



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Μελέτη και Σχεδίαση Πλοίου Μεταφοράς Αργού Πετρελαίου Κλάσης VLCC

Όνοματεπώνυμο: Ιορδάνης Αλεξίου

Επιβλέπων Καθηγητής: Γ. Ζαραφωνίτης

Αθήνα 2023

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Γεώργιο Ζαραφωνίτη για την ευκαιρία που μου προσέφερε να εφαρμόσω και να διευρύνω τις γνώσεις μου στο κομμάτι της σχεδίασης πλοίων και να μάθω να χειρίζομαι προγράμματα όπως το Maxsurf και το Shipflow. Οφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ στον κύριο Γεώργιο Παπατζανάκη για τη βοήθεια και τις συμβουλές που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά και στον κύριο Δημήτριο Μουρκογιάννη για όλο το χρόνο που αφιέρωσε για να μου παρουσιάσει το περιβάλλον του Shipflow και για να με βοηθήσει να λύσω όσα προβλήματα αντιμετώπιζα κατά τη χρήση του. Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το αξίζει η οικογένειά μου και κυρίως οι γονείς μου, για την απεριόριστη αγάπη και υποστήριξη που μου παρείχαν και που ποτέ δεν έπαψαν να πιστεύουν σε μένα.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη μελέτη και τη σχεδίαση ενός πλοίου μεταφοράς αργού πετρελαίου κλάσης VLCC. Πιο συγκεκριμένα, στοχεύει στη διαδικασία σχεδίασης της γάστρας του πλοίου στο περιβάλλον του Maxsurf Modeler και ύστερα στον καθορισμό των εσωτερικών χώρων και την πραγματοποίηση υπολογισμών στο περιβάλλον του Maxsurf Stability. Θα γίνει έλεγχος της άθικτης ευστάθειας και ευστάθειας μετά από βλάβη για τα χειρότερα σενάρια με βάση τους κανονισμούς της MARPOL και θα βρεθεί ο δείκτης εκροής πετρελαίου σύμφωνα με τον Κανονισμό 23 της MARPOL. Με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Rhinoceros 6, θα δημιουργηθεί το σχέδιο Γενικής Διάταξης του πλοίου και το σχέδιο Χωρητικότητας. Στη συνέχεια, θα γίνει διαστασιολόγηση όλων των βασικών στοιχείων αντοχής της μέσης τομής όπως ορίζουν οι “Common Structural Rules for Bulk Carriers and Tankers” (1 Jan 2023) του IACS και θα κατασκευαστεί το Σχέδιο Μέσης Τομής του πλοίου. Τέλος, εισάγοντας τη γεωμετρία της γάστρας στο Shipflow, θα γίνει εκτίμηση της αντίστασης του πλοίου, η οποία θα συγκριθεί με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρόγραμμα Maxsurf Resistance και θα γίνει επιλογή ταχύτητας υπηρεσίας, έλικας και κύριας μηχανής με βάση τον δείκτη EEDI.

Abstract

The subject of the current diploma thesis is the preliminary design of a VLCC class tanker. Specifically, it aims at the procedure of designing the ship's hull in Maxsurf Modeler and the creation of the inner compartments and tanks and the calculation process in Maxsurf Stability. It involves the calculations regarding intact and damage stability based on the corresponding criteria presented in MARPOL and the calculation of the mean oil outflow index as it is described in MARPOL's Regulation 23. The General Arrangement plan and the Capacity plan will be created using the design program Rhinoceros 6. Moreover, the dimensions of the main structural elements that compose the Midship section will be chosen based on the "Common Structural Rules for Bulk Carriers and Tankers" (1 Jan 2023) from IACS, followed by the Midship Section plan. Finally, inserting the geometry of the hull in Shipflow, the ship's resistance will be calculated, which will be compared with the results from Maxsurf Resistance and the ship's service speed, propeller and main engine will be chosen based on the attained EEDI.

Περιεχόμενα

1: Εισαγωγή	8
1.1: Προμελέτη Πλοίου	8
1.2: Κλάση VLCC.....	8
1.3: MARPOL 73/78.....	9
1.4: Maxsurf.....	9
2: Επιλογή Κύριων Διαστάσεων και Υπολογισμός Βασικών Μεγεθών	11
2.1: Κύριες Διαστάσεις και Δεδομένα για τη Σχεδίαση	11
2.2: Προϋπολογισμός Βάρους Πλήρως Εξοπλισμένου Αλλά Άφορτου Πλοίου (Lightship)	12
2.3: Υπολογισμός Διαμήκους και Κατακόρυφης Θέσης Κέντρου Βάρους του Lightship.....	14
2.4: Υπολογισμός Κατανομής Βάρους του Lightship	15
2.5: Προϋπολογισμός Μεταφορικής Ικανότητας	20
2.6: Υπολογισμός Διαμήκους και Κατακόρυφης Θέσης Κέντρου Βάρους του DWT	21
2.7: Έλεγχος Κανονισμών Ασφαλείας με Έμφαση στην Ευστάθεια	22
2.7.1: Διεθνής Κανονισμός Γραμμής Φόρτωσης 1966.....	22
2.7.2: Καθορισμός Κατασκευαστικών Νομέων και Μήκους Πρωραίας Φρακτής Σύγκρουσης	25
2.7.3: Καθορισμός Εσωτερικής Διαρρύθμισης του Πλοίου	27
2.7.4: Χωρητικότητα φορτίου.....	28
2.7.5: Έλεγχος χωρητικότητας έρματος	29
2.8: Προκαταρκτικός Έλεγχος Ευστάθειας.....	30
3: Σχεδίαση Γάστρας	33
3.1: Maxsurf Modeler.....	33
3.2: Εισαγωγή Γραμμών	33
3.3: Επεξεργασία Νομέων	34
3.4: Εισαγωγή Επιφανειών	37
3.5: Επεξεργασία Επιφανειών	40
3.6: Κατασκευή Σχεδίου Γραμμών	49
4: Καθορισμός Εσωτερικών Χώρων	50
4.1: Maxsurf Stability	50
4.2: Frame Spacing.....	50
4.3: Δημιουργία Δεξαμενών και Διαμερισμάτων του Πλοίου	52
4.4: Πίνακες Δεξαμενών.....	54
4.5: Καθορισμός Απαραίτητων Στοιχείων για τους Υπολογισμούς.....	56

5: Σχέδιο Γενικής Διάταξης και Σχέδιο Χωρητικότητας	58
5.1: Περιβάλλον σχεδίασης	58
5.2: Σχέδιο Γενικής Διάταξης	59
5.3: Σχέδιο Χωρητικότητας.....	60
6: Υπολογισμοί Υδροστατικής Ευστάθειας	61
6.1: Υδροστατικό Διάγραμμα	61
6.2: Καμπύλες Ευστάθειας (Cross Curves)	66
6.3: Κατακλύσιμα Μήκη	71
6.4: Άθικτη ευστάθεια.....	76
6.4.1: Κριτήρια άθικτης ευστάθειας	76
6.4.2: Καταστάσεις φόρτωσης.....	77
6.4.2.1: Full Load Departure	77
6.4.2.2: Full Load Arrival.....	84
6.4.2.3: Ballast Departure.....	92
6.4.2.4: Ballast Arrival	99
6.5: Ευστάθεια μετά από βλάβη.....	107
6.5.1: Κριτήρια ευστάθειας μετά από βλάβη	108
6.5.2: Σενάρια βλάβης.....	109
6.5.2.1: Χειρότερο σενάριο πλευρικής ρωγμής.....	109
6.5.2.2: Χειρότερο σενάριο ρωγμής στον πυθμένα.....	117
7: Δείκτης Εκροής Πετρελαίου	126
7.1: MARPOL Accidental Oil Outflow	126
7.2: Υπολογισμός του δείκτη εκροής πετρελαίου	126
7.3 Σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα του Maxsurf	134
8: Υπολογισμοί Στοιχείων Αντοχής Μέσης Τομής και Ανάπτυξη Κατασκευαστικού Σχεδίου Μέσης Τομής	137
8.1: Κανονισμοί και Υποθέσεις	137
8.2: Απαραίτητα Μεγέθη για τους Υπολογισμούς	139
8.3: Ελάχιστη Ροπή Αντίστασης Μέσης Τομής Σύμφωνα με τους CSR.....	140
8.4: Υπολογισμός Επιταχύνσεων	141
8.5: Υπολογισμός Πιέσεων	145
8.5: Επιβαλλόμενες Φορτίσεις ανά Έλασμα	150
8.6: Υπολογισμός Καθαρού Πάχους Ελασμάτων.....	151
8.7: Υπολογισμός Πάχους Ενισχυτικών.....	155

8.8: Επιλογή Ενισχυτικών	158
8.9: Προσαυξήσεις Λόγω Διάβρωσης	161
8.10: Υπολογισμός Ροπής Αντίστασης Διατομής Μέσης Τομής	163
8.11: Κατασκευαστικό Σχέδιο Μέσης Τομής	172
9. Εκτίμηση Αντίστασης	173
9.1: Αντίσταση πλοίου και συντελεστές αντίστασης	173
9.2: Shipflow	174
9.3: Αποτελέσματα Προσομοιώσεων στο Shipflow	174
9.4: Σύγκριση Αποτελεσμάτων του Shipflow με τα Αποτελέσματα του Maxsurf	176
10: Καθορισμός Ταχύτητας Υπηρεσίας και Επιλογή Έλικας και Κύριας Μηχανής με Βάση τον Δείκτη EEDI	178
10.1: Energy Efficiency Design Index (EEDI)	178
10.2: Επιλογή Έλικας	180
10.2.1: Βασικά Μεγέθη της Έλικας και Λοιποί Συντελεστές	180
10.2.2: Έλεγχος Σπηλαιώσης	184
10.2.3: Έλεγχος Πάχους Πτερυγίου	185
10.2.4: Έλεγχος Διαμέτρου Ελικοφόρου Άξονα	187
10.3: Επιλογή Κύριας Μηχανής	188
10.4: Σενάρια Λειτουργίας για Επιλογή Ταχύτητας Υπηρεσίας	189
10.4.1: Σενάριο 1 – Ικανοποίηση 3 ^{ης} Φάσης του Δείκτη EEDI χωρίς Χρήση Καινοτόμων Τεχνολογιών για Ενεργειακή Αποδοτικότητα	189
10.4.2: Σενάριο 2 – Ικανοποίηση 3 ^{ης} Φάσης του Δείκτη EEDI με Χρήση Καινοτόμων Τεχνολογιών για Ενεργειακή Αποδοτικότητα	192
10.4.3: Σενάριο 3 – Ικανοποίηση 2 ^{ης} Φάσης του Δείκτη EEDI με Χρήση Καινοτόμων Τεχνολογιών για Ενεργειακή Αποδοτικότητα	197
11: Συμπεράσματα και Προτάσεις για Επόμενη Εργασία	201
11.1: Συμπεράσματα	201
11.2: Προτάσεις για επόμενη εργασία	202
12: Βιβλιογραφία	203

1: Εισαγωγή

1.1: Προμελέτη Πλοίου

Η μελέτη του πλοίου ξεκινά από τη στιγμή που ο πλοιοκτήτης θα έρθει σε επικοινωνία με το μελετητικό γραφείο και θα τοποθετήσει την παραγγελία για την σχεδίαση και την κατασκευή ενός καινούριου πλοίου. Η διαδικασία που θα ακολουθήσει το γραφείο από τη στιγμή της παραγγελίας χωρίζεται σε τέσσερα βασικά στάδια:

- A. Μελέτη Εφικτότητας ή Αρχικού Σχεδιασμού (Concept Design – Feasibility Design)
- B. Προμελέτη (Preliminary Design)
- C. Συμβατική Μελέτη ή Μελέτη Προδιαγραφών Συμβολαίου (Contract Design)
- D. Μελέτη Λεπτομερούς Σχεδιασμού (Detailed Design)

Η προμελέτη, στην οποία βασίζεται η παρούσα διπλωματική εργασία, ξεκινά αφού διαπιστωθεί πως οι απαιτήσεις του πλοιοκτήτη είναι ρεαλιστικές και επιτεύξιμες. Κατά την προμελέτη γίνεται διερεύνηση και επιλογή κατά τον βέλτιστο τρόπο των κυρίων διαστάσεων του πλοίου, της μορφής της γάστρας, της γενικής διάταξης των χώρων, του τύπου και της ισχύος της προωστηρίου εγκατάστασης και πραγματοποιείται έλεγχος της αντοχής και της ευστάθειας. Ο χαρακτήρας της προμελέτης είναι τεχνο-οικονομικός, έχει δηλαδή σαν κύριο στόχο την δημιουργία ενός πλοίου το οποίο θα μπορεί να αποφέρει το μέγιστο δυνατό κέρδος στον πλοιοκτήτη. Στο στάδιο της προμελέτης ξεκινούν και οι δυσκολίες της μελέτης του πλοίου, καθώς οι διάφορες απαιτήσεις και επιλογές ως προς τα χαρακτηριστικά του πλοίου αλληλοσυγκρούονται με αποτέλεσμα να την καθιστούν μία διαδικασία που συνεχώς επαναλαμβάνεται μέχρι το τελικό αποτέλεσμα να συγκλίνει. Αξίζει να σημειωθεί πως δεν είναι δυνατή η σχεδίαση του «τέλειου» πλοίου, ωστόσο το τελικό αποτέλεσμα είναι όσο πιο κοντά σε αυτό μπορεί να φτάσει.

1.2: Κλάση VLCC

Ως VLCC (Very Large Crude Carrier) χαρακτηρίζονται τα δεξαμενόπλοια των οποίων η μεταφορική ικανότητα βρίσκεται στην περιοχή των 200000 t - 320000 t DWT. Είναι η δεύτερη μεγαλύτερη κλάση δεξαμενοπλοίων μετά τα ULCC (Ultra Large Crude Carrier) και συνήθως έχουν μήκος περίπου 300 m – 330 m. Σύμφωνα με δεδομένα του 2020 βρίσκονται σε λειτουργία συνολικά 810 VLCC πλοία παγκοσμίως, τα οποία αποτελούν το 27.44% του παγκόσμιου στόλου πλοίων μεταφοράς αργού πετρελαίου (σύνολο 2952 πλοία) και το 9.21% του παγκόσμιου στόλου δεξαμενοπλοίων (σύνολο 8799 πλοία).

1.3: MARPOL 73/78

Η Διεθνής Σύμβαση για την Αποφυγή της Ρύπανσης από τα Πλοία (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships ή MARPOL) του IMO είναι η σημαντικότερη σε θέματα που αφορούν τη θαλάσσια ρύπανση από τα πλοία, είτε αυτή οφείλεται στη λειτουργία τους είτε είναι αποτέλεσμα κάποιου ατυχήματος, όπως ένα ρήγμα στη γάστρα λόγω σύγκρουσης ή προσάραξης, και περιλαμβάνει κανονισμούς για την αποφυγή της. Οι κανονισμοί της MARPOL έχουν τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στη σχεδίαση των δεξαμενοπλοίων συγκριτικά με τους υπόλοιπους τύπους πλοίων, θέτοντας απαιτήσεις στη μορφολογία του πλοίου και στη συμπεριφορά του σε διάφορες καταστάσεις, περιορίζοντας έτσι σε μεγάλο βαθμό την ελευθερία σχεδίασης.

Οι κανονισμοί της MARPOL είναι συγκεντρωμένοι στα παρακάτω έξι κεφάλαια, που εμφανίζονται στη Σύμβαση ως προσαρτήματα (Annexes):

- ANNEX I. Κανονισμοί για την Αποφυγή της Ρύπανσης από Πετρελαιοειδή.
- ANNEX II. Κανονισμοί για τον Έλεγχο της Ρύπανσης από Επιβλαβείς Υγρές Ουσίες σε Χύδην Μορφή.
- ANNEX III. Κανονισμός για την Αποφυγή της Ρύπανσης από Επιβλαβείς Ουσίες που Μεταφέρονται δια Θαλάσσης σε Συσκευασμένες Μορφές ή σε Εμπορευματοκιβώτια, Φορητές Δεξαμενές ή Οδικά και Σιδηροδρομικά Βαγόνια.
- ANNEX IV. Κανονισμοί για την Αποφυγή της Ρύπανσης από Λύματα Πλοίων.
- ANNEX V. Κανονισμοί για την Αποφυγή της Ρύπανσης από Απορρίμματα Πλοίων.
- ANNEX VI. Κανονισμοί για την Αποφυγή Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης απ' τα Πλοία.

Το Προσάρτημα I. βασίζεται στη φιλοσοφία ότι το νερό και το πετρέλαιο δεν αναμινύονται και επομένως είναι δυνατό να διαχωριστούν. Οι απαιτήσεις που περιέχει αφορούν τον εξοπλισμό των πλοίων, τη λειτουργία τους, κατά την οποία υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές που ορίζουν τις συνθήκες υπό τις οποίες τα πλοία μπορούν να αποβάλλουν μίγματα νερού/πετρελαίου στη θάλασσα και την σχεδίαση και κατασκευή τους. Οι απαιτήσεις στην σχεδίαση και την κατασκευή των πλοίων στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση της εκροής πετρελαίου στην περίπτωση ατυχήματος, με κυριότερη την εφαρμογή της διπλής γάστρας.

1.4: Maxsurf

Το Maxsurf της εταιρίας Bentley Systems είναι ένα πρόγραμμα ναυπηγικής σχεδίασης για πλοία κάθε τύπου. Διαθέτει εργαλεία σχεδίασης γάστρας, ελέγχου ευστάθειας, πρόβλεψης

αντίστασης και αποκρίσεων, μοντελοποίησης κατασκευαστικών στοιχείων και ελέγχου αντοχής. Αποτελείται από έξι υποπρογράμματα, καθένα από τα οποία ειδικεύεται σε ένα ξεχωριστό κομμάτι της μελέτης του πλοίου, τα οποία είναι τα εξής:

- Modeler – 3D σχεδίαση επιφανειών
- Stability – Καθορισμός εσωτερικών χώρων και δεξαμενών, έλεγχος ευστάθειας και υπολογισμός διατμητικών δυνάμεων και καμπτικών ροπών
- Resistance – Υπολογισμός αντίστασης
- Motions – Πρόβλεψη αποκρίσεων στο νερό
- Structure – Αρχική σχεδίαση κατασκευαστικών στοιχείων
- Multiframe – Έλεγχος αντοχής

Η διαδικασία της σχεδίασης πλοίων στο Maxsurf ξεκινάει από το Modeler module με τη σχεδίαση της γάστρας και στη συνέχεια με την εισαγωγή της στα υπόλοιπα υποπρογράμματα ώστε να πραγματοποιηθούν οι προσομοιώσεις και οι υπολογισμοί. Το πλεονέκτημα του προγράμματος είναι η δυνατότητα της παραμετρικής σχεδίασης, καθώς ο χρήστης μπορεί να επιστρέψει στο αρχικό μοντέλο της γάστρας που έχει σχεδιάσει και να κάνει αλλαγές, οι οποίες μεταφέρονται αυτόματα στα υπόλοιπα υποπρογράμματα. Ακόμη, η πληθώρα των εργαλείων που διαθέτει για την σχεδίαση του μοντέλου της γάστρας το καθιστά ιδανικό πρόγραμμα για την αρχική σχεδίαση ή και την βελτιστοποίηση της επιφάνειας της γάστρας του πλοίου. Τέλος, προσφέρει στον χρήστη την ευκαιρία να πραγματοποιεί αναλύσεις με μικρούς υπολογιστικούς χρόνους και συνεργάζεται εύκολα με εξωτερικά προγράμματα για εισαγωγή ή εξαγωγή δεδομένων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία βασίζεται στα τρία πρώτα υποπρογράμματα, με ιδιαίτερη έμφαση στο Maxsurf Modeler, αφού η σχεδίαση του μοντέλου της γάστρας αποτελεί τον πυρήνα του προγράμματος.

2: Επιλογή Κύριων Διαστάσεων και Υπολογισμός Βασικών Μεγεθών

2.1: Κύριες Διαστάσεις και Δεδομένα για τη Σχεδίαση

Επιλέγεται να πραγματοποιηθεί η μελέτη και η σχεδίαση ενός πλοίου μεταφοράς αργού πετρελαίου μεταφορικής ικανότητας 290000 t DWT με τις ακόλουθες κύριες διαστάσεις:

Κύριες Διαστάσεις		
Ολικό Μήκος	L _{OA}	327.7 m
Μήκος Μεταξύ Καθέτων	L _{BP}	318.0 m
Πλάτος	B	60.0 m
Κοίλο	D	29.0 m
Βύθισμα	T	21.0 m
Συντελεστής Γάστρας	C _B	0.810

Επιπλέον στοιχεία απαραίτητα για τους υπολογισμούς που ακολούθησαν, υπολογίστηκαν με χρήση εμπειρικών σχέσεων ή λήφθηκαν σε αναλογία με ένα όμοιο πλοίο.

Επιπλέον Στοιχεία		
Συντελεστής Μέσης Τομής	C _M	0.997
Πρισματικός Συντελεστής	C _P	0.812
Συντελεστής Ισάλου Επιφάνειας	C _{WP}	0.897
Συντελεστής Περιβλήματος Γάστρας	c	1.0035
Ειδικό Βάρος Θαλασσινού Νερού	γ	1.025 t/m ³
Επιτάχυνση της Βαρύτητας	g	9.81 m/s ²
Εκτόπισμα	Δ	333828.9 t
Συντελεστής Αγγλικού Ναυαρχείου	CAD	992.617
Ισχύς Μέγιστης Συνεχούς Λειτουργίας	MCR	23902.8 kW
Κυρτότητα	b	1.4 m
Πρωραία Σιμότητα	S _F	0.0 m
Πρυμναία Σιμότητα	S _A	0.0 m
Bilge Radius	r	2.8 m
Διάμετρος Προπέλλας	D _{PROP}	10.4 m

2.2: Προϋπολογισμός Βάρους Πλήρως Εξοπλισμένου Αλλά Άφορτου Πλοίου (Lightship)

Ως Lightship (L.S.) χαρακτηρίζεται το βάρος του έτοιμου, πλήρως εξοπλισμένου σκάφους χωρίς εφόδια και ωφέλιμο φορτίο. Αντιστοιχεί στην κατάσταση παράδοσης του πλοίου από το ναυπηγείο στον πλοιοκτήτη. Το βάρος αυτό μπορεί να αναλυθεί σε τρία επιμέρους βάρη:

- Βάρος μεταλλικής κατασκευής ή W_{ST}
- Βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού ή W_{OT}
- Βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης ή W_M

Ισχύει δηλαδή ότι $L.S.=W_{ST}+W_{OT}+W_M$

Στο στάδιο της προμελέτης φορτηγών πλοίων μπορεί να πραγματοποιηθεί μια αρχική εκτίμηση των βαρών που αποτελούν το Lightship με χρήση συντελεστών και εμπειρικών σχέσεων. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται δημιουργούν μία γρήγορη και αρκετά καλή εικόνα του βάρους του κενού σκάφους και της κατανομής του, ωστόσο σε αργότερα στάδια της μελέτης χρειάζεται να αντικατασταθούν με καλύτερες, πιο λεπτομερείς μεθόδους.

Βάρος μεταλλικής κατασκευής

Αναφέρεται στο βάρος όλων των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, στα οποία περιλαμβάνονται, εκτός των ελασμάτων και των ενισχυτικών, οι υπερκατασκευές και τα υπερστεγάσματα, τα στοιχεία έδρασης της μηχανής, το πηδάλιο, ο άξονας του πηδαλίου, οι ιστοί κτλ.. Το πηδάλιο, ο άξονας του πηδαλίου και οι ιστοί μπορούν, ανάλογα με την πρακτική του ναυπηγείου, να θεωρηθούν μέρος την ενδιαίτησης και του εξοπλισμού του πλοίου.

- Μέθοδος Watson (Μελέτη Πλοίου, Α. Παπανικολάου, Τεύχος 1, σελ. 219)

$$W_{ST}=33942.995 \text{ t}$$

- Μέθοδος Schneekluth & Müller-Köster (Μελέτη Πλοίου, Α. Παπανικολάου, Τεύχος 1, σελ. 228 & σελ. 235)

$$W_{ST-Hull}=37910.899 \text{ t}$$

$$W_{ST-Superstructures}=596.819 \text{ t}$$

$$W_{ST}=W_{ST-Hull}+W_{ST-Superstructures} \Rightarrow W_{ST}=38716.228 \text{ t}$$

Βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού

Περιλαμβάνει το βάρος των εφαρμοσμένων εγκατεστημένων και αποσυνδεδεμένων εξαρτημάτων του πλοίου πλην της μηχανολογικής εγκατάστασης. Στο βάρος ενδιαίτησης

και εξοπλισμού περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων το βάρος των φορτοεκφορτωτικών μέσων, των καλυμμάτων των στομίων κυτών, του εξοπλισμού πρόσδεσης και αγκυροβολίας, του μηχανισμού πηδαλιουχίας, των σωστικών μέσων, των δικτύων σωληνώσεων και καλωδιώσεων εκτός μηχανοστασίου, του εξοπλισμού ενδιαιτήσεως (θερμομονώσεις, πυρομονώσεις, συστήματα αερισμού-κλιματισμού, επιπλώσεις κτλ.). Ανάλογα με την πρακτική του κάθε ναυπηγείου, σε αυτό το βάρος μπορεί να συμπεριληφθούν και βάρη όπως του πηδαλίου ή των ιστών (εναλλακτικά τα στοιχεία αυτά μπορούν να συμπεριληφθούν στο βάρος της μεταλλικής κατασκευής).

- Προσεγγιστικός τύπος μέσω εμπειρικών συντελεστών (Μελέτη Πλοίου, Α. Παπανικολάου, Τεύχος 1, σελ. 257)

$$W_{OT}=3243.600 \text{ t}$$

- Ομάδες βαρών κατά Schneekluth (Μελέτη Πλοίου, Α. Παπανικολάου, Τεύχος 1, σελ. 263)

$$W_{OT}=1798.262 \text{ t}$$

- Μέθοδος ομάδων βαρών (Μελέτη Πλοίου, Α. Παπανικολάου, Τεύχος 1, σελ. 256)

$$W_{OT}=5145.876 \text{ t}$$

Βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης

Το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης του πλοίου είναι το άθροισμα του βάρους της κύριας μηχανής, της έλικας και του ελικοφόρου άξονα, των ηλεκτρογεννητριών, των καπνοδόχων, των σωληνώσεων του μηχανοστασίου και των υπόλοιπων μηχανολογικών εξαρτημάτων.

- Τύπος Watson-Gilfillan (Μελέτη Πλοίου, Α. Παπανικολάου, Τεύχος 1, σελ. 272)

$$W_M=2729.370 \text{ t}$$

- Προσεγγιστικός τύπος μέσω εμπειρικών συντελεστών (Μελέτη Πλοίου, Α. Παπανικολάου, Τεύχος 1, σελ. 273)

$$W_M=1843.116 \text{ t}$$

- Μέθοδος ομάδων βαρών κατά Strohbusch (Μελέτη Πλοίου, Α. Παπανικολάου, Τεύχος 1, σελ. 273)

$$W_M=3230.616 \text{ t}$$

Σημειώνεται πως οι υπολογισμοί του βάρους του κενού σκάφους έγιναν και για το όμοιο πλοίο ώστε να βρεθεί ο συντελεστής διόρθωσης $\lambda_{L.S.} = \frac{L.S.\text{calc}}{L.S.\text{real}}$. Στη συνέχεια, με άθροιση

των μέσων όρων των επιμέρους βαρών και με διαίρεση του αποτελέσματος με τον συντελεστή διόρθωσης $\lambda_{L.S}$. βρέθηκε η πραγματική τιμή του Lightship του υπό σχεδίαση πλοίου.

Επομένως, σε αυτό το στάδιο της μελέτης, οι πραγματικές τιμές του Lightship και των επιμέρους βαρών που το αποτελούν είναι:

$$W_{ST}=36470.788 \text{ t}$$

$$W_{OT}=3409.109 \text{ t}$$

$$W_M=2611.142 \text{ t}$$

και

$$L.S.=42491.039 \text{ t}$$

2.3: Υπολογισμός Διαμήκους και Κατακόρυφης Θέσης Κέντρου Βάρους του Lightship

Εκτός από την τιμή του Lightship του πλοίου, είναι σημαντική και η γνώση της θέσης του κέντρου βάρους του. Η κατακόρυφη και η διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του πλήρως εξοπλισμένου και άφορτου πλοίου υπολογίστηκαν με τη βοήθεια των πινάκων «Συντελεστές κατακόρυφων θέσεων κέντρων Ομάδων Βαρών» και «Συντελεστές διαμήκων θέσεων κέντρων Ομάδων Βαρών» αντίστοιχα (βλ. Στατιστικά στοιχεία συντελεστών βαρών και θέσεων κέντρων βαρών εμπορικών πλοίων). Αντίστοιχα με την τιμή του Lightship, οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν και για το όμοιο πλοίο ώστε να βρεθούν οι διορθωτικοί συντελεστές λ_{KG_LS} και λ_{LCG_LS} .

Υπό Σχεδίαση	Weight (t)	KG/D	KG (m)	MT (t·m)	LCG/L _{BP}	LCG (m)	ML (t·m)
W_{ST}	36470.79	0.63	18.27	666321.30	0.48	151.05	5508912.59
W_{OT}	3409.11	0.80	23.20	79091.33	0.42	133.56	455320.60
W_M	2611.14	0.50	14.50	37861.55	0.10	31.00	80945.39
LS	42491.04	0.64	18.43	783274.19	0.45	142.27	6045178.59

με $\lambda_{KG_LS}=1.210$ και $\lambda_{LCG_LS}=0.938$.

Τελικά, $KG_{LS}=15.236 \text{ m}$

και $LCG_{LS}=151.699 \text{ m}$

2.4: Υπολογισμός Κατανομής Βάρους του Lightship

Με σκοπό να πραγματοποιηθεί με καλή ακρίβεια ο έλεγχος της διαμήκουσ αντοχής του πλοίου, υπολογίζεται η κατανομή του βάρους του κενού και άφορτου σκάφους του πλοίου. Σε αυτό το στάδιο της μελέτης δεν είναι δυνατό να βρεθεί η ακριβής κατανομή του Lightship κατά μήκος του πλοίου, αφού αυτή εξαρτάται από τη μορφή της γάστρας και τις θέσεις των διαφόρων εξαρτημάτων που υπάρχουν πάνω στο πλοίο, ωστόσο μπορεί να προσεγγιστεί σε καλό βαθμό χωρίζοντας το βάρος του πλοίου στα τέσσερα επιμέρους:

- Βάρος μεταλλικής κατασκευής της γάστρας (W_{HULL})
- Βάρος υπερκατασκευών και υπερστεγασμάτων (W_{SS})
- Βάρος ενδιάιτησης και εξοπλισμού (W_{OT})
- Βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης (W_M)

Κατανομή βάρους μεταλλικής κατασκευής της γάστρας

Η κατανομή του βάρους της μεταλλικής κατασκευής της γάστρας πραγματοποιείται σύμφωνα με τη μέθοδο που περιγράφεται στο Κεφάλαιο «Το Πλοίο σε Ήρεμο Νερό», στη σελίδα 16 του βιβλίου «Αντοχή Πλοίου», Μ. Σαμουηλίδης. Συγκεκριμένα, αφού το υπό σχεδίαση πλοίο θα έχει παράλληλο τμήμα, η κατανομή του βάρους W_{HULL} θα είναι σταθερή στην περιοχή του παράλληλου τμήματος, ενώ θα ακολουθεί τραπεζοειδή μορφή με γραμμική κατανομή πρύμνηθεν και πλώραθεν αυτού. Το βάρος της μεταλλικής κατασκευής της γάστρας κατανέμεται καθ' όλο το μήκος L_{OA} του πλοίου, το οποίο αναλύεται στα εξής τρία μήκη:

- $L_{AFT-PAR}$: είναι το μήκος πρύμνηθεν του παράλληλου τμήματος και εκτείνεται από $x=-3.70$ m έως $x=138.60$ m. Έτσι, $L_{AFT-PAR}=142.30$ m.
- L_{PAR} : είναι το μήκος του παράλληλου τμήματος και εκτείνεται από $x=138.60$ m έως $x=231.50$ m. Έτσι, $L_{PAR}=92.90$ m.
- $L_{FORE-PAR}$: είναι το μήκος πλώραθεν του παράλληλου τμήματος και εκτείνεται από $x=231.50$ m έως $x=324.00$ m. Έτσι, $L_{FORE-PAR}=92.50$ m.

Αρχικά υπολογίζεται η κατανομή του βάρους στο παράλληλο τμήμα, η οποία είναι σταθερή. Για $L_{PAR}/L_{OA}=0.283$ εκτιμάται ο συντελεστής h_1 ($h_1=1.21$), άρα η κατανομή του βάρους στο παράλληλο τμήμα του πλοίου προκύπτει ίση με:

$$h = h_1 \cdot \frac{W_{HULL}}{L_{OA}}$$

όπου, $W_{HULL}=W_{ST}-W_{SS} \Rightarrow W_{HULL}= 35873.97$ t

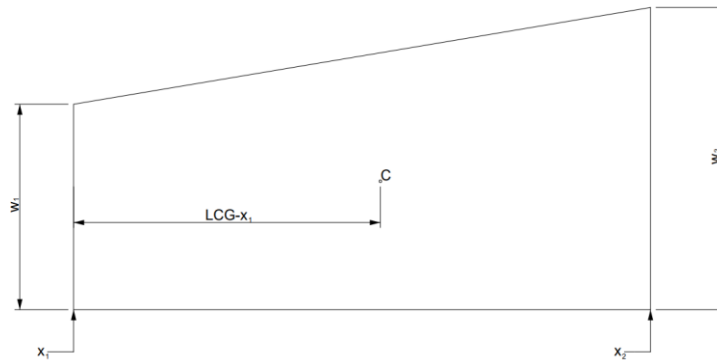
Επομένως, υπολογίζεται ότι $h = 132.46$ t/m.

Το βάρος και η διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του παράλληλου τμήματος θα ισούνται αντίστοιχα με:

$$W_{PAR} = h \cdot L_{PAR} \Rightarrow W_{PAR} = 12305.53 \text{ t}$$

$$LCG_{PAR} = (L_{AFT-PAR} - 3.70) + \frac{L_{PAR}}{2} \Rightarrow LCG_{PAR} = 185.05 \text{ m}$$

Στη συνέχεια γίνεται προσδιορισμός της κατανομής του βάρους της μεταλλικής κατασκευής της γάστρας πρύμνηθεν και πλώραθεν του παράλληλου τμήματος. Για το τραπέζιο του παρακάτω σχήματος ισχύει ότι:



1. Γραμμική Κατανομή Βάρους Τραπεζοειδούς Μορφής

$$w_1 = \frac{2 \cdot W}{x_2 - x_1} \cdot \left[2 - \frac{3 \cdot (LCG - x_1)}{x_2 - x_1} \right]$$

$$w_2 = \frac{2 \cdot W}{x_2 - x_1} \cdot \left[\frac{3 \cdot (LCG - x_1)}{x_2 - x_1} - 1 \right]$$

Για τον υπολογισμό των ζητούμενων μεγεθών καταστρώνονται οι εξής εξισώσεις:

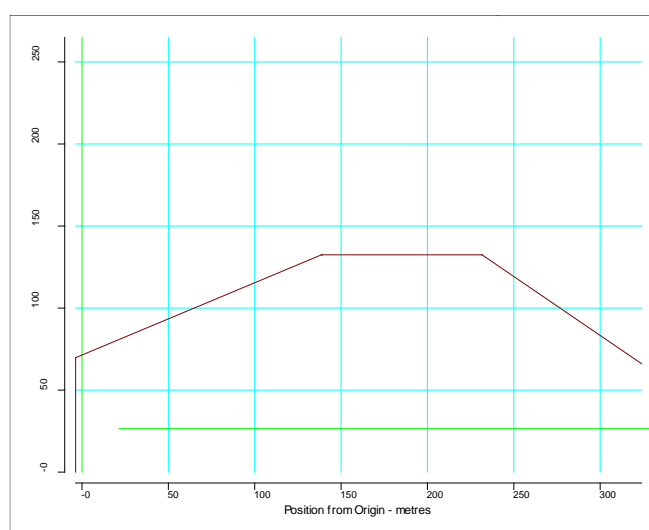
- $W_{AFT-PAR,1} = \frac{2 \cdot W_{AFT-PAR}}{x_{AFT-PAR,2} - x_{AFT-PAR,1}} \cdot \left[2 - \frac{3 \cdot (LCG_{AFT-PAR} - x_{AFT-PAR,1})}{x_{AFT-PAR,2} - x_{AFT-PAR,1}} \right]$
- $W_{AFT-PAR,2} = \frac{2 \cdot W_{AFT-PAR}}{x_{AFT-PAR,2} - x_{AFT-PAR,1}} \cdot \left[\frac{3 \cdot (LCG_{AFT-PAR} - x_{AFT-PAR,1})}{x_{AFT-PAR,2} - x_{AFT-PAR,1}} - 1 \right] = h$
- $W_{FORE-PAR,1} = \frac{2 \cdot W_{FORE-PAR}}{x_{FORE-PAR,2} - x_{FORE-PAR,1}} \cdot \left[2 - \frac{3 \cdot (LCG_{FORE-PAR} - x_{FORE-PAR,1})}{x_{FORE-PAR,2} - x_{FORE-PAR,1}} \right] = h$
- $W_{FORE-PAR,2} = \frac{2 \cdot W_{FORE-PAR}}{x_{FORE-PAR,2} - x_{FORE-PAR,1}} \cdot \left[\frac{3 \cdot (LCG_{FORE-PAR} - x_{FORE-PAR,1})}{x_{FORE-PAR,2} - x_{FORE-PAR,1}} - 1 \right]$
- $W_{HULL} = W_{AFT-PAR} + W_{PAR} + W_{FORE-PAR}$
- $LCG_{HULL} \cdot W_{HULL} = LCG_{AFT-PAR} \cdot W_{AFT-PAR} + LCG_{PAR} \cdot W_{PAR} + LCG_{FORE-PAR} \cdot W_{FORE-PAR}$

$$\text{με } LCG_{HULL} = \frac{LCG_{ST} \cdot W_{ST} - LCG_{SS} \cdot W_{SS}}{W_{HULL}} \Rightarrow LCG_{HULL} = 163.25 \text{ m.}$$

Λύνοντας το σύστημα 6X6 προκύπτουν οι επιθυμητές τιμές, που φαίνονται στον πίνακα και στην εικόνα που ακολουθούν.

$W_{\text{AFT-PAR}}$ (t)	$LCG_{\text{AFT-PAR}}$ (m)	$W_{\text{AFT-PAR},1}$ (t/m)	$W_{\text{FORE-PAR}}$ (t)	$LCG_{\text{FORE-PAR}}$ (m)	$W_{\text{FORE-PAR},2}$ (t/m)
14385.91	74.80	69.73	9182.53	272.59	66.08

Item	Weight (t)	l_{aft} (m)	l_{fore} (m)	LCG (m)
$W_{\text{AFT-PAR}}$	14385.91	-3.70	138.60	74.80
W_{PAR}	12305.53	138.60	231.50	185.05
$W_{\text{FORE-PAR}}$	9182.53	231.50	324.00	272.59

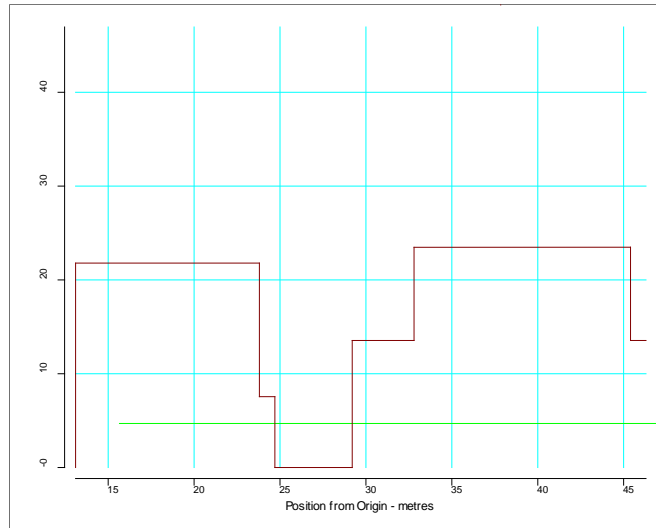


2. Κατανομή Βάρους W_{HULL}

Κατανομή του βάρους υπερκατασκευών και υπερστεγασμάτων

Μέσω της μεθόδου Müller-Köster, προσδιορίστηκε το βάρος κάθε καταστρώματος του υπερστεγασματος και της καπνοδόχου του πλοίου. Θεωρώντας πως το βάρος αυτό παραμένει σταθερό κατά μήκος του καταστρώματος, η κατανομή του βάρους W_{SS} μπορεί να απεικονιστεί στον πίνακα και στην εικόνα που ακολουθούν.

Deck	Weight (t)	l_{aft} (m)	l_{fore} (m)	LCG (m)
A-DECK	70.89	29.20	46.30	37.75
B-DECK	61.26	29.20	46.30	37.75
C-DECK	70.11	29.20	46.30	37.75
D-DECK	29.39	29.20	46.30	37.75
NAV. BRIDGE DECK	125.17	32.80	45.40	39.10
Καπνοδόχος DECK-1	48.14	13.10	24.70	18.90
Καπνοδόχος DECK-2	39.46	13.10	24.70	18.90
Καπνοδόχος DECK-3	152.39	13.10	23.80	18.45

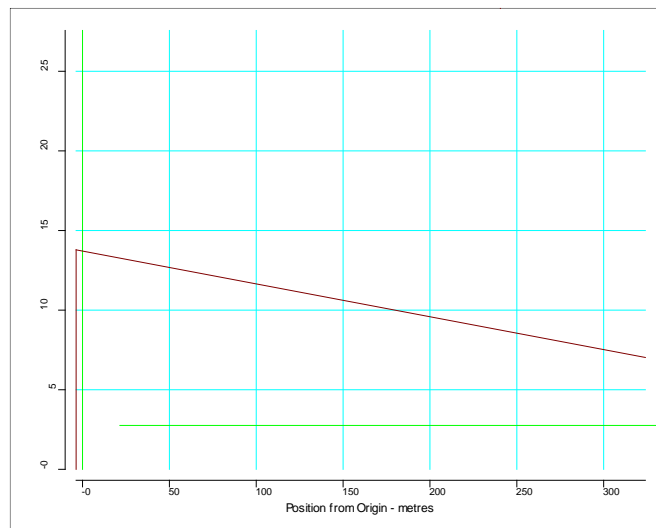


3. Κατανομή Βάρους W_{ss}

Κατανομή βάρους ενδιαίτησης και εξοπλισμού

Καθώς δεν είναι ακόμα γνωστές οι θέσεις των διαφόρων εξαρτημάτων που θα βρίσκονται πάνω στο πλοίο θεωρείται πως η κατανομή του βάρους της ενδιαίτησης και του εξοπλισμού θα εκτείνεται καθ' όλο το μήκος του πλοίου και θα ακολουθεί γραμμική μορφή που εκφράζεται από τον παρακάτω πίνακα και σχήμα.

Item	Weight (t)	l_{aft} (m)	l_{fore} (m)	LCG (m)
W_{OT}	3409.11	-3.70	324.00	142.41



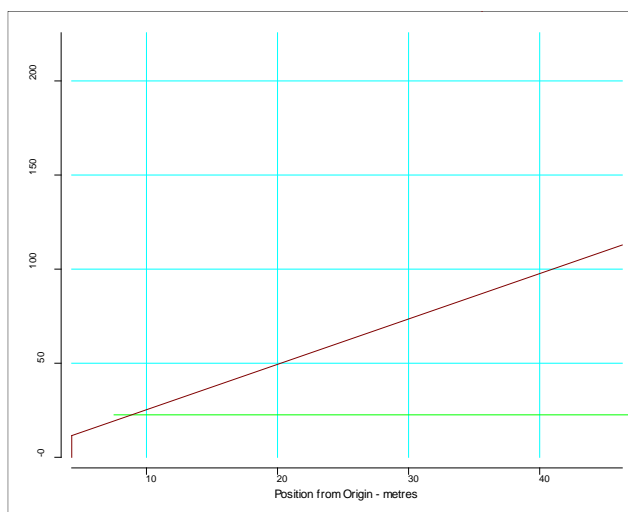
4. Κατανομή Βάρους W_{OT}

Κατανομή βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης

Το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης εκτείνεται από τη θέση της έλικας, έως την πρωραία φρακτή του μηχανοστασίου. Όμοια με την κατανομή του βάρους της ενδιαίτησης

και του εξοπλισμού, αφού δεν είναι απολύτως γνωστές όλες οι θέσεις των μηχανημάτων που αποτελούν το σύνολο της μηχανολογικής εγκατάστασης, η κατανομή του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης του πλοίου θα θεωρηθεί γραμμική, με το μεγαλύτερο βάρος να είναι συγκεντρωμένο στην περιοχή της κύριας μηχανής, καθώς αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης του πλοίου. Στον πίνακα και στο σχήμα που ακολουθούν φαίνεται η κατανομή του βάρους W_M .

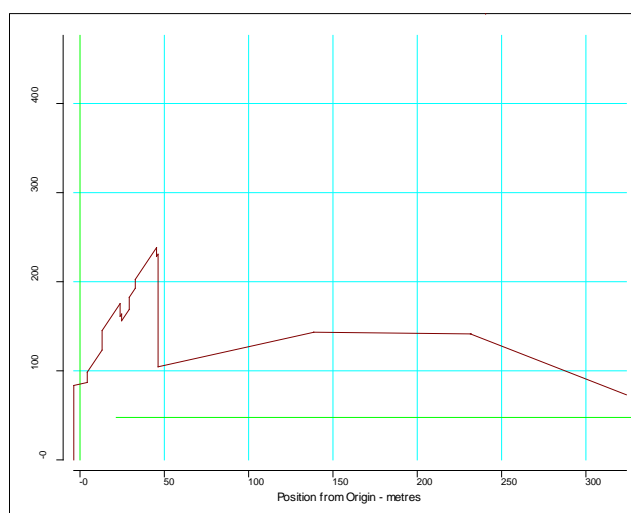
Item	Weight (t)	l_{aft} (m)	l_{fore} (m)	LCG (m)
W_M	2611.14	4.30	46.30	31.00



5. Κατανομή Βάρους W_M

Κατανομή βάρους κενού και άφορτου σκάφους

Η συνολική κατανομή του Lightship κατά μήκος του πλοίου απεικονίζεται παρακάτω.



6. Κατανομή Βάρους Lightship

2.5: Προϋπολογισμός Μεταφορικής Ικανότητας

Η μεταφορική ικανότητα του πλοίου αντιστοιχεί στο νεκρό βάρος ή Deadweight (DWT), το οποίο ισούται με τη διαφορά του εκτοπίσματος Δ με το Lightship. Το πρόσθετο βάρος DWT του πλοίου μπορεί να αναλυθεί στα επιμέρους βάρη:

- Ωφέλιμο φορτίο (Payload)
- Βάρος καυσίμου Fuel Oil (W_{FO})
- Βάρος καυσίμου Diesel Oil (W_{DO})
- Βάρος λιπαντικών (W_{LO})
- Βάρος καθαρού νερού (W_{FW})
- Βάρος προμηθειών (W_{PR})
- Βάρος πληρώματος (W_{CR})
- Βάρος θαλάσσιου έρματος (B)

Θα ισχύει δηλαδή ότι $DWT=Payload+W_{FO}+W_{DO}+W_{LO}+W_{FW}+W_{PR}+W_{CR}+B$

Με βάση τις σχέσεις και τις υποθέσεις στη σελ. 284 του βιβλίου Μελέτη Πλοίου, Α. Παπανικολάου, Τεύχος 1 γίνεται προϋπολογισμός των επιμέρους βαρών που αποτελούν το DWT του πλοίου, με σκοπό να γίνει μια αρχική εκτίμηση της ευστάθειας.

Βάρος καυσίμου Fuel Oil (W_{FO})

- $W_{FO}=5965.338$ t

Βάρος καυσίμου Diesel Oil (W_{DO})

- $W_{DO}=292.042$ t

Βάρος λιπαντικών (W_{LO})

- $W_{LO}=250.295$ t

Βάρος καθαρού νερού (W_{FW})

- $W_{FW}=333.242$ t

Βάρος προμηθειών (W_{PR})

- $W_{PR}=17.825$ t

Βάρος πληρώματος (W_{CR})

- $W_{CR}=3.780$ t

Βάρος θαλάσσιου έρματος (B)

Σε αυτή τη φάση της μελέτης θεωρείται πως το πλοίο δεν μεταφέρει έρμα. Γενικότερα, ένα καλοσχεδιασμένο πλοίο δεν πρέπει να μεταφέρει έρμα στην κατάσταση πλήρους φόρτωσής του. Έτσι,

➤ $B=0 \text{ t}$

Ωφέλιμο φορτίο (Payload)

Υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Payload} = \text{DWT} - (W_{\text{FO}} + W_{\text{DO}} + W_{\text{LO}} + W_{\text{FW}} + W_{\text{PR}} + W_{\text{CR}} + B)$$

Το ωφέλιμο φορτίο είναι το σημαντικότερο από τα βάρη του πλοίου και είναι αυτό που αποφέρει το κέρδος στον πλοιοκτήτη. Πολλές φορές η απαίτηση του πλοιοκτήτη ως προς τη μεταφορική ικανότητα του υπό σχεδίαση πλοίου μπορεί να αφορά το Payload, αντί για το DWT.

Προκύπτει ότι:

➤ $\text{Payload} = 284475.335 \text{ t}$

2.6: Υπολογισμός Διαμήκους και Κατακόρυφης Θέσης Κέντρου Βάρους του DWT

Ακολουθεί η προσέγγιση της κατακόρυφης και διαμήκους θέσης του κέντρου βάρους του πρόσθετου βάρους του πλοίου. Αυτή θα βρεθεί σε δύο καταστάσεις φόρτωσης του πλοίου, στην Full Load Departure, όπου οι τιμές των βαρών που αποτελούν το DWT είναι αυτές που υπολογίστηκαν παραπάνω και στην Full Load Arrival, στην οποία οι τιμές των αναλωσίμων (FO, DO, LO, FW, PR) θα είναι το 10% της αντίστοιχης τιμής τους στην Full Load Departure.

Μέσω των σχεδίων του όμοιου πλοίου, βρέθηκε η θέση του κέντρου βάρους των επιμέρους βαρών του DWT του όμοιου πλοίου, εκτός του Payload, και οι λόγοι KG_i/D και LCG_i/L_{BP} . Θεωρώντας πως οι λόγοι αυτοί είναι ίδιοι στα δύο πλοία, βρέθηκαν τελικά οι τιμές KG_i και LCG_i των βαρών που αποτελούν το DWT στο υπό σχεδίαση πλοίο στις δύο καταστάσεις φόρτωσης.

