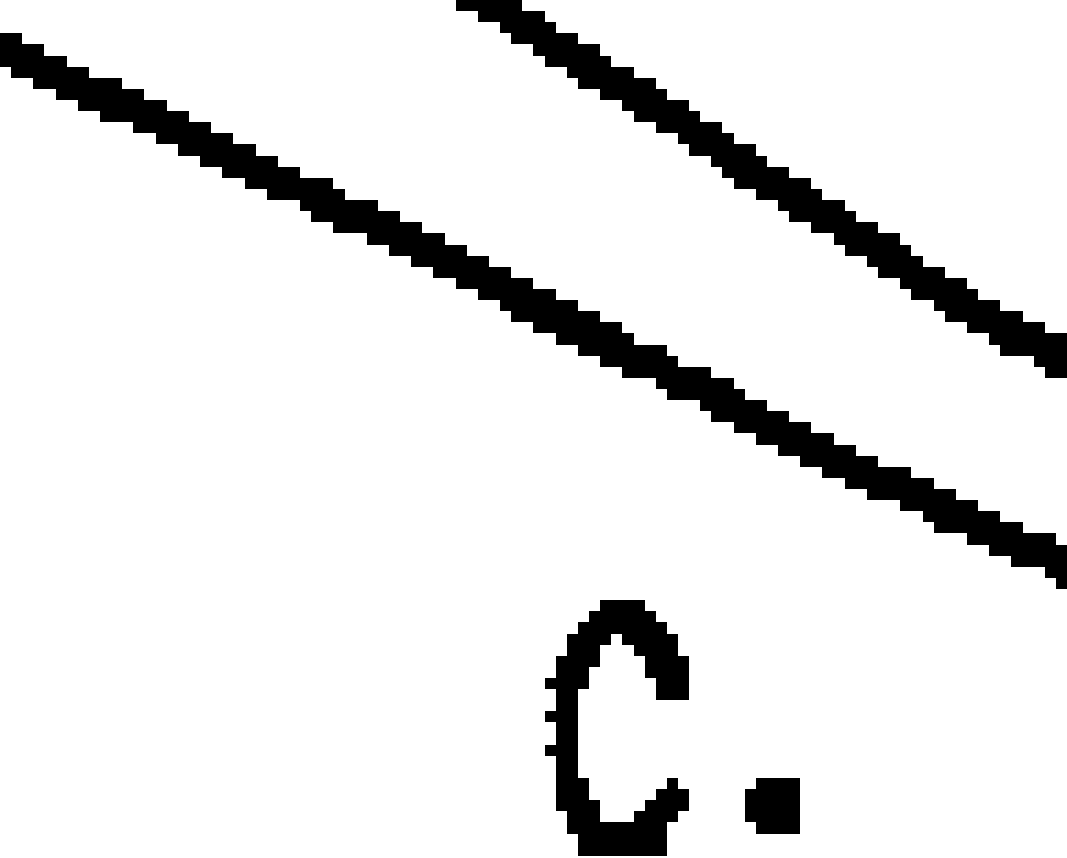
12. Ron K. C. Cheng, "Inside Rhinoceros 4", Delmar Cengage Learning

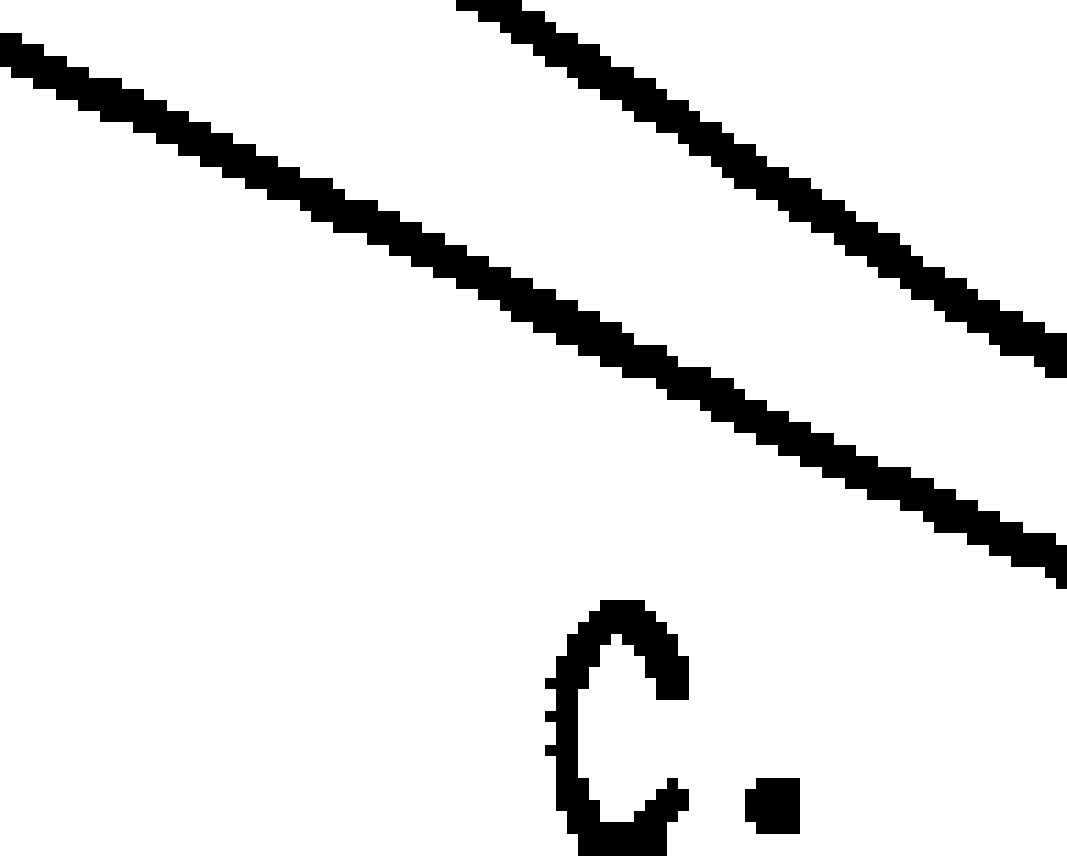
Papers :