Η κατακόρυφη και διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του ωφέλιμου φορτίου υπολογίστηκε και στα δύο πλοία, ώστε από το όμοιο να προκύψουν οι συντελεστές διόρθωσης $\lambda_{KG_Payload}$ και $\lambda_{LCG_Payload}$ και να βρεθεί η πραγματική τιμή του KG και LCG του Payload αντίστοιχα. Η τιμή της κατακόρυφης και διαμήκους θέσης του κέντρου βάρους του Payload υπολογίστηκαν από τους τύπους:

$$KG_{\text{Payload}} = h_{DB} + (D - h_{DB}) \cdot 0.52$$

$$LCG_{\text{Payload}} = L_{\text{Aft}} + L_{\text{ER}} + L_{\text{CARGO}} \cdot 0.485 \text{ (Οι τιμές των } L_{\text{Aft}}, L_{\text{ER}} \text{ και } L_{\text{CARGO}} \text{ ορίζονται και υπολογίζονται στο Κεφάλαιο 2.7.2)}$$

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται η κατακόρυφη και διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του ωφέλιμου φορτίου στις καταστάσεις πλήρους αναχώρησης και άφιξης αντίστοιχα:

FLD	Weight (t)	KG (m)	MT (tm)	LCG (m)	ML (t·m)
Cargo	284475.33	16.89	4804330.02	176.54	50220989.98
F.O.	5965.34	23.30	138994.93	38.79	231393.71
D.O.	292.04	24.81	7246.08	23.14	6758.39
L.O.	250.30	26.50	6632.82	30.26	7574.22
F.W.	333.24	26.06	8685.41	10.06	3352.53
Provisions	17.82	30.60	545.43	33.89	604.11
Crew	3.78	37.10	140.24	40.10	151.56
Ballast	0.00	8.08	0.00	180.05	0.00
DWT	291337.86	17.05	4966574.94	173.24	50470824.50

FLA	Weight (t)	KG (m)	MT (tm)	LCG (m)	ML (t·m)
Cargo	284475.33	16.89	4804330.02	176.54	50220989.98
F.O.	596.53	23.30	13899.49	38.79	23139.37
D.O.	29.20	24.81	724.61	23.14	675.84
L.O.	25.03	26.50	663.28	30.26	757.42
F.W.	33.32	26.06	868.54	10.06	335.25
Provisions	1.78	30.60	54.54	33.89	60.41
Crew	3.78	37.10	140.24	40.10	151.56
Ballast	0.00	8.08	0.00	180.05	0.00
DWT	285164.99	16.90	4820680.73	176.20	50246109.84

2.7: Έλεγχος Κανονισμών Ασφαλείας με Έμφαση στην Ευστάθεια

2.7.1: Διεθνής Κανονισμός Γραμμής Φόρτωσης 1966

Η Γραμμή Φόρτωσης είναι η μέγιστη δυνατή ίσαλος που μπορεί να πλέει το πλοίο όταν βρίσκεται σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης. Ο κανονισμός αυτός έχει ως στόχο να παρέχει κάποια ασφάλεια στο πλοίο ορίζοντας το μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμά του.

Ο έλεγχος του κανονισμού θα πραγματοποιηθεί υπολογίζοντας το ελάχιστο ύψος εξάλων θέρους που πρέπει να έχει το πλοίο, με την αφαίρεσή του από το κοίλο DF τελικά θα προκύψει το μέγιστο έμφορτο βύθισμα από Γραμμή Φόρτωσης T_{ILLC} .

Για την προσέγγιση του ύψους εξάλων αυτού, θα βρεθεί το βασικό ύψος εξάλων με βάση τον τύπο του πλοίου και στη συνέχεια θα γίνουν διορθώσεις για τον προσδιορισμό της ελάχιστης επιτρεπτής τιμής του. Τα παρακάτω δεδομένα είναι απαραίτητα για τον έλεγχο του κανονισμού:

- Τύπος πλοίου: A (καθώς προορίζεται για τη μεταφορά μόνο υγρών χύμα φορτίων)
- $C_{B-0.85D}=0.824$
- Πάχος ελάσματος υδρορροής καταστρώματος εξάλων $t_d=0.034$ m
- Πλευρικό ύψος $D_F=D+t_d=29.034$ m

Το ελάχιστο ύψος εξάλων θέρους (Summer Freeboard) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$FB_{SUMMER} = (YE1 + YE2 + YE3 + YE4) \cdot YE5 + YE6 + YE7 + YE8 \text{ (mm)}$$

όπου:

- YE1: Είναι το βασικό ύψος εξάλων του πλοίου. Στον πίνακα 28.1 του αρχείου της «ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ» αναγράφεται το βασικό ύψος εξάλων για πλοία τύπου Α με βάση το μήκος τους. Για το υπό σχεδίαση πλοίο, το οποίο έχει μήκος $L_{BP} = 318$ m, το βασικό ύψος εξάλων του θα είναι 3325.00 mm. ($YE1 = 3325.00$ mm).
- YE2: Αποτελεί διόρθωση για πλοία κατηγορίας Β-60 ή Β-100. Το πλοίο δεν ανήκει σε κάποια από αυτές τις κατηγορίες, επομένως $YE2 = 0$.
- YE3: Διόρθωση για καλύμματα στομιών κυτών. Δεν πραγματοποιείται κάποια διόρθωση, άρα $YE3 = 0$.
- YE4: Διόρθωση για πλοία κατηγορίας Β κάτω των 100 m. Το υπό σχεδίαση πλοίο έχει μήκος μεγαλύτερο των 100 m, άρα δεν πραγματοποιείται κάποια διόρθωση. ($YE4 = 0$).
- YE5: Διόρθωση για τον συντελεστή γάστρας. Επειδή σε ύψος $0.85 \cdot D$ ο συντελεστής γάστρας του πλοίου είναι $C_{B-0.85D} = 0.824 > 0.68$, πραγματοποιείται διόρθωση ίση με $YE5 = \frac{C_{B-0.85D} + 0.68}{1.36}$. Έτσι, $YE5 = 1.11$.
- YE6: Διόρθωση για το πλευρικό ύψος. Ισχύει ότι $D_F > L_{BP}/15$, οπότε θα γίνει προσαύξηση του ύψους εξάλων κατά $(D_F - L_{BP}/15) \cdot R$, όπου $R = 250$ για πλοία μήκους μεγαλύτερου των 120 m. Επομένως, $YE6 = 1958.50$ mm.
- YE7: Διόρθωση για υπερκατασκευές και υπερστεγάσματα. Αρχικά, υπολογίζεται το ελάχιστο ύψος πλώρας και ελέγχεται αν ικανοποιείται. Σε περίπτωση που το ελάχιστο ύψος πλώρας είναι μεγαλύτερο από $D_F - T$ το πλοίο θα χρειαστεί πρόσθετο. Το ύψος αυτό υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F_b = \left[6075 \cdot \left(\frac{L_{BP}}{100} \right) - 1875 \cdot \left(\frac{L_{BP}}{100} \right)^2 + 200 \cdot \left(\frac{L_{BP}}{100} \right)^3 \right] \cdot \left[2.08 + 0.609 \cdot C_{B-0.85D} - 1.603 \cdot C_{wf} - 0.0129 \cdot \left(\frac{L}{d_1} \right) \right] \text{ (mm)}$$

με:

d_1 : το βύθισμα στο $0.85 \cdot D$

C_{wf} : ο συντελεστής ισάλου επιφάνειας πλώρα του $L_{BP}/2$ σε βύθισμα d_1 . (Με αρκετά καλή ακρίβεια λαμβάνεται ίσος με C_{wl} σε βύθισμα d_1 ($C_{WP-0.85D} = 0.907$)).

Προκύπτει τελικά ότι $F_b = 6.53$ m, ενώ $D_F - T = 8.03$ m, επομένως δεν χρειάζεται πρόσθετο.

Υπολογισμοί πραγματικού (S) και δρώντος (E) μήκους υπερκατασκευής και πυργωτού υπερκατασκευάσματος

	Πραγματικό Μήκος	Πραγματικό Ύψος	Κανονικό Ύψος	Πλάτος	Πλάτος Πλοίου	Δρων Μήκος
	l (m)	h (m)	h _s (m)	b (m)	B _s (m)	l _E (m)
Πρόστεγο	-	-	-	-	-	-
Υπερκατασκευή	-	-	-	-	-	-
Πυργωτό Υπερκατασκεύασμα	17.30	3.20	2.30	24.45	60.00	7.05
Καπνοδόχος	11.80	3.20	2.30	13.50	60.00	2.66
S (m) =	29.10				E (m) =	9.70

Στον παραπάνω πίνακα υπολογίζονται το συνολικό πραγματικό (S) και το δρων (E) μήκος της υπερκατασκευής και πυργωτού υπερκατασκευάσματος του υπό σχεδίαση πλοίου ως $S = \sum [l_i]$ και $E = \sum [l_{E_i}]$, όπου $lE = l \cdot \left(\frac{h}{h_s}\right) \cdot \left(\frac{b}{B_s}\right)$ με $h/h_s \leq 1$.

Στον κανονισμό 37 στην «ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ» η μείωση ύψους εξάλων σε πλοίο μήκους μεγαλύτερου των 122 m για $E = 1.0 \cdot L_{BP}$ θα είναι 1070 mm. Ισχύει ότι στο υπό σχεδίαση πλοίο το δρων μήκος είναι $E=0.031 \cdot L_{BP}$, άρα το ποσοστό έκπτωσης του ύψους εξάλων προκύπτει από τον πίνακα του κανονισμού 37 και είναι ίσο με 2.14%. Επομένως, $YE7 = -22.86$ mm.

- YE8: Διόρθωση για τη σιμότητα. Η διόρθωση του ύψους εξάλων λόγω σιμότητας θα ισούται με $(M_N - M_S^*) \cdot \left(0.75 - \frac{S_1}{2 \cdot L_{BP}}\right)$, όπου:

M_N : μέσο μέτρο κανονικής σιμότητας

M_S^* : μέσο μέτρο πραγματικής σιμότητας

S_1 : μήκος κλειστών υπερκατασκευών (λαμβάνεται ίσο με S)

Μέσο μέτρο κανονικής σιμότητας

Πρωραίο ήμισυ: $M_{NF} = 16.6750 \cdot \left(\frac{L_{BP}}{3} + 10\right) = 1934.30$ mm

Πρυμναίο ήμισυ: $M_{NF} = 8.3375 \cdot \left(\frac{L_{BP}}{3} + 10\right) = 967.15$ mm

Για όλο το πλοίο: $M_{NF} = 12.5063 \cdot \left(\frac{L_{BP}}{3} + 10\right) = 1450.73$ mm

Μέσο μέτρο πραγματικής σιμότητας

Το πλοίο δεν διαθέτει σιμότητα, επομένως:

Πρωραίο ήμισυ: $M_{SF} = 0$ mm

Πρυμναίο ήμισυ: $M_{SA} = 0$ mm

Για όλο το πλοίο: $M_S^* = \frac{M_{SF} + M_{SA}}{2} = 0$ mm

Τελικά, προκύπτει ότι $YE8 = 1021.67$ mm.

Το ελάχιστο ύψος εξάλων θέρους ισούται με $FB_{SUMMER}=6634.53 \text{ mm}$.

Έτσι, το μέγιστο έμφορτο βύθισμα από γραμμή φόρτωσης θα είναι ίσο με $T_{ILLC}=D_F-FB_{SUMMER} \Rightarrow T_{ILLC}=22399.48 \text{ mm}$, που είναι μεγαλύτερο από το βύθισμα σχεδίασης του πλοίου, επομένως ο Διεθνής Κανονισμός Γραμμής Φόρτωσης ικανοποιείται.

Ελάχιστα ύψη εξάλων (Κανονισμός 40)

- Ύψος εξάλων Θέρους, FB_{SUMMER}

$$FB_{SUMMER} = 6634.53 \text{ mm}$$

- Ύψος εξάλων στην Τροπική Ζώνη, FB_T

$$FB_T = FB_{SUMMER} - \left(\frac{1}{48}\right) \cdot FB_{SUMMER} \Rightarrow FB_T = 6496.31 \text{ mm}$$

- Ύψος εξάλων Χειμώνα, FB_W

$$FB_W = FB_{SUMMER} + \left(\frac{1}{48}\right) \cdot FB_{SUMMER} \Rightarrow FB_W = 6772.74 \text{ mm}$$

- Ύψος εξάλων Χειμώνα Βορείου Ατλαντικού, FB_{WNA}

$$FB_{WNA} = FB_W \Rightarrow FB_{WNA} = 6772.74 \text{ mm}$$

- Ύψος εξάλων σε Γλυκό Νερό, FB_{FW}

$$FB_{FW} = FB_{SUMMER} - \frac{\Delta}{40 \cdot TPC} \Rightarrow FB_{FW} = 6585.76 \text{ mm}$$

2.7.2: Καθορισμός Κατασκευαστικών Νομέων και Μήκους Πρωραίας Φρακτής Σύγκρουσης

Το μήκος L_{BP} του πλοίου μπορεί να αναλυθεί σε τέσσερα επιμέρους μήκη, τα:

- L_{AFT} : το μήκος που εκτείνεται από την πρυμναία κάθετο έως την πρυμναία φρακτή του μηχανοστασίου
- L_{ER} : το μήκος που εκτείνεται από την πρυμναία έως την πρωραία φρακτή του μηχανοστασίου
- L_{CARGO} : το συνολικό μήκος των δεξαμενών φορτίου του πλοίου
- L_{FWD} : το μήκος που εκτείνεται από την πρωραία φρακτή σύγκρουσης έως την πρωραία κάθετο

Ο καθορισμός των κατασκευαστικών νομέων πραγματοποιήθηκε με βάση το όμοιο πλοίο όπως φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα:

Όμοιο Πλοίο					
Compartment	Frame Spacing (mm)	No. of Frames	Exceeding Space (mm)	Length (m)	Length (%L _{BP})
Aft	800	17	300	13.90	4.34
Engine Room	900 & 1750	38	0	35.90	11.21
Cargo	2700 & 2685 & 2600 & 2550	96	0	256.02	79.93
Forward	3300	4	1280	14.48	4.52
Total (L_{BP})	-	155	-	320.30	100.00

Υπό Σχεδίαση Πλοίο						
Compartment	Length (%L _{BP})	Length (m)	Frame Spacing (mm)	No. of Frames	No. of Frames Final	Length Final (m)
Aft	4.34	13.80	800	16.88	17	13.90
Engine Room	11.21	35.64	900 & 1750	37.74	38	35.90
Cargo	79.93	254.18	2700 & 2685 & 2600 & 2550	95.58	96	256.02
Forward	-	-	3300	-	-	12.18
Total (L_{BP})	100.00	-	-	-	-	318.00

Επομένως, για τα επιμέρους μήκη θα ισχύει ότι:

- L_{AFT}= 13.90 m
- L_{ER}= 35.90 m
- L_{CARGO}= 256.02 m
- L_{FWD}=L_{BP}-L_{AFT}-L_{ER}-L_{CARGO}⇒ L_{FWD}= 12.18 m

Έλεγχος απόστασης πρωραίας φρακτής σύγκρουσης

Σύμφωνα με τον κανονισμό της SOLAS για φορτηγά πλοία, για την απόσταση d της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης από την F.P. πρέπει να ικανοποιείται η συνθήκη:

$$\min \left\{ \begin{array}{l} 5\%L_{BP} \\ 10 \text{ m} \end{array} \right\} \leq d \leq 8\%L_{BP} \Rightarrow 10 \text{ m} \leq d \leq 25.44 \text{ m}$$

Επειδή το πλοίο έχει βολβό, η απόσταση d μετριέται από το σημείο α, όπου:

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{Μέσο του βολβού} \\ 1.5\%L_{BP} \text{ πώραθεν της F.P.} \\ 3 \text{ m πώραθεν της F.P.} \end{array} \right\}$$

Προκύπτει ότι α=2.65 m και d=14.83 m, επομένως η απόσταση της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης από την πρωραία κάθετο είναι εντός των ορίων που θέτουν οι κανονισμοί.

2.7.3: Καθορισμός Εσωτερικής Διαρρύθμισης του Πλοίου

Σύμφωνα με τον κανονισμό 19 της MARPOL, που αφορά την εσωτερική διαρρύθμιση των δεξαμενών σε tankers άνω των 5000 t DWT, επιλέγονται τα ακόλουθα:

Πλευρικά τοιχώματα

Οι πλευρικές δεξαμενές πρέπει να εκτείνονται σε όλο το ύψος του βυθίσματος της πλευράς του πλοίου ή από το διπύθμενο μέχρι το ανώτατο κατάστρωμα. Το πλάτος των πλευρικών τοιχωμάτων δεν πρέπει να είναι σε κανένα σημείο μικρότερο από το ελάχιστο των τιμών $w = 0.5 + \frac{DWT}{20000}$ (m) και $w = 2.0$ m, με ελάχιστο επιτρεπόμενο το 1.0 m. Τελικά, επιλέγεται $w = 3.5$ m.

Ύψος διπυθμένου

Το ύψος του πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το μικρότερο των $h_{DB} = \frac{B}{15}$ (m) και $h_{DB} = 2.0$ m, με ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή το 1.0 m. Επιλέγεται $h_{DB} = 2.8$ m.

Ο λόγος που δεν επιλέχθηκε η ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή του πλάτους του διπλού τοιχώματος και του ύψους του διπυθμένου είναι η ανάγκη για ασφάλεια έναντι εκροής πετρελαίου σε περίπτωση ατυχήματος. Μεγαλύτερες τιμές στις διαστάσεις τους συνεπάγονται μικρότερη μέση εκροή πετρελαίου σε περίπτωση τυχαίου ρήγματος, η οποία εκφράζεται λεπτομερώς μέσω του δείκτη εκροής πετρελαίου που υπολογίζεται στο Κεφάλαιο 7.

Μήκος των δεξαμενών

Κάθε δεξαμενή του πλοίου δεν πρέπει να έχει μήκος που υπερβαίνει το μεγαλύτερο μεταξύ των 10 m και του l , όπως αυτό προκύπτει παρακάτω:

1. Αν δεν υπάρχει διαμήκης φρακτή που να διαχωρίζει τις δεξαμενές φορτίου, τότε:

$$l = \left(0.5 \cdot \frac{b_i}{B} + 0.1\right) \cdot L_{BP}, \text{ αλλά όχι μεγαλύτερο από } 0.2 \cdot L_{BP}$$

2. Αν υπάρχει κεντρική διαμήκης φρακτή, τότε:

$$l = \left(0.25 \cdot \frac{b_i}{B} + 0.15\right) \cdot L_{BP}$$

3. Αν υπάρχουν δύο ή περισσότερες διαμήκεις φρακτές, τότε:

- a. Για πλευρικές δεξαμενές φορτίου:

$$l = 0.2 \cdot L_{BP}$$

- b. Για κεντρικές δεξαμενές φορτίου:

- i. αν $\frac{b_i}{B}$ είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 1/5, τότε:

$$l = 0.2 \cdot L_{BP}$$

- ii. αν $\frac{b_i}{B}$ είναι μικρότερο του $1/5$, τότε:
- αν δεν υπάρχει διαμήκης φρακτή, λαμβάνεται:

$$l = \left(0.5 \cdot \frac{b_i}{B} + 0.1 \right) \cdot L_{BP}$$
 - αν υπάρχει κεντρική διαμήκης φρακτή, λαμβάνεται:

$$l = \left(0.25 \cdot \frac{b_i}{B} + 0.15 \right) \cdot L_{BP}$$

b_i : είναι η ελάχιστη απόσταση απ' την πλευρά του πλοίου προς την εξωτερική φρακτή της εν λόγω δεξαμενής, μετρούμενη προς το εσωτερικό της δεξαμενής σε ορθή γωνία προς το διάμηκες επίπεδο και στο επίπεδο της γραμμής φόρτωσης θέρους.

Το πλοίο διαθέτει δύο διαμήκεις φράκτες στις θέσεις $y=10.30$ m και $y=-10.30$ m, άρα οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μήκους των δεξαμενών είναι:

- Για τις πλευρικές δεξαμενές $l = 63.60$ m

- Για τις κεντρικές δεξαμενές $l = 65.32$ m

Η μεγαλύτερη σε μήκος πλευρική και κεντρική δεξαμενή του πλοίου θα έχει μήκος $l = 48.33$ m και $l = 59.19$ m αντίστοιχα, επομένως βρίσκονται εντός των ορίων.

2.7.4: Χωρητικότητα φορτίου

Η αρχική εκτίμηση της χωρητικότητας του φορτίου θα πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο περιβάλλοντος παραλληλεπίεδου, δηλαδή οι διαστάσεις του χώρου φορτίου θα εκφραστούν μέσω ενός συντελεστή μορφής $C_{V_{CARGO}}$, ο οποίος θα είναι ίδιος για το υπό σχεδίαση πλοίο και το όμοιό του. Έτσι, υπολογίζοντας αρχικά τον συντελεστή $C_{V_{CARGO}}$ για το όμοιο πλοίο, είναι δυνατός ο υπολογισμός του όγκου των δεξαμενών φορτίου του υπό σχεδίαση πλοίου μέσω της σχέσης:

$$C_{V_{CARGO}} = \frac{V_{CARGO}}{L_C \cdot B_C \cdot D_C}$$

όπου:

V_{CARGO} : η συνολική χωρητικότητα των δεξαμενών φορτίου στο 100%, σε m^3

$L_C=L_{CARGO} \Rightarrow L_C=256.02$ m

$B_C=B-2 \cdot w \Rightarrow B_C=53.00$ m

$D_C=D-h_{DB} \Rightarrow D_C=26.20$ m

Από το όμοιο πλοίο προκύπτει ότι $C_{V_{CARGO}} = 0.950$, επομένως για το υπό σχεδίαση πλοίο η συνολική χωρητικότητα των δεξαμενών φορτίου θα ισούται με $V_{CARGO}=337906.98$ m^3 .

Γνωρίζοντας το βάρος του ωφέλιμου φορτίου του πλοίου, είναι δυνατό να βρεθεί το ειδικό βάρος του ομογενούς φορτίου, μέσω της σχέσης:

$$\gamma_{HOMO} = \frac{Payload}{V_{CARGO}} \text{ (t/m}^3\text{)}$$

Έτσι, το ειδικό βάρος του ομογενούς φορτίου θα είναι ίσο με $\gamma_{HOMO}=0.842 \text{ t/m}^3$.

2.7.5: Έλεγχος χωρητικότητας έρματος

Για δεξαμενόπλοια αργού πετρελαίου με DWT άνω των 20000 t και δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου με DWT άνω των 30000 t η ελάχιστη χωρητικότητα των δεξαμεμών έρματος πρέπει να είναι τέτοια ώστε να ικανοποιούνται οι εξής απαιτήσεις:

- Το βύθισμα στο μέσο του πλοίου δεν πρέπει να είναι ποτέ μικρότερο από $d_m = 2.0 + 0.02 \cdot L_{BP}$ ($d_m = 8.36 \text{ m}$).
- Η μέγιστη πρυμναία διαγωγή του πλοίου να μην υπερβαίνει την τιμή $t = 0.015 \cdot L_{BP}$ ($t = 4.77 \text{ m}$).
- Σε κάθε κατάσταση φόρτωσης και καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού, η έλικα πρέπει να είναι πλήρως βυθισμένη.

Για να βρεθεί η ελάχιστη απαιτούμενη χωρητικότητα έρματος του πλοίου, πρέπει αρχικά να προσδιοριστεί το ελάχιστο επιτρεπόμενο βύθισμα του πλοίου. Ο υπολογισμός του γίνεται ως εξής:

Πρυμναίο βύθισμα T_A

Το βύθισμα στην πρύμνη του πλοίου πρέπει να ισούται κατ' ελάχιστο με το άθροισμα της τιμής της διαμέτρου της έλικας και της απόστασης μεταξύ του Βασικού Επιπέδου Αναφοράς και του κατώτατου σημείου της έλικας. Η απόσταση αυτή ισούται με $H=0.3 \text{ m}$. Έτσι, το T_A υπολογίζεται ως:

$$T_A = D_{PROP} + H \Rightarrow T_A = 10.70 \text{ m}$$

Πρωραίο βύθισμα T_F

Το βύθισμα αυτό υπολογίζεται ως κάποιο ποσοστό του L_{BP} . Από εμπειρικές σχέσεις λαμβάνεται ίσο με:

$$T_F = 2.3\% \cdot L_{BP} \Rightarrow T_F = 7.31 \text{ m}$$

Μέσο βύθισμα T_m

Το μέσο βύθισμα προκύπτει ως ο μέσος όρος των βυθισμάτων T_A και T_F και ισούται με:

$$T_m = \frac{T_A + T_F}{2} \Rightarrow T_m = 9.01 \text{ m}$$

Σημειώνεται πως τα βυθίσματα αυτά ικανοποιούν τις απαιτήσεις της MARPOL για την ελάχιστη χωρητικότητα των δεξαμεμών έρματος.

Γνωρίζοντας το μέσο βύθισμα T_m του πλοίου υπολογίζεται το εκτόπισμα σε μία ισοδύναμη ισοβύθιστη κατάσταση από τον τύπο:

$$\Delta_{WB} = c \cdot \gamma \cdot C_{B-WB} \cdot L_{BP} \cdot B \cdot T_m \text{ (t)}$$

όπου,

C_{B-WB} : ο συντελεστής γάστρας του πλοίου σε βύθισμα T_m , που προκύπτει από το εμπειρικό τύπο:

$$C_{B-WB} = C_B \cdot \left(\frac{T_m}{T}\right)^{\frac{C_{WP}-1}{C_B}}$$

Στην κατάσταση φόρτωσης που μελετάται, θεωρείται πως πάνω στο πλοίο θα βρίσκεται το πλήρωμα και πως τα αναλώσιμα θα είναι στο 10% του συνολικού βάρους τους. Έτσι, το ελάχιστο απαιτούμενο έρμα του πλοίου θα ισούται με:

$$WB_{min} = \Delta_{WB} - LS - W_{CR} - 0.10 \cdot (W_{FO} + W_{DO} + W_{LO} + W_{FW} + W_{PR}) \text{ (t)}$$

$$\text{και } V_{WB_{min}} = \frac{WB_{min}}{\gamma} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Επομένως, } V_{WB_{min}} = 85420.53 \text{ m}^3$$

Με παρόμοιο τρόπο με τον υπολογισμό της χωρητικότητας φορτίου βρέθηκε και ο συντελεστής μορφής $C_{V_{total}}$, μέσω της σχέσης:

$$C_{V_{total}} = \frac{V_{CARGO} + V_{WB} + V_{FO}}{L_C \cdot B \cdot D}$$

Και υπολογίστηκε η χωρητικότητα των δεξαμενών έρματος του πλοίου, η οποία βρέθηκε ίση με $V_{WB} = 92421.41 \text{ m}^3$. Η χωρητικότητα των δεξαμενών έρματος είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη απαιτούμενη, επομένως ο κανονισμός ικανοποιείται.

2.8: Προκαταρκτικός Έλεγχος Ευστάθειας

Γνωρίζοντας τις τιμές των βαρών του Lightship και του DWT του πλοίου και την κατακόρυφη και διαμήκη θέση του κέντρου βάρους τους, μπορεί, με την μέθοδο των ροπών, να υπολογιστεί η διαμήκης και κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του εκτοπίσματος του πλοίου στις καταστάσεις Full Load Departure και Full Load Arrival.

Κατακόρυφη και διαμήκης θέση κέντρου βάρους του εκτοπίσματος του πλοίου:

FLD	Weight (t)	KG (m)	MT (tm)	LCG (m)	ML (t·m)
DWT	291337.86	17.05	4966574.94	173.24	50470824.50
LS	42491.04	15.24	647391.59	151.70	6445838.99
Δ	333828.90	16.82	5613966.53	170.50	56916663.50

FLA	Weight (t)	KG (m)	MT (tm)	LCG (m)	ML (t·m)
DWT	285164.99	16.90	4820680.73	176.20	50246109.84
LS	42491.04	15.24	647391.59	151.70	6445838.99
Δ	327656.03	16.69	5468072.31	173.02	56691948.84

Σε κάθε κατάσταση φόρτωσης θα βρεθεί επίσης το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος GM_T ώστε να γίνει έλεγχος της ευστάθειάς του στο πρώτο στάδιο της μελέτης. Σύμφωνα με τα κριτήρια άθικτης ευστάθειας της MARPOL, το ελάχιστο εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος του πλοίου σε μηδενική γωνία εγκάρσιας κλίσης πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο των 0.15 m, όμως για λόγους ασφαλείας στο συγκεκριμένο στάδιο η απαίτηση του ελάχιστου GM_T ανέρχεται στην τιμή των 0.50 m.

Η τιμή του εγκάρσιου μετακεντρικού ύψους του πλοίου προκύπτει από τη σχέση:

$$GM_T = KM - KG \Rightarrow GM_T = KB + BM_T - KG,$$

όπου:

KM: κατακόρυφο ύψος μετάκεντρου

KB: κατακόρυφη θέση κέντρου άντωσης

BM_T : εγκάρσια μετακεντρική ακτίνα

Τα KM και BM_T υπολογίζονται από τους εξής εμπειρικούς τύπους:

$$KB = T \cdot (0.9 - 0.36 \cdot C_M)$$

$$BM_T = (0.096 + 0.89 \cdot C_{WP}^2) \cdot \frac{B^2}{12 \cdot C_B \cdot T}$$

Υπολογίστηκε αρχικά το $KM = KB + BM_T$ για το όμοιο πλοίο και προέκυψε ο διορθωτικός συντελεστής λ_{KM} . Με του ίδιους εμπειρικούς τύπους υπολογίστηκε στη συνέχεια η τιμή του κατακόρυφου ύψους του μετάκεντρου για το υπό σχεδίαση πλοίο, που με διαίρεσή της με τον συντελεστή λ_{KM} έδωσε την πραγματική τιμή του KM του υπό σχεδίαση πλοίου.

$$KB = 11.575 \text{ m}$$

$$BM_T = 14.59 \text{ m}$$

$$KM = 26.165 \text{ m}$$

Επειδή το πλοίο είναι πλοίο μεταφοράς υγρού χύδην φορτίου και καθώς οι δεξαμενές του θεωρούνται πως θα είναι γεμάτες στο 98%, πρέπει να γίνει διόρθωση στην τιμή του KG λόγω ελευθέρων επιφανειών. Η διορθωμένη τιμή της κατακόρυφης θέσης του κέντρου βάρους του πλοίου θα ισούται με:

$$KG_{COR} = KG + \sum \frac{\gamma_F \cdot I_F}{\Delta},$$

όπου,

γ_F : το ειδικό βάρος του φορτίου της δεξαμενής που ισούται με $\gamma_F = \frac{Payload}{98\%V_{Cargo}}$

I_F : ροπή αδράνειας αρχικής επιφάνειας υγρού ως προς τον διαμήκη άξονα από το κέντρο της, με $I_F = \frac{l \cdot b^3}{12}$, όπου l, b το μήκος και πλάτος της εκάστοτε δεξαμενής αντίστοιχα.

Προκύπτει τελικά ότι, $GM_{T_FLD}=8.401$ m και $GM_{T_FLA}=8.530$ m , επομένως το πλοίο πληροί το κριτήριο ευστάθειας στο παρόν στάδιο της μελέτης.

3: Σχεδίαση Γάστρας

3.1: Maxsurf Modeler

Το Modeler είναι το υποπρόγραμμα στο οποίο πραγματοποιείται η τρισδιάστατη σχεδίαση του μοντέλου. Αυτή γίνεται με την εισαγωγή και επεξεργασία επιφανειών, μέσω των διαφόρων εργαλείων που προσφέρει. Το εύκολο σε χρήση περιβάλλον και η πληθώρα των σχεδιαστικών εργαλείων του το καθιστούν ιδανικό για πειραματισμό και ταχεία βελτιστοποίηση του μοντέλου. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής σχεδίου γραμμών με πολύ καλή ακρίβεια και συνεργάζεται άριστα με τα υπόλοιπα υποπρογράμματα που αποτελούν το σύνολο του Maxsurf.

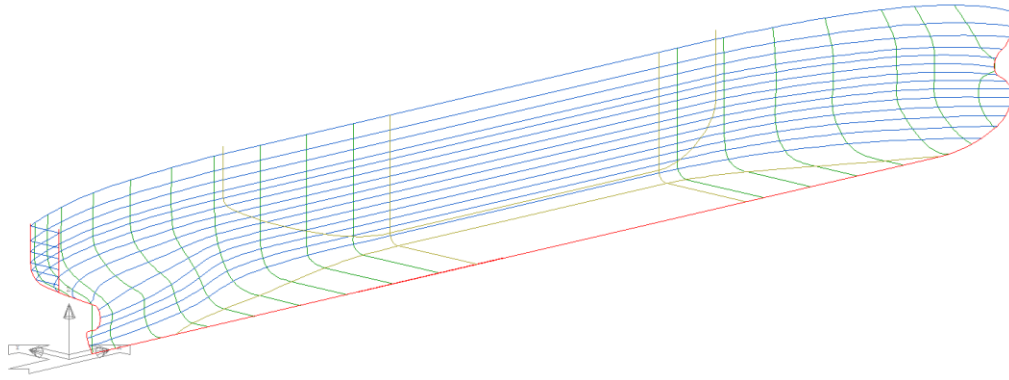
3.2: Εισαγωγή Γραμμών

Το μοντέλο της γάστρας κατασκευάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

Απαιτήσεις Σχεδίου		
Ολικό Μήκος	L _{OA}	327.7 m
Μήκος Μεταξύ Καθέτων	L _{BP}	318.0 m
Πλάτος	B	60.0 m
Κοίλο	D	29.0 m
Βύθισμα	T	21.0 m
Συντελεστής Γάστρας	C _B	0.810
Διαμήκης Θέση Κέντρου Άντωσης	LCB	53%-53.5% L _{BP}
Διαμήκης Θέση Κέντρου Πλευστότητας	LCF	49.5%-50% L _{BP}

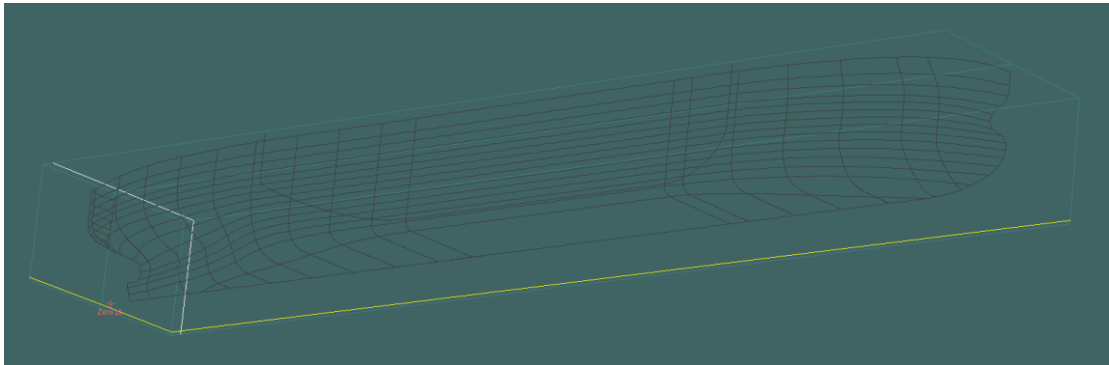
Στην πρώτη φάση της σχεδίασης της γάστρας του πλοίου δημιουργήθηκε το σχέδιο γραμμών με τη λήψη σημείων και νομέων μέσα από τα σχέδια του όμοιου πλοίου με τη βοήθεια του προγράμματος Graph Grabber.

Στη συνέχεια, έγινε εισαγωγή των σημείων αυτών στο πρόγραμμα AVEVA MARINE 12.1 ώστε να σχηματιστεί ένα αρχικό σχέδιο γραμμών. Με τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν σχεδιάστηκαν το προφίλ της πλήρης και της πρύμνης, οι καμπύλες Flat of Side και Flat of Bottom, οριοθετήθηκε το παράλληλο τμήμα και σχεδιάστηκαν αρκετοί νομείς ώστε να μπορεί να περιγραφεί με καλή ακρίβεια η γεωμετρία της γάστρας του πλοίου.



7. Σχέδιο Γραμμών στο Περιβάλλον του AVEVA

Το σχέδιο αυτό, με τη σειρά του, εισήχθη στο περιβάλλον του MAXSURF MODELER, υπό μορφή IGES αρχείου, όπου ξεκίνησε και η επεξεργασία του.



8. Σχέδιο Γραμμών στο Περιβάλλον του Maxsurf Modeler

3.3: Επεξεργασία Νομέων

Πριν την εξομάλυνση των νομέων πραγματοποιήθηκαν κάποιες απαραίτητες διορθώσεις σε ατέλειες που υπήρχαν στο σχέδιο. Αυτές έγιναν με την κατάλληλη μετακίνηση των Control Points, από τα οποία αποτελείται η κάθε καμπύλη, στην επιθυμητή θέση. Οι κυριότερες διορθώσεις φαίνονται στη συνέχεια.

- Διόρθωση του προφίλ της πλώρης ώστε να αποκτήσει το επιθυμητό σχήμα.

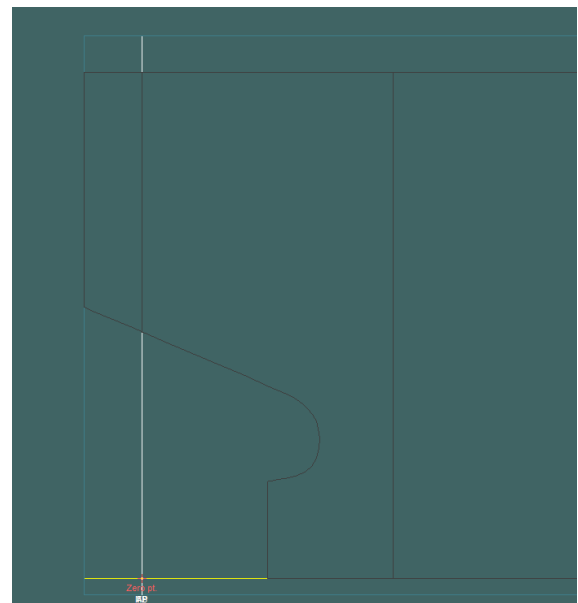


9. Προφίλ Πλώρης Πριν και Μετά

- Διόρθωση του προφίλ της πρύμνης για να αποκτήσει το σωστό σχήμα.

Μία καμπύλη στο MODELER δεν μπορεί να είναι ενός βαθμού σε ένα σημείο της και διαφορετικού σε άλλο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση δηλαδή, μία καμπύλη μορφής spline δεν μπορεί να έχει κόμβο ασυνέχειας. Η δημιουργία κόμβου μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους.

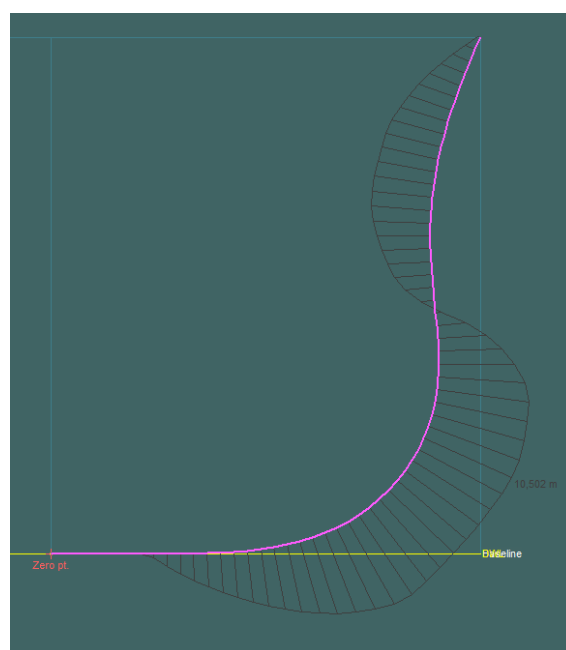
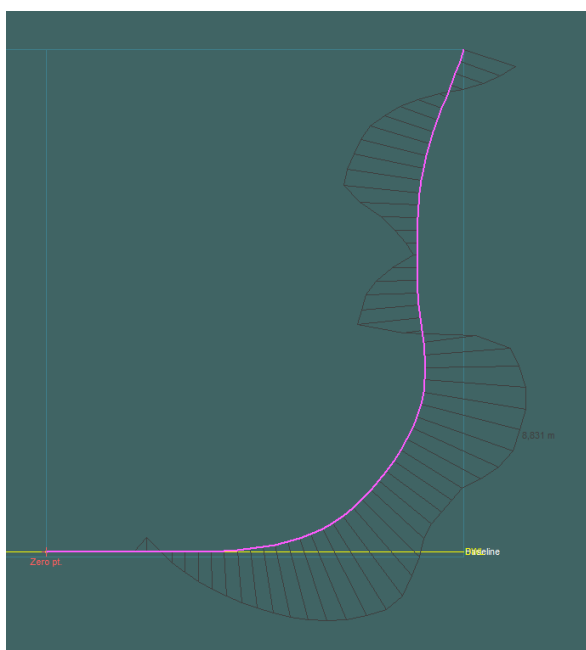
1. Χρήση δύο διαφορετικών καμπυλών που συναντιόνται στον κόμβο (Η λύση αυτή μπορεί να δημιουργήσει δυσκολίες στη δημιουργία της επιφάνειας)
2. Τοποθέτηση δύο συνεχόμενων Control Points της καμπύλης στο ίδιο σημείο



10. Προφίλ Πρύμνης Πριν και Μετά

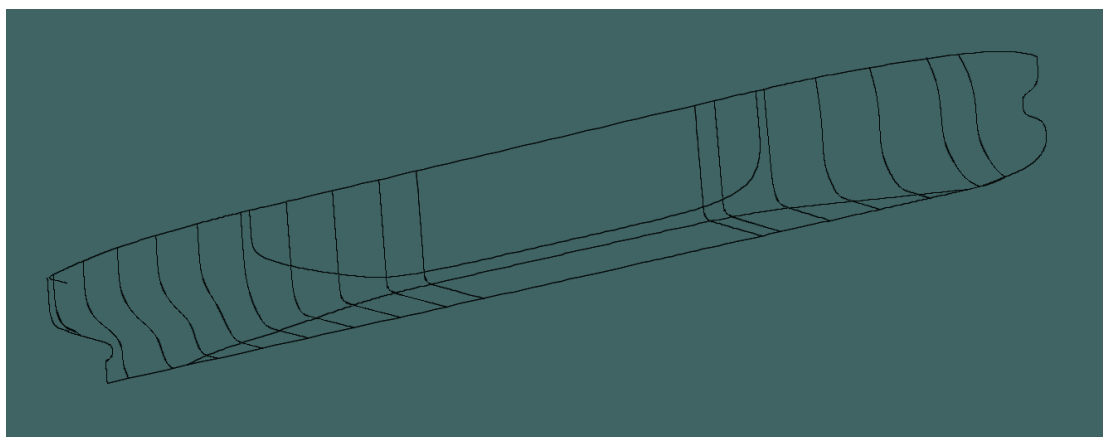
- Επιπλέον διορθώσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν η διαγραφή των καμπυλών των ισάλων, καθώς θα καταστούσαν περίπλοκη την εισαγωγή των επιφανειών και διόρθωση της θέσης ορισμένων σημείων που βρίσκονταν εκτός των ορίων της γάστρας.

Η εξομάλυνση των καμπυλών πραγματοποιήθηκε για όλους του νομείς του πλοίου, καθώς και τις καμπύλες Flat of Side, Flat of Bottom, το προφίλ της πλώρης και της πρύμνης και της ισάλου στο άνω άκρο των καμπυλών (το οποίο αντιστοιχεί σε σημείο με τεταγμένη υψηλότερη του κοίλου του πλοίου, έτσι ώστε να γίνει διόρθωση αργότερα λόγω κυρτότητας). Η εξομάλυνση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια βελών καμπυλότητας και με μικρές μεταβολές των θέσεων των Control Points των καμπυλών, έτσι ώστε να σχηματιστεί μία ομαλότερη καμπύλη, χωρίς όμως να αποκτούν απόκλιση μεγαλύτερη των 0.3 m από την αρχική τους θέση. Τυπικό παράδειγμα εξομάλυνσης ενός από τους νομείς του πλοίου φαίνεται παρακάτω.



11. Νομέας Πριν και Μετά την Εξομάλυνση

Η διαδικασία της εξομάλυνσης επαναλήφθηκε για όλες τις καμπύλες που προαναφέρθηκαν, δίνοντας τελικά το ακόλουθο αποτέλεσμα.



12. Τελικό Σχέδιο Γραμμών

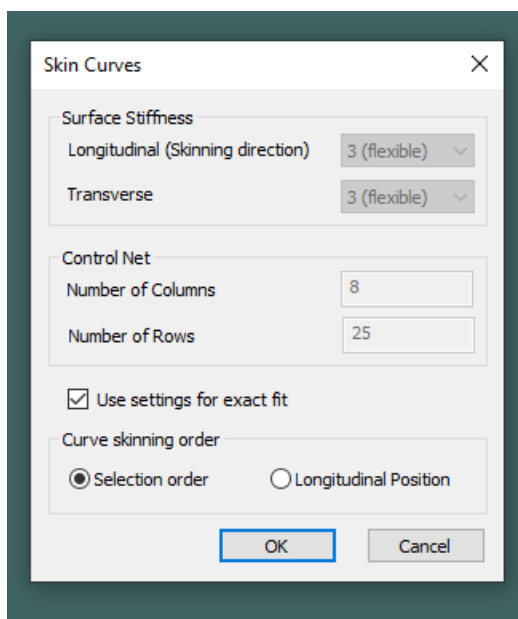
3.4: Εισαγωγή Επιφανειών

Αφού κατασκευαστεί και εξομαλυνθεί το σχέδιο γραμμών του πλοίου, πραγματοποιείται η εισαγωγή των επιφανειών ώστε να κατασκευαστεί το μοντέλο της γάστρας του πλοίου. Η εισαγωγή επιφανειών στο περιβάλλον του MAXSURF MODELER μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι εξής:

1. Εισαγωγή έτοιμου μοντέλου. Το MAXSURF περιέχει μια βιβλιοθήκη με έτοιμα μοντέλα διαφόρων τύπων πλοίου, τα οποία μπορούν να εισαχθούν στις επιθυμητές διαστάσεις και να επεξεργαστούν περεταίρω, οδηγώντας στην σχεδίαση ενός εντελώς καινούριου πλοίου.
2. Εισαγωγή μιας απλής επιφάνειας, όπως για παράδειγμα την επιφάνεια μισού κυλίνδρου. Με εισαγωγή επιπλέον Control Points και κατάλληλη επεξεργασία τους μπορεί με εύκολο τρόπο να κατασκευαστεί η γάστρα ενός πλοίου. Αυτή η πρακτική είναι καλύτερα εφαρμόσιμη για σχεδίαση της γάστρας ενός ταχύπλουου σκάφους με απλή σχετικά γεωμετρία και όχι για την σχεδίαση της γάστρας ενός εμπορικού πλοίου, όπως ένα δεξαμενόπλοιο.
3. Χρήση της εντολής "Skin Curves". Η εντολή αυτή είναι η καλύτερη μέθοδος σχεδίασης της γάστρας ενός πλοίου όταν υπάρχει διαθέσιμο σχέδιο γραμμών. Μέσω της εντολής "Skin Curves" σχηματίζεται επιφάνεια, η οποία διέρχεται μέσα απ' όλες τις επιλεγμένες καμπύλες δίνοντας το επιθυμητό σχήμα.

Η εισαγωγή της επιφάνειας της γάστρας του πλοίου πραγματοποιήθηκε μέσω της εντολής "Skin Curves". Οι καμπύλες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μόνο οι καμπύλες των νομέων και των προφίλ του πλοίου. Με διαδοχική επιλογή των καμπυλών και επιλέγοντας "Use settings

for exact fit” σχεδιάστηκε το τμήμα της επιφάνειας του πλοίου που βρίσκεται μεταξύ των επιλεχθεισών καμπυλών.



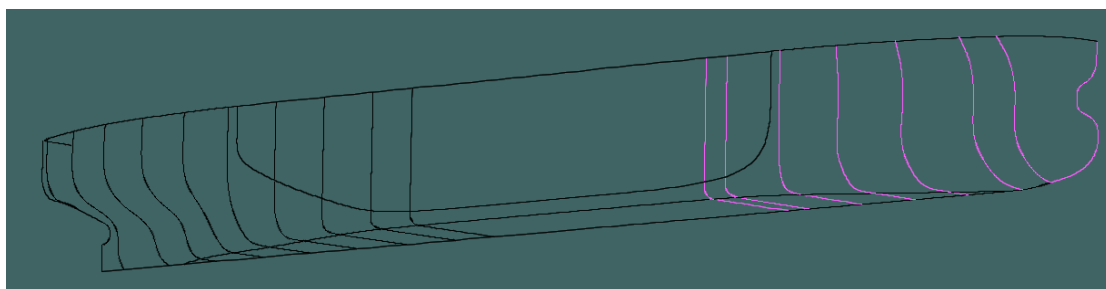
13. Παράθυρο Εντολής "Skin Curves"

Σημειώνεται πως λόγω ανωμαλιών και δυσκολίας του προγράμματος στην εισαγωγή ομαλών επιφανειών, το μοντέλο της γάστρας του πλοίου σχεδιάστηκε σε τρία τμήματα:

- το Πρωραίο τμήμα
- το Παράλληλο τμήμα
- το Πρυμναίο τμήμα

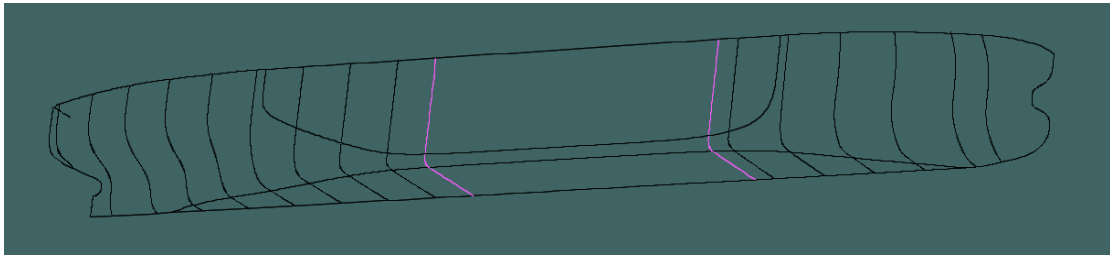
Στο καθένα χρησιμοποιήθηκε η εντολή “Skin Curves” με διαδοχική επιλογή των καμπυλών που παρουσιάζονται παρακάτω.

- Πρωραίο τμήμα



14. Επιλογή Καμπυλών Πρωραίου Τμήματος

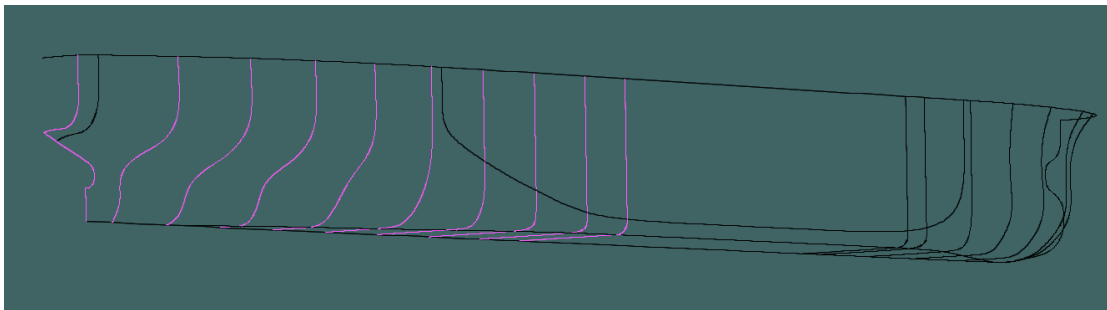
- Παράλληλο τμήμα



15. Επιλογή Καμπυλών Παράλληλου Τμήματος

- Πρυμναίο τμήμα

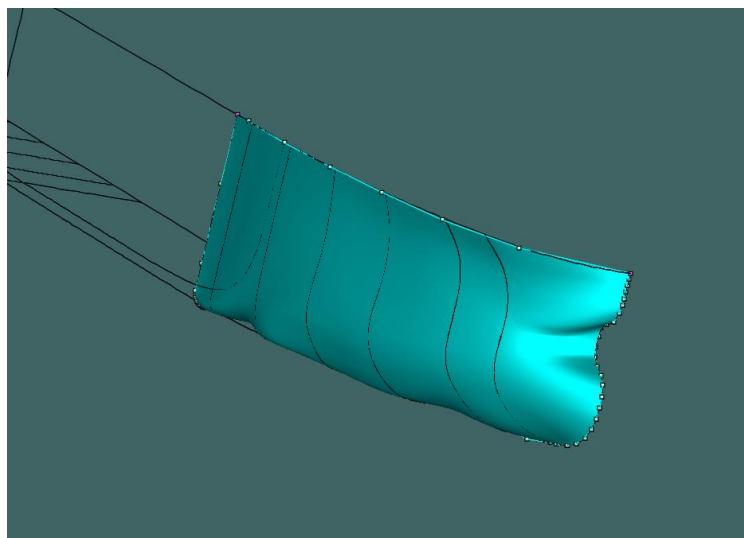
Τονίζεται πως για να γίνει η δημιουργία της επιφάνειας στο τμήμα αυτό, η καμπύλη του προφίλ της πρύμνης ενώθηκε αρχικά με την καμπύλη του Transom.



16. Επιλογή Καμπυλών Πρυμναίου Τμήματος

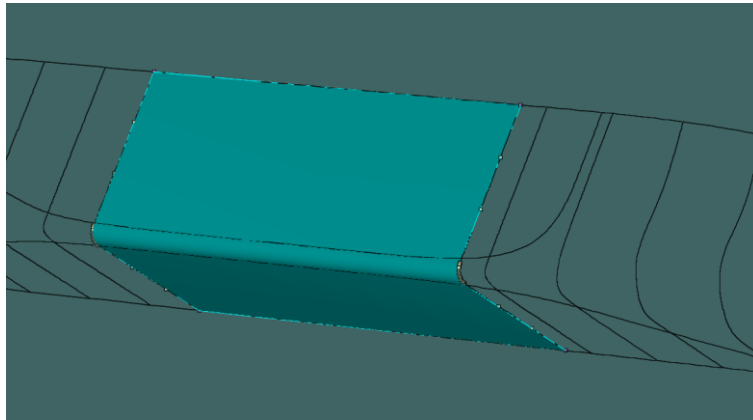
Το αποτέλεσμα της εκτέλεσης της εντολής στο κάθε τμήμα φαίνεται στις ακόλουθες εικόνες:

- Πρωραίο τμήμα



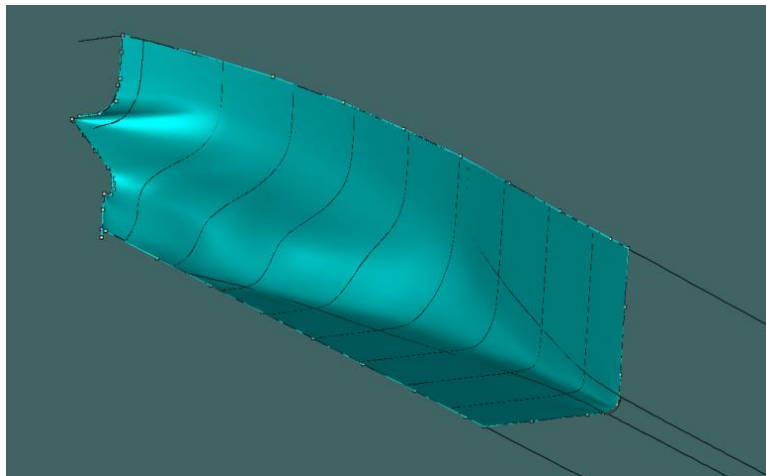
17. Αρχική Επιφάνεια Πρωραίου Τμήματος

- Παράλληλο τμήμα



18. Αρχική Επιφάνεια Παράλληλου Τμήματος

- Πρυμναίο τμήμα



19. Αρχική Επιφάνεια Πρυμναίου Τμήματος

3.5: Επεξεργασία Επιφανειών

Είναι φανερό πως οι επιφάνειες που σχηματίστηκαν δεν είναι εντελώς ομαλές. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνει κατάλληλη επεξεργασία τους με σκοπό να διορθωθούν οι ατέλειες που εμφανίστηκαν. Η επεξεργασία των επιφανειών πραγματοποιήθηκε μέσω της μετακίνησης Control Points.

Η αρχική επιφάνεια αποτελείται από μεγάλο αριθμό Control Points. Αυτό δεν είναι επιθυμητό, διότι καθιστά τη γεωμετρία περίπλοκη και την επεξεργασία της ιδιαίτερα δύσκολη και χρονοβόρα. Για το λόγο αυτό η επιφάνεια κάθε τμήματος αναδιαμορφώθηκε μειώνοντας τον αριθμό των Control Points χωρίς αυτό να οδηγεί σε σημαντικές αλλαγές στην γεωμετρία του πλοίου. Σημειώνεται πως μετά την μείωση των Control Points, κάθε

τμήμα πρέπει να έχει τον ίδιο αριθμό γραμμών με Control Points, έτσι ώστε να είναι δυνατό να ενωθούν στο τέλος και να δώσουν την τελική επιφάνεια της γάστρας. Πραγματοποιήθηκε επεξεργασία κάθε τμήματος της γάστρας του πλοίου ξεχωριστά και ως εξής:

- Πρωραίο τμήμα

Μετακινώντας τα Control Points στο πρωραίο τμήμα της γάστρας, διορθώθηκαν τα βαθουλώματα και τα εξογκώματα που είχαν σχηματιστεί μέσω της εντολής “Skin Curves”. Επίσης, ορισμένα σημεία τα οποία είχαν αποκτήσει αρνητικές τιμές z (Το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς βρίσκεται στο επίπεδο με $z=0$ m) ή τιμές y μεγαλύτερες από $B/2$ μετακινήθηκαν κατάλληλα έτσι ώστε να βρίσκονται μέσα στα όρια της γάστρας. Τέλος, έγινε επεξεργασία του βολβού του πλοίου, έτσι ώστε να εμφανίζει εφαιπτομενική συνέχεια με το συμμετρικό του κομμάτι, δηλαδή να μην δημιουργείται γωνία στην περιοχή του βολβού.

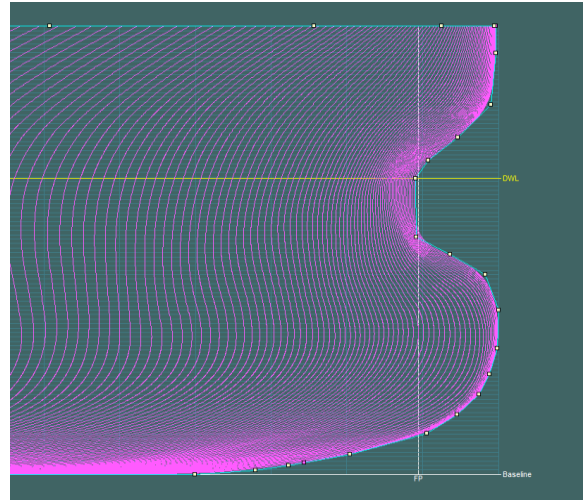
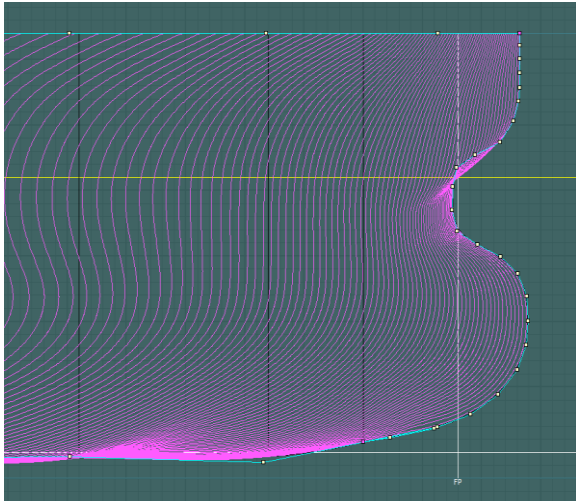
- Παράλληλο τμήμα

Το παράλληλο τμήμα δεν δέχτηκε ιδιαίτερη επεξεργασία πέρα από την μείωση των γραμμών των Control Points του, ώστε να μπορεί να ενωθεί με τις άλλες δύο επιφάνειες

- Πρυμναίο τμήμα

Το πρυμναίο τμήμα της επιφάνειας της γάστρας δέχτηκε παρόμοια επεξεργασία με το πρωραίο όσον αφορά τα βαθουλώματα, τα εξογκώματα και τα σημεία που βρίσκονταν εκτός των ορίων της γάστρας του πλοίου. Ένα σημαντικό κομμάτι της επεξεργασίας του πρυμναίου τμήματος ήταν η σχεδίαση του σημείου εξόδου του ελικοφόρου άξονα, σε τέτοιο ύψος ώστε να χωράει η έλικα διαμέτρου $D_{PROP}=10.4$ m και με διάμετρο ίση με 1.5 m (ασφαλής τιμή για την διάμετρο του ελικοφόρου άξονα).

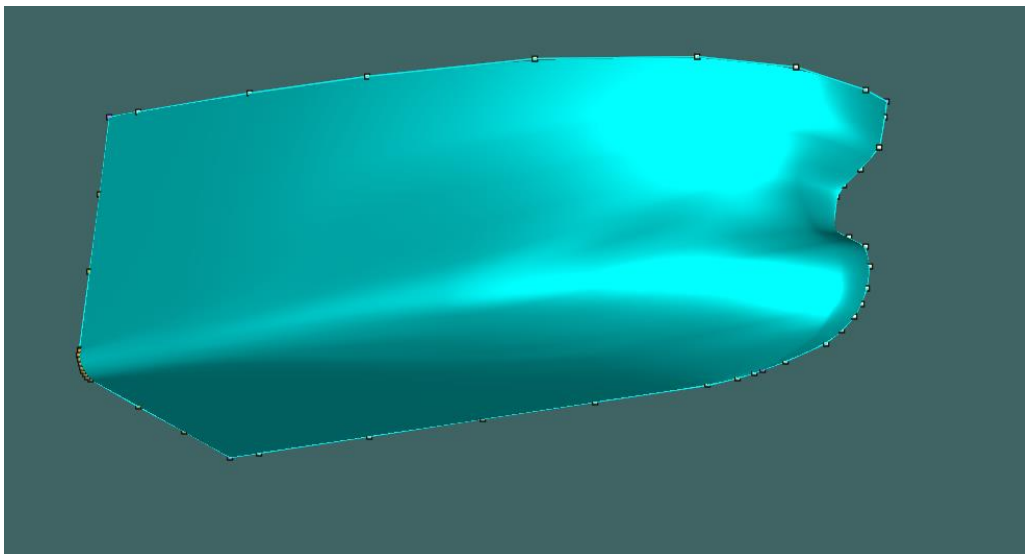
Ένα ακόμη χρήσιμο εργαλείο για την ομαλή σχεδίαση της επιφάνειας της γάστρας είναι η δυνατότητα εύκολης και αυτόματης εισαγωγής νομέων, διαμήκων τομών και ισάλων. Με την εισαγωγή μεγάλου αριθμού αυτών, ήταν αρκετά εύκολη η σχεδίαση μιας ομαλής επιφάνειας, καθώς ήταν δυνατός ο εντοπισμός και η διόρθωση ασυνεχειών σε αυτή παρατηρώντας παρεμβολές μεταξύ των γραμμών αυτών όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



20. Επεξεργασία της Επιφάνειας με Χρήση Βοηθητικών Καμπυλών Διαμήκων Τομών

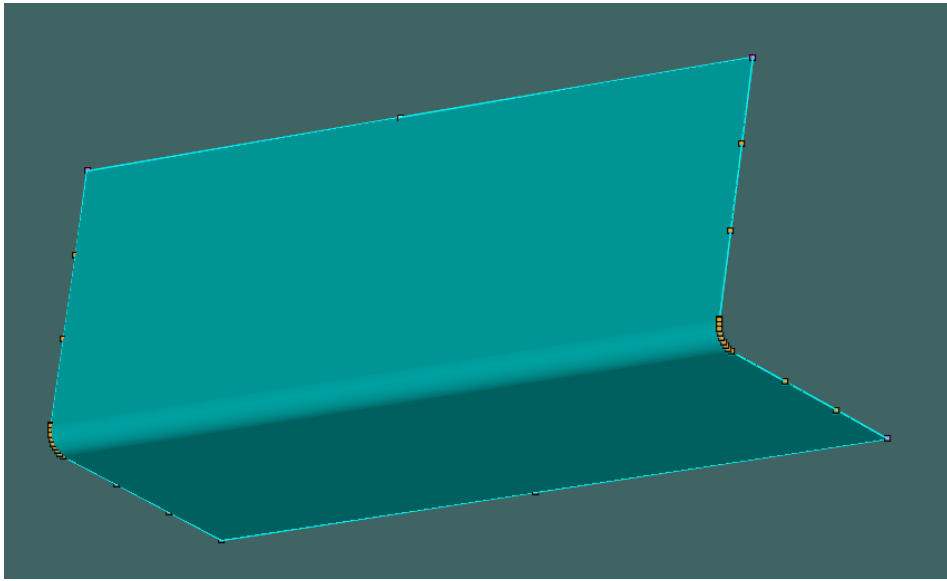
Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας κάθε επιφάνειας φαίνεται στη συνέχεια:

- Πρωραίο τμήμα



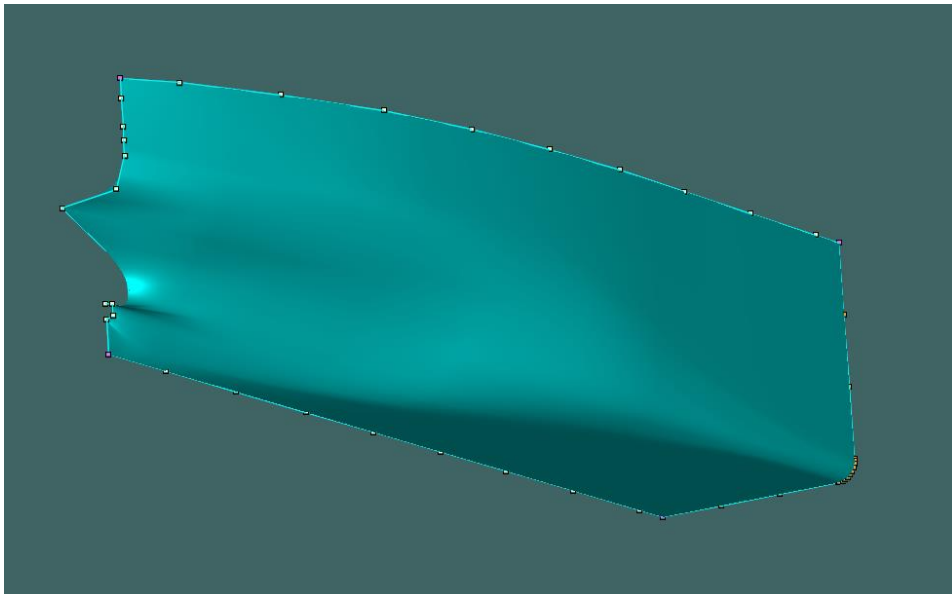
21. Επεξεργασμένη Επιφάνεια Πρωραίου Τμήματος

- Παράλληλο τμήμα



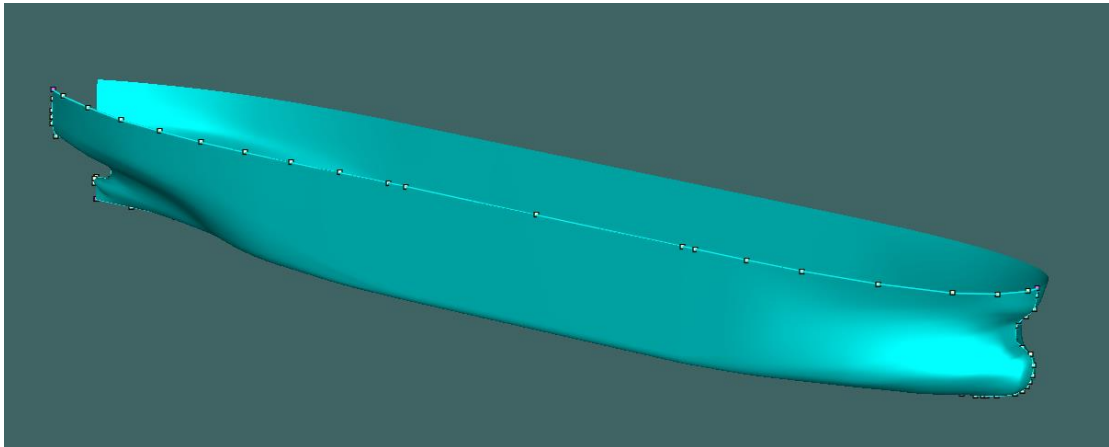
22. Επεξεργασμένη Επιφάνεια Παράλληλου Τμήματος

- Πρυμναίο τμήμα



23. Επεξεργασμένη Επιφάνεια Πρυμναίου Τμήματος

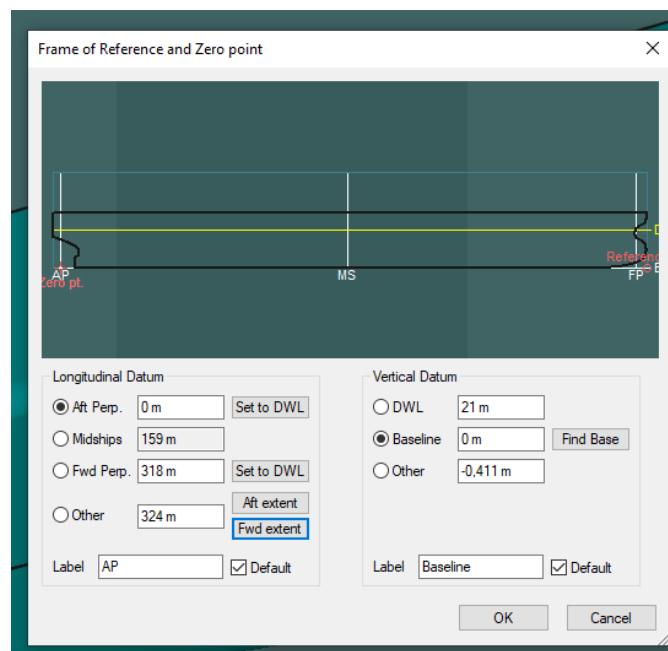
Ενώνοντας τις παραπάνω επιφάνειες δημιουργείται η επιφάνεια της γάστρας του πλοίου.



24. Επιφάνεια της Γάστρας του Πλοίου Ύστερα από την Ένωση των Επιμέρους Επιφανειών

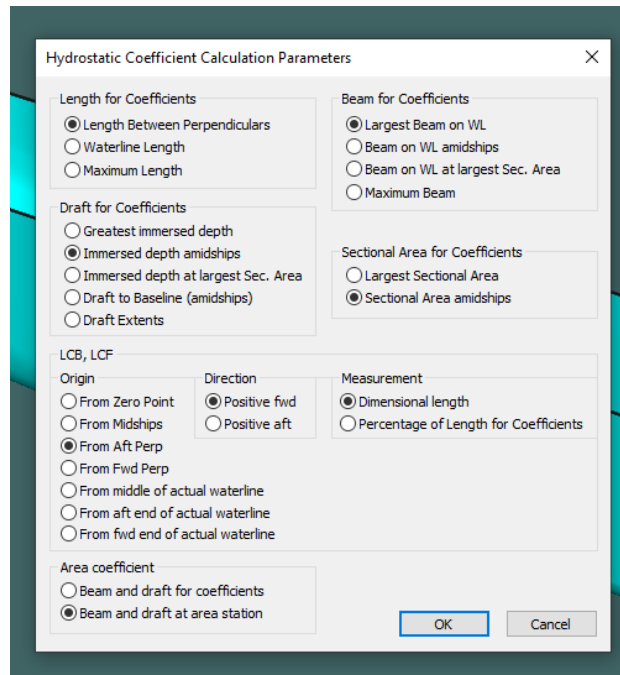
Έχοντας σχεδιάσει ένα ικανοποιητικό μοντέλο, πρέπει στη συνέχεια να προσαρμοστεί κατάλληλα ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις που αναφέρθηκαν αρχικά, ως προς τις κύριες διαστάσεις, τον συντελεστή γάστρας και τις διαμήκεις θέσεις κέντρου άντωσης και πλευστότητας.

Με δεδομένη την απόσταση του άξονα του πηδαλίου του πλοίου (ίση με 3.7 m), άρα γνωστή τη θέση της αρχής των αξόνων, η οποία είναι το σημείο τομής του άξονα του πηδαλίου, του επιπέδου συμμετρίας του πλοίου και του Βασικού Επιπέδου Αναφοράς αλλά και ορίζοντας το επιθυμητό βύθισμα ($T=21$ m), έγιναν μικρές μετακινήσεις στα σημεία της πλώρης του πλοίου, με σκοπό της επίτευξη ολικού μήκους ίσου με 324 m και μήκους μεταξύ καθέτων ίσου με 318 m.



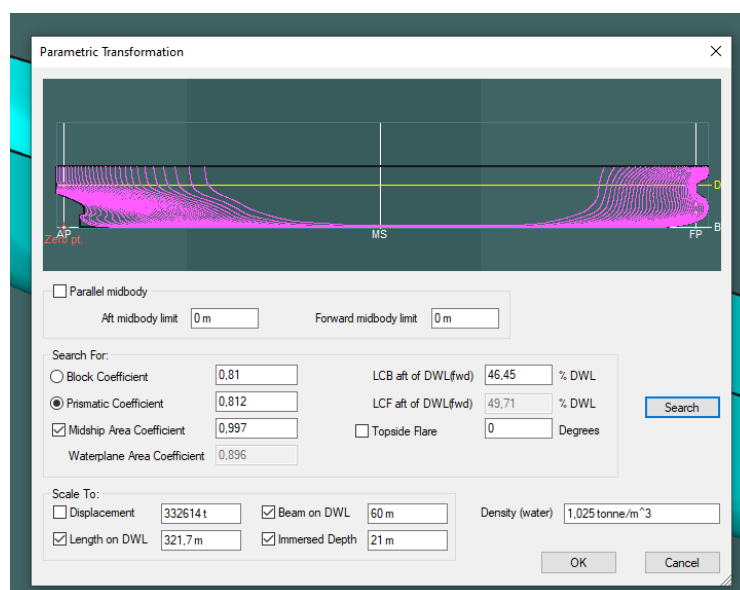
25. Ορισμός Συστήματος Αξόνων

Όσον αφορά τους συντελεστές μορφής του πλοίου είναι σημαντική η επιλογή των σωστών μεγεθών που θα τους καθορίζουν. Αυτά φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



26. Σωστός Ορισμός Συντελεστών Μορφής

Μία εύκολη και γρήγορη λύση για την επίτευξη των επιθυμητών μεγεθών που καθορίζουν τη γεωμετρία του πλοίου είναι η εντολή "Parametric Transformation". Επιτρέπει στον χρήστη να αλλάξει τις κύριες διαστάσεις του πλοίου ή να τροποποιήσει ένα ή περισσότερα μεγέθη, χωρίς να επηρεαστούν τα υπόλοιπα. Η εντολή αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε για την σχεδίαση του συγκεκριμένου πλοίου, διότι στον μεγαλύτερο αριθμό των περιπτώσεων κάποια παραμετρική αλλαγή οδηγούσε απλώς σε αύξηση ή μείωση του μήκους του παράλληλου τμήματος, γεγονός που είναι ανεπιθύμητο στην περίπτωση αυτή.



27. Παράθυρο Εντολής "Parametric Transformation"

Έτσι, η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν μία διαδικασία τύπου trial & error με κατάλληλη μετακίνηση των Control Points με τρόπο κατάλληλο ώστε να μην επηρεαστούν το παράλληλο τμήμα, οι καμπύλες Flat of Side και Flat of Bottom και οι κύριες διαστάσεις του πλοίου, με συχνούς ελέγχους μέσω της εντολής “Calculate Hydrostatics” μέχρι να συγκλίνουν τα μεγέθη. Επίσης, ορίζοντας τη θέση VCG ίση με αυτή που υπολογίστηκε για το πλοίο στην κατάσταση πλήρους φόρτωσης μετά την διόρθωση ελευθέρων επιφανειών, έγινε καλύτερη εκτίμηση του μετακεντρικού ύψους του πλοίου, αφού ήταν πλέον γνωστές οι τιμές των KB και BM_T.

Οι τελικές διαστάσεις, συντελεστές και λοιπά υδροστατικά μεγέθη του πλοίου ύστερα από την σύγκλιση των απαιτούμενων τιμών παρουσιάζονται στη συνέχεια:

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	332793	t
2	Volume (displaced)	324676,535	m ³
3	Draft Amidships	21,000	m
4	Immersed depth	21,000	m
5	WL Length	321,700	m
6	Beam max extents on WL	60,000	m
7	Wetted Area	28101,316	m ²
8	Max sect. area	1256,646	m ²
9	Waterpl. Area	17108,065	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,812	
11	Block coeff. (Cb)	0,810	
12	Midship Sect. area coeff. (Cm)	0,997	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,897	
14	LCB length	168,635	from aft perp. (+ve fwd) m
15	LCF length	158,178	from aft perp. (+ve fwd) m
16	LCB %	53,030	from aft perp. (+ve fwd) %
17	LCF %	49,742	from aft perp. (+ve fwd) %
18	KB	10,972	m
19	KG fluid	15,236	m
20	BMt	13,988	m
21	BML	374,864	m
22	GMt corrected	9,724	m
23	GML	370,600	m
24	KMt	24,960	m
25	KML	385,836	m
26	Immersion (TPc)	175,358	tonne/cm
27	MTC	3878,408	tonne
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	56477,605	tonne.m
29	Length:Beam ratio	5,300	
30	Beam:Draft ratio	2,857	
31	Length:Vol ^{0.333} ratio	4,627	
32	Precision	Highest	215 stations

Density (water) 1,025 tonne/m³

Std. densities 1,025 tonne/m³ - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m³)

VCG 15,236 m

Recalculate

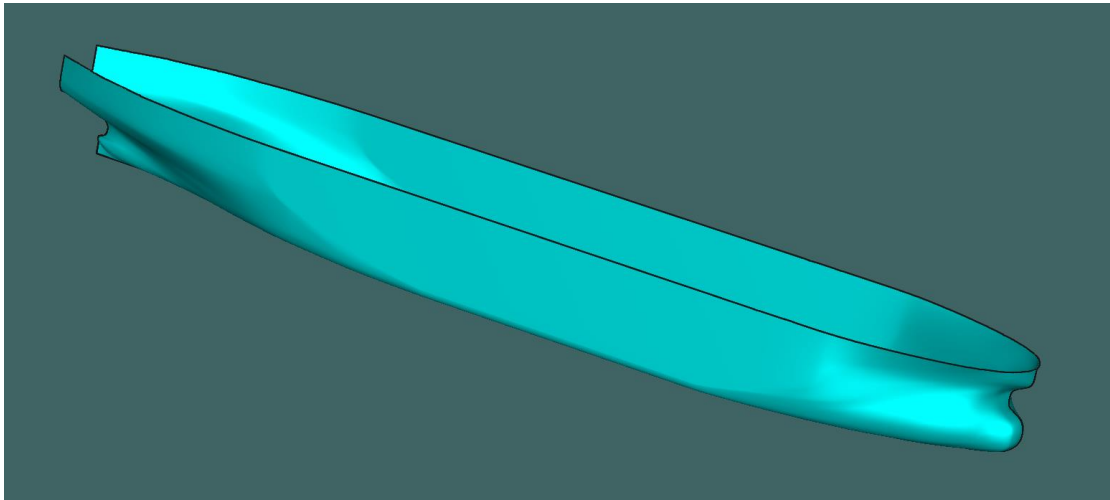
Select Rows ...

Close

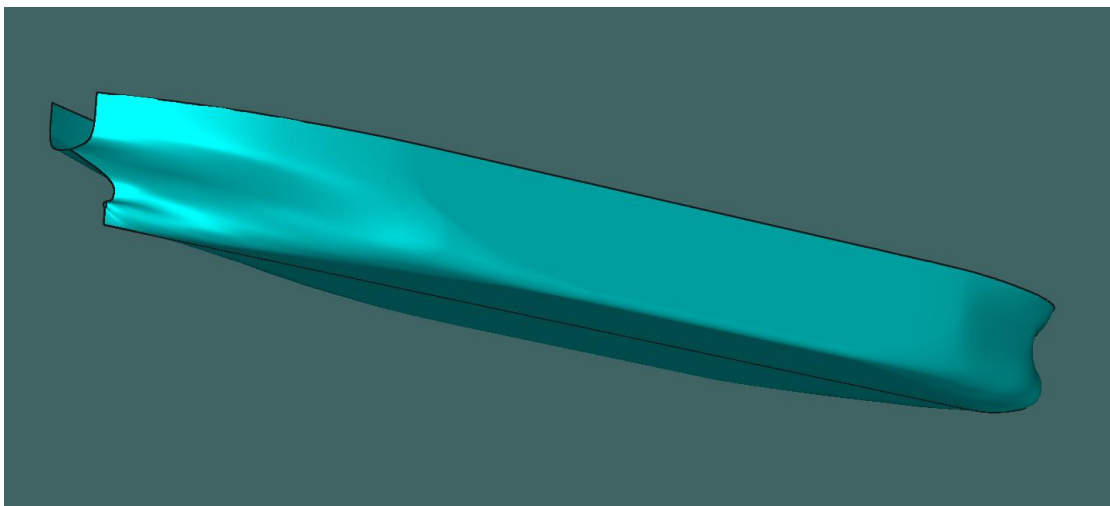
28. Πίνακας Διαστάσεων και Υδροστατικών Μεγεθών του Πλοίου

Τέλος, η σχεδίαση της γάστρας του πλοίου ολοκληρώθηκε με την εισαγωγή μίας ισάλου επιφάνειας μήκους l=324 m και πλάτους b=60 m σε ύψος 29 m (ίσο με το κοίλο του πλοίου) και με περικοπή του τμήματος της επιφάνειας της γάστρας με z μεγαλύτερο των 29 m.

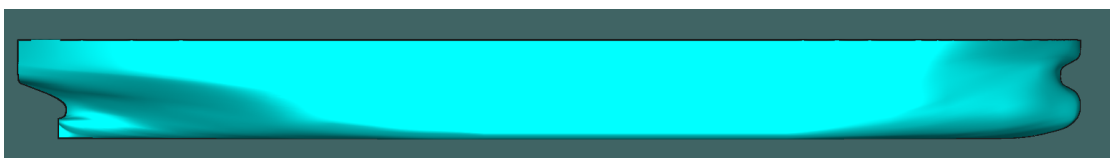
Το τελικό αποτέλεσμα της σχεδίασης παρουσιάζεται στις ακόλουθες εικόνες:



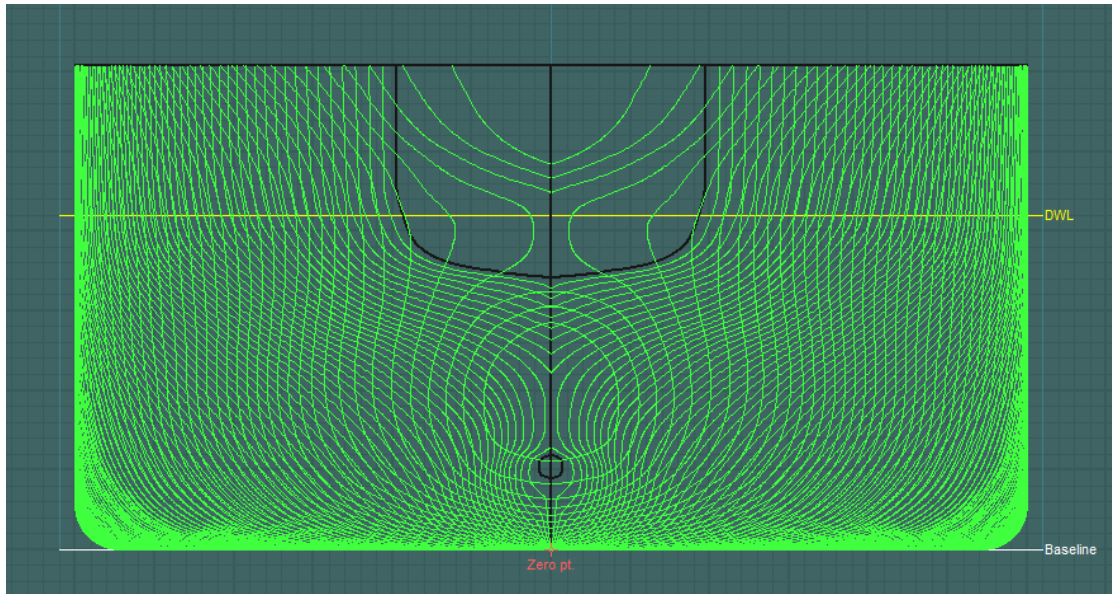
29. Επιφάνεια Γάστρας (1)



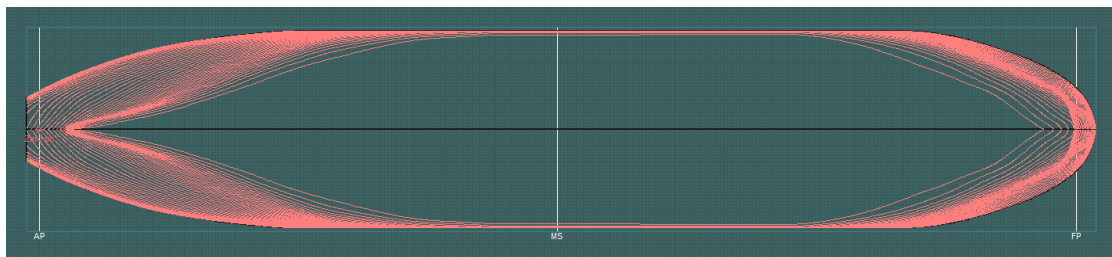
30. Επιφάνεια Γάστρας (2)



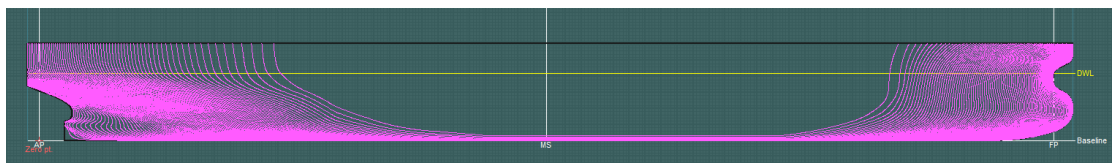
31. Επιφάνεια Γάστρας (3)



32. Νομείς

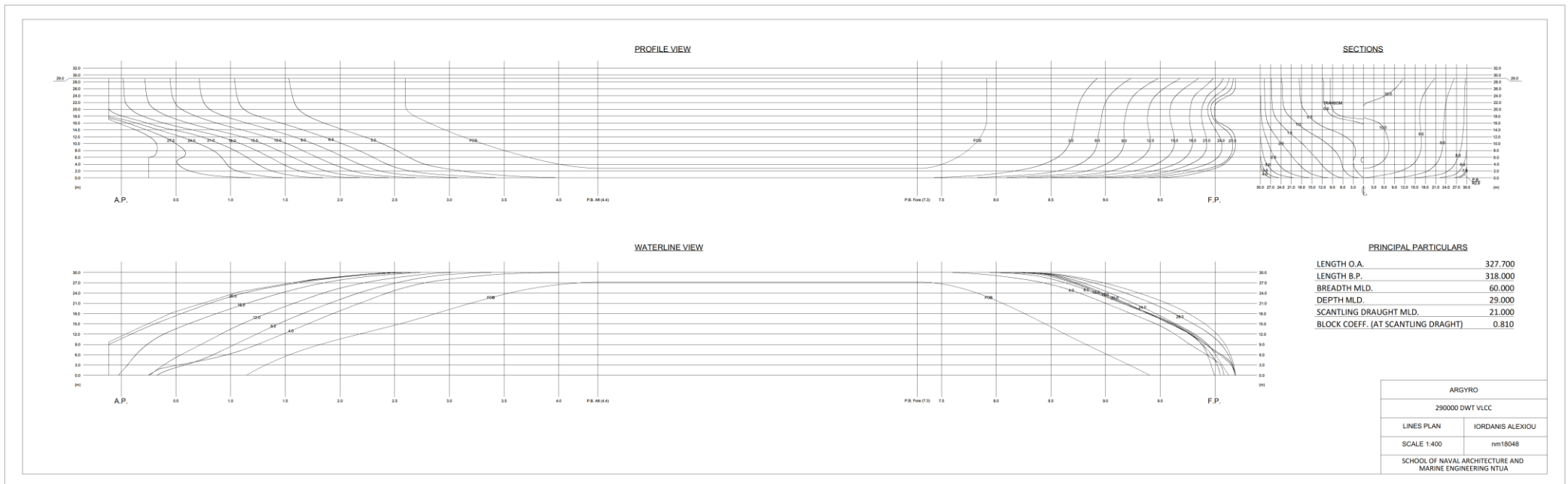


33. Ίσαλοι



34. Διαμήκεις Τομές

3.6: Κατασκευή Σχεδίου Γραμμών



4: Καθορισμός Εσωτερικών Χώρων

4.1: Maxsurf Stability

Το υποπρόγραμμα Stability ακολουθεί αφού σχεδιαστεί το περίβλημα της γάστρας στο Modeler. Προσφέρει πολλές δυνατότητες όπως τη σχεδίαση εσωτερικών χώρων και δεξαμενών, καθορισμό καταστάσεων φόρτωσης και υπολογισμό διαφόρων μεγεθών που αφορούν την ευστάθεια. Κυρία πλεονεκτήματά του σε σύγκριση με παρόμοια προγράμματα είναι η ταχύτητα των υπολογισμών, η δυνατότητα ζωντανής παρακολούθησης της προσομοίωσης στα διάφορα στάδια της ανάλυσης και η μεγάλη βιβλιοθήκη κριτηρίων άθικτης ευστάθειας και ευστάθειας μετά από βλάβη που επιτρέπει την επιλογή, τροποποίηση ή εισαγωγή νέων, ανάλογα με τις προτιμήσεις του χρήστη.

4.2: Frame Spacing

Οι αποστάσεις μεταξύ των κατασκευαστικών νομέων του πλοίου (frame spacing) που επιλέχθηκαν, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

# of Frame	Distance from AP (m)	Spacing (m)	# of Frame	Distance from AP (m)	Spacing (m)	# of Frame	Distance from AP (m)	Spacing (m)
Fr. -5	-3.700	-	Fr. 50	43.600	0.900	Fr. 105	184.170	2.685
Fr. -4	-2.900	0.800	Fr. 51	44.500	0.900	Fr. 106	186.855	2.685
Fr. -3	-2.100	0.800	Fr. 52	45.400	0.900	Fr. 107	189.540	2.685
Fr. -2	-1.300	0.800	Fr. 53	46.300	0.900	Fr. 108	192.225	2.685
Fr. -1	-0.500	0.800	Fr. 54	48.050	1.750	Fr. 109	194.910	2.685
Fr. 0	0.300	0.800	Fr. 55	49.800	1.750	Fr. 110	197.595	2.685
Fr. 1	1.100	0.800	Fr. 56	52.500	2.700	Fr. 111	200.280	2.685
Fr. 2	1.900	0.800	Fr. 57	55.200	2.700	Fr. 112	202.965	2.685
Fr. 3	2.700	0.800	Fr. 58	57.900	2.700	Fr. 113	205.650	2.685
Fr. 4	3.500	0.800	Fr. 59	60.600	2.700	Fr. 114	208.335	2.685
Fr. 5	4.300	0.800	Fr. 60	63.300	2.700	Fr. 115	211.020	2.685
Fr. 6	5.100	0.800	Fr. 61	66.000	2.700	Fr. 116	213.705	2.685
Fr. 7	5.900	0.800	Fr. 62	68.700	2.700	Fr. 117	216.390	2.685
Fr. 8	6.700	0.800	Fr. 63	71.400	2.700	Fr. 118	219.075	2.685
Fr. 9	7.500	0.800	Fr. 64	74.085	2.685	Fr. 119	221.760	2.685
Fr. 10	8.300	0.800	Fr. 65	76.770	2.685	Fr. 120	224.445	2.685
Fr. 11	9.100	0.800	Fr. 66	79.455	2.685	Fr. 121	227.130	2.685
Fr. 12	9.900	0.800	Fr. 67	82.140	2.685	Fr. 122	229.815	2.685

Fr. 13	10.700	0.800	Fr. 68	84.825	2.685	Fr. 123	232.500	2.685
Fr. 14	11.500	0.800	Fr. 69	87.510	2.685	Fr. 124	235.185	2.685
Fr. 15	12.300	0.800	Fr. 70	90.195	2.685	Fr. 125	237.870	2.685
Fr. 16	13.100	0.800	Fr. 71	92.880	2.685	Fr. 126	240.555	2.685
Fr. 17	13.900	0.800	Fr. 72	95.565	2.685	Fr. 127	243.240	2.685
Fr. 18	14.800	0.900	Fr. 73	98.250	2.685	Fr. 128	245.925	2.685
Fr. 19	15.700	0.900	Fr. 74	100.935	2.685	Fr. 129	248.610	2.685
Fr. 20	16.600	0.900	Fr. 75	103.620	2.685	Fr. 130	251.295	2.685
Fr. 21	17.500	0.900	Fr. 76	106.305	2.685	Fr. 131	253.980	2.685
Fr. 22	18.400	0.900	Fr. 77	108.990	2.685	Fr. 132	256.665	2.685
Fr. 23	19.300	0.900	Fr. 78	111.675	2.685	Fr. 133	259.350	2.685
Fr. 24	20.200	0.900	Fr. 79	114.360	2.685	Fr. 134	262.035	2.685
Fr. 25	21.100	0.900	Fr. 80	117.045	2.685	Fr. 135	264.720	2.685
Fr. 26	22.000	0.900	Fr. 81	119.730	2.685	Fr. 136	267.320	2.600
Fr. 27	22.900	0.900	Fr. 82	122.415	2.685	Fr. 137	269.920	2.600
Fr. 28	23.800	0.900	Fr. 83	125.100	2.685	Fr. 138	272.520	2.600
Fr. 29	24.700	0.900	Fr. 84	127.785	2.685	Fr. 139	275.120	2.600
Fr. 30	25.600	0.900	Fr. 85	130.470	2.685	Fr. 140	277.720	2.600
Fr. 31	26.500	0.900	Fr. 86	133.155	2.685	Fr. 141	280.320	2.600
Fr. 32	27.400	0.900	Fr. 87	135.840	2.685	Fr. 142	282.870	2.550
Fr. 33	28.300	0.900	Fr. 88	138.525	2.685	Fr. 143	285.420	2.550
Fr. 34	29.200	0.900	Fr. 89	141.210	2.685	Fr. 144	287.970	2.550
Fr. 35	30.100	0.900	Fr. 90	143.895	2.685	Fr. 145	290.520	2.550
Fr. 36	31.000	0.900	Fr. 91	146.580	2.685	Fr. 146	293.070	2.550
Fr. 37	31.900	0.900	Fr. 92	149.265	2.685	Fr. 147	295.620	2.550
Fr. 38	32.800	0.900	Fr. 93	151.950	2.685	Fr. 148	298.170	2.550
Fr. 39	33.700	0.900	Fr. 94	154.635	2.685	Fr. 149	300.720	2.550
Fr. 40	34.600	0.900	Fr. 95	157.320	2.685	Fr. 150	303.270	2.550
Fr. 41	35.500	0.900	Fr. 96	160.005	2.685	Fr. 151	305.820	2.550
Fr. 42	36.400	0.900	Fr. 97	162.690	2.685	Fr. 152	309.120	3.300
Fr. 43	37.300	0.900	Fr. 98	165.375	2.685	Fr. 153	312.420	3.300
Fr. 44	38.200	0.900	Fr. 99	168.060	2.685	Fr. 154	315.720	3.300
Fr. 45	39.100	0.900	Fr. 100	170.745	2.685	Fr. 155	319.020	3.300
Fr. 46	40.000	0.900	Fr. 101	173.430	2.685	Fr. 156	322.320	3.300
Fr. 47	40.900	0.900	Fr. 102	176.115	2.685	Fr. 157	324.000	1.680
Fr. 48	41.800	0.900	Fr. 103	178.800	2.685			
Fr. 49	42.700	0.900	Fr. 104	181.485	2.685			

4.3: Δημιουργία Δεξαμενών και Διαμερισμάτων του Πλοίου

Ακολουθεί η σχεδίαση των δεξαμενών και των εσωτερικών χώρων του πλοίου, έτσι ώστε να προσδιοριστεί με ακρίβεια η μεταφορική ικανότητα του πλοίου, να γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί άθικτης ευστάθειας και ευστάθειας μετά από βλάβη και να γίνει εκτίμηση της διαμήκους αντοχής του.

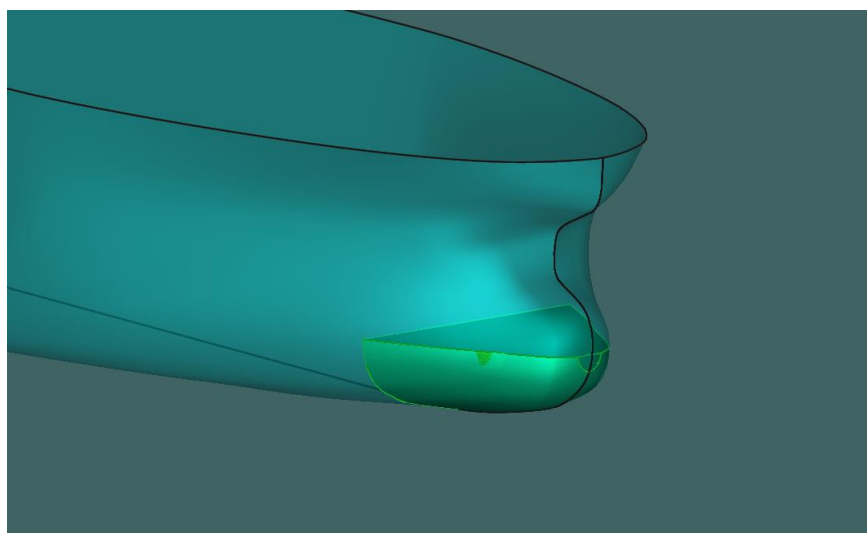
Το Maxsurf Stability προσφέρει τη δυνατότητα σχεδίασης τριών διαφορετικών τύπων διαμερίσματος:

- Tank: δεξαμενή, στην οποία μπορεί να καθοριστεί η διαχωρητικότητα, το είδος και η πυκνότητα του ρευστού και το ποσοστό πληρότητας.
- Compartment: διαμέρισμα, στο οποίο καθορίζεται μόνο η διαχωρητικότητα και συμβάλλει στους υπολογισμούς ευστάθειας μετά από βλάβη.
- Non-Buoyant Volume: χρησιμοποιείται για την σχεδίαση ενός χώρου που δεν συμβάλλει στο εκτόπισμα του πλοίου όπως μία τρύπα τη γάστρα για bow thruster.

Ένα οποιοδήποτε διαμέρισμα μπορεί να κατασκευαστεί με δύο τρόπους στο STABILITY:

- Με ορισμό των γεωμετρικών ορίων του. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την κατασκευή διαμερισμάτων απλής γεωμετρίας, καθώς υπάρχουν περιορισμοί στα σχήματα που μπορεί να δημιουργήσει.

Παράδειγμα χρήσης αυτής της μεθόδου αποτελεί η εισαγωγή της δεξαμενής PORT USE FORE PEAK TANK για την οποία ορίστηκαν απλώς τα όρια στις κατευθύνσεις x,y και z.

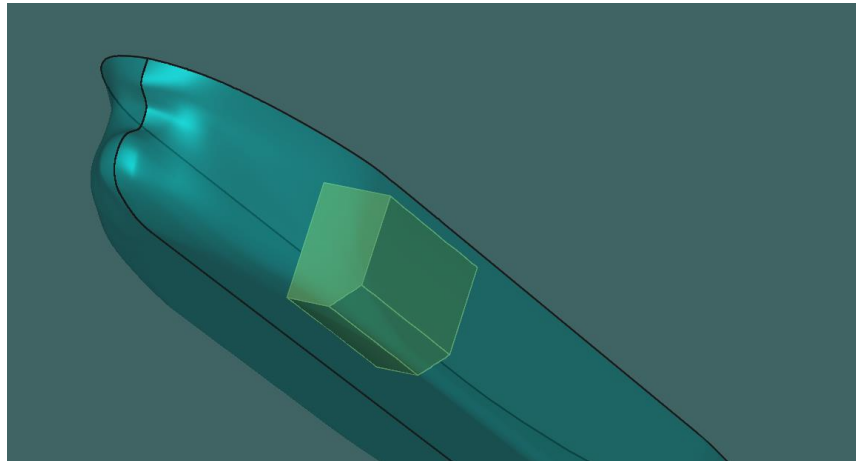


35. Σχεδίαση Δεξαμενής PORT USE FORE PEAK TANK

- Με χρήση επιφανειών ως όρια του διαμερίσματος. Στο Maxsurf Modeler, είναι δυνατή η δημιουργία επιφανειών, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο

Stability ως γεωμετρικά όρια του διαμερίσματος. Ο τρόπος αυτός κατασκευής διαμερισμάτων είναι δυσκολότερος και πιο χρονοβόρος, ωστόσο επιτρέπει την σχεδίαση εσωτερικών χώρων οποιουδήποτε σχήματος.

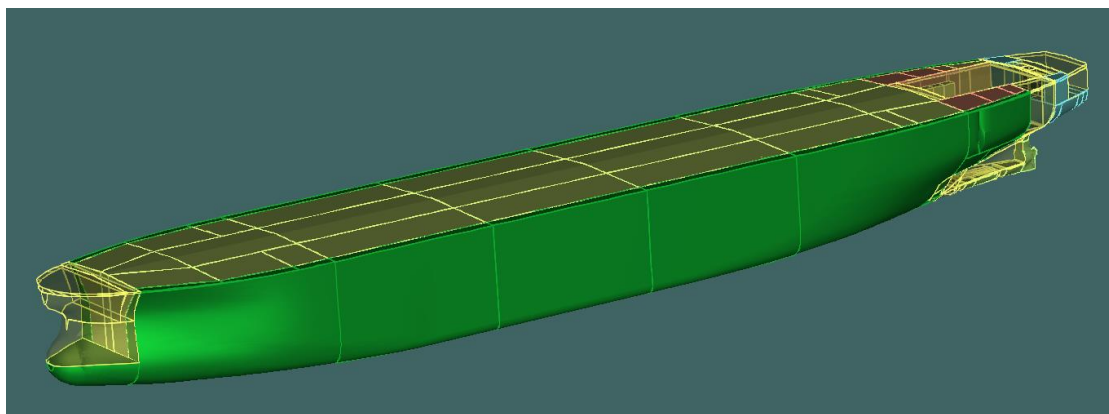
Παράδειγμα σχεδίασης δεξαμενής με χρήση επιφανειών είναι η NO. 2 CRUDE OIL TANK. Για την κατασκευή της, σχεδιάστηκε αρχικά το περίβλημά της στο περιβάλλον του Maxsurf Modeler με επιφάνειες τύπου "Structure" αντί για "Hull", που ύστερα από την αυτόματη εισαγωγή τους στο Maxsurf Stability κατασκευάστηκε η δεξαμενή.