13. Ventikos N.P., Sotiralis P. (2011), "The global fleet of tankers in the context of probabilistic oil outflow analysis", International Journal of Shipping, Transport and Logistics (IJSTL)

14. Apostolos Papanikolaou, George Zaraphonitis , Evangelos Boulougouris, Uwe Langbecker , Sven Matho, Pierre Sames, ''Multi-objective optimization of oil tanker design'', Published online: 22 July 2010 -JASNAOE 2010

ΣΧΕΔΙΑ

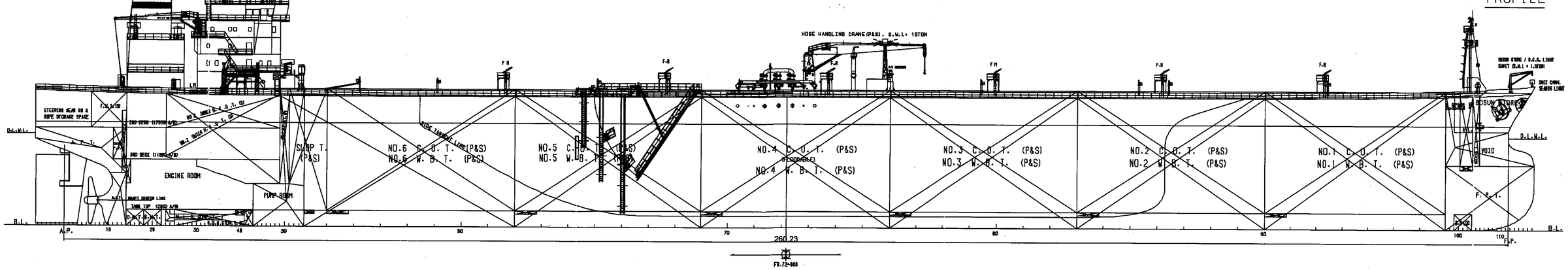




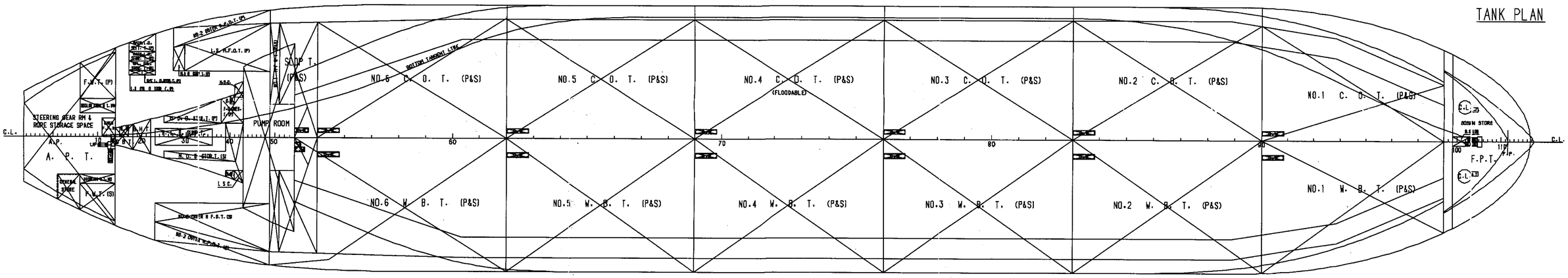
GENERAL ARRANGEMENT

150,000 DWT CLASS CRUDE OIL CARRIER

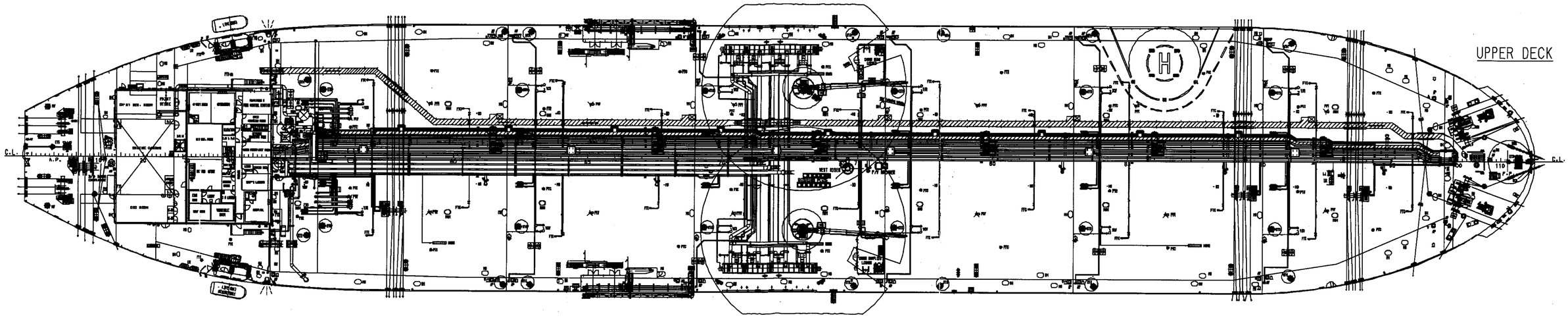
PROFILE

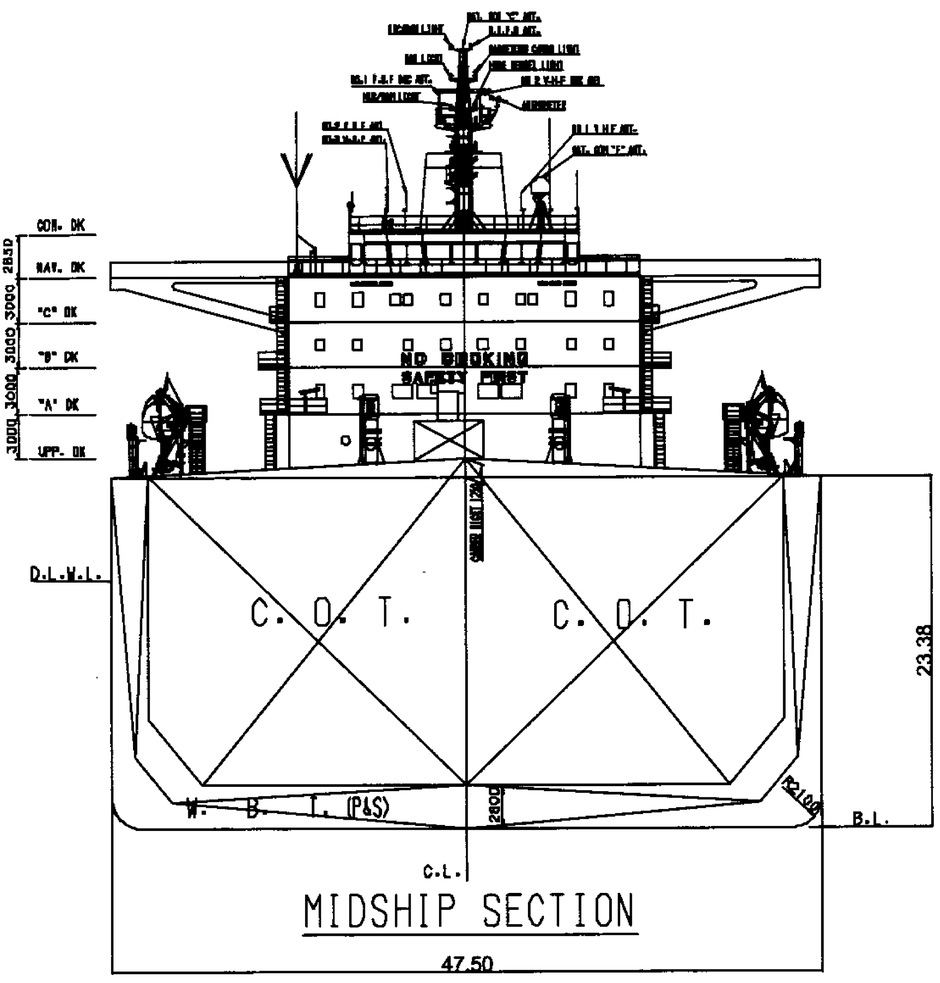


TANK PLAN



UPPER DECK





MIDSHIP SECTION

Ship name:	.....
Dwg Theme:	G.A. PLAN
Scale Factor :	1/500