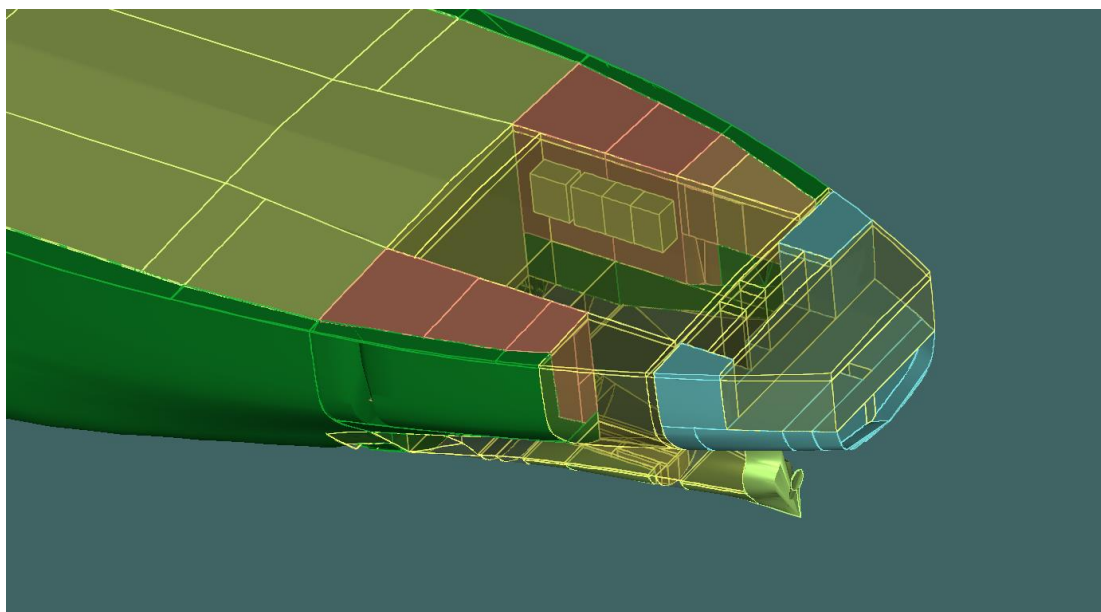
36. Σχεδίαση Δεξαμενής Νο. 2 C.O.T. (P)

Σε κάθε περίπτωση, καθώς οι δεξαμενές και τα διαμερίσματα δεν είναι δυνατό να ξεπερνούν τα όρια της γάστρας, μετά την εισαγωγή τους χρησιμοποιείται η εντολή "Update loads", έτσι ώστε να προσαρμοστούν στην γεωμετρία της γάστρας.

Το τελικό αποτέλεσμα της διαμερισματοποίησης του πλοίου φαίνεται στις ακόλουθες εικόνες:



37. Σχεδίαση Εσωτερικών Χώρων και Δεξαμενών (1)



38. Σχεδίαση Εσωτερικών Χώρων και Δεξαμενών (2)

Σημειώνεται πως σε ορισμένα σημεία παρουσιάζονται «τσακίσματα» ή ανωμαλίες στη σχεδίαση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε πρόβλημα του Maxsurf Stability στην σωστή απεικόνιση της γάστρας, όμως αποτελεί αποκλειστικά οπτικό σφάλμα και δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα.

4.4: Πίνακες Δεξαμενών

Παρακάτω φαίνονται οι πίνακες με τις χωρητικότητες των δεξαμενών φορτίου, καυσίμου, λιπαντικών, καθαρού νερού και θαλάσσιου έρματος του πλοίου, που προέκυψαν από την εσωτερική διαμερισματοποίηση του πλοίου:

CRUDE OIL AND SLOP TANKS

Item	Location (Fr. No.)	Capacity (100% full)	Capacity (98% full) (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t·m)
NO.1 C.O.T. (C)	131 - 151	23502.806	23032.748	276.002	0.000	16.829	24181.689
NO.1 C.O.T. (P)	131 - 151	16246.996	15922.057	276.692	-15.552	17.500	18353.881
NO.1 C.O.T. (S)	131 - 151	16246.996	15922.057	276.692	15.552	17.500	18353.881
NO.2 C.O.T. (C)	113 - 131	26694.438	26160.551	229.815	0.000	16.480	30947.530
NO.2 C.O.T. (P)	113 - 131	19679.554	19285.965	229.815	-18.099	16.656	15051.138
NO.2 C.O.T. (S)	113 - 131	19679.554	19285.965	229.815	18.099	16.656	15051.138
NO.3 C.O.T. (C)	95 - 113	26694.447	26160.556	181.485	0.000	16.480	30947.540
NO.3 C.O.T. (P)	95 - 113	19679.547	19285.957	181.485	-18.099	16.656	15051.143
NO.3 C.O.T. (S)	95 - 113	19679.547	19285.957	181.485	18.099	16.656	15051.143
NO.4 C.O.T. (C)	77 - 95	26694.447	26160.556	133.155	0.000	16.480	30947.540
NO.4 C.O.T. (P)	77 - 95	19679.547	19285.956	133.155	-18.099	16.656	15051.143
NO.4 C.O.T. (S)	77 - 95	19679.547	19285.956	133.155	18.099	16.656	15051.143

NO.5 C.O.T. (C)	55 - 77	32956.182	32297.059	79.331	0.000	16.737	42223.826
NO.5 C.O.T. (P)	61 - 77	16400.958	16072.937	88.093	-17.808	17.250	13316.761
NO.5 C.O.T. (S)	61 - 77	16400.958	16072.937	88.093	17.808	17.250	13316.761
SLOP T. (P)	55 - 61	3920.975	3842.555	58.428	-17.827	20.552	3581.464
SLOP T. (S)	55 - 61	3920.975	3842.556	58.428	17.827	20.552	3581.464
Total	-	327757.473	321202.327	175.139	0.000	16.870	320059.184

FUEL OIL TANKS (Density=0.98 t/m3)							
Item	Location (Fr. No.)	Capacity (100% full) (m ³)	Weight (95% full) (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t·m)
NO.1 F.O.T (P)	44 - 55	1664.992	1550.108	44.414	-17.945	22.790	1635.177
NO.1 F.O.T (S)	44 - 55	1745.236	1624.814	44.232	17.745	22.917	1635.177
NO.2 F.O.T (P)	29 - 44	1226.392	1141.771	32.099	-16.967	22.929	923.315
NO.2 F.O./L.S.F.O.T. (S)	34 - 44	1060.604	987.422	33.885	16.642	23.235	707.744
F.O. SETT. T. (P)	44 - 49	80.262	74.724	40.450	-13.600	25.550	8.067
F.O. SERV. T. (P)	39 - 44	80.262	74.724	35.950	-13.600	25.550	8.067
L.S.F.O. SETT. T. (P)	34 - 39	80.262	74.724	31.450	-13.600	25.550	8.067
L.S.F.O. SERV. T. (P)	29 - 34	80.262	74.724	26.950	-13.600	25.550	8.067
Total	-	6018.271	5603.011	39.424	-1.069	23.081	4933.683

DIESEL OIL TANKS (Density=0.93 t/m3)							
Item	Location (Fr. No.)	Capacity (100% full) (m ³)	Weight (95% full) (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t·m)
D.O.T. (S)	29 - 34	303.443	268.092	27.196	16.152	23.356	185.894
D.O. SERV. T. (S)	29 - 33	64.210	56.729	26.500	13.600	25.550	6.125
Total	-	367.653	324.821	27.075	15.706	23.739	192.019

MARINE GAS OIL TANKS (Density=0.89 t/m3)							
Item	Location (Fr. No.)	Capacity (100% full) (m ³)	Weight (95% full) (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t·m)
M.G.O.T. (S)	17 - 29	332.516	281.143	19.426	15.080	26.119	143.093
M.G.O. SERV. T. (S)	25 - 29	64.210	54.289	22.900	13.600	25.550	5.861
Total	-	396.726	335.432	19.988	14.841	26.027	148.954

LUBRICANT OIL TANKS (Density=0.90 t/m3)							
Item	Location (Fr. No.)	Capacity (100% full) (m ³)	Weight (95% full) (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t·m)
L.O. SETT. T. (S)	47 - 52	61.740	52.788	43.150	9.800	24.800	7.409
L.O. STOR. T. (S)	38 - 46.333	53.508	45.749	38.350	9.800	24.800	6.421
L.O. SUMP. TANK	28 - 42	100.872	86.246	29.105	0.338	1.437	41.580
NO.1 CYL. O. STOR. T. (S)	38 - 42	49.392	42.230	34.600	9.800	24.800	5.927
NO.2 CYL. O. STOR. T. (S)	34 - 38	49.392	42.230	31.000	9.800	24.800	5.927
Total	-	314.904	269.243	34.589	6.769	17.316	67.264

FRESH WATER TANKS (Density=1.00 t/m3)

Item	Location (Fr. No.)	Capacity (100% full) (m ³)	Weight (100% full) (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t·m)
F.W.T. (P)	8.16	184.562	184.562	10.253	-14.245	26.081	44.934
F.W.T. (S)	8.16	443.884	443.884	10.047	11.464	26.109	477.939
AFT PEAK OVERFL. T. (F.W. ONLY)	AE - 17	2607.148	2607.148	6.233	0.126	18.840	29879.639
Total	-	3235.594	3235.594	6.985	0.862	20.250	30402.511

WATER BALLAST TANKS (Density=1.025 t/m3)

Item	Location (Fr. No.)	Capacity (100% full) (m ³)	Weight (100% full) (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t·m)
NO. 1 W.B.T. (P)	131 - 151	8504.857	8717.478	279.212	-17.675	9.931	52278.214
NO. 1 W.B.T. (S)	131 - 151	8504.857	8717.478	279.212	17.675	9.931	52278.214
NO. 2 W.B.T. (P)	113 - 131	9015.722	9241.115	229.656	-22.046	8.748	106635.923
NO. 2 W.B.T. (S)	113 - 131	9015.722	9241.115	229.656	22.046	8.748	106635.923
NO. 3 W.B.T. (P)	95 - 113	9094.121	9321.474	181.485	-22.100	8.686	110208.022
NO. 3 W.B.T. (S)	95 - 113	9094.121	9321.474	181.485	22.100	8.686	110208.022
NO. 4 W.B.T. (P)	77 - 95	9014.650	9240.017	133.289	-22.042	8.749	106107.233
NO. 4 W.B.T. (S)	77 - 95	9014.650	9240.017	133.289	22.042	8.749	106107.233
NO. 5 W.B.T. (P)	55 - 77	9246.830	9478.001	81.893	-20.056	9.602	65784.322
NO. 5 W.B.T. (S)	55 - 77	9246.830	9478.001	81.893	20.056	9.602	65784.322
NO. 6 W.B.T. (P)	29 - 55	1531.671	1569.963	38.850	-19.438	18.061	1466.015
NO. 6 W.B.T. (S)	17 - 55	2077.225	2129.155	33.806	18.580	18.942	2300.592
PORT USE FORE PEAK TANK	102 - FE	2026.192	2076.846	312.174	0.000	6.251	14907.324
Total	-	95387.448	97772.134	176.869	0.092	9.432	900701.362

MISCELLANEOUS TANKS (Density=1.00 t/m3)

Item	Location (Fr. No.)	Capacity (100% full) (m ³)	Weight (100% full) (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t·m)
F.O. OVERFLOW TANK	39 - 44	32.008	32.008	36.118	-4.669	1.744	25.423
BILGE SEP. OIL TANK	29 - 39	29.465	29.465	30.179	-4.030	1.899	12.142
BILGE TANK	17 - 25	70.178	70.178	17.968	0.000	1.762	120.191
G.W./S.T.W. HOLDING TK.	39 - 49	49.017	49.017	40.580	5.197	1.642	64.645
S.T.C. W.T.	9.625 - 17	120.627	120.627	11.983	0.000	5.825	28.335
Total	-	301.294	301.294	22.373	-0.045	3.380	250.736

4.5: Καθορισμός Απαραίτητων Στοιχείων για τους Υπολογισμούς

Για τους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν στο Κεφάλαιο 6 ορίστηκαν τα παρακάτω:

1. Εγκάρσιες Φρακτές

Οι θέσεις των εγκάρσιων φρακτών του πλοίου, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

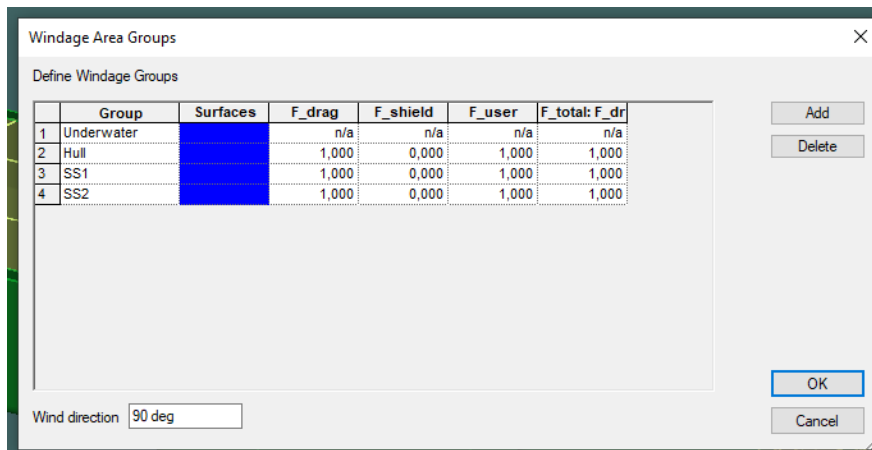
Transverse Bulkhead		
No.	Position (m)	Frame No.
1	13.90	Fr. 17
2	49.80	Fr. 55
3	108.99	Fr. 77
4	157.32	Fr. 95
5	205.65	Fr. 113
6	253.98	Fr. 131
7	305.82	Fr. 151

2. Ανοίγματα Καταστρώματος

Οι θέσεις των κατώτατων ανοιγμάτων από τα οποία μπορεί να γίνει κατάκλυση των εσωτερικών χώρων του πλοίου. Αυτά λήφθηκαν ως τα σημεία εισόδου στο πυργωτό υπερκατασκεύασμα, με συντεταγμένες (x, y, z), (36.40 m, -12.20 m, 29.80 m) και (40.00 m, 12.20 m, 29.80 m) στις πλευρές Port και Starboard του πλοίου αντίστοιχα.

3. Προβολή της Επιφάνειας του Πλοίου Άνω και Κάτω από την Ίσαλο

Η επιφάνεια του πλοίου πάνω από την ίσαλο πλεύσης ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν αργότερα με ακρίβεια οι υπολογισμοί που αφορούν το κριτήριο καιρού.



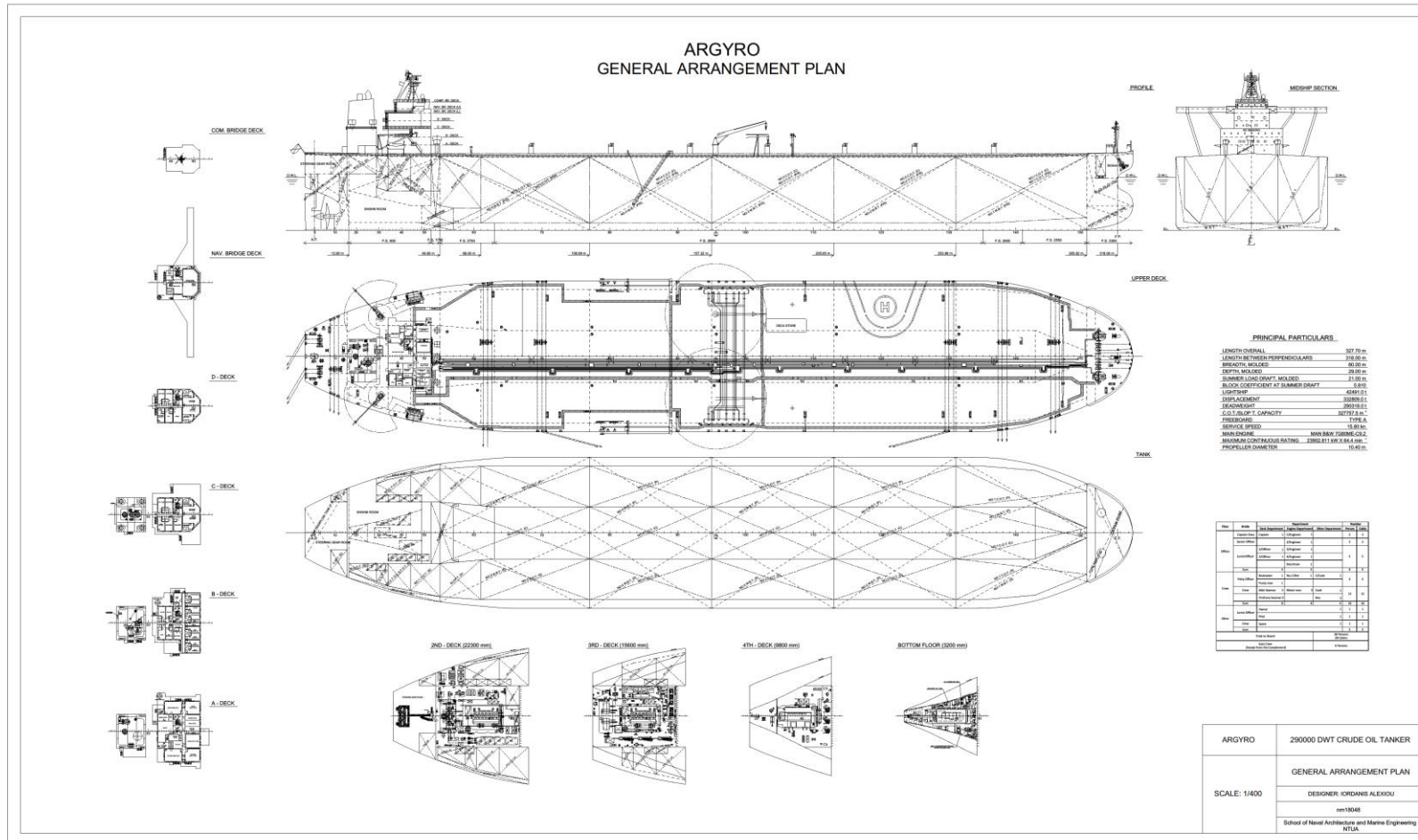
39. Προβολές Επιφανειών Κάθετες σε Πλευρικό Άνεμο

5: Σχέδιο Γενικής Διάταξης και Σχέδιο Χωρητικότητας

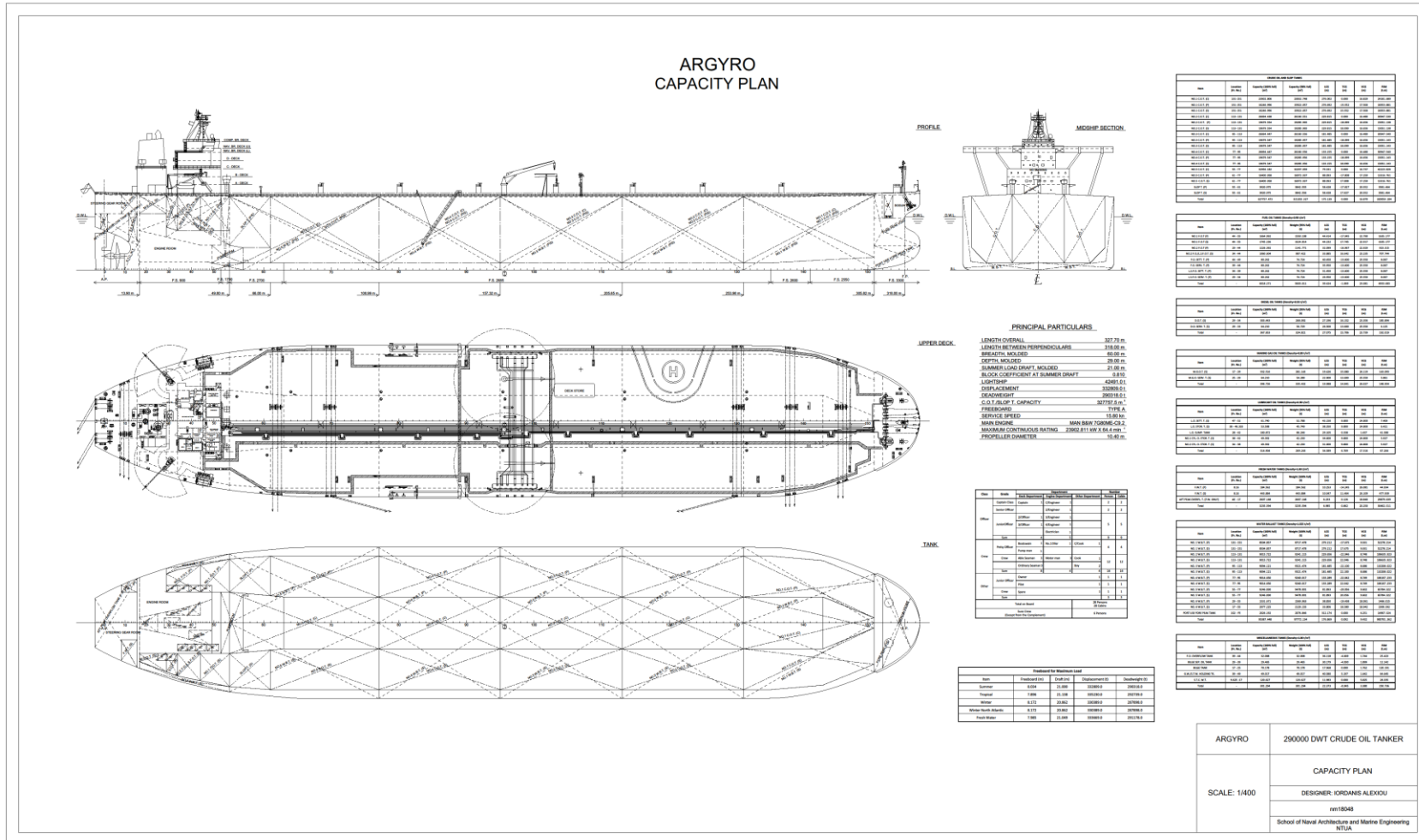
5.1: Περιβάλλον σχεδίασης

Το σχέδιο Γενικής Διάταξης και το Σχέδιο Χωρητικότητας του πλοίου δημιουργήθηκαν με χρήση του προγράμματος Rhinoceros 6. Αρχικά, από το Maxsurf Modeler έγινε εξαγωγή του σχεδίου γραμμών του πλοίου, το οποίο ύστερα εισήχθη στο Rhinoceros 6 και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν τα σχέδια με βάση τα αντίστοιχα του όμοιου πλοίου.

5.2: Σχέδιο Γενικής Διάταξης



5.3: Σχέδιο Χωρητικότητας



6: Υπολογισμοί Υδροστατικής Ευστάθειας

Με χρήση των υπολογιστικών εργαλείων που διαθέτει το Stability, υπολογίστηκαν και χαράχτηκαν τα διαγράμματα υδροστατικών καμπυλών, καμπυλών ευστάθειας και κατακλύσιμων μηκών και έγινε έλεγχος των κριτηρίων άθικτης ευστάθειας και ευστάθειας μετά από βλάβη για διάφορα σενάρια λειτουργίας.

6.1: Υδροστατικό Διάγραμμα

Η κατασκευή του πίνακα υδροστατικών στοιχείων και η χάραξη του υδροστατικού διαγράμματος πραγματοποιήθηκε στο εύρος βυθισμάτων T από 3.0 m έως 25.0 m με βήμα 0.1 m.

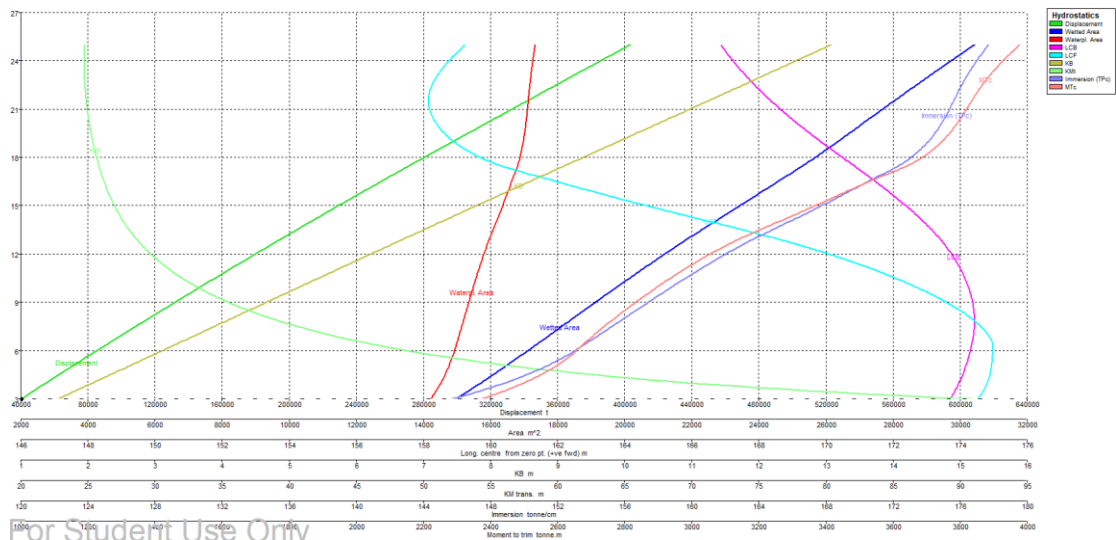
T (m)	Δ (t)	WSA (m ²)	WPA (m ²)	C _P	C _B	C _M	C _{WP}	LCB (m)	LCF (m)	KB (m)	KM (m)	TPC (t/cm)	MTC (t·m)
3.00	40444	14966.61	14214.15	0.702	0.689	0.981	0.745	173.71	174.53	1.56	90.78	145.70	2374.28
3.10	41903	15044.54	14250.11	0.704	0.691	0.982	0.747	173.74	174.56	1.61	88.06	146.06	2388.66
3.20	43365	15122.06	14285.15	0.705	0.693	0.983	0.749	173.77	174.60	1.66	85.50	146.42	2402.79
3.30	44831	15198.96	14319.14	0.707	0.695	0.983	0.750	173.79	174.63	1.71	83.10	146.77	2416.56
3.40	46301	15274.66	14351.47	0.708	0.696	0.984	0.752	173.82	174.66	1.76	80.84	147.10	2429.53
3.50	47773	15350.04	14383.03	0.709	0.698	0.984	0.754	173.85	174.69	1.82	78.70	147.43	2442.27
3.60	49249	15424.90	14413.64	0.711	0.700	0.984	0.755	173.87	174.72	1.87	76.69	147.74	2454.64
3.70	50728	15498.79	14442.86	0.712	0.701	0.985	0.757	173.90	174.75	1.92	74.79	148.04	2466.32
3.80	52210	15572.63	14471.68	0.713	0.703	0.985	0.758	173.92	174.77	1.97	72.98	148.34	2477.98
3.90	53695	15645.97	14499.61	0.714	0.704	0.986	0.760	173.95	174.79	2.02	71.27	148.62	2489.28
4.00	55182	15719.02	14526.87	0.715	0.705	0.986	0.761	173.97	174.82	2.08	69.65	148.90	2500.34
4.10	56673	15790.91	14552.57	0.717	0.707	0.986	0.763	173.99	174.83	2.13	68.11	149.16	2510.53
4.20	58166	15863.07	14578.18	0.718	0.708	0.987	0.764	174.01	174.85	2.18	66.64	149.43	2520.85
4.30	59661	15934.73	14602.91	0.719	0.709	0.987	0.765	174.04	174.87	2.23	65.24	149.68	2530.75
4.40	61159	16006.26	14627.16	0.720	0.711	0.987	0.767	174.06	174.88	2.28	63.90	149.93	2540.53
4.50	62660	16077.65	14650.95	0.721	0.712	0.988	0.768	174.08	174.90	2.34	62.63	150.17	2550.17
4.60	64163	16148.84	14674.24	0.722	0.713	0.988	0.769	174.10	174.91	2.39	61.41	150.41	2559.62
4.70	65668	16218.19	14695.26	0.723	0.714	0.988	0.770	174.11	174.91	2.44	60.24	150.63	2567.65
4.80	67175	16288.34	14716.77	0.724	0.716	0.988	0.771	174.13	174.92	2.49	59.13	150.85	2576.15
4.90	68685	16358.26	14737.70	0.725	0.717	0.989	0.772	174.15	174.93	2.54	58.06	151.06	2584.40
5.00	70196	16428.10	14758.12	0.726	0.718	0.989	0.773	174.17	174.94	2.59	57.03	151.27	2592.43
5.10	71710	16497.84	14778.09	0.727	0.719	0.989	0.775	174.18	174.95	2.65	56.05	151.48	2600.28
5.20	73226	16566.26	14796.36	0.728	0.720	0.989	0.775	174.20	174.95	2.70	55.10	151.66	2607.07
5.30	74744	16635.63	14815.26	0.729	0.721	0.989	0.776	174.21	174.95	2.75	54.19	151.86	2614.42
5.40	76263	16704.70	14833.49	0.730	0.722	0.990	0.777	174.23	174.96	2.80	53.32	152.04	2621.40
5.50	77784	16773.63	14851.18	0.731	0.723	0.990	0.778	174.24	174.96	2.85	52.48	152.23	2628.10
5.60	79308	16842.50	14868.37	0.731	0.724	0.990	0.779	174.26	174.97	2.91	51.67	152.40	2634.55
5.70	80832	16911.34	14885.03	0.732	0.725	0.990	0.780	174.27	174.97	2.96	50.89	152.57	2640.69
5.80	82359	16980.28	14901.08	0.733	0.726	0.990	0.781	174.28	174.98	3.01	50.14	152.74	2646.45

5.90	83887	17049.38	14916.43	0.734	0.727	0.991	0.782	174.30	174.99	3.06	49.41	152.89	2651.74
6.00	85417	17117.40	14930.31	0.735	0.728	0.991	0.783	174.31	174.98	3.11	48.72	153.04	2656.09
6.10	86948	17186.09	14945.01	0.736	0.729	0.991	0.783	174.32	174.99	3.16	48.04	153.19	2661.13
6.20	88481	17254.62	14959.43	0.736	0.730	0.991	0.784	174.33	174.99	3.22	47.39	153.33	2666.06
6.30	90015	17322.62	14974.14	0.737	0.731	0.991	0.785	174.34	174.99	3.27	46.76	153.49	2671.38
6.40	91550	17390.56	14988.65	0.738	0.731	0.991	0.786	174.35	174.98	3.32	46.15	153.63	2676.64
6.50	93087	17457.89	15003.46	0.739	0.732	0.991	0.786	174.36	174.96	3.37	45.56	153.79	2682.28
6.60	94626	17525.16	15018.12	0.739	0.733	0.992	0.787	174.37	174.94	3.42	44.99	153.94	2687.90
6.70	96166	17592.29	15032.72	0.740	0.734	0.992	0.788	174.38	174.92	3.47	44.44	154.09	2693.57
6.80	97708	17659.33	15047.27	0.741	0.735	0.992	0.789	174.39	174.89	3.53	43.91	154.23	2699.28
6.90	99251	17726.29	15061.76	0.742	0.736	0.992	0.789	174.40	174.86	3.58	43.39	154.38	2705.04
7.00	100795	17792.41	15075.34	0.742	0.736	0.992	0.790	174.41	174.82	3.63	42.89	154.52	2710.23
7.10	102341	17859.30	15089.74	0.743	0.737	0.992	0.791	174.41	174.78	3.68	42.41	154.67	2716.08
7.20	103889	17925.96	15104.05	0.744	0.738	0.992	0.792	174.42	174.75	3.73	41.94	154.82	2721.94
7.30	105438	17992.56	15118.27	0.744	0.739	0.992	0.792	174.42	174.70	3.78	41.48	154.96	2727.80
7.40	106988	18059.12	15132.42	0.745	0.739	0.992	0.793	174.43	174.66	3.84	41.04	155.11	2733.67
7.50	108540	18125.68	15146.53	0.746	0.740	0.993	0.794	174.43	174.61	3.89	40.61	155.25	2739.57
7.60	110093	18192.23	15160.60	0.746	0.741	0.993	0.795	174.43	174.56	3.94	40.19	155.40	2745.50
7.70	111648	18258.79	15174.64	0.747	0.741	0.993	0.795	174.43	174.51	3.99	39.79	155.54	2751.46
7.80	113204	18325.37	15188.67	0.747	0.742	0.993	0.796	174.43	174.45	4.04	39.40	155.68	2757.46
7.90	114762	18391.98	15202.69	0.748	0.743	0.993	0.797	174.43	174.39	4.09	39.01	155.83	2763.51
8.00	116321	18458.62	15216.70	0.749	0.743	0.993	0.798	174.43	174.33	4.15	38.64	155.97	2769.59
8.10	117881	18525.30	15230.72	0.749	0.744	0.993	0.798	174.43	174.27	4.20	38.28	156.12	2775.72
8.20	119443	18592.03	15244.73	0.750	0.745	0.993	0.799	174.43	174.20	4.25	37.93	156.26	2781.89
8.30	121006	18658.81	15258.76	0.751	0.745	0.993	0.800	174.42	174.13	4.30	37.59	156.40	2788.11
8.40	122571	18725.66	15272.79	0.751	0.746	0.993	0.800	174.42	174.06	4.35	37.26	156.55	2794.38
8.50	124137	18792.56	15286.85	0.752	0.747	0.993	0.801	174.41	173.99	4.40	36.94	156.69	2800.69
8.60	125705	18859.54	15300.92	0.752	0.747	0.993	0.802	174.41	173.91	4.46	36.63	156.83	2807.04
8.70	127274	18926.58	15315.02	0.753	0.748	0.994	0.803	174.40	173.83	4.51	36.32	156.98	2813.45
8.80	128844	18993.71	15329.13	0.753	0.749	0.994	0.803	174.39	173.75	4.56	36.02	157.12	2819.90
8.90	130416	19060.91	15343.28	0.754	0.749	0.994	0.804	174.39	173.67	4.61	35.74	157.27	2826.39
9.00	131990	19128.19	15357.44	0.755	0.750	0.994	0.805	174.38	173.59	4.66	35.46	157.41	2832.94
9.10	133565	19195.55	15371.64	0.755	0.750	0.994	0.806	174.37	173.50	4.72	35.18	157.56	2839.52
9.20	135141	19263.00	15385.86	0.756	0.751	0.994	0.806	174.36	173.41	4.77	34.92	157.71	2846.15
9.30	136719	19330.54	15400.11	0.756	0.752	0.994	0.807	174.35	173.32	4.82	34.66	157.85	2852.82
9.40	138298	19398.16	15414.39	0.757	0.752	0.994	0.808	174.33	173.23	4.87	34.40	158.00	2859.54
9.50	139879	19465.87	15428.71	0.757	0.753	0.994	0.809	174.32	173.13	4.92	34.16	158.14	2866.30
9.60	141461	19533.69	15443.07	0.758	0.753	0.994	0.809	174.31	173.04	4.97	33.92	158.29	2873.11
9.70	143045	19601.61	15457.46	0.758	0.754	0.994	0.810	174.29	172.94	5.03	33.68	158.44	2879.96
9.80	144630	19669.62	15471.88	0.759	0.755	0.994	0.811	174.28	172.84	5.08	33.46	158.59	2886.85
9.90	146217	19736.56	15485.73	0.759	0.755	0.994	0.812	174.26	172.73	5.13	33.24	158.73	2893.33
10.00	147805	19804.68	15500.19	0.760	0.756	0.994	0.812	174.24	172.62	5.18	33.02	158.88	2900.28
10.10	149394	19872.89	15514.70	0.761	0.756	0.994	0.813	174.23	172.51	5.23	32.81	159.03	2907.28
10.20	150985	19941.25	15529.27	0.761	0.757	0.995	0.814	174.21	172.41	5.28	32.60	159.18	2914.34
10.30	152578	20009.81	15543.91	0.762	0.757	0.995	0.815	174.19	172.29	5.34	32.40	159.33	2921.47
10.40	154172	20078.47	15558.62	0.762	0.758	0.995	0.815	174.17	172.18	5.39	32.21	159.48	2928.66
10.50	155767	20147.24	15573.38	0.763	0.759	0.995	0.816	174.15	172.07	5.44	32.02	159.63	2935.90
10.60	157364	20216.06	15588.85	0.763	0.759	0.995	0.817	174.12	171.95	5.49	31.83	159.79	2943.68
10.70	158963	20284.99	15603.75	0.764	0.760	0.995	0.818	174.10	171.83	5.54	31.65	159.94	2951.04
10.80	160563	20354.04	15618.71	0.764	0.760	0.995	0.819	174.08	171.71	5.60	31.48	160.09	2958.46
10.90	162165	20423.21	15633.74	0.765	0.761	0.995	0.819	174.05	171.59	5.65	31.31	160.25	2965.94
11.00	163768	20492.53	15648.85	0.765	0.761	0.995	0.820	174.03	171.47	5.70	31.14	160.40	2973.48
11.10	165373	20562.13	15664.12	0.766	0.762	0.995	0.821	174.00	171.34	5.75	30.98	160.56	2981.17
11.20	166979	20631.88	15679.49	0.766	0.762	0.995	0.822	173.98	171.21	5.80	30.82	160.72	2988.93

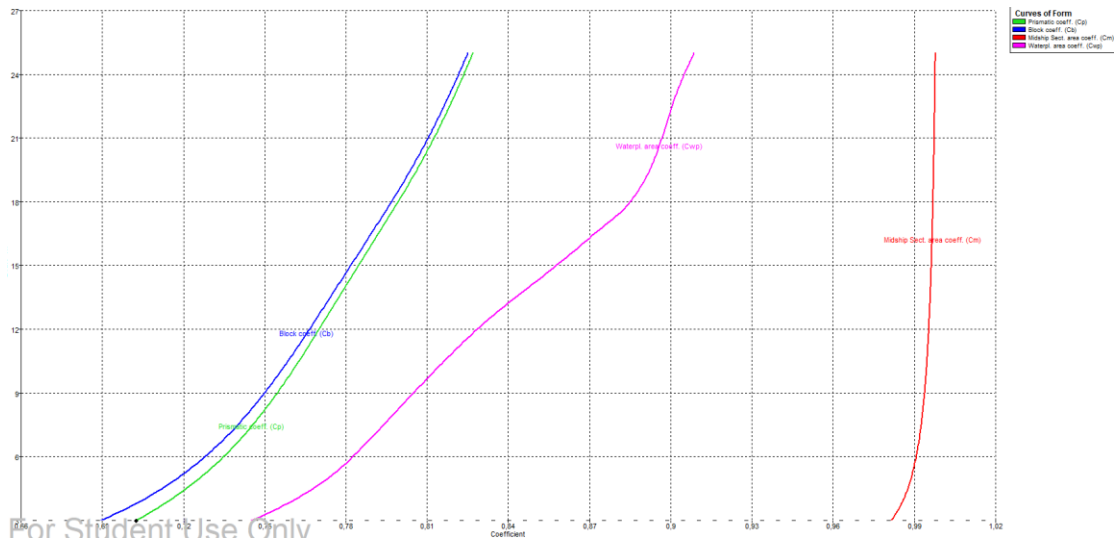
11.30	168587	20701.77	15694.94	0.767	0.763	0.995	0.823	173.95	171.07	5.86	30.66	160.87	2996.76
11.40	170196	20771.81	15710.50	0.767	0.763	0.995	0.823	173.92	170.94	5.91	30.51	161.03	3004.68
11.50	171807	20842.00	15726.16	0.768	0.764	0.995	0.824	173.89	170.80	5.96	30.36	161.19	3012.68
11.60	173420	20912.40	15741.97	0.768	0.764	0.995	0.825	173.87	170.66	6.01	30.22	161.36	3020.79
11.70	175034	20983.04	15757.95	0.769	0.765	0.995	0.826	173.84	170.52	6.06	30.08	161.52	3029.05
11.80	176650	21053.86	15774.05	0.769	0.765	0.995	0.827	173.80	170.38	6.12	29.94	161.68	3037.40
11.90	178268	21124.85	15790.28	0.770	0.766	0.995	0.828	173.77	170.23	6.17	29.81	161.85	3045.86
12.00	179887	21196.04	15806.65	0.770	0.767	0.995	0.828	173.74	170.08	6.22	29.68	162.02	3054.41
12.10	181508	21267.71	15823.27	0.771	0.767	0.995	0.829	173.71	169.93	6.27	29.55	162.19	3063.18
12.20	183131	21339.71	15840.15	0.771	0.768	0.995	0.830	173.67	169.78	6.32	29.43	162.36	3072.14
12.30	184756	21411.95	15857.20	0.772	0.768	0.995	0.831	173.64	169.62	6.38	29.31	162.54	3081.23
12.40	186382	21484.42	15874.39	0.772	0.769	0.995	0.832	173.60	169.46	6.43	29.19	162.71	3090.43
12.50	188010	21552.83	15891.80	0.773	0.769	0.996	0.833	173.56	169.30	6.48	29.07	162.89	3099.80
12.60	189640	21625.79	15909.44	0.773	0.770	0.996	0.834	173.53	169.13	6.53	28.96	163.07	3109.34
12.70	191271	21699.06	15927.25	0.774	0.770	0.996	0.835	173.49	168.96	6.58	28.85	163.25	3119.03
12.80	192905	21772.64	15945.24	0.774	0.771	0.996	0.836	173.45	168.79	6.64	28.75	163.44	3128.86
12.90	194540	21846.59	15963.36	0.774	0.771	0.996	0.837	173.41	168.61	6.69	28.64	163.62	3138.78
13.00	196177	21920.87	15981.63	0.775	0.772	0.996	0.838	173.37	168.44	6.74	28.54	163.81	3148.83
13.10	197817	21995.00	16000.46	0.775	0.772	0.996	0.839	173.33	168.26	6.79	28.44	164.01	3159.32
13.20	199458	22069.40	16019.47	0.776	0.773	0.996	0.840	173.29	168.08	6.85	28.35	164.20	3169.95
13.30	201101	22144.08	16038.62	0.776	0.773	0.996	0.841	173.24	167.90	6.90	28.25	164.40	3180.69
13.40	202746	22219.01	16057.89	0.777	0.774	0.996	0.842	173.20	167.71	6.95	28.16	164.59	3191.55
13.50	204392	22294.19	16077.28	0.777	0.774	0.996	0.843	173.15	167.52	7.00	28.07	164.79	3202.50
13.60	206041	22369.62	16096.73	0.778	0.775	0.996	0.844	173.11	167.34	7.06	27.99	164.99	3213.52
13.70	207692	22445.27	16116.22	0.778	0.775	0.996	0.845	173.06	167.14	7.11	27.90	165.19	3224.59
13.80	209345	22521.14	16135.70	0.779	0.776	0.996	0.846	173.01	166.95	7.16	27.82	165.39	3235.68
13.90	211000	22597.26	16155.10	0.779	0.776	0.996	0.847	172.96	166.76	7.21	27.74	165.59	3246.71
14.00	212657	22673.40	16174.56	0.780	0.777	0.996	0.848	172.92	166.56	7.27	27.66	165.79	3257.82
14.10	214316	22749.31	16194.28	0.780	0.777	0.996	0.849	172.87	166.37	7.32	27.59	165.99	3269.17
14.20	215977	22825.33	16213.89	0.781	0.778	0.996	0.850	172.82	166.18	7.37	27.51	166.19	3280.47
14.30	217640	22901.42	16233.34	0.781	0.778	0.996	0.851	172.76	165.98	7.42	27.44	166.39	3291.67
14.40	219305	22977.63	16252.61	0.782	0.779	0.996	0.852	172.71	165.79	7.48	27.37	166.59	3302.76
14.50	220972	23053.98	16271.61	0.782	0.779	0.996	0.853	172.66	165.60	7.53	27.30	166.78	3313.67
14.60	222640	23130.24	16290.52	0.783	0.780	0.996	0.854	172.60	165.40	7.58	27.23	166.98	3324.56
14.70	224311	23206.14	16309.64	0.783	0.780	0.996	0.855	172.55	165.21	7.63	27.17	167.17	3335.65
14.80	225984	23282.12	16328.49	0.784	0.781	0.996	0.856	172.50	165.02	7.69	27.10	167.37	3346.56
14.90	227658	23358.20	16347.05	0.784	0.781	0.996	0.857	172.44	164.83	7.74	27.04	167.56	3357.29
15.00	229335	23434.31	16365.43	0.785	0.782	0.996	0.858	172.38	164.64	7.79	26.98	167.75	3367.92
15.10	231013	23509.92	16384.10	0.785	0.782	0.996	0.859	172.33	164.46	7.84	26.92	167.94	3378.82
15.20	232694	23585.62	16402.50	0.786	0.783	0.996	0.860	172.27	164.28	7.90	26.86	168.13	3389.56
15.30	234376	23661.51	16420.55	0.786	0.783	0.996	0.861	172.21	164.09	7.95	26.80	168.31	3400.06
15.40	236060	23737.11	16438.70	0.787	0.784	0.996	0.862	172.15	163.91	8.00	26.74	168.50	3410.69
15.50	237746	23812.44	16456.96	0.787	0.784	0.996	0.863	172.09	163.73	8.06	26.69	168.68	3421.46
15.60	239434	23887.92	16474.93	0.788	0.785	0.996	0.863	172.03	163.55	8.11	26.64	168.87	3432.05
15.70	241123	23963.89	16492.33	0.788	0.785	0.996	0.864	171.97	163.36	8.16	26.58	169.05	3442.25
15.80	242815	24038.91	16510.47	0.789	0.786	0.996	0.865	171.91	163.19	8.21	26.53	169.23	3453.07
15.90	244508	24114.06	16528.42	0.789	0.786	0.996	0.866	171.85	163.02	8.27	26.48	169.42	3463.80
16.00	246203	24189.50	16546.05	0.790	0.787	0.997	0.867	171.79	162.84	8.32	26.43	169.60	3474.34
16.10	247900	24265.30	16563.28	0.790	0.787	0.997	0.868	171.73	162.66	8.37	26.39	169.77	3484.61
16.20	249598	24340.24	16581.37	0.791	0.788	0.997	0.869	171.67	162.49	8.43	26.34	169.96	3495.62
16.30	251299	24415.39	16599.29	0.791	0.788	0.997	0.870	171.60	162.32	8.48	26.29	170.14	3506.56
16.40	253001	24490.90	16616.98	0.792	0.789	0.997	0.871	171.54	162.14	8.53	26.25	170.32	3517.37
16.50	254705	24567.11	16634.13	0.792	0.789	0.997	0.872	171.48	161.96	8.58	26.21	170.50	3527.83
16.60	256411	24642.11	16652.66	0.792	0.790	0.997	0.873	171.41	161.79	8.64	26.16	170.69	3539.44

16.70	258119	24717.30	16671.22	0.793	0.790	0.997	0.874	171.35	161.63	8.69	26.12	170.88	3551.15
16.80	259829	24792.75	16689.88	0.793	0.791	0.997	0.875	171.28	161.45	8.74	26.08	171.07	3563.01
16.90	261541	24868.50	16708.62	0.794	0.791	0.997	0.876	171.22	161.28	8.80	26.04	171.26	3575.02
17.00	263254	24944.50	16727.39	0.794	0.792	0.997	0.877	171.15	161.11	8.85	26.00	171.46	3587.13
17.10	264970	25020.76	16746.18	0.795	0.792	0.997	0.878	171.09	160.93	8.90	25.97	171.65	3599.34
17.20	266687	25096.99	16764.59	0.795	0.793	0.997	0.879	171.02	160.76	8.96	25.93	171.84	3611.31
17.30	268407	25173.13	16782.39	0.796	0.793	0.997	0.880	170.96	160.59	9.01	25.89	172.02	3622.84
17.40	270128	25248.41	16800.05	0.796	0.794	0.997	0.881	170.89	160.43	9.06	25.86	172.20	3634.31
17.50	271851	25322.92	16817.18	0.797	0.794	0.997	0.881	170.82	160.28	9.12	25.82	172.38	3645.40
17.60	273575	25396.75	16833.34	0.797	0.795	0.997	0.882	170.76	160.14	9.17	25.79	172.54	3655.74
17.70	275301	25465.10	16846.43	0.798	0.795	0.997	0.883	170.69	160.03	9.22	25.75	172.68	3663.52
17.80	277028	25536.32	16860.14	0.798	0.796	0.997	0.884	170.62	159.91	9.27	25.72	172.82	3671.92
17.90	278757	25607.02	16873.16	0.799	0.796	0.997	0.884	170.56	159.80	9.33	25.69	172.95	3679.83
18.00	280487	25677.26	16885.57	0.799	0.797	0.997	0.885	170.49	159.70	9.38	25.66	173.08	3687.30
18.10	282219	25747.11	16897.44	0.800	0.797	0.997	0.886	170.42	159.60	9.43	25.63	173.20	3694.39
18.20	283951	25816.60	16908.84	0.800	0.798	0.997	0.886	170.36	159.50	9.49	25.60	173.32	3701.15
18.30	285685	25885.79	16919.78	0.801	0.798	0.997	0.887	170.29	159.41	9.54	25.57	173.43	3707.62
18.40	287420	25954.69	16930.31	0.801	0.799	0.997	0.887	170.22	159.33	9.59	25.54	173.54	3713.81
18.50	289156	26023.33	16940.45	0.802	0.799	0.997	0.888	170.16	159.25	9.65	25.51	173.64	3719.75
18.60	290893	26091.55	16950.22	0.802	0.800	0.997	0.888	170.09	159.17	9.70	25.48	173.74	3725.46
18.70	292631	26159.52	16959.64	0.803	0.800	0.997	0.889	170.03	159.10	9.75	25.45	173.84	3730.95
18.80	294369	26227.30	16968.72	0.803	0.801	0.997	0.889	169.96	159.02	9.81	25.43	173.93	3736.23
18.90	296109	26294.90	16977.49	0.803	0.801	0.997	0.890	169.90	158.96	9.86	25.40	174.02	3741.31
19.00	297850	26362.35	16985.95	0.804	0.802	0.997	0.890	169.83	158.89	9.91	25.37	174.11	3746.22
19.10	299591	26429.65	16994.11	0.804	0.802	0.997	0.891	169.77	158.83	9.97	25.35	174.19	3750.94
19.20	301334	26496.82	17001.99	0.805	0.802	0.997	0.891	169.71	158.78	10.02	25.32	174.27	3755.50
19.30	303077	26563.82	17009.55	0.805	0.803	0.997	0.891	169.64	158.72	10.07	25.30	174.35	3759.86
19.40	304821	26630.67	17016.85	0.806	0.803	0.997	0.892	169.58	158.67	10.13	25.27	174.42	3764.07
19.50	306565	26697.39	17023.91	0.806	0.804	0.997	0.892	169.52	158.62	10.18	25.25	174.50	3768.15
19.60	308310	26763.99	17030.74	0.807	0.804	0.997	0.893	169.46	158.58	10.23	25.23	174.57	3772.09
19.70	310056	26830.48	17037.35	0.807	0.805	0.997	0.893	169.40	158.54	10.28	25.20	174.63	3775.92
19.80	311803	26896.86	17043.77	0.808	0.805	0.997	0.893	169.34	158.49	10.34	25.18	174.70	3779.65
19.90	313550	26963.15	17050.00	0.808	0.806	0.997	0.894	169.27	158.46	10.39	25.16	174.76	3783.28
20.00	315298	27029.35	17056.07	0.808	0.806	0.997	0.894	169.21	158.42	10.44	25.14	174.83	3786.83
20.10	317047	27084.72	17061.98	0.809	0.807	0.997	0.894	169.16	158.39	10.50	25.12	174.89	3790.31
20.20	318796	27151.87	17067.75	0.809	0.807	0.997	0.895	169.10	158.36	10.55	25.10	174.94	3793.72
20.30	320546	27218.97	17073.38	0.810	0.807	0.997	0.895	169.04	158.33	10.60	25.08	175.00	3797.07
20.40	322296	27286.00	17078.87	0.810	0.808	0.997	0.895	168.98	158.30	10.66	25.06	175.06	3800.35
20.50	324047	27352.99	17084.23	0.810	0.808	0.997	0.895	168.92	158.28	10.71	25.04	175.11	3803.58
20.60	325798	27419.93	17089.46	0.811	0.809	0.997	0.896	168.86	158.25	10.76	25.03	175.17	3806.74
20.70	327550	27486.84	17094.57	0.811	0.809	0.997	0.896	168.81	158.23	10.81	25.01	175.22	3809.86
20.80	329303	27553.72	17099.58	0.812	0.810	0.997	0.896	168.75	158.22	10.87	24.99	175.27	3812.93
20.90	331056	27620.58	17104.49	0.812	0.810	0.997	0.896	168.70	158.20	10.92	24.98	175.32	3815.95
21.00	332809	27687.43	17109.31	0.813	0.810	0.997	0.897	168.64	158.19	10.97	24.96	175.37	3818.94
21.10	334563	27754.29	17114.06	0.813	0.811	0.997	0.897	168.58	158.18	11.03	24.94	175.42	3821.91
21.20	336318	27821.14	17118.72	0.813	0.811	0.997	0.897	168.53	158.17	11.08	24.93	175.47	3824.83
21.30	338072	27888.03	17123.35	0.814	0.812	0.997	0.897	168.48	158.16	11.13	24.92	175.51	3827.76
21.40	339828	27955.09	17128.01	0.814	0.812	0.997	0.898	168.42	158.16	11.18	24.90	175.56	3830.75
21.50	341584	28022.20	17132.66	0.814	0.812	0.997	0.898	168.37	158.16	11.24	24.89	175.61	3833.75
21.60	343340	28089.36	17137.31	0.815	0.813	0.997	0.898	168.32	158.16	11.29	24.88	175.66	3836.78
21.70	345097	28156.60	17141.97	0.815	0.813	0.997	0.898	168.27	158.16	11.34	24.87	175.71	3839.83
21.80	346854	28223.89	17146.64	0.816	0.814	0.997	0.899	168.22	158.17	11.39	24.85	175.75	3842.91
21.90	348612	28291.20	17151.26	0.816	0.814	0.997	0.899	168.16	158.17	11.45	24.84	175.80	3845.97
22.00	350370	28358.57	17155.91	0.816	0.814	0.997	0.899	168.11	158.18	11.50	24.83	175.85	3849.07

22.10	352129	28425.99	17160.56	0.817	0.815	0.997	0.899	168.07	158.19	11.55	24.82	175.90	3852.18
22.20	353888	28493.58	17165.33	0.817	0.815	0.997	0.900	168.02	158.21	11.61	24.81	175.95	3855.40
22.30	355648	28561.37	17170.24	0.818	0.815	0.997	0.900	167.97	158.22	11.66	24.81	176.00	3858.75
22.40	357408	28629.21	17175.18	0.818	0.816	0.998	0.900	167.92	158.24	11.71	24.80	176.05	3862.13
22.50	359169	28697.09	17180.14	0.818	0.816	0.998	0.900	167.87	158.26	11.76	24.79	176.10	3865.54
22.60	360930	28764.98	17185.08	0.819	0.817	0.998	0.901	167.83	158.28	11.82	24.78	176.15	3868.94
22.70	362692	28833.21	17190.34	0.819	0.817	0.998	0.901	167.78	158.31	11.87	24.78	176.20	3872.61
22.80	364454	28901.52	17195.67	0.819	0.817	0.998	0.901	167.73	158.33	11.92	24.77	176.26	3876.35
22.90	366217	28969.84	17201.02	0.820	0.818	0.998	0.902	167.69	158.36	11.97	24.77	176.31	3880.10
23.00	367980	29038.21	17206.41	0.820	0.818	0.998	0.902	167.64	158.39	12.03	24.76	176.37	3883.89
23.10	369744	29106.92	17212.14	0.820	0.818	0.998	0.902	167.60	158.42	12.08	24.76	176.42	3887.97
23.20	371509	29175.59	17217.85	0.821	0.819	0.998	0.902	167.56	158.45	12.13	24.75	176.48	3892.03
23.30	373274	29244.23	17223.53	0.821	0.819	0.998	0.903	167.51	158.49	12.18	24.75	176.54	3896.08
23.40	375039	29313.12	17229.49	0.821	0.820	0.998	0.903	167.47	158.52	12.24	24.75	176.60	3900.34
23.50	376806	29382.09	17235.51	0.822	0.820	0.998	0.903	167.43	158.56	12.29	24.75	176.66	3904.67
23.60	378573	29451.00	17241.49	0.822	0.820	0.998	0.904	167.39	158.60	12.34	24.75	176.73	3908.97
23.70	380340	29519.96	17247.55	0.823	0.821	0.998	0.904	167.35	158.63	12.39	24.74	176.79	3913.32
23.80	382108	29589.24	17253.92	0.823	0.821	0.998	0.904	167.31	158.68	12.45	24.74	176.85	3917.94
23.90	383877	29658.49	17260.28	0.823	0.821	0.998	0.905	167.27	158.72	12.50	24.74	176.92	3922.55
24.00	385647	29727.71	17266.62	0.824	0.822	0.998	0.905	167.23	158.76	12.55	24.75	176.98	3927.13
24.10	387417	29797.21	17273.24	0.824	0.822	0.998	0.905	167.19	158.80	12.60	24.75	177.05	3931.97
24.20	389188	29866.77	17279.94	0.824	0.822	0.998	0.906	167.15	158.85	12.66	24.75	177.12	3936.86
24.30	390959	29936.31	17286.64	0.825	0.823	0.998	0.906	167.11	158.90	12.71	24.75	177.19	3941.74
24.40	392732	30005.90	17293.40	0.825	0.823	0.998	0.906	167.08	158.94	12.76	24.75	177.26	3946.67
24.50	394505	30075.75	17300.42	0.825	0.823	0.998	0.907	167.04	158.99	12.81	24.76	177.33	3951.83
24.60	396278	30145.57	17307.42	0.826	0.824	0.998	0.907	167.00	159.04	12.87	24.76	177.40	3956.96
24.70	398053	30215.34	17314.39	0.826	0.824	0.998	0.907	166.97	159.09	12.92	24.76	177.47	3962.06
24.80	399828	30285.08	17321.34	0.826	0.824	0.998	0.908	166.93	159.14	12.97	24.77	177.54	3967.13
24.90	401603	30354.79	17328.26	0.827	0.825	0.998	0.908	166.90	159.19	13.02	24.77	177.62	3972.19
25.00	403380	30424.46	17335.15	0.827	0.825	0.998	0.909	166.87	159.24	13.08	24.78	177.69	3977.21



40. Υδροστατικό Διάγραμμα



41. Διάγραμμα Συντελεστών Μορφής

6.2: Καμπύλες Ευστάθειας (Cross Curves)

Ο μοχλοβραχίονας ευστάθειας KN του πλοίου υπολογίστηκε στο εύρος βυθισμάτων T από 3.0 m έως 25.0 m με βήμα 0.1 m και για εύρος γωνιών εγκάρσιας κλίσης από 10° έως 80° με βήμα 10°. Επίσης, έγινε σχεδίαση των καμπυλών ευστάθειας (Cross Curves).

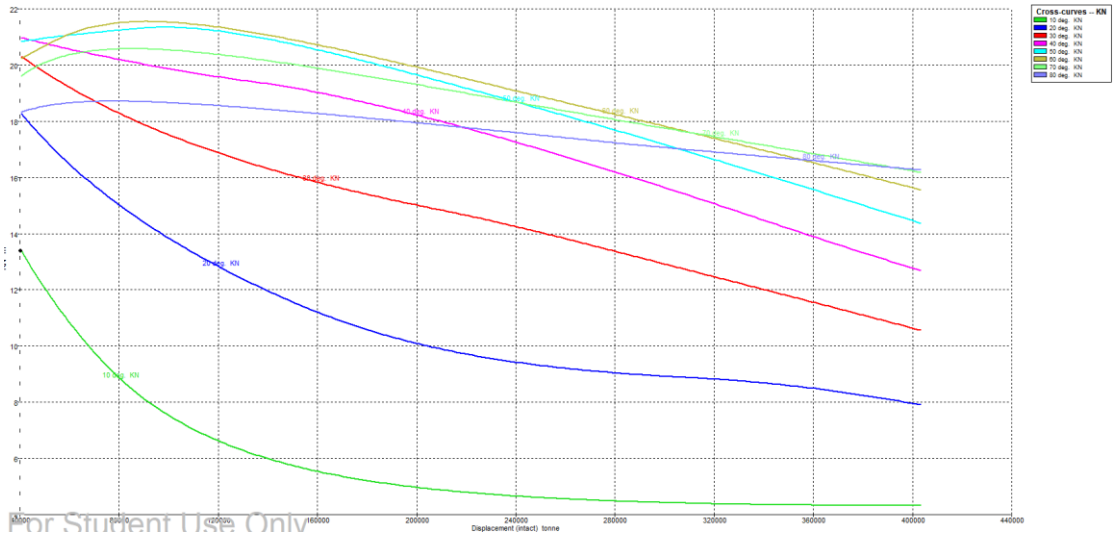
T (m)	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
3.00	13.41	18.28	20.31	20.98	20.84	20.22	19.60	18.32
3.10	13.19	18.13	20.22	20.95	20.86	20.30	19.69	18.37
3.20	12.97	17.98	20.13	20.92	20.88	20.37	19.78	18.40
3.30	12.76	17.83	20.04	20.88	20.89	20.44	19.86	18.44
3.40	12.56	17.69	19.96	20.85	20.91	20.51	19.93	18.47
3.50	12.35	17.54	19.87	20.82	20.93	20.58	20.00	18.50
3.60	12.16	17.40	19.79	20.79	20.95	20.65	20.06	18.53
3.70	11.96	17.27	19.71	20.76	20.96	20.72	20.12	18.55
3.80	11.77	17.13	19.62	20.72	20.98	20.78	20.17	18.57
3.90	11.59	17.00	19.54	20.69	21.00	20.85	20.22	18.59
4.00	11.40	16.87	19.46	20.66	21.01	20.91	20.26	18.61
4.10	11.23	16.74	19.38	20.63	21.03	20.98	20.30	18.63
4.20	11.05	16.62	19.31	20.60	21.04	21.04	20.33	18.64
4.30	10.88	16.50	19.23	20.57	21.06	21.09	20.37	18.65
4.40	10.71	16.38	19.15	20.54	21.07	21.15	20.40	18.66
4.50	10.54	16.26	19.08	20.52	21.09	21.19	20.42	18.67
4.60	10.38	16.14	19.00	20.49	21.10	21.24	20.45	18.68
4.70	10.22	16.03	18.93	20.46	21.12	21.28	20.47	18.69
4.80	10.06	15.91	18.86	20.43	21.13	21.31	20.49	18.69
4.90	9.90	15.80	18.79	20.40	21.15	21.35	20.51	18.70
5.00	9.75	15.69	18.72	20.38	21.16	21.38	20.52	18.70
5.10	9.60	15.59	18.65	20.35	21.17	21.40	20.53	18.71

5.20	9.46	15.48	18.58	20.32	21.19	21.43	20.54	18.71
5.30	9.32	15.38	18.51	20.29	21.20	21.45	20.55	18.71
5.40	9.18	15.27	18.44	20.27	21.21	21.47	20.56	18.71
5.50	9.05	15.17	18.38	20.24	21.22	21.49	20.57	18.71
5.60	8.92	15.07	18.31	20.21	21.24	21.50	20.57	18.71
5.70	8.80	14.97	18.25	20.19	21.25	21.51	20.58	18.71
5.80	8.68	14.87	18.19	20.16	21.26	21.52	20.58	18.71
5.90	8.56	14.78	18.12	20.13	21.27	21.53	20.58	18.71
6.00	8.45	14.68	18.06	20.11	21.28	21.54	20.58	18.71
6.10	8.34	14.59	18.00	20.08	21.30	21.54	20.58	18.70
6.20	8.24	14.50	17.94	20.06	21.31	21.54	20.58	18.70
6.30	8.13	14.41	17.88	20.03	21.32	21.55	20.57	18.69
6.40	8.03	14.32	17.83	20.01	21.33	21.55	20.57	18.69
6.50	7.94	14.23	17.77	19.98	21.33	21.55	20.57	18.68
6.60	7.84	14.14	17.71	19.95	21.34	21.54	20.56	18.68
6.70	7.75	14.05	17.66	19.93	21.34	21.54	20.55	18.67
6.80	7.66	13.97	17.60	19.91	21.34	21.53	20.55	18.67
6.90	7.58	13.88	17.55	19.88	21.34	21.53	20.54	18.66
7.00	7.49	13.80	17.49	19.86	21.34	21.52	20.53	18.66
7.10	7.41	13.71	17.44	19.83	21.34	21.51	20.52	18.65
7.20	7.33	13.63	17.39	19.81	21.33	21.50	20.51	18.64
7.30	7.25	13.55	17.33	19.79	21.33	21.49	20.50	18.63
7.40	7.18	13.47	17.28	19.76	21.32	21.48	20.49	18.63
7.50	7.11	13.39	17.23	19.74	21.31	21.47	20.48	18.62
7.60	7.04	13.31	17.18	19.72	21.30	21.45	20.46	18.61
7.70	6.97	13.24	17.13	19.70	21.29	21.44	20.45	18.60
7.80	6.90	13.16	17.08	19.67	21.28	21.42	20.44	18.59
7.90	6.83	13.08	17.03	19.65	21.27	21.41	20.42	18.58
8.00	6.77	13.01	16.99	19.63	21.25	21.39	20.41	18.58
8.10	6.71	12.94	16.94	19.61	21.24	21.37	20.40	18.57
8.20	6.65	12.86	16.89	19.59	21.22	21.36	20.38	18.56
8.30	6.59	12.79	16.84	19.57	21.20	21.34	20.37	18.55
8.40	6.53	12.72	16.80	19.55	21.18	21.32	20.35	18.54
8.50	6.48	12.65	16.75	19.53	21.16	21.30	20.33	18.53
8.60	6.42	12.57	16.71	19.51	21.14	21.28	20.32	18.52
8.70	6.37	12.50	16.66	19.49	21.12	21.26	20.30	18.51
8.80	6.32	12.44	16.62	19.47	21.10	21.24	20.28	18.50
8.90	6.27	12.37	16.57	19.45	21.08	21.21	20.27	18.49
9.00	6.22	12.30	16.53	19.43	21.05	21.19	20.25	18.48
9.10	6.18	12.23	16.49	19.41	21.03	21.17	20.23	18.47
9.20	6.13	12.16	16.45	19.39	21.01	21.14	20.21	18.46
9.30	6.08	12.10	16.40	19.37	20.98	21.12	20.19	18.44
9.40	6.04	12.03	16.36	19.35	20.95	21.10	20.18	18.43
9.50	6.00	11.97	16.32	19.33	20.93	21.07	20.16	18.42
9.60	5.96	11.90	16.28	19.31	20.90	21.05	20.14	18.41
9.70	5.92	11.84	16.24	19.29	20.87	21.02	20.12	18.40
9.80	5.88	11.78	16.20	19.27	20.84	20.99	20.10	18.39
9.90	5.84	11.72	16.16	19.25	20.81	20.97	20.08	18.38
10.00	5.80	11.65	16.12	19.23	20.78	20.94	20.06	18.37
10.10	5.76	11.59	16.08	19.20	20.75	20.91	20.04	18.35

10.20	5.73	11.53	16.04	19.18	20.72	20.88	20.02	18.34
10.30	5.69	11.47	16.00	19.15	20.69	20.86	19.99	18.33
10.40	5.66	11.41	15.97	19.13	20.66	20.83	19.97	18.32
10.50	5.63	11.36	15.93	19.10	20.63	20.80	19.95	18.31
10.60	5.59	11.30	15.89	19.08	20.60	20.77	19.93	18.29
10.70	5.56	11.24	15.86	19.05	20.57	20.74	19.91	18.28
10.80	5.53	11.19	15.82	19.02	20.53	20.71	19.89	18.27
10.90	5.50	11.13	15.78	18.99	20.50	20.68	19.86	18.26
11.00	5.47	11.08	15.75	18.96	20.47	20.65	19.84	18.24
11.10	5.44	11.02	15.71	18.93	20.43	20.62	19.82	18.23
11.20	5.42	10.97	15.68	18.91	20.40	20.59	19.80	18.22
11.30	5.39	10.92	15.64	18.88	20.37	20.56	19.77	18.20
11.40	5.36	10.87	15.61	18.85	20.33	20.53	19.75	18.19
11.50	5.34	10.82	15.57	18.81	20.30	20.50	19.73	18.18
11.60	5.31	10.77	15.54	18.78	20.26	20.47	19.71	18.17
11.70	5.28	10.73	15.50	18.75	20.23	20.44	19.68	18.15
11.80	5.26	10.68	15.47	18.72	20.19	20.40	19.66	18.14
11.90	5.24	10.63	15.44	18.69	20.15	20.37	19.63	18.13
12.00	5.21	10.59	15.40	18.65	20.12	20.34	19.61	18.11
12.10	5.19	10.54	15.37	18.62	20.08	20.31	19.59	18.10
12.20	5.17	10.50	15.34	18.59	20.04	20.27	19.56	18.09
12.30	5.15	10.46	15.31	18.55	20.01	20.24	19.54	18.07
12.40	5.13	10.41	15.27	18.52	19.97	20.21	19.51	18.06
12.50	5.11	10.37	15.24	18.49	19.93	20.18	19.49	18.04
12.60	5.09	10.33	15.21	18.45	19.90	20.14	19.47	18.03
12.70	5.07	10.29	15.18	18.42	19.86	20.11	19.44	18.02
12.80	5.05	10.25	15.15	18.38	19.82	20.08	19.42	18.00
12.90	5.03	10.22	15.12	18.34	19.78	20.04	19.39	17.99
13.00	5.01	10.18	15.09	18.31	19.74	20.01	19.37	17.98
13.10	4.99	10.14	15.06	18.27	19.71	19.97	19.34	17.96
13.20	4.98	10.11	15.03	18.24	19.67	19.94	19.32	17.95
13.30	4.96	10.07	15.00	18.20	19.63	19.91	19.29	17.93
13.40	4.94	10.04	14.97	18.16	19.59	19.87	19.27	17.92
13.50	4.93	10.00	14.94	18.12	19.55	19.84	19.24	17.91
13.60	4.91	9.97	14.91	18.09	19.51	19.80	19.22	17.89
13.70	4.90	9.94	14.88	18.05	19.47	19.77	19.19	17.88
13.80	4.88	9.90	14.85	18.01	19.43	19.73	19.16	17.86
13.90	4.87	9.87	14.82	17.97	19.39	19.70	19.14	17.85
14.00	4.85	9.84	14.79	17.93	19.35	19.66	19.11	17.83
14.10	4.84	9.81	14.76	17.89	19.31	19.63	19.09	17.82
14.20	4.82	9.78	14.73	17.85	19.27	19.59	19.06	17.81
14.30	4.81	9.76	14.70	17.81	19.23	19.56	19.03	17.79
14.40	4.80	9.73	14.67	17.77	19.19	19.52	19.01	17.78
14.50	4.79	9.70	14.64	17.73	19.15	19.49	18.98	17.76
14.60	4.77	9.67	14.60	17.69	19.11	19.45	18.96	17.75
14.70	4.76	9.65	14.57	17.65	19.07	19.42	18.93	17.73
14.80	4.75	9.62	14.54	17.61	19.03	19.38	18.90	17.72
14.90	4.74	9.60	14.51	17.57	18.99	19.35	18.88	17.70
15.00	4.73	9.57	14.47	17.53	18.95	19.31	18.85	17.69
15.10	4.71	9.55	14.44	17.49	18.91	19.28	18.82	17.67

15.20	4.70	9.52	14.41	17.44	18.87	19.24	18.80	17.66
15.30	4.69	9.50	14.37	17.40	18.83	19.21	18.77	17.64
15.40	4.68	9.48	14.34	17.36	18.79	19.17	18.74	17.63
15.50	4.67	9.46	14.30	17.32	18.74	19.14	18.72	17.61
15.60	4.66	9.43	14.27	17.27	18.70	19.10	18.69	17.60
15.70	4.65	9.41	14.23	17.23	18.66	19.06	18.66	17.58
15.80	4.64	9.39	14.20	17.19	18.62	19.03	18.64	17.57
15.90	4.63	9.37	14.16	17.15	18.58	18.99	18.61	17.55
16.00	4.63	9.35	14.13	17.10	18.54	18.96	18.58	17.53
16.10	4.62	9.33	14.09	17.06	18.49	18.92	18.56	17.52
16.20	4.61	9.31	14.05	17.01	18.45	18.89	18.53	17.50
16.30	4.60	9.30	14.02	16.97	18.41	18.85	18.50	17.49
16.40	4.59	9.28	13.98	16.93	18.37	18.81	18.48	17.47
16.50	4.58	9.26	13.94	16.88	18.33	18.78	18.45	17.46
16.60	4.58	9.24	13.90	16.84	18.28	18.74	18.42	17.44
16.70	4.57	9.23	13.87	16.79	18.24	18.71	18.40	17.43
16.80	4.56	9.21	13.83	16.75	18.20	18.67	18.37	17.41
16.90	4.55	9.19	13.79	16.70	18.16	18.63	18.34	17.39
17.00	4.55	9.18	13.75	16.65	18.11	18.60	18.32	17.38
17.10	4.54	9.16	13.71	16.61	18.07	18.56	18.29	17.36
17.20	4.53	9.15	13.67	16.56	18.03	18.53	18.26	17.35
17.30	4.53	9.13	13.64	16.52	17.98	18.49	18.24	17.33
17.40	4.52	9.12	13.60	16.47	17.94	18.45	18.21	17.32
17.50	4.51	9.10	13.56	16.42	17.90	18.42	18.18	17.30
17.60	4.51	9.09	13.52	16.38	17.85	18.38	18.16	17.29
17.70	4.50	9.08	13.48	16.33	17.81	18.35	18.13	17.27
17.80	4.49	9.07	13.44	16.28	17.76	18.31	18.10	17.26
17.90	4.49	9.05	13.40	16.23	17.72	18.27	18.08	17.24
18.00	4.48	9.04	13.36	16.19	17.68	18.24	18.05	17.23
18.10	4.48	9.03	13.32	16.14	17.63	18.20	18.03	17.21
18.20	4.47	9.02	13.28	16.09	17.59	18.16	18.00	17.20
18.30	4.47	9.01	13.24	16.04	17.54	18.13	17.97	17.18
18.40	4.46	8.99	13.21	16.00	17.50	18.09	17.95	17.17
18.50	4.46	8.98	13.17	15.95	17.45	18.05	17.92	17.15
18.60	4.45	8.97	13.13	15.90	17.41	18.02	17.89	17.14
18.70	4.45	8.96	13.09	15.85	17.36	17.98	17.87	17.12
18.80	4.44	8.95	13.05	15.80	17.32	17.94	17.84	17.11
18.90	4.44	8.94	13.01	15.75	17.27	17.91	17.81	17.10
19.00	4.43	8.93	12.97	15.70	17.23	17.87	17.79	17.08
19.10	4.43	8.93	12.93	15.65	17.18	17.83	17.76	17.07
19.20	4.42	8.92	12.89	15.60	17.14	17.79	17.74	17.05
19.30	4.42	8.91	12.85	15.56	17.09	17.76	17.71	17.04
19.40	4.42	8.90	12.81	15.51	17.05	17.72	17.68	17.02
19.50	4.41	8.89	12.77	15.46	17.00	17.68	17.66	17.01
19.60	4.41	8.88	12.73	15.41	16.96	17.65	17.63	17.00
19.70	4.40	8.88	12.69	15.36	16.91	17.61	17.60	16.98
19.80	4.40	8.87	12.65	15.31	16.86	17.57	17.58	16.97
19.90	4.40	8.86	12.61	15.25	16.82	17.53	17.55	16.95
20.00	4.39	8.85	12.57	15.20	16.77	17.50	17.52	16.94
20.10	4.39	8.84	12.53	15.15	16.73	17.46	17.50	16.93

20.20	4.39	8.83	12.49	15.10	16.68	17.42	17.47	16.91
20.30	4.38	8.82	12.45	15.05	16.63	17.38	17.45	16.90
20.40	4.38	8.81	12.41	15.00	16.59	17.35	17.42	16.89
20.50	4.38	8.80	12.37	14.95	16.54	17.31	17.39	16.87
20.60	4.38	8.79	12.33	14.90	16.49	17.27	17.37	16.86
20.70	4.37	8.78	12.30	14.85	16.45	17.23	17.34	16.84
20.80	4.37	8.77	12.26	14.80	16.40	17.19	17.31	16.83
20.90	4.37	8.75	12.22	14.74	16.35	17.16	17.29	16.82
21.00	4.37	8.74	12.18	14.69	16.31	17.12	17.26	16.80
21.10	4.36	8.73	12.14	14.64	16.26	17.08	17.23	16.79
21.20	4.36	8.71	12.10	14.59	16.21	17.04	17.21	16.78
21.30	4.36	8.70	12.06	14.54	16.16	17.00	17.18	16.76
21.40	4.36	8.69	12.02	14.49	16.12	16.97	17.15	16.75
21.50	4.35	8.67	11.98	14.43	16.07	16.93	17.13	16.74
21.60	4.35	8.66	11.94	14.38	16.02	16.89	17.10	16.72
21.70	4.35	8.64	11.90	14.33	15.97	16.85	17.07	16.71
21.80	4.35	8.62	11.86	14.28	15.93	16.81	17.05	16.69
21.90	4.35	8.61	11.82	14.23	15.88	16.77	17.02	16.68
22.00	4.35	8.59	11.78	14.18	15.83	16.74	16.99	16.67
22.10	4.34	8.58	11.74	14.12	15.78	16.70	16.97	16.65
22.20	4.34	8.56	11.70	14.07	15.73	16.66	16.94	16.64
22.30	4.34	8.54	11.66	14.02	15.69	16.62	16.91	16.63
22.40	4.34	8.52	11.62	13.97	15.64	16.58	16.89	16.61
22.50	4.34	8.50	11.58	13.92	15.59	16.54	16.86	16.60
22.60	4.34	8.48	11.54	13.87	15.54	16.50	16.83	16.59
22.70	4.34	8.46	11.50	13.82	15.49	16.47	16.81	16.57
22.80	4.34	8.44	11.46	13.77	15.44	16.43	16.78	16.56
22.90	4.33	8.42	11.42	13.72	15.40	16.39	16.75	16.55
23.00	4.33	8.40	11.38	13.67	15.35	16.35	16.73	16.53
23.10	4.33	8.38	11.34	13.62	15.30	16.31	16.70	16.52
23.20	4.33	8.36	11.30	13.57	15.25	16.27	16.67	16.51
23.30	4.33	8.34	11.26	13.52	15.20	16.23	16.65	16.49
23.40	4.33	8.32	11.22	13.47	15.15	16.19	16.62	16.48
23.50	4.33	8.29	11.18	13.42	15.10	16.15	16.59	16.47
23.60	4.33	8.27	11.14	13.37	15.05	16.11	16.57	16.45
23.70	4.33	8.25	11.09	13.32	15.01	16.08	16.54	16.44
23.80	4.33	8.22	11.05	13.27	14.96	16.04	16.51	16.43
23.90	4.33	8.20	11.01	13.22	14.91	16.00	16.49	16.41
24.00	4.33	8.18	10.97	13.17	14.86	15.96	16.46	16.40
24.10	4.33	8.15	10.93	13.12	14.81	15.92	16.43	16.39
24.20	4.33	8.12	10.89	13.07	14.76	15.88	16.40	16.37
24.30	4.33	8.10	10.85	13.02	14.71	15.84	16.38	16.36
24.40	4.33	8.07	10.81	12.97	14.66	15.80	16.35	16.35
24.50	4.33	8.04	10.77	12.92	14.61	15.76	16.32	16.33
24.60	4.33	8.02	10.72	12.88	14.57	15.72	16.30	16.32
24.70	4.33	7.99	10.68	12.83	14.52	15.68	16.27	16.31
24.80	4.33	7.96	10.64	12.78	14.47	15.64	16.24	16.29
24.90	4.34	7.93	10.60	12.73	14.42	15.60	16.21	16.28
25.00	4.34	7.90	10.56	12.69	14.37	15.56	16.19	16.27



42. Cross Curves

6.3: Κατακλύσιμα Μήκη

Οι τιμές των κατακλύσιμων μηκών υπολογίστηκαν για διαχωρητότητες ίσες με 95%, 85% και 60% στο βύθισμα σχεδίασης $T=21.0$ m.

Location		Permeability %		
Fr. No.	Distance from A.P.(m)	95	85	60
Fr. -5	-3.70	0.00	0.00	0.00
Fr. -4	-2.90	1.60	1.60	1.60
Fr. -3	-2.10	3.20	3.20	3.20
Fr. -2	-1.30	4.80	4.80	4.80
Fr. -1	-0.50	6.40	6.40	6.40
Fr. 0	0.30	8.00	8.00	8.00
Fr. 1	1.10	9.60	9.60	9.60
Fr. 2	1.90	11.20	11.20	11.20
Fr. 3	2.70	12.80	12.80	12.80
Fr. 4	3.50	14.40	14.40	14.40
Fr. 5	4.30	16.00	16.00	16.00
Fr. 6	5.10	17.60	17.60	17.60
Fr. 7	5.90	19.20	19.20	19.20
Fr. 8	6.70	20.80	20.80	20.80
Fr. 9	7.50	22.40	22.40	22.40
Fr. 10	8.30	24.00	24.00	24.00
Fr. 11	9.10	25.60	25.60	25.60
Fr. 12	9.90	27.20	27.20	27.20
Fr. 13	10.70	28.80	28.80	28.80

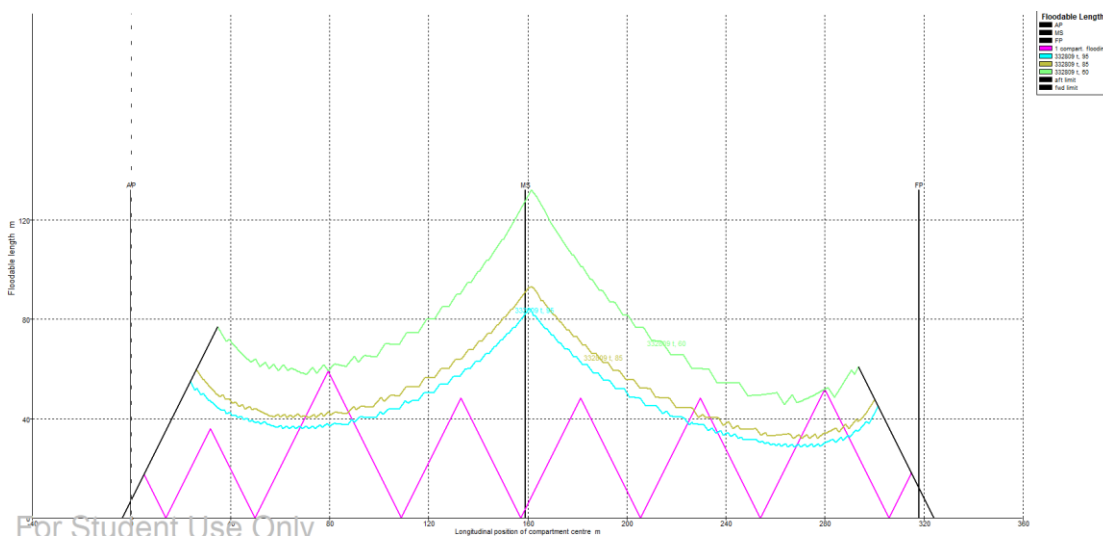
Fr. 14	11.50	30.40	30.40	30.40
Fr. 15	12.30	32.00	32.00	32.00
Fr. 16	13.10	33.60	33.60	33.60
Fr. 17	13.90	35.20	35.20	35.20
Fr. 18	14.80	37.00	37.00	37.00
Fr. 19	15.70	38.80	38.80	38.80
Fr. 20	16.60	40.60	40.60	40.60
Fr. 21	17.50	42.40	42.40	42.40
Fr. 22	18.40	44.20	44.20	44.20
Fr. 23	19.30	46.00	46.00	46.00
Fr. 24	20.20	47.80	47.80	47.80
Fr. 25	21.10	49.60	49.60	49.60
Fr. 26	22.00	51.40	51.40	51.40
Fr. 27	22.90	53.20	53.20	53.20
Fr. 28	23.80	54.99	55.00	55.00
Fr. 29	24.70	53.34	56.80	56.80
Fr. 30	25.60	51.70	58.60	58.60
Fr. 31	26.50	51.99	59.28	60.40
Fr. 32	27.40	50.54	57.94	62.20
Fr. 33	28.30	49.74	56.59	64.00
Fr. 34	29.20	50.04	55.66	65.80
Fr. 35	30.10	48.75	54.66	67.60
Fr. 36	31.00	47.45	53.61	69.40
Fr. 37	31.90	47.21	52.58	71.20
Fr. 38	32.80	46.33	51.61	73.00
Fr. 39	33.70	45.51	50.65	74.80
Fr. 40	34.60	44.71	49.75	76.60
Fr. 41	35.50	43.96	48.90	75.72
Fr. 42	36.40	43.24	49.33	74.20
Fr. 43	37.30	43.25	48.98	72.69
Fr. 44	38.20	42.26	47.70	71.17
Fr. 45	39.10	42.23	48.04	71.69
Fr. 46	40.00	42.19	47.39	71.36
Fr. 47	40.90	41.20	46.35	70.26
Fr. 48	41.80	41.52	46.73	69.20
Fr. 49	42.70	40.84	45.96	68.19
Fr. 50	43.60	40.55	45.10	67.21
Fr. 51	44.50	40.65	45.50	66.27
Fr. 52	45.40	39.67	44.61	65.40
Fr. 53	46.30	40.01	44.00	64.55
Fr. 54	48.05	39.07	44.38	63.01
Fr. 55	49.80	38.54	44.12	63.93
Fr. 56	52.50	37.84	42.83	61.51
Fr. 57	55.20	37.51	41.56	60.70

Fr. 58	57.90	36.82	41.02	61.29
Fr. 59	60.60	36.66	40.98	60.98
Fr. 60	63.30	36.47	40.91	59.34
Fr. 61	66.00	36.32	41.00	59.68
Fr. 62	68.70	36.21	40.90	58.50
Fr. 63	71.40	36.14	40.69	58.73
Fr. 64	74.09	36.10	41.13	59.46
Fr. 65	76.77	36.97	41.90	60.60
Fr. 66	79.46	37.75	42.62	59.54
Fr. 67	82.14	38.04	42.61	61.99
Fr. 68	84.83	37.70	42.21	61.34
Fr. 69	87.51	37.75	42.62	62.03
Fr. 70	90.20	38.67	44.20	64.73
Fr. 71	92.88	40.63	44.93	64.10
Fr. 72	95.57	40.46	44.73	65.20
Fr. 73	98.25	40.33	45.64	64.88
Fr. 74	100.94	42.39	48.43	67.96
Fr. 75	103.62	43.94	48.52	70.06
Fr. 76	106.31	43.95	49.25	69.86
Fr. 77	108.99	45.02	50.29	71.30
Fr. 78	111.68	46.29	52.70	74.68
Fr. 79	114.36	47.35	52.71	74.60
Fr. 80	117.05	49.01	54.39	76.78
Fr. 81	119.73	50.38	56.47	79.99
Fr. 82	122.42	51.03	56.52	80.13
Fr. 83	125.10	53.77	60.08	84.39
Fr. 84	127.79	54.04	60.13	85.04
Fr. 85	130.47	56.93	63.57	88.77
Fr. 86	133.16	57.91	63.98	90.94
Fr. 87	135.84	60.04	67.62	94.69
Fr. 88	138.53	62.62	68.68	97.21
Fr. 89	141.21	63.63	71.22	100.36
Fr. 90	143.90	66.14	74.37	103.73
Fr. 91	146.58	69.04	76.47	107.63
Fr. 92	149.27	71.74	79.34	111.70
Fr. 93	151.95	74.30	82.18	115.14
Fr. 94	154.64	76.74	85.04	119.80
Fr. 95	157.32	79.99	88.75	124.58
Fr. 96	160.01	83.46	92.34	129.40
Fr. 97	162.69	81.55	91.96	130.73
Fr. 98	165.38	78.50	87.55	126.28
Fr. 99	168.06	75.77	84.72	121.43
Fr. 100	170.75	73.03	81.70	116.67
Fr. 101	173.43	70.26	78.87	112.58

Fr. 102	176.12	67.99	75.79	108.46
Fr. 103	178.80	64.86	72.94	105.33
Fr. 104	181.49	62.68	70.56	101.24
Fr. 105	184.17	61.66	68.59	97.99
Fr. 106	186.86	58.42	66.21	94.81
Fr. 107	189.54	56.83	63.65	91.77
Fr. 108	192.23	55.38	62.45	88.45
Fr. 109	194.91	52.93	59.33	86.81
Fr. 110	197.60	51.96	58.65	83.04
Fr. 111	200.28	49.90	55.81	81.53
Fr. 112	202.97	48.48	55.50	77.67
Fr. 113	205.65	47.81	52.30	76.72
Fr. 114	208.34	45.27	52.16	74.30
Fr. 115	211.02	45.15	49.58	71.34
Fr. 116	213.71	42.88	48.45	71.16
Fr. 117	216.39	42.59	48.32	67.66
Fr. 118	219.08	40.81	45.38	65.74
Fr. 119	221.76	40.71	44.46	65.59
Fr. 120	224.45	38.47	44.34	63.11
Fr. 121	227.13	37.77	43.09	60.19
Fr. 122	229.82	37.67	41.13	60.05
Fr. 123	232.50	35.68	40.56	59.95
Fr. 124	235.19	35.33	40.48	56.35
Fr. 125	237.87	35.11	38.91	54.45
Fr. 126	240.56	34.35	38.54	54.40
Fr. 127	243.24	33.48	36.22	54.37
Fr. 128	245.93	32.41	35.86	53.84
Fr. 129	248.61	31.55	35.84	49.56
Fr. 130	251.30	31.56	35.86	49.32
Fr. 131	253.98	30.63	33.54	49.53
Fr. 132	256.67	30.27	33.40	49.84
Fr. 133	259.35	29.93	33.20	50.28
Fr. 134	262.04	29.20	33.45	48.35
Fr. 135	264.72	29.04	33.81	47.04
Fr. 136	267.32	29.02	31.95	48.53
Fr. 137	269.92	29.03	32.82	47.04
Fr. 138	272.52	29.08	33.68	48.03
Fr. 139	275.12	29.18	33.15	49.19
Fr. 140	277.72	29.34	32.74	50.58
Fr. 141	280.32	30.51	34.30	52.20
Fr. 142	282.87	31.49	35.48	50.22
Fr. 143	285.42	31.55	34.87	50.93
Fr. 144	287.97	31.99	37.25	55.06
Fr. 145	290.52	33.27	37.18	59.20

Fr. 146	293.07	35.12	39.36	59.86
Fr. 147	295.62	37.61	41.08	56.76
Fr. 148	298.17	39.04	44.59	51.66
Fr. 149	300.72	43.57	46.56	46.56
Fr. 150	303.27	41.46	41.46	41.46
Fr. 151	305.82	36.36	36.36	36.36
Fr. 152	309.12	29.76	29.76	29.76
Fr. 153	312.42	23.16	23.16	23.16
Fr. 154	315.72	16.56	16.56	16.56
Fr. 155	319.02	9.96	9.96	9.96
Fr. 156	322.32	3.36	3.36	3.36
Fr. 157	324.00	0.00	0.00	0.00

Παρατηρείται πως κατάκλιση των χώρων που οριοθετούν τις δεξαμενές φορτίου 1,2 και 5 οδηγεί σε κατάσταση του πλοίου όπου η τελική ίσαλος υπερβαίνει τη γραμμή ορίου βύθισης του πλοίου (Margin Line). Αυτό δεν είναι επιθυμητό λόγω της ύπαρξης πιθανών ανοιγμάτων στο κατάστρωμα που μπορούν να οδηγήσου σε περιοδική κατάκλιση ενός ή περισσότερων εσωτερικών χώρων. Ωστόσο, οι υπολογισμοί κατακλισίμων μηκών που παρουσιάζονται εδώ δεν έχουν λάβει υπ' όψιν την ύπαρξη διαμήκους υποδιαίρεσης, η οποία περιορίζει την κατάκλιση στεγανών χώρων σε περίπτωση ρήγματος. Για το λόγο αυτό δεν είναι αναγκαία η επιστροφή σε προηγούμενα στάδια της σχεδίασης ή η προσθήκη επιπλέον εγκάρσιων φρακτών.



43. Καμπύλες Κατακλισίμων Μηκών

6.4: Άθικτη ευστάθεια

Πραγματοποιήθηκε μελέτη διαφόρων καταστάσεων του πλοίου ως προς την άθικτη ευστάθεια, με βάση τα κριτήρια της MARPOL και τη διαμήκη αντοχή του. Οι βασικότερες καταστάσεις φόρτωσης του πλοίου παρουσιάζονται στη συνέχεια.

6.4.1: Κριτήρια άθικτης ευστάθειας

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 27 της MARPOL που αφορά την άθικτη ευστάθεια του πλοίου, τα κριτήρια που αυτό πρέπει να πληροί είναι τα ακόλουθα:

- Στο λιμάνι:
 1. Το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος GM_T του πλοίου σε γωνία εγκάρσιας κλίσης 0° , ύστερα από τη διόρθωση λόγω ελευθέρων επιφανειών, δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 0.15 m.
- Στη θάλασσα:
 1. Το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος GM_T του πλοίου σε γωνία εγκάρσιας κλίσης 0° , ύστερα από τη διόρθωση λόγω ελευθέρων επιφανειών, δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 0.15 m.
 2. Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη του μοχλοβραχίονα επαναφοράς GZ, στο διάγραμμα GZ-φ, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.055 m·rad, μέχρι τη γωνία εγκάρσιας κλίσης $\phi=30^\circ$.
 3. Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη του μοχλοβραχίονα επαναφοράς GZ, στο διάγραμμα GZ-φ, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.09 m·rad, μέχρι τη γωνία εγκάρσιας κλίσης $\phi=40^\circ$ ή τη γωνία ϕ_f , αν αυτή είναι μικρότερη από 40° .
 4. Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη του μοχλοβραχίονα επαναφοράς GZ, στο διάγραμμα GZ-φ, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.03 m·rad, από τη γωνία εγκάρσιας κλίσης $\phi=30^\circ$ μέχρι τη γωνία εγκάρσιας κλίσης $\phi=40^\circ$ ή τη γωνία ϕ_f , αν αυτή είναι μικρότερη από 40° .
 5. Ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς GZ πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.20 m σε γωνία εγκάρσιας κλίσης ίση ή μεγαλύτερη των 30° .
 6. Η μέγιστη τιμή του μοχλοβραχίονα επαναφοράς πρέπει να προκύπτει σε γωνία εγκάρσιας κλίσης κατά προτίμηση μεγαλύτερη των 30° , αλλά όχι μικρότερη των 25° .

6.4.2: Καταστάσεις φόρτωσης

6.4.2.1: Full Load Departure

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών άθικτης ευστάθειας στην κατάσταση πλήρους φόρτωσης του πλοίου.

Full Load Departure									
Item	%full	Unit Mass (t)	Actual Mass (t)	Unit Volume (m ³)	Actual Volume (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	KG (m)	FSM (t·m)
LIGHTSHIP	1.00	-	42491.04	-	-	151.58	-0.23	15.24	0.00
CREW	1.00	3.78	3.78	-	-	37.75	0.00	15.24	0.00
PROVISIONS	1.00	17.83	17.83	-	-	34.15	0.00	15.24	0.00
NO.1 C.O.T. (C)	98%	20658.97	20245.79	23502.81	23032.76	275.98	0.00	16.56	0.00
NO.1 C.O.T. (P)	98%	14281.11	13995.49	16247.00	15922.06	276.56	-15.60	17.26	0.00
NO.1 C.O.T. (S)	98%	14281.11	13995.49	16247.00	15922.06	276.56	15.60	17.26	0.00
NO.2 C.O.T. (C)	98%	23464.41	22995.12	26694.44	26160.55	229.82	0.00	16.21	0.00
NO.2 C.O.T. (P)	98%	17298.33	16952.36	19679.55	19285.96	229.82	-18.13	16.40	0.00
NO.2 C.O.T. (S)	98%	17298.33	16952.36	19679.55	19285.96	229.82	18.13	16.40	0.00
NO.3 C.O.T. (C)	98%	23464.42	22995.13	26694.45	26160.56	181.49	0.00	16.21	0.00
NO.3 C.O.T. (P)	98%	17298.32	16952.35	19679.55	19285.96	181.49	-18.13	16.40	0.00
NO.3 C.O.T. (S)	98%	17298.32	16952.35	19679.55	19285.96	181.49	18.13	16.40	0.00
NO.4 C.O.T. (C)	98%	23464.42	22995.14	26694.45	26160.57	133.16	0.00	16.21	0.00
NO.4 C.O.T. (P)	98%	17298.32	16952.36	19679.55	19285.96	133.16	-18.13	16.40	0.00
NO.4 C.O.T. (S)	98%	17298.32	16952.36	19679.55	19285.96	133.16	18.13	16.40	0.00
NO.5 C.O.T. (C)	98%	28968.48	28389.12	32956.18	32297.06	79.34	0.00	16.47	0.00
NO.5 C.O.T. (P)	98%	14416.44	14128.11	16400.96	16072.94	88.10	-17.84	17.00	0.00
NO.5 C.O.T. (S)	98%	14416.44	14128.11	16400.96	16072.94	88.10	17.84	17.00	0.00
SLOP T. (P)	98%	3446.54	3377.61	3920.98	3842.56	58.43	-17.86	20.37	0.00
SLOP T. (S)	98%	3446.54	3377.61	3920.98	3842.56	58.43	17.86	20.37	0.00
Total Payload	98%	288098.81	282336.86	327757.47	321202.34	175.13	0.00	16.61	0.00
NO. 1 W.B.T. (P)	0%	8717.48	0.00	8504.86	0.00	268.55	-10.33	0.00	0.00
NO. 1 W.B.T. (S)	0%	8717.48	0.00	8504.86	0.00	268.55	10.33	0.00	0.00
NO. 2 W.B.T. (P)	0%	9241.12	0.00	9015.72	0.00	247.40	-18.87	0.00	0.00
NO. 2 W.B.T. (S)	0%	9241.12	0.00	9015.72	0.00	247.40	18.87	0.00	0.00
NO. 3 W.B.T. (P)	0%	9321.47	0.00	9094.12	0.00	181.49	-13.90	0.00	0.00
NO. 3 W.B.T. (S)	0%	9321.47	0.00	9094.12	0.00	181.49	13.90	0.00	0.00
NO. 4 W.B.T. (P)	0%	9240.02	0.00	9014.65	0.00	121.16	-19.71	0.00	0.00
NO. 4 W.B.T. (S)	0%	9240.02	0.00	9014.65	0.00	121.16	19.71	0.00	0.00
NO. 5 W.B.T. (P)	0%	9478.00	0.00	9246.83	0.00	84.65	-10.99	0.00	0.00
NO. 5 W.B.T. (S)	0%	9478.00	0.00	9246.83	0.00	84.65	10.99	0.00	0.00
NO. 6 W.B.T. (P)	0%	1569.96	0.00	1531.67	0.00	45.21	-19.44	0.00	0.00
NO. 6 W.B.T. (S)	0%	2129.16	0.00	2077.23	0.00	-2.30	18.58	0.00	0.00
PORT USE FORE PEAK TANK	0%	2076.85	0.00	2026.19	0.00	305.97	0.00	0.00	0.00
Total Ballast	0%	97772.14	0.00	95387.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

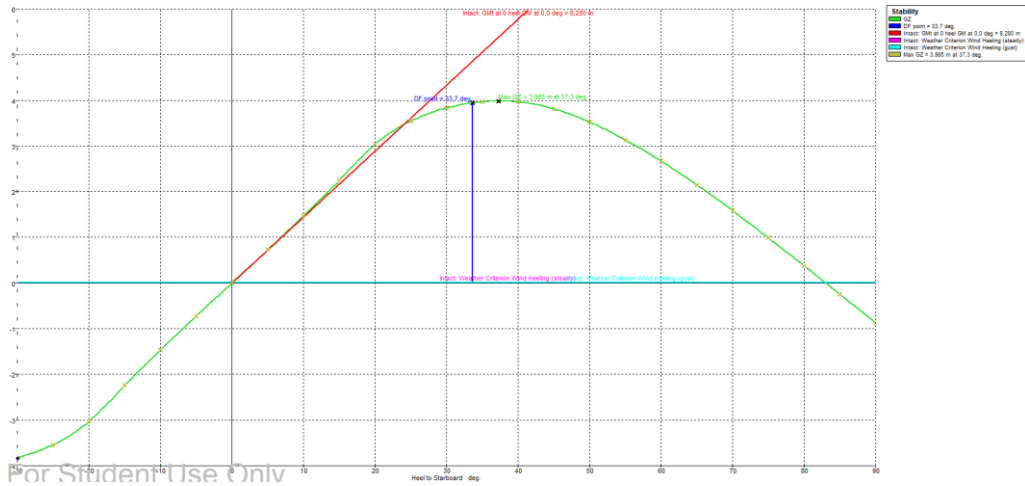
F.W.T. (P)	100%	184.56	184.56	184.56	184.56	10.25	-14.25	26.08	0.00
F.W.T. (S)	100%	443.88	443.88	443.88	443.88	10.05	11.46	26.11	0.00
AFT PEAK OVERFL. T. (F.W. ONLY)	40%	2607.15	1042.86	2607.15	1042.86	7.48	0.19	16.46	29879.64
Total FW	51.65%	3235.59	1671.31	3235.59	1671.31	8.47	1.59	20.09	29879.64
NO.1 F.O.T (P)	95%	1631.69	1550.11	1664.99	1581.74	44.43	-17.98	22.45	1635.18
NO.1 F.O.T (S)	95%	1710.33	1624.81	1745.24	1657.97	44.24	17.77	22.58	1635.18
NO.2 F.O.T (P)	95%	1201.86	1141.77	1226.39	1165.07	32.12	-17.01	22.59	923.32
NO.2 F.O./L.S.F.O.T. (S)	95%	1039.39	987.42	1060.60	1007.57	33.89	16.65	22.92	707.74
F.O. SETT. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	40.45	-13.60	25.39	8.07
F.O. SERV. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	35.95	-13.60	25.39	8.07
L.S.F.O. SETT. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	31.45	-13.60	25.39	8.07
L.S.F.O. SERV. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	26.95	-13.60	25.39	8.07
Total FO	95%	5897.91	5603.01	6018.27	5717.36	39.44	-1.08	22.76	4933.68
D.O.T. (S)	95%	282.20	268.09	303.44	288.27	27.20	16.17	23.32	185.89
D.O. SERV. T. (S)	95%	59.72	56.73	64.21	61.00	26.50	13.60	25.39	6.13
Total DO	95%	341.92	324.82	367.65	349.27	27.08	15.72	23.68	192.02
M.G.O.T. (S)	95%	295.9	281.1	332.5	315.9	19.4	15.1	25.9	143.1
M.G.O. SERV. T. (S)	95%	57.1	54.3	64.2	61.0	22.9	13.6	25.4	5.9
Total MGO	95%	353.1	335.4	396.7	376.9	20.0	14.9	25.8	149.0
L.O. SETT. T. (S)	95%	55.57	52.79	61.74	58.65	43.15	9.80	24.68	7.41
L.O. STOR. T. (S)	95%	48.16	45.75	53.51	50.83	38.35	9.80	24.68	6.42
L.O. SUMP TANK	95%	90.79	86.25	100.87	95.83	29.11	0.34	1.37	41.58
NO.1 CYL. O. STOR. T. (S)	95%	44.45	42.23	49.39	46.92	34.60	9.80	24.68	5.93
NO.2 CYL. O. STOR. T. (S)	95%	44.45	42.23	49.39	46.92	31.00	9.80	24.68	5.93
Total LO	95%	283.41	269.24	314.90	299.16	34.59	6.77	17.21	67.26
F.O. OVERFLOW TANK	0%	32.01	0.00	32.01	0.00	38.17	-2.07	0.00	0.00
BILGE SEP. OIL TANK	0%	29.47	0.00	29.47	0.00	33.49	-2.07	0.00	0.00
BILGE TANK	0%	70.18	0.00	70.18	0.00	17.26	0.00	0.00	0.00
G.W./S.T.W. HOLDING TK.	0%	49.02	0.00	49.02	0.00	42.21	3.13	0.00	0.00
S.T.C. W.T.	0%	120.63	0.00	120.63	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
Total Miscellaneous	0%	301.29	0.00	301.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Loadcase			333053.31	433779.36	329616.32	168.58	0.00	16.57	35221.56
FS correction								0.11	
VCG fluid								16.68	

Equilibrium	
Draft at LCF (m)	21.01
Draft at FP (m)	20.99
Draft at AP (m)	21.04
Displacement (t)	333055.00
Heel (deg)	0.00
Trim (m)	0.05
LCB (m)	168.58
LCF (m)	158.18

Wetted Area (m²)	27697.39
Waterplane Area (m²)	17110.26
TPC (t/cm)	175.38
MTC (t·m)	3864.79
KB (m)	10.98
BM_T (m)	13.98
BM_L (m)	374.71
GM_T (m)	8.28

GZ-ϕ Curve		
ϕ (deg)	GZ (m)	Area Under GZ Curve (m·rad)
-30.00	-3.83	1.13
-25.00	-3.54	0.81
-20.00	-3.03	0.52
-15.00	-2.25	0.29
-10.00	-1.47	0.13
-5.00	-0.72	0.03
0.00	0.00	0.00
5.00	0.73	0.03
10.00	1.47	0.13
15.00	2.25	0.29
20.00	3.04	0.52
25.00	3.55	0.81
30.00	3.83	1.13
35.00	3.97	1.48
40.00	3.97	1.82
45.00	3.81	2.16
50.00	3.52	2.48
55.00	3.13	2.78
60.00	2.67	3.03
65.00	2.15	3.24
70.00	1.58	3.40
75.00	0.99	3.52
80.00	0.38	3.58
85.00	-0.25	3.58
90.00	-0.87	3.53

Intact Stability Criteria	Min Value	Actual Value	Status
GM_T at 0 deg (m)	0.15	8.28	PASS
Area Under GZ Curve 0-30 (m·rad)	0.055	1.13	PASS
Area Under GZ Curve 0-40 or ϕ_f (m·rad)	0.09	1.38	PASS
Area Under GZ Curve 30-40 or ϕ_f (m·rad)	0.03	0.25	PASS
GZ at 30 deg (m)	0.20	3.99	PASS
Angle of Max GZ (deg)	25	33.70	PASS



44. GZ- ϕ (FLD)

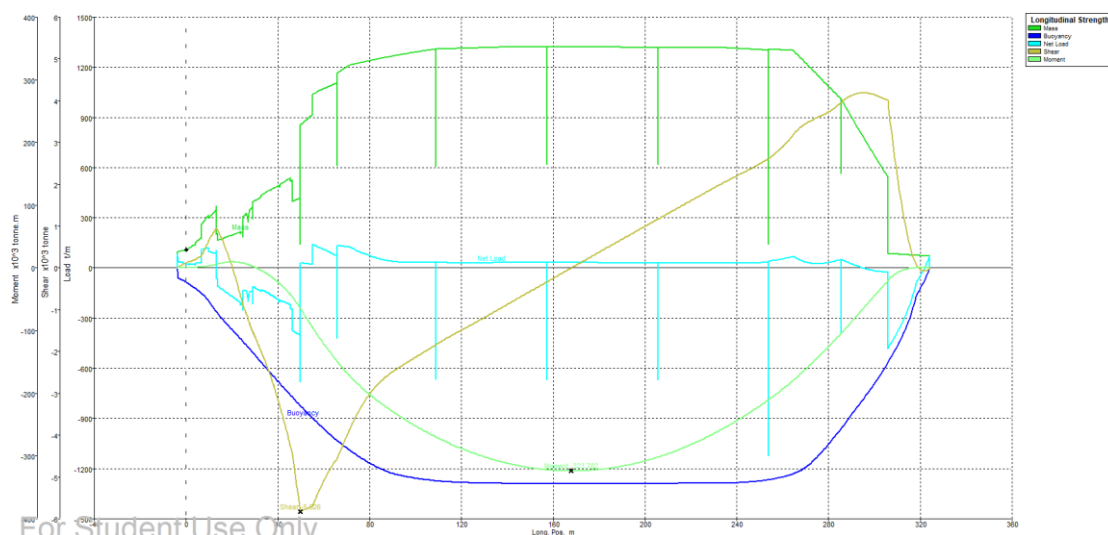
Longitudinal Strength						
Frame No.	x (m)	Mass (t/m)	Buoyancy (t/m)	Net Load (t/m)	Shear Force ($\times 10^3$ t)	Bending Moment ($\times 10^3$ t·m)
Fr. -5	-3.70	83.54	-16.54	67.00	0.00	0.00
Fr. -4	-2.90	99.41	-64.38	35.03	0.04	0.02
Fr. -3	-2.10	102.88	-69.76	33.12	0.06	0.06
Fr. -2	-1.30	102.96	-75.51	27.45	0.09	0.12
Fr. -1	-0.50	106.65	-81.61	25.04	0.11	0.20
Fr. 0	0.30	110.70	-88.07	22.63	0.13	0.29
Fr. 1	1.10	115.09	-94.90	20.19	0.15	0.40
Fr. 2	1.90	125.80	-102.04	23.76	0.16	0.52
Fr. 3	2.70	131.38	-109.47	21.92	0.18	0.66
Fr. 4	3.50	137.26	-117.18	20.08	0.20	0.81
Fr. 5	4.30	154.99	-125.20	29.80	0.21	0.98
Fr. 6	5.10	163.40	-133.48	29.91	0.24	1.16
Fr. 7	5.90	172.08	-142.04	30.04	0.26	1.36
Fr. 8	6.70	220.35	-150.86	69.49	0.29	1.58
Fr. 9	7.50	274.02	-160.10	113.92	0.38	1.84
Fr. 10	8.30	288.63	-172.63	116.01	0.47	2.18
Fr. 11	9.10	303.44	-186.11	117.33	0.56	2.59
Fr. 12	9.90	307.73	-200.08	107.65	0.65	3.07
Fr. 13	10.70	310.25	-216.05	94.19	0.73	3.63
Fr. 14	11.50	322.94	-232.50	90.43	0.81	4.24
Fr. 15	12.30	335.40	-247.83	87.57	0.88	4.92
Fr. 16	13.10	285.23	-262.21	23.02	0.95	5.65
Fr. 17	13.90	186.13	-275.79	-89.66	0.89	6.38
Fr. 18	14.80	171.17	-290.28	-119.11	0.79	7.14
Fr. 19	15.70	175.73	-304.14	-128.41	0.68	7.79
Fr. 20	16.60	180.29	-317.64	-137.34	0.56	8.36

Fr. 21	17.50	184.86	-330.90	-146.04	0.43	8.80
Fr. 22	18.40	189.43	-344.12	-154.68	0.30	9.13
Fr. 23	19.30	194.01	-357.36	-163.36	0.15	9.34
Fr. 24	20.20	198.58	-370.72	-172.14	0.00	9.40
Fr. 25	21.10	202.76	-384.19	-181.43	-0.16	9.34
Fr. 26	22.00	206.94	-397.76	-190.82	-0.32	9.12
Fr. 27	22.90	211.52	-411.43	-199.91	-0.50	8.75
Fr. 28	23.80	206.25	-425.19	-218.95	-0.68	8.22
Fr. 29	24.70	191.74	-439.05	-247.31	-0.88	7.52
Fr. 30	25.60	316.80	-452.98	-136.17	-1.00	6.67
Fr. 31	26.50	314.57	-466.97	-152.41	-1.13	5.71
Fr. 32	27.40	326.65	-481.03	-154.38	-1.29	4.63
Fr. 33	28.30	353.44	-495.12	-141.68	-1.42	3.41
Fr. 34	29.20	304.54	-509.24	-204.70	-1.54	2.08
Fr. 35	30.10	403.02	-523.35	-120.33	-1.65	0.64
Fr. 36	31.00	408.91	-537.45	-128.54	-1.76	-0.89
Fr. 37	31.90	417.09	-551.54	-134.45	-1.88	-2.53
Fr. 38	32.80	435.19	-565.63	-130.45	-2.00	-4.27
Fr. 39	33.70	443.33	-579.74	-136.40	-2.12	-6.13
Fr. 40	34.60	451.46	-593.84	-142.38	-2.25	-8.09
Fr. 41	35.50	459.57	-607.94	-148.37	-2.38	-10.17
Fr. 42	36.40	465.32	-622.02	-156.70	-2.51	-12.37
Fr. 43	37.30	471.04	-636.07	-165.03	-2.66	-14.70
Fr. 44	38.20	477.79	-650.08	-172.28	-2.81	-17.16
Fr. 45	39.10	482.69	-664.03	-181.35	-2.97	-19.76
Fr. 46	40.00	490.67	-677.93	-187.25	-3.14	-22.51
Fr. 47	40.90	492.78	-691.75	-198.97	-3.31	-25.41
Fr. 48	41.80	506.60	-705.49	-198.88	-3.49	-28.48
Fr. 49	42.70	514.98	-719.13	-204.15	-3.67	-31.70
Fr. 50	43.60	523.34	-732.70	-209.36	-3.86	-35.08
Fr. 51	44.50	531.25	-746.18	-214.94	-4.05	-38.65
Fr. 52	45.40	523.34	-759.59	-236.26	-4.25	-42.37
Fr. 53	46.30	398.78	-772.92	-374.14	-4.47	-46.29
Fr. 54	48.05	409.82	-798.58	-388.76	-5.13	-54.70
Fr. 55	49.80	334.34	-823.89	-489.56	-5.83	-64.27
Fr. 56	52.50	887.06	-862.16	24.90	-5.75	-79.90
Fr. 57	55.20	979.96	-899.36	80.60	-5.69	-95.34
Fr. 58	57.90	1059.01	-935.38	123.62	-5.34	-110.21
Fr. 59	60.60	1075.80	-970.02	105.78	-5.03	-124.19
Fr. 60	63.30	1091.82	-1002.79	89.03	-4.76	-137.39
Fr. 61	66.00	614.00	-1033.73	-419.73	-4.54	-149.95
Fr. 62	68.70	1191.76	-1062.93	128.83	-4.19	-161.74
Fr. 63	71.40	1213.15	-1090.46	122.70	-3.85	-172.58
Fr. 64	74.09	1222.83	-1116.23	106.60	-3.54	-182.49

Fr. 65	76.77	1230.91	-1140.43	90.47	-3.28	-191.63
Fr. 66	79.46	1238.74	-1162.81	75.93	-3.05	-200.12
Fr. 67	82.14	1246.33	-1183.16	63.17	-2.87	-208.05
Fr. 68	84.83	1253.69	-1201.14	52.54	-2.71	-215.54
Fr. 69	87.51	1260.80	-1216.59	44.21	-2.58	-222.64
Fr. 70	90.20	1267.67	-1229.51	38.16	-2.47	-229.42
Fr. 71	92.88	1274.29	-1239.55	34.74	-2.37	-235.92
Fr. 72	95.57	1280.68	-1247.00	33.68	-2.28	-242.17
Fr. 73	98.25	1286.82	-1253.54	33.28	-2.19	-248.18
Fr. 74	100.94	1292.72	-1259.45	33.28	-2.10	-253.95
Fr. 75	103.62	1298.39	-1264.77	33.61	-2.01	-259.48
Fr. 76	106.31	1303.81	-1269.54	34.27	-1.92	-264.76
Fr. 77	108.99	607.91	-1273.65	-665.74	-1.83	-269.81
Fr. 78	111.68	1309.44	-1276.95	32.48	-1.74	-274.60
Fr. 79	114.36	1310.55	-1279.54	31.01	-1.66	-279.15
Fr. 80	117.05	1311.66	-1281.55	30.11	-1.57	-283.49
Fr. 81	119.73	1312.77	-1283.08	29.69	-1.49	-287.61
Fr. 82	122.42	1313.88	-1284.21	29.67	-1.41	-291.51
Fr. 83	125.10	1314.99	-1285.04	29.95	-1.33	-295.20
Fr. 84	127.79	1316.11	-1285.78	30.33	-1.25	-298.67
Fr. 85	130.47	1317.22	-1286.51	30.71	-1.17	-301.92
Fr. 86	133.16	1318.33	-1287.25	31.08	-1.09	-304.95
Fr. 87	135.84	1319.44	-1287.98	31.47	-1.00	-307.76
Fr. 88	138.53	1320.55	-1288.69	31.86	-0.92	-310.34
Fr. 89	141.21	1320.54	-1289.04	31.50	-0.83	-312.70
Fr. 90	143.90	1320.47	-1289.02	31.45	-0.75	-314.82
Fr. 91	146.58	1320.40	-1289.00	31.40	-0.67	-316.72
Fr. 92	149.27	1320.33	-1288.98	31.35	-0.58	-318.39
Fr. 93	151.95	1320.26	-1288.96	31.30	-0.50	-319.84
Fr. 94	154.64	1320.19	-1288.91	31.28	-0.41	-321.06
Fr. 95	157.32	619.51	-1288.92	-669.41	-0.33	-322.06
Fr. 96	160.01	1320.32	-1288.90	31.43	-0.25	-322.82
Fr. 97	162.69	1320.25	-1288.88	31.38	-0.16	-323.37
Fr. 98	165.38	1320.18	-1288.86	31.32	-0.08	-323.69
Fr. 99	168.06	1320.11	-1288.84	31.27	0.01	-323.78
Fr. 100	170.75	1320.04	-1288.82	31.22	0.09	-323.65
Fr. 101	173.43	1319.97	-1288.80	31.17	0.18	-323.29
Fr. 102	176.12	1319.90	-1288.78	31.12	0.26	-322.71
Fr. 103	178.80	1319.83	-1288.76	31.07	0.34	-321.90
Fr. 104	181.49	1319.76	-1288.74	31.02	0.43	-320.87
Fr. 105	184.17	1319.69	-1288.72	30.97	0.51	-319.61
Fr. 106	186.86	1319.62	-1288.69	30.92	0.59	-318.14
Fr. 107	189.54	1319.55	-1288.67	30.87	0.68	-316.43
Fr. 108	192.23	1319.47	-1288.65	30.82	0.76	-314.51

Fr. 109	194.91	1319.40	-1288.63	30.77	0.84	-312.36
Fr. 110	197.60	1319.33	-1288.61	30.72	0.92	-310.00
Fr. 111	200.28	1319.26	-1288.59	30.67	1.01	-307.41
Fr. 112	202.97	1319.19	-1288.57	30.62	1.09	-304.60
Fr. 113	205.65	618.51	-1288.55	-670.04	1.17	-301.57
Fr. 114	208.34	1319.33	-1288.53	30.80	1.25	-298.32
Fr. 115	211.02	1319.26	-1288.51	30.75	1.34	-294.84
Fr. 116	213.71	1319.19	-1288.49	30.70	1.42	-291.15
Fr. 117	216.39	1319.11	-1288.47	30.65	1.50	-287.23
Fr. 118	219.08	1319.04	-1288.45	30.60	1.58	-283.10
Fr. 119	221.76	1318.97	-1288.43	30.55	1.66	-278.74
Fr. 120	224.45	1318.90	-1288.41	30.50	1.75	-274.16
Fr. 121	227.13	1318.83	-1288.39	30.45	1.83	-269.37
Fr. 122	229.82	1318.76	-1288.37	30.40	1.91	-264.35
Fr. 123	232.50	1318.00	-1288.26	29.74	1.99	-259.11
Fr. 124	235.19	1316.00	-1287.37	28.63	2.07	-253.66
Fr. 125	237.87	1314.00	-1286.01	27.99	2.15	-248.01
Fr. 126	240.56	1312.00	-1284.22	27.78	2.22	-242.15
Fr. 127	243.24	1310.01	-1282.00	28.01	2.29	-236.09
Fr. 128	245.93	1308.01	-1279.33	28.68	2.37	-229.83
Fr. 129	248.61	1306.01	-1276.06	29.95	2.45	-223.36
Fr. 130	251.30	1304.01	-1271.98	32.03	2.53	-216.68
Fr. 131	253.98	371.83	-1266.77	-894.94	2.62	-209.76
Fr. 132	256.67	1306.07	-1260.20	45.87	2.74	-202.57
Fr. 133	259.35	1304.07	-1252.06	52.01	2.87	-195.04
Fr. 134	262.04	1302.07	-1242.17	59.91	3.02	-187.15
Fr. 135	264.72	1298.36	-1230.09	68.28	3.19	-178.82
Fr. 136	267.32	1263.58	-1214.62	48.96	3.35	-170.31
Fr. 137	269.92	1227.11	-1192.67	34.44	3.45	-161.46
Fr. 138	272.52	1190.68	-1163.35	27.33	3.53	-152.38
Fr. 139	275.12	1154.29	-1128.96	25.32	3.60	-143.11
Fr. 140	277.72	1117.93	-1090.50	27.43	3.67	-133.67
Fr. 141	280.32	1081.60	-1048.39	33.21	3.74	-124.04
Fr. 142	282.87	1046.02	-1004.40	41.61	3.84	-114.38
Fr. 143	285.42	566.22	-959.57	-393.35	3.96	-104.45
Fr. 144	287.97	950.23	-914.25	35.98	4.07	-94.21
Fr. 145	290.52	890.56	-868.60	21.96	4.14	-83.74
Fr. 146	293.07	831.47	-822.39	9.08	4.18	-73.12
Fr. 147	295.62	772.96	-775.33	-2.36	4.19	-62.45
Fr. 148	298.17	715.03	-727.18	-12.15	4.17	-51.78
Fr. 149	300.72	657.67	-677.19	-19.52	4.13	-41.20
Fr. 150	303.27	600.89	-624.42	-23.53	4.07	-30.74
Fr. 151	305.82	90.25	-568.47	-478.21	4.01	-20.43
Fr. 152	309.12	84.07	-490.16	-406.09	2.55	-9.70

Fr. 153	312.42	81.63	-400.44	-318.81	1.35	-3.36
Fr. 154	315.72	79.19	-287.11	-207.91	0.47	-0.47
Fr. 155	319.02	76.76	-145.93	-69.17	0.03	0.22
Fr. 156	322.32	74.32	-60.95	13.37	-0.07	0.07
Fr. 157	324.00	0.00	-0.04	-0.04	0.00	0.00



45. Κατανομή Διατμητικών Δυνάμεων και Καμπτικών Ροπών (FLD)

6.4.2.2: Full Load Arrival

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών άθικτης ευστάθειας στην κατάσταση πλήρους άφιξης του πλοίου.

Full Load Arrival									
Item	%full	Unit Mass (t)	Actual Mass (t)	Unit Volume (m ³)	Actual Volume (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	KG (m)	FSM (t·m)
LIGHTSHIP	1.00	-	42491.04	-	-	151.58	-0.23	15.24	0.00
CREW	1.00	3.78	3.78	-	-	37.75	0.00	15.24	0.00
PROVISIONS	1.00	1.782	1.782	-	-	34.15	0.00	15.24	0.00
NO.1 C.O.T. (C)	98%	20658.97	20245.79	23502.81	23032.76	275.98	0.00	16.56	0.00
NO.1 C.O.T. (P)	98%	14281.11	13995.49	16247.00	15922.06	276.56	-15.60	17.26	0.00
NO.1 C.O.T. (S)	98%	14281.11	13995.49	16247.00	15922.06	276.56	15.60	17.26	0.00
NO.2 C.O.T. (C)	98%	23464.41	22995.12	26694.44	26160.55	229.82	0.00	16.21	0.00
NO.2 C.O.T. (P)	98%	17298.33	16952.36	19679.55	19285.96	229.82	-18.13	16.40	0.00
NO.2 C.O.T. (S)	98%	17298.33	16952.36	19679.55	19285.96	229.82	18.13	16.40	0.00
NO.3 C.O.T. (C)	98%	23464.42	22995.13	26694.45	26160.56	181.49	0.00	16.21	0.00
NO.3 C.O.T. (P)	98%	17298.32	16952.35	19679.55	19285.96	181.49	-18.13	16.40	0.00
NO.3 C.O.T. (S)	98%	17298.32	16952.35	19679.55	19285.96	181.49	18.13	16.40	0.00
NO.4 C.O.T. (C)	98%	23464.42	22995.14	26694.45	26160.57	133.16	0.00	16.21	0.00
NO.4 C.O.T. (P)	98%	17298.32	16952.36	19679.55	19285.96	133.16	-18.13	16.40	0.00
NO.4 C.O.T. (S)	98%	17298.32	16952.36	19679.55	19285.96	133.16	18.13	16.40	0.00

NO.5 C.O.T. (C)	98%	28968.48	28389.12	32956.18	32297.06	79.34	0.00	16.47	0.00
NO.5 C.O.T. (P)	98%	14416.44	14128.11	16400.96	16072.94	88.10	-17.84	17.00	0.00
NO.5 C.O.T. (S)	98%	14416.44	14128.11	16400.96	16072.94	88.10	17.84	17.00	0.00
SLOP T. (P)	98%	3446.54	3377.61	3920.98	3842.56	58.43	-17.86	20.37	0.00
SLOP T. (S)	98%	3446.54	3377.61	3920.98	3842.56	58.43	17.86	20.37	0.00
Total Payload	98%	288098.81	282336.86	327757.47	321202.34	175.13	0.00	16.61	0.00
 									
NO. 1 W.B.T. (P)	0%	8717.48	0.00	8504.86	0.00	268.55	-10.33	0.00	0.00
NO. 1 W.B.T. (S)	0%	8717.48	0.00	8504.86	0.00	268.55	10.33	0.00	0.00
NO. 2 W.B.T. (P)	0%	9241.12	0.00	9015.72	0.00	247.40	-18.87	0.00	0.00
NO. 2 W.B.T. (S)	0%	9241.12	0.00	9015.72	0.00	247.40	18.87	0.00	0.00
NO. 3 W.B.T. (P)	0%	9321.47	0.00	9094.12	0.00	181.49	-13.90	0.00	0.00
NO. 3 W.B.T. (S)	0%	9321.47	0.00	9094.12	0.00	181.49	13.90	0.00	0.00
NO. 4 W.B.T. (P)	0%	9240.02	0.00	9014.65	0.00	121.16	-19.71	0.00	0.00
NO. 4 W.B.T. (S)	0%	9240.02	0.00	9014.65	0.00	121.16	19.71	0.00	0.00
NO. 5 W.B.T. (P)	25%	9478.00	2369.50	9246.83	2311.71	84.01	-10.43	1.09	66432.36
NO. 5 W.B.T. (S)	25%	9478.00	2369.50	9246.83	2311.71	84.01	10.43	1.09	66432.36
NO. 6 W.B.T. (P)	100%	1569.96	1569.96	1531.67	1531.67	38.85	-19.44	18.06	0.00
NO. 6 W.B.T. (S)	100%	2129.16	2129.16	2077.23	2077.23	33.81	18.58	18.94	0.00
PORT USE FORE PEAK TANK	0%	2076.85	0.00	2026.19	0.00	305.97	0.00	0.00	0.00
Total Ballast	8.63%	97772.14	8438.12	95387.45	8232.31	62.94	1.07	8.75	132864.71
 									
F.W.T. (P)	10%	184.56	18.46	184.56	18.46	10.27	-14.13	22.70	44.93
F.W.T. (S)	10%	443.88	44.39	443.88	44.39	10.05	11.39	22.69	477.09
AFT PEAK OVERFL. T. (F.W. ONLY)	40%	2607.15	1042.86	2607.15	1042.86	7.48	0.19	16.46	29879.64
Total FW	34.17%	3235.59	1105.70	3235.59	1105.70	7.63	0.40	16.82	30401.66
 									
NO.1 F.O.T (P)	10%	1631.69	163.17	1664.99	166.50	44.45	-16.49	16.50	1635.18
NO.1 F.O.T (S)	10%	1710.33	171.03	1745.24	174.52	44.44	16.51	16.54	1635.18
NO.2 F.O.T (P)	10%	1201.86	120.19	1226.39	122.64	32.92	-14.75	16.84	923.32
NO.2 F.O./L.S.F.O.T. (S)	10%	1039.39	103.94	1060.60	106.06	34.13	14.97	16.84	707.74
F.O. SETT. T. (P)	10%	78.66	7.87	80.26	8.03	40.45	-13.60	22.63	8.07
F.O. SERV. T. (P)	10%	78.66	7.87	80.26	8.03	35.95	-13.60	22.63	8.07
L.S.F.O. SETT. T. (P)	10%	78.66	7.87	80.26	8.03	31.45	-13.60	22.63	8.07
L.S.F.O. SERV. T. (P)	10%	78.66	7.87	80.26	8.03	26.95	-13.60	22.63	8.07
Total FO	10%	5897.91	589.79	6018.27	601.83	39.70	-0.87	16.97	4933.68
 									
D.O.T. (S)	10%	282.20	28.22	303.44	30.34	27.33	14.08	17.41	185.89
D.O. SERV. T. (S)	10%	59.72	5.97	64.21	6.42	26.50	13.60	22.63	6.13
Total DO	10%	341.92	34.19	367.65	36.77	27.19	14.00	18.32	192.02
 									
M.G.O.T. (S)	10%	295.94	29.59	332.52	33.25	19.31	15.08	22.69	143.09
M.G.O. SERV. T. (S)	10%	57.15	5.72	64.21	6.42	22.90	13.60	22.63	5.86
Total MGO	10%	353.09	35.31	396.73	39.67	19.89	14.84	22.68	148.95
 									
L.O. SETT. T. (S)	10%	55.57	5.56	61.74	6.17	43.15	9.80	22.55	7.41
L.O. STOR. T. (S)	10%	48.16	4.82	53.51	5.35	38.35	9.80	22.55	6.42
L.O. SUMP TANK	10%	90.79	9.08	100.87	10.09	29.59	0.38	0.20	41.58
NO.1 CYL. O. STOR. T. (S)	10%	44.45	4.45	49.39	4.94	34.60	9.80	22.55	5.93
NO.2 CYL. O. STOR. T. (S)	10%	44.45	4.45	49.39	4.94	31.00	9.80	22.55	5.93
Total LO	10%	283.41	28.34	314.90	31.49	34.75	6.78	15.39	67.26
 									
F.O. OVERFLOW TANK	0%	32.01	0.00	32.01	0.00	38.17	-2.07	0.00	0.00

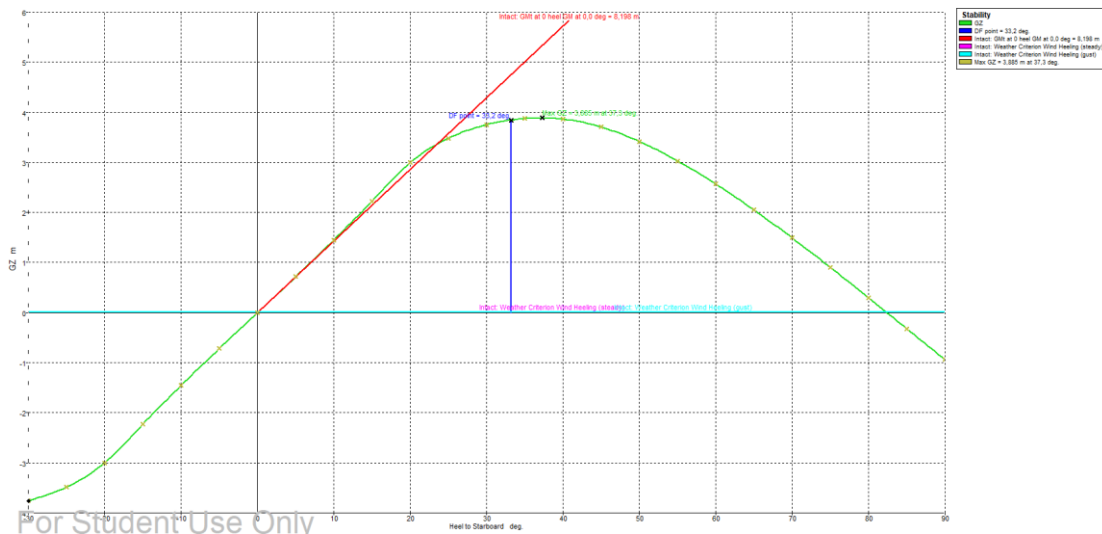
BILGE SEP. OIL TANK	0%	29.47	0.00	29.47	0.00	33.49	-2.07	0.00	0.00
BILGE TANK	0%	70.18	0.00	70.18	0.00	17.26	0.00	0.00	0.00
G.W./S.T.W. HOLDING TK.	0%	49.02	0.00	49.02	0.00	42.21	3.13	0.00	0.00
S.T.C. W.T.	0%	120.63	0.00	120.63	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
Total Miscellaneous	0%	301.29	0.00	301.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Loadcase									
			335064.90	433779.36	331250.09	168.48	0.00	16.24	168608.29
FS correction								0.50	
VCG fluid								16.74	

Equilibrium	
Draft at LCF (m)	21.13
Draft at FP (m)	21.09
Draft at AP (m)	21.13
Displacement (t)	335069.00
Heel (deg)	0.00
Trim (m)	0.08
LCB (m)	168.48
LCF (m)	158.16
Wetted Area (m²)	27774.52
Waterplane Area (m²)	17115.80
TPC (t/cm)	175.44
MTC (t·m)	3867.82
KB (m)	11.04
BM_T (m)	13.90
BM_L (m)	372.78
GM_T (m)	8.20

GZ-φ Curve		
φ (deg)	GZ (m)	Area Under GZ Curve (m·rad)
-30.00	-3.76	1.12
-25.00	-3.49	0.80
-20.00	-3.00	0.52
-15.00	-2.23	0.29
-10.00	-1.46	0.13
-5.00	-0.72	0.03
0.00	0.00	0.00
5.00	0.72	0.03
10.00	1.45	0.13
15.00	2.23	0.29
20.00	3.00	0.51
25.00	3.48	0.80
30.00	3.75	1.12
35.00	3.87	1.45
40.00	3.86	1.79

45.00	3.71	2.12
50.00	3.42	2.43
55.00	3.03	2.71
60.00	2.57	2.96
65.00	2.05	3.16
70.00	1.49	3.31
75.00	0.90	3.42
80.00	0.30	3.47
85.00	-0.32	3.47
90.00	-0.94	3.42

Intact Stability Criteria	Min Value	Actual Value	Status
GM_T at 0 deg (m)	0.15	8.20	PASS
Area Under GZ Curve 0-30 (m·rad)	0.055	1.12	PASS
Area Under GZ Curve 0-40 or ϕ_f (m·rad)	0.09	1.33	PASS
Area Under GZ Curve 30-40 or ϕ_f (m·rad)	0.03	0.21	PASS
GZ at 30 deg (m)	0.20	3.89	PASS
Angle of Max GZ (deg)	25	33.20	PASS



46. GZ- ϕ (FLA)

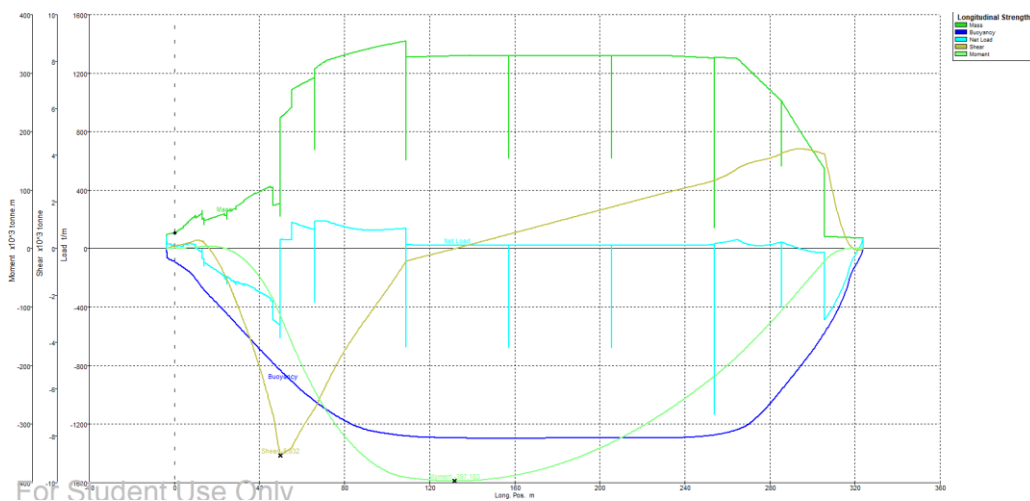
Longitudinal Strength						
Frame No.	x (m)	Mass (t/m)	Buoyancy (t/m)	Net Load (t/m)	Shear Force ($\times 10^3$ t)	Bending Moment ($\times 10^3$ t·m)
Fr. -5	-3.70	83.54	-18.41	65.13	0.00	0.00
Fr. -4	-2.90	99.43	-67.08	32.35	0.03	0.02
Fr. -3	-2.10	102.90	-72.56	30.33	0.06	0.05

Fr. -2	-1.30	102.97	-78.42	24.55	0.08	0.11
Fr. -1	-0.50	106.66	-84.63	22.04	0.10	0.18
Fr. 0	0.30	110.71	-91.19	19.52	0.12	0.27
Fr. 1	1.10	115.10	-98.12	16.98	0.13	0.37
Fr. 2	1.90	125.81	-105.36	20.45	0.15	0.48
Fr. 3	2.70	131.39	-112.89	18.50	0.16	0.61
Fr. 4	3.50	137.26	-120.70	16.56	0.18	0.74
Fr. 5	4.30	155.00	-128.81	26.19	0.19	0.89
Fr. 6	5.10	163.40	-137.19	26.20	0.21	1.05
Fr. 7	5.90	172.08	-145.84	26.23	0.23	1.22
Fr. 8	6.70	184.92	-154.75	30.17	0.25	1.42
Fr. 9	7.50	198.60	-164.08	34.52	0.28	1.63
Fr. 10	8.30	208.72	-176.70	32.02	0.31	1.86
Fr. 11	9.10	219.13	-190.27	28.86	0.33	2.12
Fr. 12	9.90	219.10	-204.32	14.78	0.35	2.39
Fr. 13	10.70	217.40	-220.37	-2.97	0.35	2.67
Fr. 14	11.50	225.96	-236.90	-10.94	0.35	2.95
Fr. 15	12.30	234.36	-252.30	-17.95	0.34	3.23
Fr. 16	13.10	232.71	-266.76	-34.06	0.32	3.49
Fr. 17	13.90	185.25	-280.42	-95.18	0.26	3.72
Fr. 18	14.80	195.23	-295.00	-99.77	0.18	3.92
Fr. 19	15.70	200.07	-308.94	-108.87	0.08	4.04
Fr. 20	16.60	204.81	-322.53	-117.72	-0.02	4.07
Fr. 21	17.50	209.43	-335.88	-126.45	-0.13	4.00
Fr. 22	18.40	213.96	-349.18	-135.22	-0.25	3.83
Fr. 23	19.30	218.40	-362.51	-144.11	-0.37	3.56
Fr. 24	20.20	222.72	-375.95	-153.23	-0.51	3.16
Fr. 25	21.10	226.81	-389.50	-162.69	-0.65	2.65
Fr. 26	22.00	230.79	-403.14	-172.35	-0.80	2.00
Fr. 27	22.90	234.83	-416.90	-182.07	-0.96	1.21
Fr. 28	23.80	224.85	-430.73	-205.88	-1.13	0.27
Fr. 29	24.70	210.13	-444.66	-234.54	-1.32	-0.83
Fr. 30	25.60	259.57	-458.67	-199.09	-1.49	-2.09
Fr. 31	26.50	262.87	-472.74	-209.87	-1.67	-3.51
Fr. 32	27.40	267.78	-486.87	-219.08	-1.87	-5.11
Fr. 33	28.30	273.47	-501.03	-227.55	-2.07	-6.88
Fr. 34	29.20	281.43	-515.21	-233.78	-2.28	-8.83
Fr. 35	30.10	298.24	-529.39	-231.15	-2.48	-10.98
Fr. 36	31.00	306.19	-543.55	-237.36	-2.70	-13.31
Fr. 37	31.90	314.40	-557.70	-243.30	-2.91	-15.83
Fr. 38	32.80	332.56	-571.85	-239.29	-3.13	-18.55
Fr. 39	33.70	340.82	-586.01	-245.19	-3.35	-21.47
Fr. 40	34.60	349.09	-600.17	-251.08	-3.57	-24.58
Fr. 41	35.50	357.38	-614.32	-256.93	-3.80	-27.90

Fr. 42	36.40	365.39	-628.45	-263.05	-4.04	-31.43
Fr. 43	37.30	373.42	-642.54	-269.12	-4.28	-35.17
Fr. 44	38.20	378.39	-656.60	-278.20	-4.52	-39.13
Fr. 45	39.10	382.30	-670.60	-288.29	-4.78	-43.31
Fr. 46	40.00	389.51	-684.53	-295.02	-5.04	-47.73
Fr. 47	40.90	395.89	-698.39	-302.51	-5.31	-52.39
Fr. 48	41.80	403.25	-712.16	-308.91	-5.58	-57.29
Fr. 49	42.70	408.91	-725.84	-316.94	-5.87	-62.44
Fr. 50	43.60	414.42	-739.45	-325.03	-6.16	-67.85
Fr. 51	44.50	420.70	-752.97	-332.27	-6.45	-73.53
Fr. 52	45.40	416.34	-766.41	-350.07	-6.75	-79.46
Fr. 53	46.30	295.26	-779.76	-484.50	-7.07	-85.68
Fr. 54	48.05	302.63	-805.49	-502.86	-7.94	-98.83
Fr. 55	49.80	393.65	-830.86	-437.21	-8.83	-113.48
Fr. 56	52.50	930.33	-869.21	61.12	-8.67	-137.10
Fr. 57	55.20	1027.12	-906.49	120.63	-8.50	-160.27
Fr. 58	57.90	1110.16	-942.58	167.58	-8.03	-182.57
Fr. 59	60.60	1131.02	-977.28	153.74	-7.60	-203.67
Fr. 60	63.30	1151.13	-1010.11	141.02	-7.20	-223.64
Fr. 61	66.00	677.48	-1041.10	-363.63	-6.84	-242.58
Fr. 62	68.70	1259.39	-1070.35	189.03	-6.33	-260.35
Fr. 63	71.40	1284.78	-1097.92	186.86	-5.82	-276.74
Fr. 64	74.09	1298.47	-1123.73	174.74	-5.33	-291.68
Fr. 65	76.77	1310.41	-1147.97	162.45	-4.88	-305.38
Fr. 66	79.46	1322.00	-1170.36	151.64	-4.46	-317.90
Fr. 67	82.14	1333.18	-1190.72	142.46	-4.06	-329.33
Fr. 68	84.83	1343.89	-1208.69	135.20	-3.69	-339.73
Fr. 69	87.51	1354.08	-1224.12	129.96	-3.33	-349.16
Fr. 70	90.20	1363.68	-1237.03	126.66	-2.99	-357.64
Fr. 71	92.88	1372.71	-1247.07	125.64	-2.65	-365.21
Fr. 72	95.57	1381.38	-1254.50	126.88	-2.31	-371.88
Fr. 73	98.25	1389.75	-1261.02	128.73	-1.97	-377.62
Fr. 74	100.94	1397.81	-1266.91	130.90	-1.62	-382.44
Fr. 75	103.62	1405.55	-1272.22	133.33	-1.27	-386.32
Fr. 76	106.31	1412.97	-1276.96	136.00	-0.90	-389.23
Fr. 77	108.99	629.23	-1281.06	-651.83	-0.54	-391.17
Fr. 78	111.68	1309.55	-1284.34	25.21	-0.47	-392.51
Fr. 79	114.36	1310.65	-1286.92	23.74	-0.40	-393.68
Fr. 80	117.05	1311.75	-1288.90	22.84	-0.34	-394.67
Fr. 81	119.73	1312.85	-1290.41	22.43	-0.28	-395.49
Fr. 82	122.42	1313.94	-1291.53	22.41	-0.22	-396.15
Fr. 83	125.10	1315.04	-1292.34	22.70	-0.16	-396.65
Fr. 84	127.79	1316.14	-1293.06	23.08	-0.10	-396.99
Fr. 85	130.47	1317.23	-1293.77	23.46	-0.03	-397.16

Fr. 86	133.16	1318.33	-1294.49	23.84	0.03	-397.16
Fr. 87	135.84	1319.43	-1295.20	24.23	0.10	-396.99
Fr. 88	138.53	1320.52	-1295.89	24.63	0.16	-396.65
Fr. 89	141.21	1320.50	-1296.22	24.28	0.23	-396.13
Fr. 90	143.90	1320.41	-1296.18	24.23	0.29	-395.43
Fr. 91	146.58	1320.33	-1296.14	24.19	0.36	-394.56
Fr. 92	149.27	1320.24	-1296.10	24.14	0.42	-393.51
Fr. 93	151.95	1320.15	-1296.06	24.10	0.49	-392.29
Fr. 94	154.64	1320.07	-1295.99	24.08	0.55	-390.90
Fr. 95	157.32	619.51	-1295.98	-676.47	0.62	-389.33
Fr. 96	160.01	1320.44	-1295.94	24.50	0.68	-387.59
Fr. 97	162.69	1320.36	-1295.90	24.46	0.75	-385.68
Fr. 98	165.38	1320.27	-1295.86	24.41	0.81	-383.58
Fr. 99	168.06	1320.19	-1295.82	24.37	0.88	-381.31
Fr. 100	170.75	1320.10	-1295.78	24.32	0.94	-378.87
Fr. 101	173.43	1320.01	-1295.74	24.28	1.01	-376.25
Fr. 102	176.12	1319.93	-1295.70	24.23	1.07	-373.45
Fr. 103	178.80	1319.84	-1295.66	24.19	1.14	-370.48
Fr. 104	181.49	1319.76	-1295.62	24.14	1.20	-367.34
Fr. 105	184.17	1319.67	-1295.58	24.10	1.27	-364.02
Fr. 106	186.86	1319.59	-1295.54	24.05	1.33	-360.53
Fr. 107	189.54	1319.50	-1295.49	24.01	1.40	-356.86
Fr. 108	192.23	1319.41	-1295.45	23.96	1.46	-353.02
Fr. 109	194.91	1319.33	-1295.41	23.92	1.53	-349.01
Fr. 110	197.60	1319.24	-1295.37	23.87	1.59	-344.83
Fr. 111	200.28	1319.16	-1295.33	23.83	1.65	-340.47
Fr. 112	202.97	1319.07	-1295.29	23.78	1.72	-335.95
Fr. 113	205.65	618.51	-1295.25	-676.74	1.78	-331.25
Fr. 114	208.34	1319.45	-1295.21	24.24	1.85	-326.38
Fr. 115	211.02	1319.36	-1295.17	24.19	1.91	-321.33
Fr. 116	213.71	1319.27	-1295.13	24.15	1.98	-316.11
Fr. 117	216.39	1319.19	-1295.09	24.10	2.04	-310.72
Fr. 118	219.08	1319.10	-1295.05	24.06	2.11	-305.15
Fr. 119	221.76	1319.02	-1295.01	24.01	2.17	-299.41
Fr. 120	224.45	1318.93	-1294.97	23.97	2.24	-293.50
Fr. 121	227.13	1318.85	-1294.93	23.92	2.30	-287.41
Fr. 122	229.82	1318.76	-1294.89	23.88	2.36	-281.15
Fr. 123	232.50	1317.99	-1294.76	23.23	2.43	-274.72
Fr. 124	235.19	1315.97	-1293.86	22.12	2.49	-268.13
Fr. 125	237.87	1313.96	-1292.48	21.48	2.55	-261.37
Fr. 126	240.56	1311.94	-1290.67	21.28	2.60	-254.46
Fr. 127	243.24	1309.93	-1288.43	21.50	2.66	-247.39
Fr. 128	245.93	1307.92	-1285.74	22.18	2.72	-240.17
Fr. 129	248.61	1305.90	-1282.45	23.45	2.78	-232.78

Fr. 130	251.30	1303.89	-1278.36	25.53	2.85	-225.23
Fr. 131	253.98	371.82	-1273.13	-901.30	2.92	-217.50
Fr. 132	256.67	1306.18	-1266.54	39.65	3.02	-209.53
Fr. 133	259.35	1304.17	-1258.38	45.79	3.13	-201.28
Fr. 134	262.04	1302.16	-1248.46	53.70	3.27	-192.69
Fr. 135	264.72	1298.44	-1236.35	62.08	3.42	-183.73
Fr. 136	267.32	1263.63	-1220.85	42.78	3.56	-174.64
Fr. 137	269.92	1227.16	-1198.85	28.30	3.65	-165.26
Fr. 138	272.52	1190.71	-1169.43	21.29	3.71	-155.69
Fr. 139	275.12	1154.30	-1134.88	19.42	3.77	-145.97
Fr. 140	277.72	1117.93	-1096.22	21.70	3.82	-136.11
Fr. 141	280.32	1081.59	-1053.90	27.69	3.88	-126.11
Fr. 142	282.87	1045.99	-1009.69	36.30	3.96	-116.11
Fr. 143	285.42	566.18	-964.62	-398.44	4.07	-105.88
Fr. 144	287.97	950.18	-919.06	31.12	4.16	-95.38
Fr. 145	290.52	890.50	-873.16	17.34	4.23	-84.68
Fr. 146	293.07	831.41	-826.70	4.70	4.25	-73.86
Fr. 147	295.62	772.89	-779.39	-6.49	4.25	-63.01
Fr. 148	298.17	714.95	-730.98	-16.03	4.22	-52.20
Fr. 149	300.72	657.59	-680.73	-23.14	4.17	-41.50
Fr. 150	303.27	600.80	-627.69	-26.89	4.11	-30.94
Fr. 151	305.82	90.21	-571.47	-481.27	4.04	-20.56
Fr. 152	309.12	84.07	-492.83	-408.76	2.56	-9.76
Fr. 153	312.42	81.63	-402.70	-321.07	1.35	-3.38
Fr. 154	315.72	79.19	-288.51	-209.31	0.47	-0.47
Fr. 155	319.02	76.76	-145.95	-69.20	0.03	0.22
Fr. 156	322.32	74.32	-60.96	13.35	-0.07	0.07
Fr. 157	324.00	0.00	-0.04	-0.04	0.00	0.00



47. Κατανομή Διατμητικών Δυνάμεων και Καμπτικών Ροπών (FLA)

6.4.2.3: Ballast Departure

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών άθικτης ευστάθειας στην κατάσταση ερματισμένης αναχώρησης του πλοίου.

Ballast Departure									
Item	%full	Unit Mass (t)	Actual Mass (t)	Unit Volume (m ³)	Actual Volume (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	KG (m)	FSM (t·m)
LIGHTSHIP	1.00	-	42491.04	-	-	151.58	-0.23	15.24	0.00
CREW	1.00	3.78	3.78	-	-	37.75	0.00	15.24	0.00
PROVISIONS	1.00	17.83	17.83	-	-	34.15	0.00	15.24	0.00
NO.1 C.O.T. (C)	0%	20658.97	0.00	23502.81	0.00	259.28	0.00	2.80	0.00
NO.1 C.O.T. (P)	0%	14281.11	0.00	16247.00	0.00	259.28	-15.29	2.80	0.00
NO.1 C.O.T. (S)	0%	14281.11	0.00	16247.00	0.00	259.28	15.29	2.80	0.00
NO.2 C.O.T. (C)	0%	23464.41	0.00	26694.44	0.00	229.82	0.00	2.80	0.00
NO.2 C.O.T. (P)	0%	17298.33	0.00	19679.55	0.00	229.82	-15.45	2.80	0.00
NO.2 C.O.T. (S)	0%	17298.33	0.00	19679.55	0.00	229.82	15.45	2.80	0.00
NO.3 C.O.T. (C)	0%	23464.42	0.00	26694.45	0.00	181.49	0.00	2.80	0.00
NO.3 C.O.T. (P)	0%	17298.32	0.00	19679.55	0.00	181.49	-15.45	2.80	0.00
NO.3 C.O.T. (S)	0%	17298.32	0.00	19679.55	0.00	181.49	15.45	2.80	0.00
NO.4 C.O.T. (C)	0%	23464.42	0.00	26694.45	0.00	133.16	0.00	2.80	0.00
NO.4 C.O.T. (P)	0%	17298.32	0.00	19679.55	0.00	133.16	-15.45	2.80	0.00
NO.4 C.O.T. (S)	0%	17298.32	0.00	19679.55	0.00	133.16	15.45	2.80	0.00
NO.5 C.O.T. (C)	0%	28968.48	0.00	32956.18	0.00	81.74	0.00	2.80	0.00
NO.5 C.O.T. (P)	0%	14416.44	0.00	16400.96	0.00	89.94	-14.39	2.80	0.00
NO.5 C.O.T. (S)	0%	14416.44	0.00	16400.96	0.00	89.94	14.39	2.80	0.00
SLOP T. (P)	0%	3446.54	0.00	3920.98	0.00	61.15	-14.42	8.80	0.00
SLOP T. (S)	0%	3446.54	0.00	3920.98	0.00	61.15	14.42	8.80	0.00
Total Payload	0%	288098.81	0.00	327757.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO. 1 W.B.T. (P)	100%	8717.48	8717.48	8504.86	8504.86	279.21	-17.68	9.93	0.00
NO. 1 W.B.T. (S)	100%	8717.48	8717.48	8504.86	8504.86	279.21	17.68	9.93	0.00
NO. 2 W.B.T. (P)	100%	9241.12	9241.12	9015.72	9015.72	229.66	-22.05	8.75	0.00
NO. 2 W.B.T. (S)	100%	9241.12	9241.12	9015.72	9015.72	229.66	22.05	8.75	0.00
NO. 3 W.B.T. (P)	100%	9321.47	9321.47	9094.12	9094.12	181.49	-22.10	8.69	0.00
NO. 3 W.B.T. (S)	100%	9321.47	9321.47	9094.12	9094.12	181.49	22.10	8.69	0.00
NO. 4 W.B.T. (P)	100%	9240.02	9240.02	9014.65	9014.65	133.29	-22.04	8.75	0.00
NO. 4 W.B.T. (S)	100%	9240.02	9240.02	9014.65	9014.65	133.29	22.04	8.75	0.00
NO. 5 W.B.T. (P)	100%	9478.00	9478.00	9246.83	9246.83	81.89	-20.06	9.60	0.00
NO. 5 W.B.T. (S)	100%	9478.00	9478.00	9246.83	9246.83	81.89	20.06	9.60	0.00
NO. 6 W.B.T. (P)	25%	1569.96	392.49	1531.67	382.92	42.26	-15.28	12.28	1466.02
NO. 6 W.B.T. (S)	25%	2129.16	532.29	2077.23	519.31	41.47	15.47	12.82	2300.59
PORT USE FORE PEAK TANK	100%	2076.85	2076.85	2026.19	2026.19	312.17	0.00	6.25	0.00
Total Ballast	97.16%	97772.14	94997.80	95387.45	92680.78	181.04	0.02	9.11	3766.61
F.W.T. (P)	100%	184.56	184.56	184.56	184.56	10.25	-14.25	26.08	0.00
F.W.T. (S)	100%	443.88	443.88	443.88	443.88	10.05	11.46	26.11	0.00

AFT PEAK OVERFL. T. (F.W. ONLY)	0%	2607.15	0.00	2607.15	0.00	12.23	0.30	11.40	0.00
Total FW	19.42%	3235.59	628.45	3235.59	628.45	10.11	3.91	26.10	0.00
NO.1 F.O.T (P)	95%	1631.69	1550.11	1664.99	1581.74	44.43	-17.98	22.45	1635.18
NO.1 F.O.T (S)	95%	1710.33	1624.81	1745.24	1657.97	44.24	17.77	22.58	1635.18
NO.2 F.O.T (P)	95%	1201.86	1141.77	1226.39	1165.07	32.12	-17.01	22.59	923.32
NO.2 F.O./L.S.F.O.T. (S)	95%	1039.39	987.42	1060.60	1007.57	33.89	16.65	22.92	707.74
F.O. SETT. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	40.45	-13.60	25.39	8.07
F.O. SERV. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	35.95	-13.60	25.39	8.07
L.S.F.O. SETT. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	31.45	-13.60	25.39	8.07
L.S.F.O. SERV. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	26.95	-13.60	25.39	8.07
Total FO	95%	5897.91	5603.01	6018.27	5717.36	39.44	-1.08	22.76	4933.68
D.O.T. (S)	95%	282.20	268.09	303.44	288.27	27.20	16.17	23.32	185.89
D.O. SERV. T. (S)	95%	59.72	56.73	64.21	61.00	26.50	13.60	25.39	6.13
Total DO	95%	341.92	324.82	367.65	349.27	27.08	15.72	23.68	192.02
M.G.O.T. (S)	95%	295.9	281.1	332.5	315.9	19.4	15.1	25.9	143.1
M.G.O. SERV. T. (S)	95%	57.1	54.3	64.2	61.0	22.9	13.6	25.4	5.9
Total MGO	95%	353.1	335.4	396.7	376.9	20.0	14.9	25.8	149.0
L.O. SETT. T. (S)	95%	55.57	52.79	61.74	58.65	43.15	9.80	24.68	7.41
L.O. STOR. T. (S)	95%	48.16	45.75	53.51	50.83	38.35	9.80	24.68	6.42
L.O. SUMP TANK	95%	90.79	86.25	100.87	95.83	29.11	0.34	1.37	41.58
NO.1 CYL. O. STOR. T. (S)	95%	44.45	42.23	49.39	46.92	34.60	9.80	24.68	5.93
NO.2 CYL. O. STOR. T. (S)	95%	44.45	42.23	49.39	46.92	31.00	9.80	24.68	5.93
Total LO	95%	283.41	269.24	314.90	299.16	34.59	6.77	17.21	67.26
F.O. OVERFLOW TANK	0%	32.01	0.00	32.01	0.00	38.17	-2.07	0.00	0.00
BILGE SEP. OIL TANK	0%	29.47	0.00	29.47	0.00	33.49	-2.07	0.00	0.00
BILGE TANK	0%	70.18	0.00	70.18	0.00	17.26	0.00	0.00	0.00
G.W./S.T.W. HOLDING TK.	0%	49.02	0.00	49.02	0.00	42.21	3.13	0.00	0.00
S.T.C. W.T.	0%	120.63	0.00	120.63	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
Total Miscellaneous	0%	301.29	0.00	301.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Loadcase			144671.39	433779.36	100051.90	165.15	0.01	11.60	9108.53
FS correction								0.06	
VCG fluid								11.66	

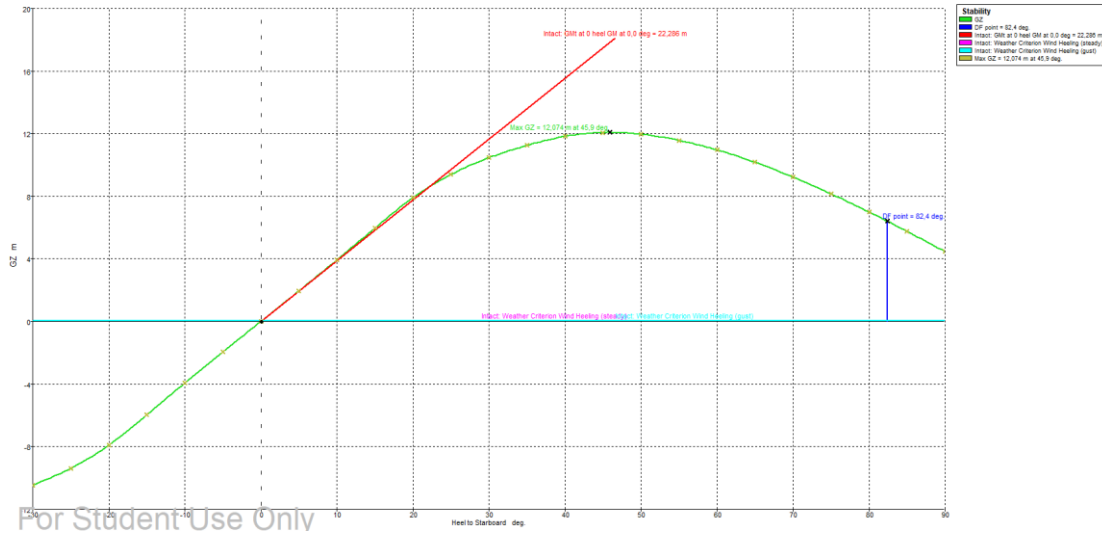
Equilibrium	
Draft at LCF (m)	9.82
Draft at FP (m)	7.77
Draft at AP (m)	12.18
Displacement (t)	144672.00
Heel (deg)	0.00
Trim (m)	4.41
LCB (m)	165.06

LCF (m)	170.30
Wetted Area (m²)	19829.11
Waterplane Area (m²)	15710.19
TPC (t/cm)	161.03
MTC (t·m)	3068.05
KB (m)	5.14
BM_T (m)	28.79
BM_L (m)	680.90
GM_T (m)	22.28

GZ-ϕ Curve		
ϕ (deg)	GZ (m)	Area Under GZ Curve (m·rad)
-30.00	-10.46	3.01
-25.00	-9.39	2.14
-20.00	-7.91	1.38
-15.00	-5.97	0.77
-10.00	-3.94	0.34
-5.00	-1.96	0.09
0.00	-0.01	0.00
5.00	1.94	0.08
10.00	3.92	0.34
15.00	5.96	0.77
20.00	7.90	1.38
25.00	9.38	2.13
30.00	10.45	3.00
35.00	11.24	3.95
40.00	11.82	4.96
45.00	12.06	6.00
50.00	11.95	7.05
55.00	11.57	8.08
60.00	10.96	9.06
65.00	10.16	9.99
70.00	9.22	10.83
75.00	8.15	11.59
80.00	6.99	12.25
85.00	5.75	12.81
90.00	4.46	13.26

Intact Stability Criteria	Min Value	Actual Value	Status
GM_T at 0 deg (m)	0.15	22.28	PASS
Area Under GZ Curve 0-30 (m·rad)	0.055	3.00	PASS
Area Under GZ Curve 0-40 or ϕ_f (m·rad)	0.09	4.96	PASS
Area Under GZ Curve 30-40 or ϕ_f (m·rad)	0.03	1.96	PASS

GZ at 30 deg (m)	0.20	12.06	PASS
Angle of Max GZ (deg)	25	45.9	PASS



48. GZ-φ (BD)

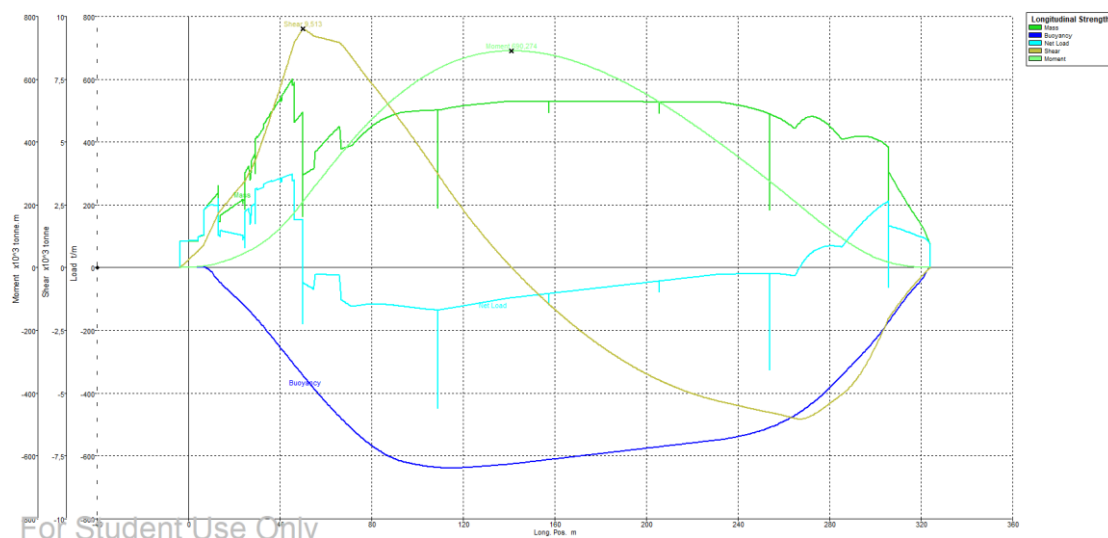
Longitudinal Strength						
Frame No.	x (m)	Mass (t/m)	Buoyancy (t/m)	Net Load (t/m)	Shear Force (x10 ³ t)	Bending Moment (x10 ³ t·m)
Fr. -5	-3.70	83.54	0.00	83.54	0.00	0.00
Fr. -4	-2.90	83.87	0.00	83.87	0.07	0.03
Fr. -3	-2.10	84.21	0.00	84.21	0.13	0.11
Fr. -2	-1.30	84.55	0.00	84.55	0.20	0.25
Fr. -1	-0.50	84.88	0.00	84.88	0.27	0.43
Fr. 0	0.30	85.22	0.00	85.22	0.34	0.67
Fr. 1	1.10	85.55	0.00	85.55	0.41	0.97
Fr. 2	1.90	85.89	0.00	85.89	0.47	1.33
Fr. 3	2.70	86.23	0.00	86.23	0.54	1.73
Fr. 4	3.50	86.56	0.00	86.56	0.61	2.19
Fr. 5	4.30	98.44	0.00	98.44	0.68	2.71
Fr. 6	5.10	100.71	0.00	100.71	0.76	3.29
Fr. 7	5.90	102.97	0.00	102.97	0.84	3.93
Fr. 8	6.70	144.55	0.00	144.55	0.93	4.64
Fr. 9	7.50	191.23	-0.13	191.10	1.08	5.44
Fr. 10	8.30	198.50	-3.28	195.22	1.23	6.36
Fr. 11	9.10	205.67	-7.51	198.16	1.39	7.41
Fr. 12	9.90	212.75	-12.54	200.21	1.55	8.58
Fr. 13	10.70	219.72	-19.85	199.87	1.71	9.88
Fr. 14	11.50	226.60	-28.03	198.58	1.87	11.31

Fr. 15	12.30	233.41	-35.42	197.99	2.03	12.88
Fr. 16	13.10	203.54	-42.18	161.37	2.18	14.55
Fr. 17	13.90	156.25	-48.44	107.80	2.27	16.33
Fr. 18	14.80	171.38	-55.03	116.36	2.37	18.42
Fr. 19	15.70	175.92	-61.25	114.67	2.47	20.61
Fr. 20	16.60	180.46	-67.29	113.17	2.58	22.88
Fr. 21	17.50	185.04	-73.20	111.84	2.68	25.24
Fr. 22	18.40	189.68	-79.06	110.62	2.78	27.70
Fr. 23	19.30	194.39	-84.98	109.41	2.88	30.24
Fr. 24	20.20	199.17	-91.03	108.14	2.98	32.88
Fr. 25	21.10	203.66	-97.22	106.43	3.07	35.59
Fr. 26	22.00	208.17	-103.54	104.63	3.17	38.40
Fr. 27	22.90	213.12	-110.00	103.12	3.26	41.29
Fr. 28	23.80	208.39	-116.59	91.81	3.35	44.27
Fr. 29	24.70	194.78	-123.31	71.48	3.44	47.33
Fr. 30	25.60	314.38	-130.15	184.23	3.60	50.49
Fr. 31	26.50	314.33	-137.11	177.22	3.77	53.81
Fr. 32	27.40	327.07	-144.20	182.86	3.91	57.27
Fr. 33	28.30	351.21	-151.41	199.79	4.09	60.87
Fr. 34	29.20	313.46	-158.74	154.73	4.27	64.63
Fr. 35	30.10	416.79	-166.17	250.62	4.50	68.57
Fr. 36	31.00	424.56	-173.68	250.88	4.72	72.72
Fr. 37	31.90	434.77	-181.27	253.50	4.95	77.07
Fr. 38	32.80	455.14	-188.97	266.17	5.18	81.63
Fr. 39	33.70	465.79	-196.76	269.03	5.42	86.40
Fr. 40	34.60	476.56	-204.65	271.91	5.66	91.39
Fr. 41	35.50	487.40	-212.63	274.77	5.91	96.59
Fr. 42	36.40	496.19	-220.67	275.52	6.16	102.02
Fr. 43	37.30	505.18	-228.78	276.39	6.41	107.68
Fr. 44	38.20	516.88	-236.94	279.94	6.66	113.55
Fr. 45	39.10	526.30	-245.14	281.16	6.91	119.65
Fr. 46	40.00	537.06	-253.37	283.69	7.16	125.99
Fr. 47	40.90	542.01	-261.62	280.39	7.41	132.55
Fr. 48	41.80	558.51	-269.88	288.63	7.67	139.34
Fr. 49	42.70	569.52	-278.14	291.38	7.93	146.35
Fr. 50	43.60	580.49	-286.39	294.10	8.20	153.61
Fr. 51	44.50	590.92	-294.60	296.32	8.46	161.11
Fr. 52	45.40	585.54	-302.76	282.78	8.73	168.84
Fr. 53	46.30	463.50	-310.89	152.61	8.98	176.81
Fr. 54	48.05	479.23	-326.57	152.66	9.25	192.76
Fr. 55	49.80	190.27	-342.10	-151.83	9.51	209.17
Fr. 56	52.50	306.54	-365.71	-59.17	9.37	234.66
Fr. 57	55.20	352.27	-388.85	-36.58	9.20	259.73
Fr. 58	57.90	389.15	-411.47	-22.33	9.14	284.49

Fr. 59	60.60	410.73	-433.52	-22.79	9.08	309.09
Fr. 60	63.30	431.16	-454.82	-23.66	9.02	333.52
Fr. 61	66.00	440.18	-475.31	-35.12	8.95	357.77
Fr. 62	68.70	382.84	-494.93	-112.09	8.68	381.61
Fr. 63	71.40	390.14	-513.65	-123.51	8.37	404.63
Fr. 64	74.09	410.62	-531.36	-120.74	8.04	426.64
Fr. 65	76.77	429.92	-548.14	-118.21	7.72	447.79
Fr. 66	79.46	446.86	-563.61	-116.76	7.40	468.08
Fr. 67	82.14	461.09	-577.55	-116.45	7.09	487.53
Fr. 68	84.83	472.62	-589.89	-117.27	6.77	506.14
Fr. 69	87.51	481.92	-600.59	-118.67	6.46	523.90
Fr. 70	90.20	489.03	-609.52	-120.50	6.14	540.81
Fr. 71	92.88	493.60	-616.42	-122.82	5.81	556.85
Fr. 72	95.57	495.91	-621.28	-125.37	5.48	572.00
Fr. 73	98.25	497.60	-625.44	-127.84	5.14	586.25
Fr. 74	100.94	498.95	-629.11	-130.16	4.79	599.58
Fr. 75	103.62	500.02	-632.23	-132.21	4.44	611.97
Fr. 76	106.31	500.81	-634.78	-133.97	4.08	623.40
Fr. 77	108.99	327.53	-636.70	-309.17	3.72	633.88
Fr. 78	111.68	505.63	-637.81	-132.17	3.36	643.37
Fr. 79	114.36	509.32	-638.19	-128.87	3.01	651.92
Fr. 80	117.05	512.44	-637.99	-125.55	2.67	659.54
Fr. 81	119.73	515.09	-637.30	-122.21	2.33	666.25
Fr. 82	122.42	517.35	-636.20	-118.86	2.01	672.08
Fr. 83	125.10	519.31	-634.80	-115.49	1.70	677.06
Fr. 84	127.79	521.18	-633.27	-112.09	1.39	681.20
Fr. 85	130.47	523.05	-631.75	-108.70	1.09	684.53
Fr. 86	133.16	524.91	-630.22	-105.31	0.81	687.08
Fr. 87	135.84	526.78	-628.69	-101.92	0.53	688.87
Fr. 88	138.53	528.63	-627.15	-98.53	0.26	689.93
Fr. 89	141.21	528.99	-625.30	-96.31	0.00	690.27
Fr. 90	143.90	528.94	-623.02	-94.08	-0.26	689.92
Fr. 91	146.58	528.88	-620.74	-91.86	-0.51	688.90
Fr. 92	149.27	528.83	-618.46	-89.63	-0.75	687.21
Fr. 93	151.95	528.77	-616.18	-87.41	-0.99	684.87
Fr. 94	154.64	528.68	-613.86	-85.18	-1.22	681.91
Fr. 95	157.32	493.10	-611.62	-118.52	-1.45	678.33
Fr. 96	160.01	528.61	-609.34	-80.73	-1.67	674.15
Fr. 97	162.69	528.55	-607.06	-78.50	-1.88	669.39
Fr. 98	165.38	528.50	-604.78	-76.28	-2.09	664.06
Fr. 99	168.06	528.44	-602.50	-74.05	-2.29	658.18
Fr. 100	170.75	528.39	-600.22	-71.83	-2.49	651.77
Fr. 101	173.43	528.33	-597.93	-69.60	-2.68	644.84
Fr. 102	176.12	528.28	-595.65	-67.38	-2.86	637.41

Fr. 103	178.80	528.22	-593.37	-65.15	-3.04	629.50
Fr. 104	181.49	528.17	-591.09	-62.93	-3.21	621.12
Fr. 105	184.17	528.11	-588.81	-60.70	-3.37	612.28
Fr. 106	186.86	528.06	-586.53	-58.47	-3.53	603.00
Fr. 107	189.54	528.00	-584.25	-56.25	-3.69	593.30
Fr. 108	192.23	527.95	-581.97	-54.02	-3.84	583.20
Fr. 109	194.91	527.89	-579.69	-51.80	-3.98	572.70
Fr. 110	197.60	527.84	-577.41	-49.57	-4.12	561.84
Fr. 111	200.28	527.78	-575.13	-47.35	-4.25	550.61
Fr. 112	202.97	527.73	-572.85	-45.12	-4.37	539.05
Fr. 113	205.65	492.11	-570.57	-78.46	-4.49	527.16
Fr. 114	208.34	527.62	-568.29	-40.67	-4.60	514.96
Fr. 115	211.02	527.56	-566.00	-38.44	-4.71	502.47
Fr. 116	213.71	527.51	-563.72	-36.22	-4.81	489.70
Fr. 117	216.39	527.45	-561.44	-33.99	-4.90	476.67
Fr. 118	219.08	527.39	-559.16	-31.77	-4.99	463.39
Fr. 119	221.76	527.34	-556.88	-29.54	-5.07	449.88
Fr. 120	224.45	527.28	-554.60	-27.32	-5.15	436.17
Fr. 121	227.13	527.23	-552.32	-25.09	-5.22	422.25
Fr. 122	229.82	527.17	-550.04	-22.87	-5.28	408.15
Fr. 123	232.50	526.35	-547.71	-21.36	-5.34	393.89
Fr. 124	235.19	523.52	-544.61	-21.09	-5.40	379.48
Fr. 125	237.87	520.22	-541.02	-20.80	-5.45	364.91
Fr. 126	240.56	516.51	-537.00	-20.49	-5.51	350.19
Fr. 127	243.24	512.37	-532.55	-20.18	-5.56	335.33
Fr. 128	245.93	507.79	-527.65	-19.86	-5.62	320.32
Fr. 129	248.61	502.62	-522.17	-19.55	-5.67	305.16
Fr. 130	251.30	496.66	-515.90	-19.24	-5.72	289.87
Fr. 131	253.98	318.64	-508.72	-190.08	-5.77	274.43
Fr. 132	256.67	480.84	-500.56	-19.72	-5.83	258.86
Fr. 133	259.35	470.43	-491.42	-20.99	-5.88	243.15
Fr. 134	262.04	457.99	-481.43	-23.44	-5.94	227.28
Fr. 135	264.72	444.83	-470.67	-25.84	-6.01	211.24
Fr. 136	267.32	464.34	-458.84	5.50	-6.04	195.57
Fr. 137	269.92	477.74	-445.51	32.23	-5.98	179.93
Fr. 138	272.52	480.61	-430.91	49.70	-5.88	164.50
Fr. 139	275.12	475.81	-415.17	60.63	-5.73	149.41
Fr. 140	277.72	464.97	-398.24	66.73	-5.57	134.72
Fr. 141	280.32	448.90	-380.05	68.85	-5.39	120.48
Fr. 142	282.87	429.15	-361.27	67.89	-5.21	106.96
Fr. 143	285.42	409.33	-342.07	67.26	-5.04	93.89
Fr. 144	287.97	412.79	-322.71	90.08	-4.84	81.27
Fr. 145	290.52	416.33	-303.43	112.90	-4.58	69.24
Fr. 146	293.07	417.99	-284.04	133.95	-4.27	57.94

Fr. 147	295.62	417.51	-264.18	153.32	-3.90	47.51
Fr. 148	298.17	414.66	-243.48	171.18	-3.49	38.08
Fr. 149	300.72	408.58	-221.15	187.43	-3.03	29.76
Fr. 150	303.27	398.18	-196.94	201.23	-2.53	22.66
Fr. 151	305.82	205.94	-171.38	34.55	-2.01	16.86
Fr. 152	309.12	263.74	-137.56	126.18	-1.58	10.95
Fr. 153	312.42	223.00	-104.62	118.39	-1.18	6.41
Fr. 154	315.72	184.02	-74.73	109.30	-0.80	3.15
Fr. 155	319.02	147.92	-47.68	100.24	-0.46	1.09
Fr. 156	322.32	104.01	-14.18	89.83	-0.14	0.12
Fr. 157	324.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



49. Κατανομή Διατμητικών Δυνάμεων και Καμπτικών Ροπών (BD)

6.4.2.4: Ballast Arrival

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών άθικτης ευστάθειας στην κατάσταση ερματισμένης άφιξης του πλοίου.

Ballast Arrival									
Item	%full	Unit Mass (t)	Actual Mass (t)	Unit Volume (m ³)	Actual Volume (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	KG (m)	FSM (t·m)
LIGHTSHIP	1.00	-	42491.04	-	-	151.58	-0.23	15.24	0.00
CREW	1.00	3.78	3.78	-	-	37.75	0.00	15.24	0.00

PROVISIONS	1.00	17.83	17.83	-	-	34.15	0.00	15.24	0.00
NO.1 C.O.T. (C)	0%	20658.97	0.00	23502.81	0.00	259.28	0.00	2.80	0.00
NO.1 C.O.T. (P)	0%	14281.11	0.00	16247.00	0.00	259.28	-15.29	2.80	0.00
NO.1 C.O.T. (S)	0%	14281.11	0.00	16247.00	0.00	259.28	15.29	2.80	0.00
NO.2 C.O.T. (C)	0%	23464.41	0.00	26694.44	0.00	229.82	0.00	2.80	0.00
NO.2 C.O.T. (P)	0%	17298.33	0.00	19679.55	0.00	229.82	-15.45	2.80	0.00
NO.2 C.O.T. (S)	0%	17298.33	0.00	19679.55	0.00	229.82	15.45	2.80	0.00
NO.3 C.O.T. (C)	0%	23464.42	0.00	26694.45	0.00	181.49	0.00	2.80	0.00
NO.3 C.O.T. (P)	0%	17298.32	0.00	19679.55	0.00	181.49	-15.45	2.80	0.00
NO.3 C.O.T. (S)	0%	17298.32	0.00	19679.55	0.00	181.49	15.45	2.80	0.00
NO.4 C.O.T. (C)	0%	23464.42	0.00	26694.45	0.00	133.16	0.00	2.80	0.00
NO.4 C.O.T. (P)	0%	17298.32	0.00	19679.55	0.00	133.16	-15.45	2.80	0.00
NO.4 C.O.T. (S)	0%	17298.32	0.00	19679.55	0.00	133.16	15.45	2.80	0.00
NO.5 C.O.T. (C)	0%	28968.48	0.00	32956.18	0.00	81.74	0.00	2.80	0.00
NO.5 C.O.T. (P)	0%	14416.44	0.00	16400.96	0.00	89.94	-14.39	2.80	0.00
NO.5 C.O.T. (S)	0%	14416.44	0.00	16400.96	0.00	89.94	14.39	2.80	0.00
SLOP T. (P)	0%	3446.54	0.00	3920.98	0.00	61.15	-14.42	8.80	0.00
SLOP T. (S)	0%	3446.54	0.00	3920.98	0.00	61.15	14.42	8.80	0.00
Total Payload	0%	288098.82	0.00	327757.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO. 1 W.B.T. (P)	100%	8717.48	8717.48	8504.86	8504.86	279.21	-17.68	9.93	0.00
NO. 1 W.B.T. (S)	100%	8717.48	8717.48	8504.86	8504.86	279.21	17.68	9.93	0.00
NO. 2 W.B.T. (P)	100%	9241.12	9241.12	9015.72	9015.72	229.66	-22.05	8.75	0.00
NO. 2 W.B.T. (S)	100%	9241.12	9241.12	9015.72	9015.72	229.66	22.05	8.75	0.00
NO. 3 W.B.T. (P)	100%	9321.47	9321.47	9094.12	9094.12	181.49	-22.10	8.69	0.00
NO. 3 W.B.T. (S)	100%	9321.47	9321.47	9094.12	9094.12	181.49	22.10	8.69	0.00
NO. 4 W.B.T. (P)	100%	9240.02	9240.02	9014.65	9014.65	133.29	-22.04	8.75	0.00
NO. 4 W.B.T. (S)	100%	9240.02	9240.02	9014.65	9014.65	133.29	22.04	8.75	0.00
NO. 5 W.B.T. (P)	100%	9478.00	9478.00	9246.83	9246.83	81.89	-20.06	9.60	0.00
NO. 5 W.B.T. (S)	100%	9478.00	9478.00	9246.83	9246.83	81.89	20.06	9.60	0.00
NO. 6 W.B.T. (P)	100%	1569.96	1569.96	1531.67	1531.67	38.85	-19.44	18.06	0.00
NO. 6 W.B.T. (S)	100%	2129.16	2129.16	2077.23	2077.23	33.81	18.58	18.94	0.00
PORT USE FORE PEAK TANK	100%	2076.85	2076.85	2026.19	2026.19	312.17	0.00	6.25	0.00
Total Ballast	100%	97772.14	97772.14	95387.45	95387.45	176.87	0.09	9.43	0.00
F.W.T. (P)	10%	184.56	18.46	184.56	18.46	10.27	-14.13	22.70	44.93
F.W.T. (S)	10%	443.88	44.39	443.88	44.39	10.05	11.39	22.69	477.09
AFT PEAK OVERFL. T. (F.W. ONLY)	0%	2607.15	0.00	2607.15	0.00	12.23	0.30	11.40	0.00
Total FW	1.94%	3235.59	62.85	3235.59	62.85	10.12	3.89	22.69	522.02
NO.1 F.O.T (P)	10%	1631.69	163.17	1664.99	166.50	44.45	-16.49	16.50	1635.18
NO.1 F.O.T (S)	10%	1710.33	171.03	1745.24	174.52	44.44	16.51	16.54	1635.18
NO.2 F.O.T (P)	10%	1201.86	120.19	1226.39	122.64	32.92	-14.75	16.84	923.32
NO.2 F.O./L.S.F.O.T. (S)	10%	1039.39	103.94	1060.60	106.06	34.13	14.97	16.84	707.74
F.O. SETT. T. (P)	10%	78.66	7.87	80.26	8.03	40.45	-13.60	22.63	8.07
F.O. SERV. T. (P)	10%	78.66	7.87	80.26	8.03	35.95	-13.60	22.63	8.07
L.S.F.O. SETT. T. (P)	10%	78.66	7.87	80.26	8.03	31.45	-13.60	22.63	8.07
L.S.F.O. SERV. T. (P)	10%	78.66	7.87	80.26	8.03	26.95	-13.60	22.63	8.07
Total FO	10%	5897.91	589.79	6018.27	601.83	39.70	-0.87	16.97	4933.68
D.O.T. (S)	10%	282.20	28.22	303.44	30.34	27.33	14.08	17.41	185.89
D.O. SERV. T. (S)	10%	59.72	5.97	64.21	6.42	26.50	13.60	22.63	6.13

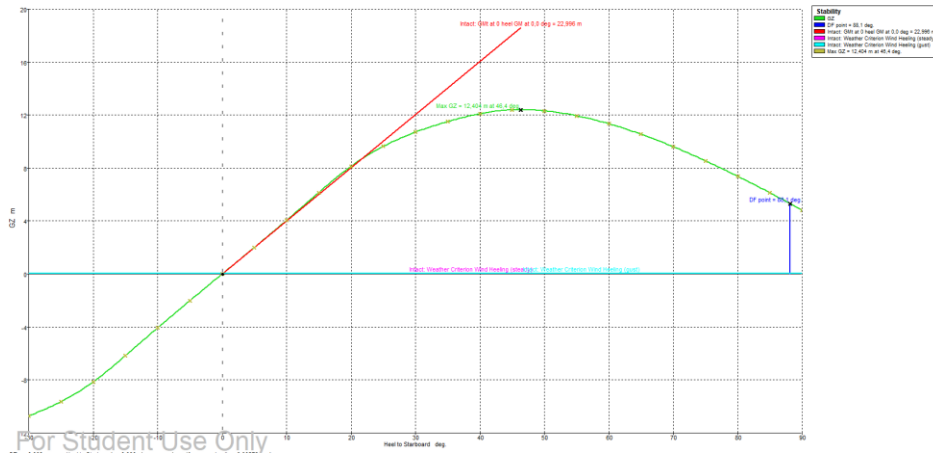
Total DO	10%	341.92	34.19	367.65	36.77	27.19	14.00	18.32	192.02
M.G.O.T. (S)	10%	295.94	29.59	332.52	33.25	19.31	15.08	22.69	143.09
M.G.O. SERV. T. (S)	10%	57.15	5.72	64.21	6.42	22.90	13.60	22.63	5.86
Total MGO	10%	353.09	35.31	396.73	39.67	19.89	14.84	22.68	148.95
L.O. SETT. T. (S)	10%	55.57	5.56	61.74	6.17	43.15	9.80	22.55	7.41
L.O. STOR. T. (S)	10%	48.16	4.82	53.51	5.35	38.35	9.80	22.55	6.42
L.O. SUMP TANK	10%	90.79	9.08	100.87	10.09	29.59	0.38	0.20	41.58
NO.1 CYL. O. STOR. T. (S)	10%	44.45	4.45	49.39	4.94	34.60	9.80	22.55	5.93
NO.2 CYL. O. STOR. T. (S)	10%	44.45	4.45	49.39	4.94	31.00	9.80	22.55	5.93
Total LO	10%	283.41	28.34	314.90	31.49	34.75	6.78	15.39	67.26
F.O. OVERFLOW TANK	0%	32.01	0.00	32.01	0.00	38.17	-2.07	0.00	0.00
BILGE SEP. OIL TANK	0%	29.47	0.00	29.47	0.00	33.49	-2.07	0.00	0.00
BILGE TANK	0%	70.18	0.00	70.18	0.00	17.26	0.00	0.00	0.00
G.W./S.T.W. HOLDING TK.	0%	49.02	0.00	49.02	0.00	42.21	3.13	0.00	0.00
S.T.C. W.T.	0%	120.63	0.00	120.63	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
Total Miscellaneous	0%	301.29	0.00	301.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Loadcase			141019.22	433779.36	96160.05	168.49	0.00	11.23	5863.94
FS correction								0.04	
VCG fluid								11.27	

Equilibrium	
Draft at LCF (m)	9.58
Draft at FP (m)	8.30
Draft at AP (m)	11.08
Displacement (t)	141020.00
Heel (deg)	0.00
Trim (m)	2.77
LCB (m)	168.45
LCF (m)	171.60
Wetted Area (m²)	19606.62
Waterplane Area (m²)	15576.09
TPC (t/cm)	159.66
MTC (t·m)	2992.63
KB (m)	4.99
BM_T (m)	29.28
BM_L (m)	681.12
GM_T (m)	23.00

GZ-φ Curve		
φ (deg)	GZ (m)	Area Under GZ Curve (m·rad)
-30.00	-10.72	3.09
-25.00	-9.64	2.20
-20.00	-8.14	1.42

-15.00	-6.16	0.80
-10.00	-4.06	0.35
-5.00	-2.02	0.09
0.00	0.00	0.00
5.00	2.01	0.09
10.00	4.06	0.35
15.00	6.15	0.80
20.00	8.14	1.42
25.00	9.63	2.20
30.00	10.71	3.09
35.00	11.51	4.06
40.00	12.11	5.09
45.00	12.39	6.17
50.00	12.31	7.25
55.00	11.95	8.31
60.00	11.35	9.33
65.00	10.56	10.28
70.00	9.61	11.16
75.00	8.54	11.96
80.00	7.38	12.65
85.00	6.13	13.24
90.00	4.82	13.72

Intact Stability Criteria	Min Value	Actual Value	Status
GM_T at 0 deg (m)	0.15	23.00	PASS
Area Under GZ Curve 0-30 (m·rad)	0.055	3.09	PASS
Area Under GZ Curve 0-40 or ϕ_f (m·rad)	0.09	5.09	PASS
Area Under GZ Curve 30-40 or ϕ_f (m·rad)	0.03	2.00	PASS
GZ at 30 deg (m)	0.20	12.40	PASS
Angle of Max GZ (deg)	25	46.4	PASS



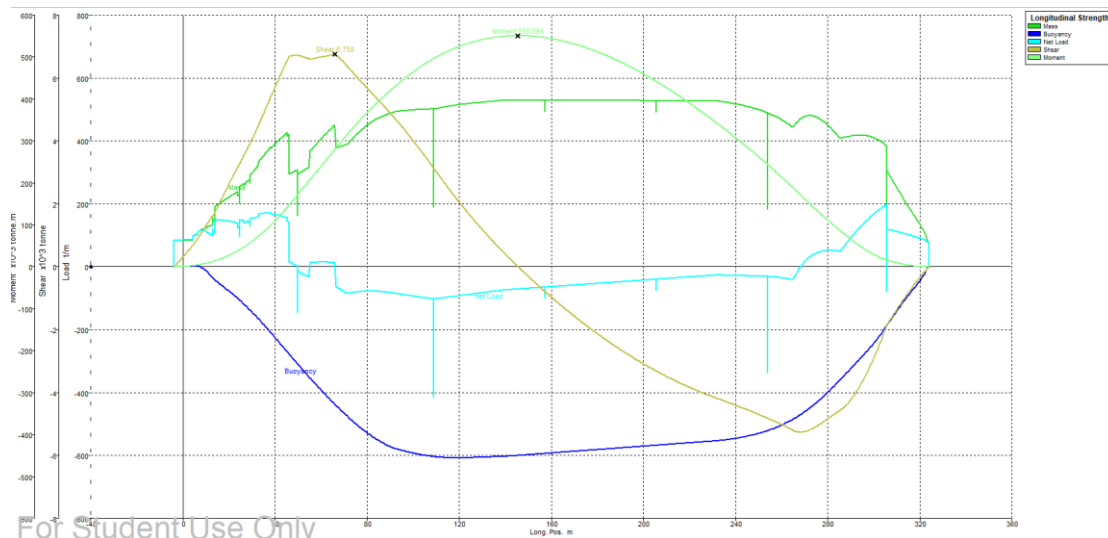
50. GZ- ϕ (BA)

Longitudinal Strength						
Frame No.	x (m)	Mass (t/m)	Buoyancy (t/m)	Net Load (t/m)	Shear Force ($\times 10^3$ t)	Bending Moment ($\times 10^3$ t·m)
Fr. -5	-3.70	83.54	0.00	83.54	0.00	0.00
Fr. -4	-2.90	83.87	0.00	83.87	0.07	0.03
Fr. -3	-2.10	84.21	0.00	84.21	0.13	0.11
Fr. -2	-1.30	84.55	0.00	84.55	0.20	0.25
Fr. -1	-0.50	84.88	0.00	84.88	0.27	0.43
Fr. 0	0.30	85.22	0.00	85.22	0.34	0.67
Fr. 1	1.10	85.55	0.00	85.55	0.41	0.97
Fr. 2	1.90	85.89	0.00	85.89	0.47	1.33
Fr. 3	2.70	86.23	0.00	86.23	0.54	1.73
Fr. 4	3.50	86.56	0.00	86.56	0.61	2.19
Fr. 5	4.30	98.44	0.00	98.44	0.68	2.71
Fr. 6	5.10	100.71	0.00	100.71	0.76	3.29
Fr. 7	5.90	102.97	0.00	102.97	0.84	3.93
Fr. 8	6.70	109.28	0.00	109.28	0.93	4.64
Fr. 9	7.50	116.05	-0.13	115.92	1.02	5.41
Fr. 10	8.30	118.77	-3.21	115.56	1.11	6.26
Fr. 11	9.10	121.47	-6.89	114.58	1.20	7.19
Fr. 12	9.90	124.16	-10.84	113.32	1.29	8.19
Fr. 13	10.70	126.83	-17.01	109.82	1.38	9.26
Fr. 14	11.50	129.48	-24.09	105.39	1.47	10.40
Fr. 15	12.30	132.12	-30.44	101.67	1.55	11.61
Fr. 16	13.10	150.84	-36.21	114.63	1.63	12.88
Fr. 17	13.90	155.31	-41.53	113.78	1.72	14.22
Fr. 18	14.80	195.34	-47.08	148.26	1.85	15.83
Fr. 19	15.70	200.17	-52.34	147.84	1.99	17.56
Fr. 20	16.60	204.89	-57.44	147.45	2.12	19.41
Fr. 21	17.50	209.49	-62.47	147.02	2.25	21.37
Fr. 22	18.40	213.99	-67.48	146.52	2.38	23.46
Fr. 23	19.30	218.40	-72.55	145.85	2.51	25.66
Fr. 24	20.20	222.69	-77.77	144.92	2.65	27.98
Fr. 25	21.10	226.77	-83.14	143.63	2.78	30.42
Fr. 26	22.00	230.75	-88.64	142.11	2.90	32.97
Fr. 27	22.90	234.74	-94.30	140.44	3.03	35.64
Fr. 28	23.80	224.78	-100.09	124.69	3.16	38.43
Fr. 29	24.70	210.28	-106.03	104.25	3.27	41.32
Fr. 30	25.60	260.01	-112.09	147.92	3.40	44.32
Fr. 31	26.50	263.20	-118.28	144.92	3.53	47.44
Fr. 32	27.40	267.99	-124.60	143.39	3.66	50.68
Fr. 33	28.30	273.58	-131.04	142.54	3.79	54.03
Fr. 34	29.20	281.57	-137.60	143.97	3.92	57.50
Fr. 35	30.10	298.55	-144.29	154.26	4.06	61.09
Fr. 36	31.00	306.38	-151.07	155.31	4.20	64.80

Fr. 37	31.90	314.45	-157.95	156.50	4.34	68.64
Fr. 38	32.80	332.52	-164.97	167.55	4.48	72.60
Fr. 39	33.70	340.71	-172.09	168.62	4.63	76.70
Fr. 40	34.60	348.88	-179.34	169.54	4.78	80.93
Fr. 41	35.50	357.01	-186.70	170.31	4.93	85.31
Fr. 42	36.40	364.94	-194.14	170.80	5.09	89.81
Fr. 43	37.30	372.89	-201.67	171.22	5.24	94.46
Fr. 44	38.20	378.45	-209.27	169.18	5.40	99.25
Fr. 45	39.10	382.99	-216.93	166.06	5.55	104.17
Fr. 46	40.00	390.06	-224.63	165.43	5.69	109.23
Fr. 47	40.90	396.37	-232.38	164.00	5.84	114.42
Fr. 48	41.80	403.61	-240.15	163.47	5.99	119.75
Fr. 49	42.70	409.14	-247.93	161.21	6.14	125.20
Fr. 50	43.60	414.52	-255.71	158.81	6.28	130.79
Fr. 51	44.50	420.65	-263.47	157.18	6.42	136.51
Fr. 52	45.40	416.15	-271.18	144.97	6.56	142.35
Fr. 53	46.30	294.95	-278.87	16.08	6.69	148.31
Fr. 54	48.05	301.99	-293.73	8.26	6.71	160.04
Fr. 55	49.80	191.94	-308.47	-116.52	6.72	171.80
Fr. 56	52.50	306.54	-330.94	-24.40	6.67	189.88
Fr. 57	55.20	352.27	-353.05	-0.78	6.60	207.78
Fr. 58	57.90	389.15	-374.75	14.39	6.63	225.64
Fr. 59	60.60	410.73	-396.01	14.72	6.67	243.60
Fr. 60	63.30	431.16	-416.68	14.48	6.71	261.67
Fr. 61	66.00	440.18	-436.69	3.50	6.75	279.85
Fr. 62	68.70	382.84	-455.98	-73.14	6.59	297.88
Fr. 63	71.40	390.14	-474.50	-84.37	6.37	315.38
Fr. 64	74.09	410.62	-492.14	-81.52	6.15	332.19
Fr. 65	76.77	429.92	-508.94	-79.02	5.94	348.42
Fr. 66	79.46	446.86	-524.52	-77.66	5.73	364.07
Fr. 67	82.14	461.09	-538.62	-77.53	5.52	379.16
Fr. 68	84.83	472.62	-551.20	-78.58	5.31	393.70
Fr. 69	87.51	481.92	-562.20	-80.28	5.10	407.66
Fr. 70	90.20	489.03	-571.49	-82.47	4.88	421.05
Fr. 71	92.88	493.60	-578.83	-85.23	4.65	433.84
Fr. 72	95.57	495.91	-584.28	-88.37	4.42	446.02
Fr. 73	98.25	497.60	-589.13	-91.53	4.18	457.56
Fr. 74	100.94	498.95	-593.55	-94.60	3.93	468.44
Fr. 75	103.62	500.02	-597.48	-97.46	3.67	478.64
Fr. 76	106.31	500.81	-600.85	-100.04	3.40	488.13
Fr. 77	108.99	327.53	-603.58	-276.05	3.13	496.91
Fr. 78	111.68	505.63	-605.51	-99.87	2.86	504.95
Fr. 79	114.36	509.32	-606.71	-97.39	2.60	512.27
Fr. 80	117.05	512.44	-607.33	-94.89	2.34	518.89

Fr. 81	119.73	515.09	-607.46	-92.37	2.09	524.83
Fr. 82	122.42	517.35	-607.19	-89.84	1.84	530.10
Fr. 83	125.10	519.31	-606.61	-87.30	1.60	534.73
Fr. 84	127.79	521.18	-605.92	-84.74	1.37	538.72
Fr. 85	130.47	523.05	-605.23	-82.18	1.15	542.10
Fr. 86	133.16	524.91	-604.54	-79.62	0.93	544.89
Fr. 87	135.84	526.78	-603.84	-77.07	0.72	547.11
Fr. 88	138.53	528.63	-603.13	-74.51	0.52	548.77
Fr. 89	141.21	528.99	-602.10	-73.11	0.32	549.89
Fr. 90	143.90	528.94	-600.65	-71.72	0.13	550.48
Fr. 91	146.58	528.88	-599.21	-70.33	-0.07	550.56
Fr. 92	149.27	528.83	-597.76	-68.94	-0.25	550.13
Fr. 93	151.95	528.77	-596.32	-67.55	-0.44	549.21
Fr. 94	154.64	528.68	-594.83	-66.15	-0.62	547.80
Fr. 95	157.32	493.10	-593.42	-100.32	-0.79	545.91
Fr. 96	160.01	528.61	-591.98	-63.37	-0.96	543.55
Fr. 97	162.69	528.55	-590.53	-61.98	-1.13	540.74
Fr. 98	165.38	528.50	-589.09	-60.59	-1.30	537.47
Fr. 99	168.06	528.44	-587.64	-59.20	-1.46	533.78
Fr. 100	170.75	528.39	-586.19	-57.81	-1.61	529.65
Fr. 101	173.43	528.33	-584.75	-56.42	-1.77	525.11
Fr. 102	176.12	528.28	-583.30	-55.02	-1.92	520.17
Fr. 103	178.80	528.22	-581.86	-53.63	-2.06	514.82
Fr. 104	181.49	528.17	-580.41	-52.24	-2.21	509.09
Fr. 105	184.17	528.11	-578.96	-50.85	-2.34	502.98
Fr. 106	186.86	528.06	-577.52	-49.46	-2.48	496.51
Fr. 107	189.54	528.00	-576.07	-48.07	-2.61	489.68
Fr. 108	192.23	527.95	-574.62	-46.68	-2.74	482.50
Fr. 109	194.91	527.89	-573.18	-45.29	-2.86	474.99
Fr. 110	197.60	527.84	-571.73	-43.90	-2.98	467.15
Fr. 111	200.28	527.78	-570.28	-42.50	-3.10	458.99
Fr. 112	202.97	527.73	-568.84	-41.11	-3.21	450.53
Fr. 113	205.65	492.11	-567.39	-75.28	-3.32	441.77
Fr. 114	208.34	527.62	-565.95	-38.33	-3.42	432.72
Fr. 115	211.02	527.56	-564.50	-36.94	-3.52	423.40
Fr. 116	213.71	527.51	-563.05	-35.55	-3.62	413.81
Fr. 117	216.39	527.45	-561.61	-34.16	-3.71	403.97
Fr. 118	219.08	527.39	-560.16	-32.77	-3.80	393.88
Fr. 119	221.76	527.34	-558.71	-31.37	-3.89	383.55
Fr. 120	224.45	527.28	-557.27	-29.98	-3.97	373.00
Fr. 121	227.13	527.23	-555.82	-28.59	-4.05	362.23
Fr. 122	229.82	527.17	-554.37	-27.20	-4.13	351.25
Fr. 123	232.50	526.35	-552.87	-26.52	-4.20	340.08
Fr. 124	235.19	523.52	-550.59	-27.07	-4.27	328.72

Fr. 125	237.87	520.22	-547.83	-27.61	-4.34	317.16
Fr. 126	240.56	516.51	-544.64	-28.13	-4.42	305.40
Fr. 127	243.24	512.37	-541.01	-28.65	-4.49	293.44
Fr. 128	245.93	507.79	-536.94	-29.16	-4.57	281.27
Fr. 129	248.61	502.62	-532.29	-29.67	-4.65	268.89
Fr. 130	251.30	496.66	-526.84	-30.18	-4.73	256.30
Fr. 131	253.98	318.64	-520.47	-201.83	-4.81	243.49
Fr. 132	256.67	480.84	-513.11	-32.27	-4.90	230.46
Fr. 133	259.35	470.43	-504.74	-34.31	-4.99	217.19
Fr. 134	262.04	457.99	-495.47	-37.48	-5.08	203.68
Fr. 135	264.72	444.83	-485.39	-40.56	-5.19	189.90
Fr. 136	267.32	464.34	-474.13	-9.80	-5.26	176.30
Fr. 137	269.92	477.74	-461.26	16.47	-5.24	162.64
Fr. 138	272.52	480.61	-447.02	33.60	-5.18	149.08
Fr. 139	275.12	475.81	-431.54	44.27	-5.08	135.75
Fr. 140	277.72	464.97	-414.78	50.19	-4.95	122.71
Fr. 141	280.32	448.90	-396.67	52.23	-4.82	110.01
Fr. 142	282.87	429.15	-377.89	51.26	-4.69	97.90
Fr. 143	285.42	409.33	-358.65	50.68	-4.56	86.11
Fr. 144	287.97	412.79	-339.19	73.61	-4.40	74.68
Fr. 145	290.52	416.33	-319.74	96.59	-4.18	63.73
Fr. 146	293.07	417.99	-300.11	117.88	-3.91	53.40
Fr. 147	295.62	417.51	-279.96	137.54	-3.58	43.84
Fr. 148	298.17	414.66	-258.93	155.73	-3.21	35.17
Fr. 149	300.72	408.58	-236.21	172.37	-2.79	27.52
Fr. 150	303.27	398.18	-211.48	186.69	-2.33	20.98
Fr. 151	305.82	205.94	-185.25	20.69	-1.84	15.65
Fr. 152	309.12	263.74	-150.24	113.50	-1.46	10.22
Fr. 153	312.42	223.00	-115.65	107.35	-1.09	6.02
Fr. 154	315.72	184.02	-83.77	100.25	-0.75	2.98
Fr. 155	319.02	147.92	-54.74	93.18	-0.43	1.04
Fr. 156	322.32	104.01	-18.73	85.28	-0.14	0.12
Fr. 157	324.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



51. Κατανομή Διατμητικών Δυνάμεων και Καμπτικών Ροπών (BA)

6.5: Ευστάθεια μετά από βλάβη

Η μελέτη ευστάθειας του πλοίου ύστερα από βλάβη πραγματοποιήθηκε στην κατάσταση Full Load Departure. Κατά τον Κανονισμό 28 της MARPOL, εξετάζεται η ευστάθεια του πλοίου για ρήγμα σε οποιοδήποτε σημείο του (αφού έχει μήκος μεγαλύτερο των 225 m) και για διαστάσεις ρήγματος ανάλογα με τη θέση του στο πλοίο.

Οι διαστάσεις του ρήγματος που εξετάζεται είναι οι παρακάτω:

- Πλευρικό ρήγμα

Μήκος ρήγματος: $\frac{1}{3} \cdot L^{\frac{2}{3}}$ ή 14.5 m, όποιο είναι μικρότερο (προκύπτει 14.5 m)

Εγκάρσια εισχώρηση: $\frac{B}{5}$ ή 11.5 m, όποιο είναι μικρότερο (προκύπτει 11.5 m)

Ύψος ρήγματος: από την άνω πλευρά του ελάσματος του εξωτερικού πυθμένα στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου και πάνω, χωρίς όριο

- Ρήγμα πυθμένα

a. Από την πρωραία κάθετο του πλοίου έως $0.3 \cdot L$ πίσω από αυτήν:

Μήκος ρήγματος: $\frac{1}{3} \cdot L^{\frac{2}{3}}$ ή 14.5 m, όποιο είναι μικρότερο (προκύπτει 14.5 m)

Πλάτος ρήγματος: $\frac{B}{6}$ ή 10.0 m, όποιο είναι μικρότερο (προκύπτει 10.0 m)

Κατακόρυφη εισχώρηση: $\frac{B}{15}$ ή 6.0 m, όποιο είναι μικρότερο, μετρημένο από την άνω πλευρά του ελάσματος του εξωτερικού πυθμένα στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου (προκύπτει 4.0 m)

b. Σε οποιοδήποτε άλλο σημείο του πλοίου:

Μήκος ρήγματος: $\frac{1}{3} \cdot L^{\frac{2}{3}}$ ή 5.0 m, όποιο είναι μικρότερο (προκύπτει 5.0 m)

Πλάτος ρήγματος: $\frac{B}{5}$ ή 5.0 m, όποιο είναι μικρότερο (προκύπτει 5.0 m)

Κατακόρυφη εισχώρηση: $\frac{B}{15}$ ή 6.0 m, όποιο είναι μικρότερο, μετρημένο από την άνω πλευρά του ελάσματος του εξωτερικού πυθμένα στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου (προκύπτει 4.0 m)

Επίσης, όσον αφορά τις διαχωρητότητες των εσωτερικών χώρων, ισχύουν τα εξής:

Χώροι	Διαχωρητότητα
Αποθήκες	0.60
Ενδιαίτηση	0.95
Μηχανοστάσιο	0.85
Κενοί χώροι	0.95
Χώροι για αναλώσιμα υγρά	0 - 0.95
Χώροι για άλλα υγρά	0 - 0.95

Οι διαχωρητότητες των δύο τελευταίων λαμβάνονται ίσες με 0.95, έτσι ώστε να εξετασθεί το χειρότερο σενάριο ευστάθειας μετά από βλάβη.

6.5.1: Κριτήρια ευστάθειας μετά από βλάβη

Για να είναι αποδεκτή η ευστάθεια του πλοίου ύστερα από βλάβη, πρέπει να πληρούνται τα παρακάτω κριτήρια:

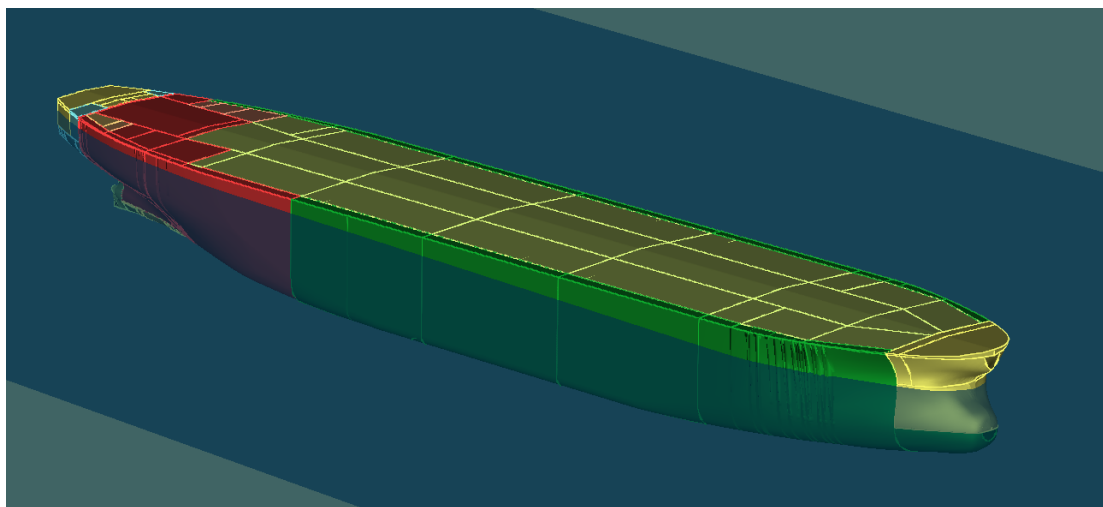
1. Η τελική ίσαλος, λαμβάνοντας υπόψη μεταβολή βυθίσματος, εγκάρσια κλίση και διαγωγή, πρέπει να βρίσκεται κάτω από όλα τα ανοίγματα από τα οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί προοδευτική κατάκλυση των εσωτερικών χώρων του πλοίου.
2. Στην τελική φάση της κατάκλυσης, λόγω μη συμμετρικής κατάκλυσης του πλοίου, η γωνία εγκάρσιας κλίσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 25° ή τις 30° αν η τελική ίσαλος δεν έχει υπερβεί την ακμή του καταστρώματος.
3. Η ευστάθεια του πλοίου ύστερα από βλάβη μπορεί να θεωρηθεί επαρκής αν από το σημείο ισορροπίας, ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς είναι θετικός και δεν υπάρχει κάποιο απροστάτευτο άνοιγμα για ένα εύρος γωνιών τουλάχιστον 20°.
4. Από το σημείο ισορροπίας έως 20° πέρα από αυτό, η μέγιστη τιμή του μοχλοβραχίονα επαναφοράς GZ πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.1 m.
5. Το εμβαδόν της επιφάνειας της καμπύλης του μοχλοβραχίονα επαναφοράς από το σημείο ισορροπίας έως 20° πέρα από αυτό δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.0175 m·rad.

6.5.2: Σενάρια βλάβης

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα δύο χειρότερα σενάρια ρήγματος στο πλοίο και γίνεται έλεγχος των κριτηρίων ευστάθειας μετά από βλάβη και της διαμήκους αντοχής του πλοίου. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για κάθε πιθανό σενάριο ρήγματος, το οποίο θα οδηγούσε σε κατάκλυση δύο ή περισσότερων γειτονικών δεξαμενών ή διαμερισμάτων.

6.5.2.1: Χειρότερο σενάριο πλευρικής ρωγμής

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι υπολογισμοί ευστάθειας στο χειρότερο σενάριο πλευρικής ρωγμής με βάση τα καθορισμένα κριτήρια. Αυτό είναι στην περίπτωση που η ρωγή βρίσκεται σε τέτοια θέση ώστε να κατακλυστούν ταυτόχρονα οι δεξαμενές Slop και το μηχανοστάσιο του πλοίου. Σημειώνεται πως το συγκεκριμένο σενάριο είναι το μόνο που οδηγεί σε μη ικανοποίηση κριτηρίου ευστάθειας μετά από βλάβη.



52. Κατάσταση Ισορροπίας στο Χειρότερο Σενάριο Πλευρικού Ρήγματος

Full Load Departure									
Item	%full	Unit Mass (t)	Actual Mass (t)	Unit Volume (m ³)	Actual Volume (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	KG (m)	FSM (t·m)
LIGHTSHIP	1.00	-	42491.04	-	-	151.58	-0.23	15.24	0.00
CREW	1.00	3.78	3.78	-	-	37.75	0.00	15.24	0.00
PROVISIONS	1.00	17.83	17.83	-	-	34.15	0.00	15.24	0.00

NO.1 C.O.T. (C)	98%	20658.97	20245.79	23502.81	23032.76	275.98	0.00	16.56	0.00
NO.1 C.O.T. (P)	98%	14281.11	13995.49	16247.00	15922.06	276.56	-15.60	17.26	0.00
NO.1 C.O.T. (S)	98%	14281.11	13995.49	16247.00	15922.06	276.56	15.60	17.26	0.00
NO.2 C.O.T. (C)	98%	23464.41	22995.12	26694.44	26160.55	229.82	0.00	16.21	0.00
NO.2 C.O.T. (P)	98%	17298.33	16952.36	19679.55	19285.96	229.82	-18.13	16.40	0.00
NO.2 C.O.T. (S)	98%	17298.33	16952.36	19679.55	19285.96	229.82	18.13	16.40	0.00
NO.3 C.O.T. (C)	98%	23464.42	22995.13	26694.45	26160.56	181.49	0.00	16.21	0.00
NO.3 C.O.T. (P)	98%	17298.32	16952.35	19679.55	19285.96	181.49	-18.13	16.40	0.00
NO.3 C.O.T. (S)	98%	17298.32	16952.35	19679.55	19285.96	181.49	18.13	16.40	0.00
NO.4 C.O.T. (C)	98%	23464.42	22995.14	26694.45	26160.57	133.16	0.00	16.21	0.00
NO.4 C.O.T. (P)	98%	17298.32	16952.36	19679.55	19285.96	133.16	-18.13	16.40	0.00
NO.4 C.O.T. (S)	98%	17298.32	16952.36	19679.55	19285.96	133.16	18.13	16.40	0.00
NO.5 C.O.T. (C)	98%	28968.48	28389.12	32956.18	32297.06	79.34	0.00	16.47	0.00
NO.5 C.O.T. (P)	98%	14416.44	14128.11	16400.96	16072.94	88.10	-17.84	17.00	0.00
NO.5 C.O.T. (S)	98%	14416.44	14128.11	16400.96	16072.94	88.10	17.84	17.00	0.00
SLOP T. (P)	98%	3446.54	3377.61	3920.98	3842.56	58.43	-17.86	20.37	0.00
SLOP T. (S)									
Total Payload	98%	284652.28	278959.26	323836.50	317359.79	176.54	-0.22	16.57	0.00
NO. 1 W.B.T. (P)	0%	8717.48	0.00	8504.86	0.00	268.55	-10.33	0.00	0.00
NO. 1 W.B.T. (S)	0%	8717.48	0.00	8504.86	0.00	268.55	10.33	0.00	0.00
NO. 2 W.B.T. (P)	0%	9241.12	0.00	9015.72	0.00	247.40	-18.87	0.00	0.00
NO. 2 W.B.T. (S)	0%	9241.12	0.00	9015.72	0.00	247.40	18.87	0.00	0.00
NO. 3 W.B.T. (P)	0%	9321.47	0.00	9094.12	0.00	181.49	-13.90	0.00	0.00
NO. 3 W.B.T. (S)	0%	9321.47	0.00	9094.12	0.00	181.49	13.90	0.00	0.00
NO. 4 W.B.T. (P)	0%	9240.02	0.00	9014.65	0.00	121.16	-19.71	0.00	0.00
NO. 4 W.B.T. (S)	0%	9240.02	0.00	9014.65	0.00	121.16	19.71	0.00	0.00
NO. 5 W.B.T. (P)	0%	9478.00	0.00	9246.83	0.00	84.65	-10.99	0.00	0.00
NO. 5 W.B.T. (S)									
NO. 6 W.B.T. (P)	0%	1569.96	0.00	1531.67	0.00	45.21	-19.44	0.00	0.00
NO. 6 W.B.T. (S)									
PORT USE FORE PEAK TANK	0%	2076.85	0.00	2026.19	0.00	305.97	0.00	0.27	0.00
Total Ballast	0%	86164.98	0.00	84063.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F.W.T. (P)	100%	184.56	184.56	184.56	184.56	10.25	-14.25	26.08	0.00
F.W.T. (S)	100%	443.88	443.88	443.88	443.88	10.05	11.46	26.11	0.00
AFT PEAK OVERFL. T. (F.W. ONLY)	40%	2607.15	1042.86	2607.15	1042.86	7.48	0.19	16.46	29879.64
Total FW	51.65 %	3235.59	1671.31	3235.59	1671.31	8.47	1.59	20.09	29879.64
NO.1 F.O.T (P)	95%	1631.69	1550.11	1664.99	1581.74	44.43	-17.98	22.45	1635.18
NO.1 F.O.T (S)									
NO.2 F.O.T (P)	95%	1201.86	1141.77	1226.39	1165.07	32.12	-17.01	22.59	923.32
NO.2 F.O./L.S.F.O.T. (S)									
F.O. SETT. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	40.45	-13.60	25.39	8.07
F.O. SERV. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	35.95	-13.60	25.39	8.07
L.S.F.O. SETT. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	31.45	-13.60	25.39	8.07
L.S.F.O. SERV. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	26.95	-13.60	25.39	8.07
Total FO	95%	3148.18	2990.77	3212.43	3051.81	38.66	-17.17	22.80	2590.76
D.O.T. (S)	95%	282.20	268.09	303.44	288.27	27.20	16.17	23.32	185.89
D.O. SERV. T. (S)	95%	59.72	56.73	64.21	61.00	26.50	13.60	25.39	6.13
Total DO	95%	341.92	324.82	367.65	349.27	27.08	15.72	23.68	192.02

M.G.O.T. (S)	95%	295.9	281.1	332.5	315.9	19.4	15.1	25.9	143.1
M.G.O. SERV. T. (S)	95%	57.1	54.3	64.2	61.0	22.9	13.6	25.4	5.9
Total MGO	95%	353.1	335.4	396.7	376.9	20.0	14.9	25.8	149.0
L.O. SETT. T. (S)	95%	55.57	52.79	61.74	58.65	43.15	9.80	24.68	7.41
L.O. STOR. T. (S)	95%	48.16	45.75	53.51	50.83	38.35	9.80	24.68	6.42
L.O. SUMP TANK	95%	90.79	86.25	100.87	95.83	29.11	0.34	1.37	41.58
NO.1 CYL. O. STOR. T. (S)	95%	44.45	42.23	49.39	46.92	34.60	9.80	24.68	5.93
NO.2 CYL. O. STOR. T. (S)	95%	44.45	42.23	49.39	46.92	31.00	9.80	24.68	5.93
Total LO	95%	283.41	269.24	314.90	299.16	34.59	6.77	17.21	67.26
F.O. OVERFLOW TANK	0%	32.01	0.00	32.01	0.00	38.17	-2.07	0.00	0.00
BILGE SEP. OIL TANK	0%	29.47	0.00	29.47	0.00	33.49	-2.07	0.00	0.00
BILGE TANK	0%	70.18	0.00	70.18	0.00	17.26	0.00	0.00	0.00
G.W./S.T.W. HOLDING TK.	0%	49.02	0.00	49.02	0.00	42.21	3.13	0.00	0.00
S.T.C. W.T.	0%	120.63	0.00	120.63	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
Total Miscellaneous	0%	301.29	0.00	301.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Loadcase			327063.48	415728.49	323108.23	170.74	-0.33	16.48	32878.64
FS correction								0.10	
VCG fluid								16.59	

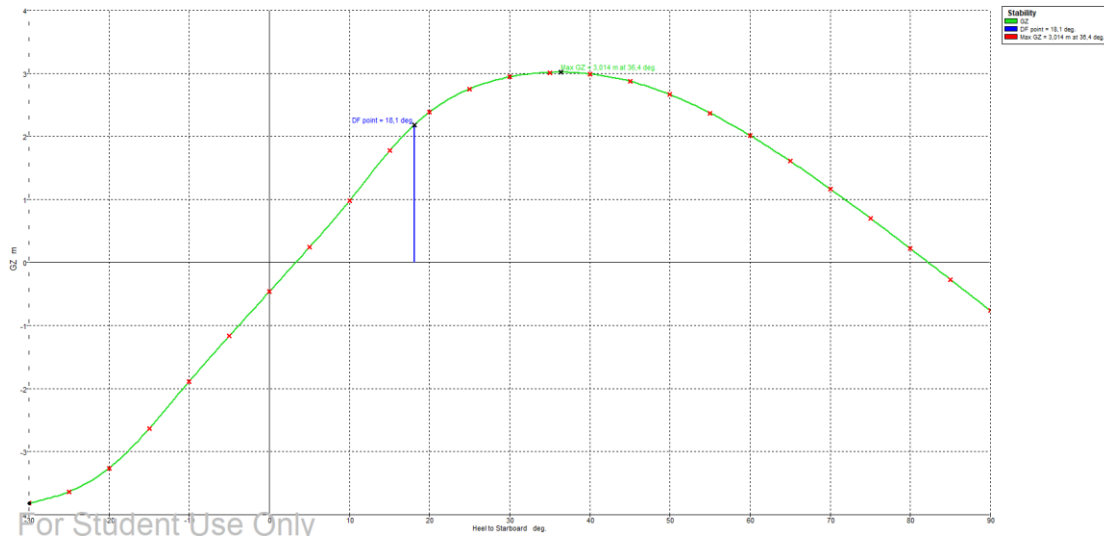
Equilibrium	
Draft at LCF (m)	22.18
Draft at FP (m)	18.93
Draft at AP (m)	25.86
Displacement (t)	327064.00
Heel (deg)	3.30
Trim (m)	6.93
LCB (m)	170.65
LCF (m)	168.64
Wetted Area (m²)	28711.63
Waterplane Area (m²)	15696.89
TPC (t/cm)	160.89
MTC (t·m)	3197.64
KB (m)	11.60
BM_T (m)	13.14
BM_L (m)	315.90
GM_T (m)	8.14

GZ-φ Curve		
φ (deg)	GZ (m)	Area Under GZ Curve (m·rad)
-30.00	-3.82	1.29
-25.00	-3.63	0.96
-20.00	-3.26	0.66
-15.00	-2.63	0.40
-10.00	-1.89	0.20

-5.00	-1.17	0.07
0.00	-0.46	-0.01
5.00	0.24	-0.01
10.00	0.98	0.04
15.00	1.77	0.16
20.00	2.39	0.35
25.00	2.75	0.57
30.00	2.94	0.82
35.00	3.01	1.08
40.00	2.99	1.34
45.00	2.87	1.60
50.00	2.66	1.84
55.00	2.37	2.06
60.00	2.01	2.25
65.00	1.61	2.41
70.00	1.17	2.53
75.00	0.70	2.62
80.00	0.22	2.66
85.00	-0.27	2.65
90.00	-0.76	2.61

Intact Stability Criteria	Min Value	Actual Value	Status
Opening Distance from Sea Level (m)	0	4.11	PASS
Max Heel of Equilibrium (deg)	25	3.30	PASS
Range of Positive GZ or Until ϕ_r (deg)	20	14.80	FAIL
Max GZ Between Angle of Equilibrium and 20° Above it (m)	0.1	2.18	PASS
Area of GZ Curve Between Angle of Equilibrium and 20° Above it (m·rad)	0.0175	0.28	PASS

Παρατηρείται πως ένα από τα κριτήρια ευστάθειας μετά από βλάβη δεν ικανοποιείται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ως ανοίγματα έχουν θεωρηθεί οι πόρτες που βρίσκονται στο υπερκατασκεύασμα. Με την τοποθέτηση καιροστεγών (weather tight) πορτών στο υπερκατασκεύασμα του πλοίου αποφεύγεται ο κίνδυνος κατάκλυσης παρά την μη ικανοποίηση του κριτηρίου.



53. GZ-φ (Πλευρικό Ρήγμα)

Longitudinal Strength

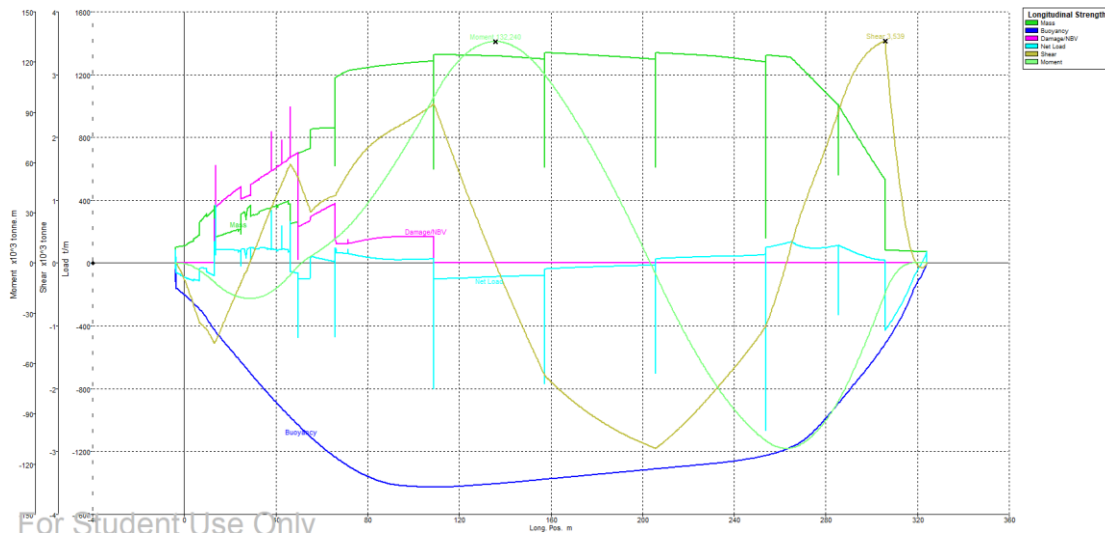
Frame No.	x (m)	Mass (t/m)	Buoyancy (t/m)	Lost Buoyancy (t/m)	Net Load (t/m)	Shear Force ($\times 10^3$ t)	Bending Moment ($\times 10^3$ t·m)
Fr. -5	-3.70	83.54	-0.56	0.00	82.98	0.00	0.00
Fr. -4	-2.90	102.24	-166.60	0.00	-64.36	-0.03	-0.01
Fr. -3	-2.10	105.56	-175.70	0.00	-70.14	-0.08	-0.05
Fr. -2	-1.30	105.25	-185.09	0.00	-79.84	-0.14	-0.14
Fr. -1	-0.50	108.76	-194.76	0.00	-86.00	-0.21	-0.28
Fr. 0	0.30	112.60	-204.72	0.00	-92.12	-0.28	-0.48
Fr. 1	1.10	116.75	-214.96	0.00	-98.21	-0.36	-0.73
Fr. 2	1.90	127.28	-225.44	0.00	-98.16	-0.44	-1.05
Fr. 3	2.70	132.53	-236.14	0.00	-103.60	-0.52	-1.43
Fr. 4	3.50	138.06	-247.05	0.00	-108.99	-0.60	-1.87
Fr. 5	4.30	155.42	-258.17	0.00	-102.75	-0.69	-2.39
Fr. 6	5.10	163.42	-269.49	0.00	-106.07	-0.77	-2.98
Fr. 7	5.90	171.68	-281.00	0.00	-109.32	-0.86	-3.63
Fr. 8	6.70	219.50	-292.70	0.00	-73.20	-0.95	-4.35
Fr. 9	7.50	272.71	-304.61	0.00	-31.91	-0.97	-5.12
Fr. 10	8.30	286.83	-319.81	0.00	-32.97	-1.00	-5.91
Fr. 11	9.10	301.14	-335.91	0.00	-34.77	-1.03	-6.72
Fr. 12	9.90	305.45	-352.40	0.00	-46.96	-1.06	-7.55
Fr. 13	10.70	308.04	-370.73	0.00	-62.69	-1.10	-8.42
Fr. 14	11.50	320.23	-389.62	0.00	-69.39	-1.16	-9.32
Fr. 15	12.30	332.18	-407.32	0.00	-75.14	-1.21	-10.27
Fr. 16	13.10	283.35	-424.02	278.77	138.10	-1.28	-11.26
Fr. 17	13.90	186.22	-439.88	623.44	369.78	-1.23	-12.27
Fr. 18	14.80	171.33	-456.88	372.30	86.75	-1.16	-13.34

Fr. 19	15.70	175.88	-473.15	383.95	86.68	-1.08	-14.34
Fr. 20	16.60	180.43	-488.99	395.11	86.55	-1.00	-15.28
Fr. 21	17.50	184.97	-504.53	405.87	86.31	-0.92	-16.14
Fr. 22	18.40	189.51	-519.93	416.41	85.98	-0.84	-16.94
Fr. 23	19.30	194.04	-535.31	426.80	85.54	-0.77	-17.66
Fr. 24	20.20	198.57	-550.71	437.09	84.96	-0.69	-18.32
Fr. 25	21.10	202.76	-566.17	447.32	83.91	-0.61	-18.91
Fr. 26	22.00	206.88	-581.66	457.47	82.69	-0.54	-19.43
Fr. 27	22.90	211.35	-597.19	467.54	81.70	-0.47	-19.88
Fr. 28	23.80	206.10	-612.75	477.52	70.88	-0.39	-20.26
Fr. 29	24.70	193.62	-628.33	471.55	36.84	-0.33	-20.59
Fr. 30	25.60	320.44	-643.93	413.26	89.77	-0.25	-20.84
Fr. 31	26.50	317.87	-659.53	419.16	77.50	-0.16	-21.03
Fr. 32	27.40	329.58	-675.12	424.89	79.35	-0.12	-21.15
Fr. 33	28.30	356.02	-690.65	430.46	95.83	-0.03	-21.22
Fr. 34	29.20	306.05	-706.13	427.13	27.06	0.06	-21.21
Fr. 35	30.10	304.92	-721.51	510.50	93.91	0.14	-21.12
Fr. 36	31.00	307.74	-736.80	519.82	90.75	0.23	-20.95
Fr. 37	31.90	312.76	-752.00	528.98	89.74	0.31	-20.71
Fr. 38	32.80	327.79	-767.11	529.47	90.15	0.39	-20.40
Fr. 39	33.70	333.00	-782.16	546.89	97.73	0.48	-20.01
Fr. 40	34.60	338.10	-797.13	555.61	96.57	0.56	-19.55
Fr. 41	35.50	343.04	-812.02	564.18	95.20	0.65	-19.00
Fr. 42	36.40	345.83	-826.82	564.27	83.28	0.73	-18.38
Fr. 43	37.30	348.63	-841.50	580.84	87.97	0.81	-17.68
Fr. 44	38.20	354.61	-856.07	837.03	335.56	0.89	-16.91
Fr. 45	39.10	358.80	-870.53	597.10	85.36	0.97	-16.07
Fr. 46	40.00	363.72	-884.84	605.18	84.05	1.05	-15.17
Fr. 47	40.90	362.96	-899.02	613.18	77.12	1.12	-14.19
Fr. 48	41.80	373.77	-913.04	624.30	85.03	1.20	-13.15
Fr. 49	42.70	379.15	-926.90	783.98	236.23	1.27	-12.04
Fr. 50	43.60	384.56	-940.63	643.49	87.41	1.35	-10.85
Fr. 51	44.50	389.45	-954.25	651.39	86.59	1.43	-9.60
Fr. 52	45.40	378.59	-967.75	659.22	70.06	1.51	-8.28
Fr. 53	46.30	251.13	-981.14	995.75	265.74	1.57	-6.89
Fr. 54	48.05	256.39	-1006.84	689.52	-60.93	1.47	-4.23
Fr. 55	49.80	338.91	-1032.08	585.84	-107.33	1.36	-1.75
Fr. 56	52.50	716.01	-1070.00	252.12	-101.87	1.09	1.56
Fr. 57	55.20	792.51	-1106.60	289.50	-24.59	0.82	4.12
Fr. 58	57.90	856.36	-1141.75	318.27	32.88	0.92	6.46
Fr. 59	60.60	858.36	-1175.29	340.57	23.64	0.99	9.04
Fr. 60	63.30	859.92	-1206.80	361.85	14.97	1.04	11.80
Fr. 61	66.00	621.88	-1236.29	151.41	-463.00	1.07	14.66
Fr. 62	68.70	1204.83	-1263.84	122.22	63.21	1.26	17.81

Fr. 63	71.40	1224.48	-1289.50	152.47	87.45	1.42	21.43
Fr. 64	74.09	1232.09	-1313.15	133.02	51.96	1.57	25.46
Fr. 65	76.77	1238.05	-1334.93	141.21	44.32	1.70	29.86
Fr. 66	79.46	1243.71	-1354.55	148.40	37.56	1.81	34.58
Fr. 67	82.14	1249.07	-1371.74	154.46	31.79	1.90	39.57
Fr. 68	84.83	1254.13	-1386.24	159.30	27.18	1.98	44.79
Fr. 69	87.51	1258.89	-1398.18	163.05	23.76	2.05	50.21
Fr. 70	90.20	1263.36	-1407.61	165.75	21.50	2.11	55.80
Fr. 71	92.88	1267.53	-1414.21	167.21	20.54	2.17	61.54
Fr. 72	95.57	1271.39	-1418.12	167.58	20.86	2.22	67.44
Fr. 73	98.25	1274.97	-1421.06	167.65	21.56	2.28	73.48
Fr. 74	100.94	1278.27	-1423.36	167.56	22.46	2.34	79.69
Fr. 75	103.62	1281.30	-1425.08	167.33	23.54	2.40	86.05
Fr. 76	106.31	1284.06	-1426.24	166.96	24.78	2.47	92.58
Fr. 77	108.99	611.36	-1426.75	28.08	-787.31	2.53	99.29
Fr. 78	111.68	1326.71	-1426.46	0.00	-99.76	2.27	105.73
Fr. 79	114.36	1326.12	-1425.45	0.00	-99.33	2.00	111.46
Fr. 80	117.05	1325.30	-1423.85	0.00	-98.55	1.73	116.46
Fr. 81	119.73	1324.41	-1421.76	0.00	-97.35	1.47	120.76
Fr. 82	122.42	1323.47	-1419.28	0.00	-95.81	1.21	124.36
Fr. 83	125.10	1322.46	-1416.48	0.00	-94.02	0.96	127.26
Fr. 84	127.79	1321.40	-1413.57	0.00	-92.17	0.71	129.49
Fr. 85	130.47	1320.29	-1410.67	0.00	-90.38	0.46	131.05
Fr. 86	133.16	1319.12	-1407.76	0.00	-88.65	0.22	131.96
Fr. 87	135.84	1317.89	-1404.85	0.00	-86.96	-0.02	132.24
Fr. 88	138.53	1316.60	-1401.93	0.00	-85.33	-0.25	131.88
Fr. 89	141.21	1314.13	-1398.67	0.00	-84.54	-0.48	130.91
Fr. 90	143.90	1311.55	-1395.01	0.00	-83.46	-0.70	129.33
Fr. 91	146.58	1308.91	-1391.35	0.00	-82.44	-0.92	127.15
Fr. 92	149.27	1306.22	-1387.69	0.00	-81.47	-1.14	124.37
Fr. 93	151.95	1303.47	-1384.03	0.00	-80.55	-1.36	121.01
Fr. 94	154.64	1300.70	-1380.33	0.00	-79.62	-1.58	117.07
Fr. 95	157.32	624.27	-1376.70	0.00	-752.44	-1.79	112.55
Fr. 96	160.01	1337.59	-1373.04	0.00	-35.45	-1.89	107.61
Fr. 97	162.69	1335.82	-1369.38	0.00	-33.56	-1.98	102.42
Fr. 98	165.38	1333.82	-1365.72	0.00	-31.90	-2.07	96.98
Fr. 99	168.06	1331.75	-1362.06	0.00	-30.31	-2.15	91.31
Fr. 100	170.75	1329.62	-1358.39	0.00	-28.77	-2.23	85.43
Fr. 101	173.43	1327.44	-1354.73	0.00	-27.29	-2.31	79.34
Fr. 102	176.12	1325.20	-1351.07	0.00	-25.87	-2.38	73.05
Fr. 103	178.80	1322.90	-1347.41	0.00	-24.51	-2.45	66.57
Fr. 104	181.49	1320.54	-1343.75	0.00	-23.20	-2.51	59.92
Fr. 105	184.17	1318.13	-1340.08	0.00	-21.95	-2.57	53.10
Fr. 106	186.86	1315.66	-1336.42	0.00	-20.76	-2.63	46.13

Fr. 107	189.54	1313.14	-1332.76	0.00	-19.62	-2.68	39.00
Fr. 108	192.23	1310.56	-1329.10	0.00	-18.54	-2.73	31.73
Fr. 109	194.91	1307.92	-1325.44	0.00	-17.52	-2.78	24.33
Fr. 110	197.60	1305.22	-1321.77	0.00	-16.55	-2.83	16.80
Fr. 111	200.28	1302.48	-1318.11	0.00	-15.63	-2.87	9.15
Fr. 112	202.97	1299.71	-1314.45	0.00	-14.74	-2.91	1.39
Fr. 113	205.65	623.27	-1310.79	0.00	-687.52	-2.95	-6.48
Fr. 114	208.34	1336.60	-1307.13	0.00	29.47	-2.87	-14.30
Fr. 115	211.02	1334.83	-1303.46	0.00	31.36	-2.79	-21.90
Fr. 116	213.71	1332.83	-1299.80	0.00	33.03	-2.71	-29.29
Fr. 117	216.39	1330.75	-1296.14	0.00	34.62	-2.61	-36.43
Fr. 118	219.08	1328.63	-1292.48	0.00	36.15	-2.52	-43.32
Fr. 119	221.76	1326.44	-1288.81	0.00	37.63	-2.42	-49.95
Fr. 120	224.45	1324.20	-1285.15	0.00	39.05	-2.32	-56.31
Fr. 121	227.13	1321.90	-1281.49	0.00	40.41	-2.21	-62.39
Fr. 122	229.82	1319.55	-1277.83	0.00	41.72	-2.10	-68.18
Fr. 123	232.50	1316.45	-1274.11	0.00	42.34	-1.99	-73.67
Fr. 124	235.19	1312.05	-1269.61	0.00	42.44	-1.87	-78.85
Fr. 125	237.87	1307.60	-1264.63	0.00	42.96	-1.76	-83.73
Fr. 126	240.56	1303.09	-1259.22	0.00	43.86	-1.64	-88.30
Fr. 127	243.24	1298.52	-1253.38	0.00	45.14	-1.52	-92.55
Fr. 128	245.93	1293.90	-1247.09	0.00	46.80	-1.40	-96.47
Fr. 129	248.61	1289.22	-1240.22	0.00	49.00	-1.27	-100.06
Fr. 130	251.30	1284.52	-1232.55	0.00	51.97	-1.14	-103.29
Fr. 131	253.98	374.81	-1223.77	0.00	-848.96	-0.99	-106.15
Fr. 132	256.67	1320.33	-1213.66	0.00	106.67	-0.72	-108.44
Fr. 133	259.35	1317.16	-1202.03	0.00	115.13	-0.42	-109.97
Fr. 134	262.04	1313.73	-1188.69	0.00	125.04	-0.10	-110.66
Fr. 135	264.72	1308.33	-1173.29	0.00	135.04	0.26	-110.46
Fr. 136	267.32	1271.82	-1154.84	0.00	116.98	0.58	-109.36
Fr. 137	269.92	1233.61	-1130.39	0.00	103.21	0.87	-107.47
Fr. 138	272.52	1195.40	-1099.21	0.00	96.19	1.13	-104.87
Fr. 139	275.12	1157.19	-1063.49	0.00	93.70	1.37	-101.62
Fr. 140	277.72	1118.99	-1024.13	0.00	94.87	1.62	-97.74
Fr. 141	280.32	1080.80	-981.50	0.00	99.30	1.87	-93.21
Fr. 142	282.87	1043.35	-937.31	0.00	106.03	2.13	-88.12
Fr. 143	285.42	561.78	-892.55	0.00	-330.77	2.41	-82.34
Fr. 144	287.97	944.44	-847.61	0.00	96.83	2.68	-75.85
Fr. 145	290.52	883.37	-802.67	0.00	80.70	2.90	-68.72
Fr. 146	293.07	822.83	-757.55	0.00	65.29	3.09	-61.07
Fr. 147	295.62	762.91	-711.95	0.00	50.95	3.24	-53.00
Fr. 148	298.17	703.74	-665.67	0.00	38.08	3.35	-44.60
Fr. 149	300.72	645.36	-617.89	0.00	27.47	3.43	-35.94
Fr. 150	303.27	587.75	-567.61	0.00	20.13	3.49	-27.11

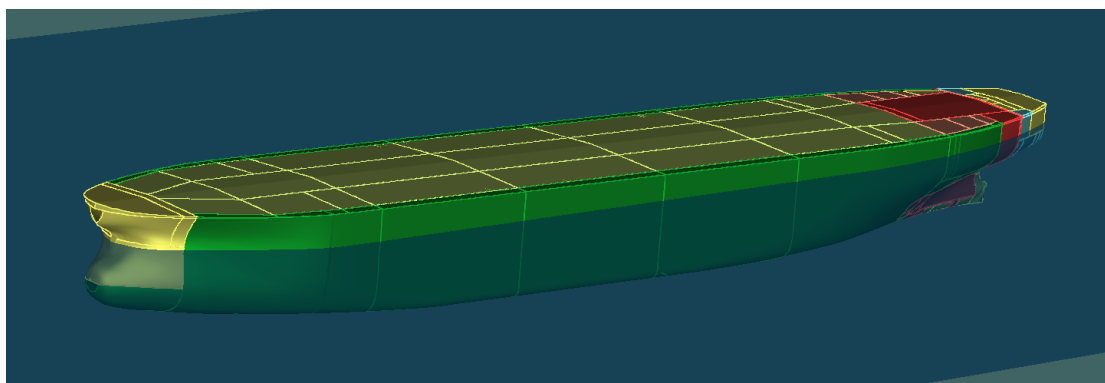
Fr. 151	305.82	87.52	-514.46	0.00	-426.94	3.54	-18.14
Fr. 152	309.12	84.07	-440.42	0.00	-356.35	2.24	-8.68
Fr. 153	312.42	81.63	-357.32	0.00	-275.69	1.20	-3.07
Fr. 154	315.72	79.19	-261.03	0.00	-181.83	0.44	-0.45
Fr. 155	319.02	76.76	-146.38	0.00	-69.62	0.03	0.21
Fr. 156	322.32	74.32	-61.17	0.00	13.14	-0.07	0.07
Fr. 157	324.00	0.00	-0.04	0.00	-0.04	0.00	0.00



54. Κατανομή Διατμητικών Δυνάμεων και Καμπτικών Ροπών (Πλευρικό Ρήγμα)

6.5.2.2: Χειρότερο σενάριο ρωγμής στον πυθμένα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι υπολογισμοί ευστάθειας στο χειρότερο σενάριο ρωγμής στον πυθμένα. Αυτό είναι, με βάση των κριτηρίων ευστάθειας μετά από βλάβη, στην περίπτωση που η ρωγή εκτείνεται μεταξύ μηχανοστασίου και Pump room και είναι συμμετρική κατά το πλάτος του πλοίου.



55. Κατάσταση Ισορροπίας στο Χειρότερο Σενάριο Ρήγματος Πυθμένα

Full Load Departure									
Item	%full	Unit Mass (t)	Actual Mass (t)	Unit Volume (m ³)	Actual Volume (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	KG (m)	FSM (t·m)
LIGHTSHIP	1.00	-	42491.04	-	-	151.58	-0.23	15.24	0.00
CREW	1.00	3.78	3.78	-	-	37.75	0.00	15.24	0.00
PROVISIONS	1.00	17.83	17.83	-	-	34.15	0.00	15.24	0.00
NO.1 C.O.T. (C)	98%	20658.97	20245.79	23502.81	23032.76	275.98	0.00	16.56	0.00
NO.1 C.O.T. (P)	98%	14281.11	13995.49	16247.00	15922.06	276.56	-15.60	17.26	0.00
NO.1 C.O.T. (S)	98%	14281.11	13995.49	16247.00	15922.06	276.56	15.60	17.26	0.00
NO.2 C.O.T. (C)	98%	23464.41	22995.12	26694.44	26160.55	229.82	0.00	16.21	0.00
NO.2 C.O.T. (P)	98%	17298.33	16952.36	19679.55	19285.96	229.82	-18.13	16.40	0.00
NO.2 C.O.T. (S)	98%	17298.33	16952.36	19679.55	19285.96	229.82	18.13	16.40	0.00
NO.3 C.O.T. (C)	98%	23464.42	22995.13	26694.45	26160.56	181.49	0.00	16.21	0.00
NO.3 C.O.T. (P)	98%	17298.32	16952.35	19679.55	19285.96	181.49	-18.13	16.40	0.00
NO.3 C.O.T. (S)	98%	17298.32	16952.35	19679.55	19285.96	181.49	18.13	16.40	0.00
NO.4 C.O.T. (C)	98%	23464.42	22995.14	26694.45	26160.57	133.16	0.00	16.21	0.00
NO.4 C.O.T. (P)	98%	17298.32	16952.36	19679.55	19285.96	133.16	-18.13	16.40	0.00
NO.4 C.O.T. (S)	98%	17298.32	16952.36	19679.55	19285.96	133.16	18.13	16.40	0.00
NO.5 C.O.T. (C)	98%	28968.48	28389.12	32956.18	32297.06	79.34	0.00	16.47	0.00
NO.5 C.O.T. (P)	98%	14416.44	14128.11	16400.96	16072.94	88.10	-17.84	17.00	0.00
NO.5 C.O.T. (S)	98%	14416.44	14128.11	16400.96	16072.94	88.10	17.84	17.00	0.00
SLOP T. (P)	98%	3446.54	3377.61	3920.98	3842.56	58.43	-17.86	20.37	0.00
SLOP T. (S)	98%	3446.54	3377.61	3920.98	3842.56	58.43	17.86	20.37	0.00
Total Payload	98%	288098.81	282336.86	327757.47	321202.34	175.13	0.00	16.61	0.00
NO. 1 W.B.T. (P)	0%	8717.48	0.00	8504.86	0.00	268.55	-10.33	0.00	0.00
NO. 1 W.B.T. (S)	0%	8717.48	0.00	8504.86	0.00	268.55	10.33	0.00	0.00
NO. 2 W.B.T. (P)	0%	9241.12	0.00	9015.72	0.00	247.40	-18.87	0.00	0.00
NO. 2 W.B.T. (S)	0%	9241.12	0.00	9015.72	0.00	247.40	18.87	0.00	0.00
NO. 3 W.B.T. (P)	0%	9321.47	0.00	9094.12	0.00	181.49	-13.90	0.00	0.00
NO. 3 W.B.T. (S)	0%	9321.47	0.00	9094.12	0.00	181.49	13.90	0.00	0.00
NO. 4 W.B.T. (P)	0%	9240.02	0.00	9014.65	0.00	121.16	-19.71	0.00	0.00
NO. 4 W.B.T. (S)	0%	9240.02	0.00	9014.65	0.00	121.16	19.71	0.00	0.00
NO. 5 W.B.T. (P)	0%	9478.00	0.00	9246.83	0.00	84.65	-10.99	0.00	0.00
NO. 5 W.B.T. (S)	0%	9478.00	0.00	9246.83	0.00	84.65	10.99	0.00	0.00
NO. 6 W.B.T. (P)	0%	1569.96	0.00	1531.67	0.00	45.21	-19.44	0.00	0.00

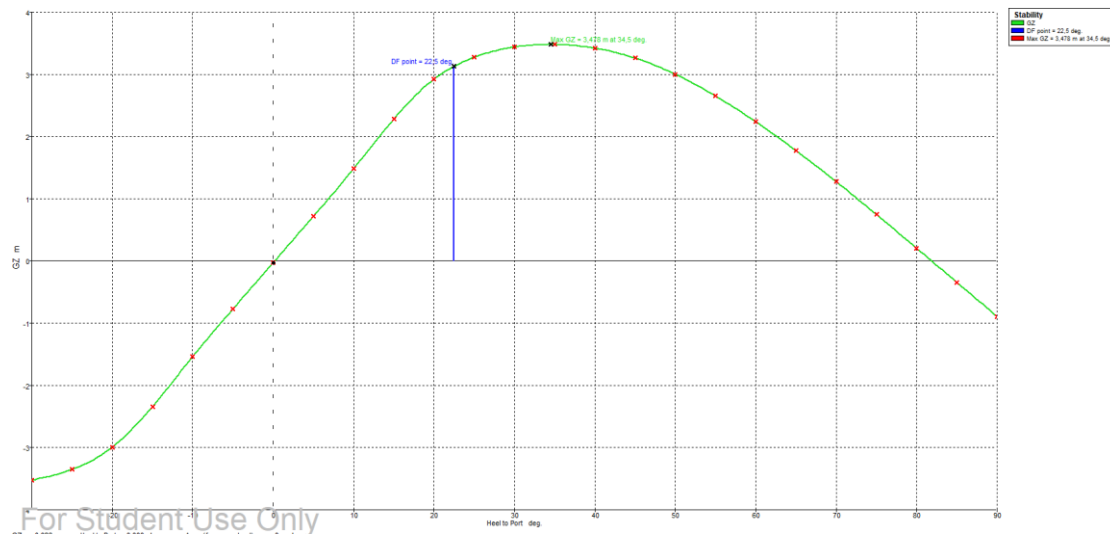
NO. 6 W.B.T. (S)	0%	2129.16	0.00	2077.23	0.00	-2.30	18.58	0.00	0.00
PORT USE FORE PEAK TANK	0%	2076.85	0.00	2026.19	0.00	305.97	0.00	0.00	0.00
Total Ballast	0%	97772.14	0.00	95387.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F.W.T. (P)	100%	184.56	184.56	184.56	184.56	10.25	-14.25	26.08	0.00
F.W.T. (S)	100%	443.88	443.88	443.88	443.88	10.05	11.46	26.11	0.00
AFT PEAK OVERFL. T. (F.W. ONLY)	40%	2607.15	1042.86	2607.15	1042.86	7.48	0.19	16.46	29879.64
Total FW	51.65%	3235.59	1671.31	3235.59	1671.31	8.47	1.59	20.09	29879.64
NO.1 F.O.T (P)	95%	1631.69	1550.11	1664.99	1581.74	44.43	-17.98	22.45	1635.18
NO.1 F.O.T (S)	95%	1710.33	1624.81	1745.24	1657.97	44.24	17.77	22.58	1635.18
NO.2 F.O.T (P)	95%	1201.86	1141.77	1226.39	1165.07	32.12	-17.01	22.59	923.32
NO.2 F.O./L.S.F.O.T. (S)	95%	1039.39	987.42	1060.60	1007.57	33.89	16.65	22.92	707.74
F.O. SETT. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	40.45	-13.60	25.39	8.07
F.O. SERV. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	35.95	-13.60	25.39	8.07
L.S.F.O. SETT. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	31.45	-13.60	25.39	8.07
L.S.F.O. SERV. T. (P)	95%	78.66	74.72	80.26	76.25	26.95	-13.60	25.39	8.07
Total FO	95%	5897.91	5603.01	6018.27	5717.36	39.44	-1.08	22.76	4933.68
D.O.T. (S)	95%	282.20	268.09	303.44	288.27	27.20	16.17	23.32	185.89
D.O. SERV. T. (S)	95%	59.72	56.73	64.21	61.00	26.50	13.60	25.39	6.13
Total DO	95%	341.92	324.82	367.65	349.27	27.08	15.72	23.68	192.02
M.G.O.T. (S)	95%	295.9	281.1	332.5	315.9	19.4	15.1	25.9	143.1
M.G.O. SERV. T. (S)	95%	57.1	54.3	64.2	61.0	22.9	13.6	25.4	5.9
Total MGO	95%	353.1	335.4	396.7	376.9	20.0	14.9	25.8	149.0
L.O. SETT. T. (S)	95%	55.57	52.79	61.74	58.65	43.15	9.80	24.68	7.41
L.O. STOR. T. (S)	95%	48.16	45.75	53.51	50.83	38.35	9.80	24.68	6.42
L.O. SUMP TANK	95%	90.79	86.25	100.87	95.83	29.11	0.34	1.37	41.58
NO.1 CYL. O. STOR. T. (S)	95%	44.45	42.23	49.39	46.92	34.60	9.80	24.68	5.93
NO.2 CYL. O. STOR. T. (S)	95%	44.45	42.23	49.39	46.92	31.00	9.80	24.68	5.93
Total LO	95%	283.41	269.24	314.90	299.16	34.59	6.77	17.21	67.26
F.O. OVERFLOW TANK	0%	32.01	0.00	32.01	0.00	38.17	-2.07	0.00	0.00
BILGE SEP. OIL TANK	0%	29.47	0.00	29.47	0.00	33.49	-2.07	0.00	0.00
BILGE TANK	0%	70.18	0.00	70.18	0.00	17.26	0.00	0.00	0.00
G.W./S.T.W. HOLDING TK.	0%	49.02	0.00	49.02	0.00	42.21	3.13	0.00	0.00
S.T.C. W.T.	0%	120.63	0.00	120.63	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
Total Miscellaneous	0%	301.29	0.00	301.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Loadcase			333053.31	433779.36	329616.32	168.58	0.00	16.57	35221.56
FS correction								0.11	
VCG fluid								16.68	

Equilibrium	
Draft at LCF (m)	21.78
Draft at FP (m)	19.42
Draft at AP (m)	24.29
Displacement (t)	333041.00
Heel (deg)	0.00
Trim (m)	4.87

LCB (m)	168.50
LCF (m)	163.97
Wetted Area (m²)	28322.57
Waterplane Area (m²)	16345.48
TPC (t/cm)	167.54
MTC (t·m)	3453.41
KB (m)	11.36
BM_T (m)	13.86
BM_L (m)	335.06
GM_T (m)	8.54

GZ-ϕ Curve		
ϕ (deg)	GZ (m)	Area Under GZ Curve (m·rad)
-30.00	-3.52	1.12
-25.00	-3.35	0.82
-20.00	-2.99	0.54
-15.00	-2.34	0.30
-10.00	-1.54	0.14
-5.00	-0.77	0.03
0.00	-0.03	0.00
5.00	0.72	0.03
10.00	1.48	0.13
15.00	2.28	0.29
20.00	2.92	0.52
25.00	3.28	0.79
30.00	3.44	1.09
35.00	3.48	1.39
40.00	3.42	1.69
45.00	3.26	1.98
50.00	3.00	2.26
55.00	2.65	2.50
60.00	2.24	2.72
65.00	1.78	2.89
70.00	1.28	3.03
75.00	0.75	3.11
80.00	0.21	3.16
85.00	-0.34	3.15
90.00	-0.89	3.10

Intact Stability Criteria	Min Value	Actual Value	Status
Opening Distance from Sea Level (m)	0	6.07	PASS
Max Heel of Equilibrium (deg)	25	0	PASS
Range of Positive GZ or Until ϕ_f (deg)	20	22.30	PASS
Max GZ Between Angle of Equilibrium and 20° Above it (m)	0.1	2.94	PASS
Area of GZ Curve Between Angle of Equilibrium and 20° Above it (m·rad)	0.0175	0.53	PASS



56. GZ- ϕ (Ρήγμα Πυθμένα)

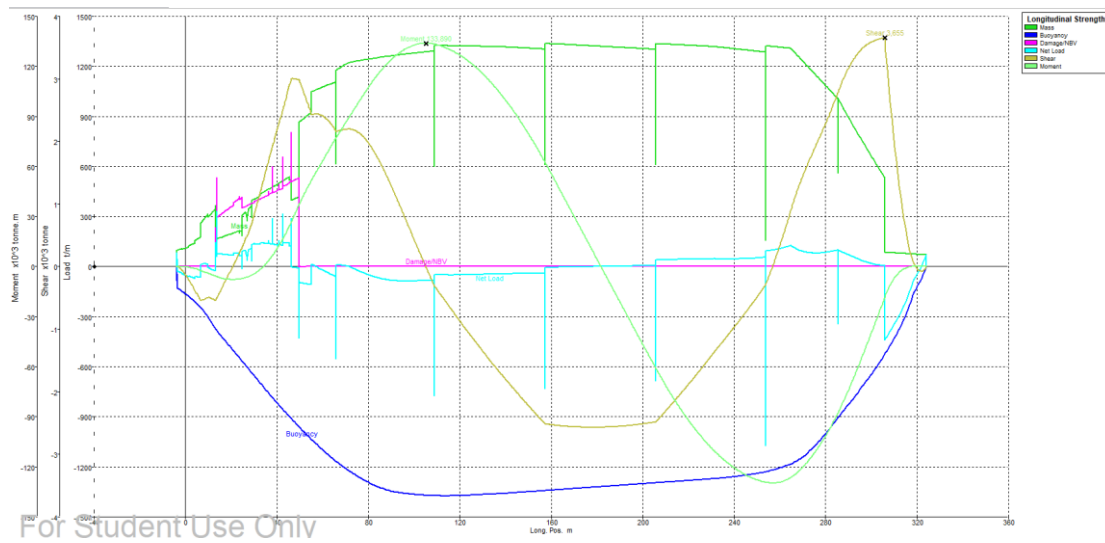
Longitudinal Strength							
Frame No.	x (m)	Mass (t/m)	Buoyancy (t/m)	Lost Buoyancy (t/m)	Net Load (t/m)	Shear Force ($\times 10^3$ t)	Bending Moment ($\times 10^3$ t·m)
Fr. -5	-3.70	83.54	-0.43	0.00	83.11	0.00	0.00
Fr. -4	-2.90	101.47	-133.29	0.00	-31.82	-0.01	0.00
Fr. -3	-2.10	104.84	-141.14	0.00	-36.30	-0.04	-0.02
Fr. -2	-1.30	104.61	-149.31	0.00	-44.70	-0.07	-0.06
Fr. -1	-0.50	108.19	-157.78	0.00	-49.60	-0.11	-0.13
Fr. 0	0.30	112.09	-166.56	0.00	-54.47	-0.15	-0.23
Fr. 1	1.10	116.32	-175.65	0.00	-59.33	-0.19	-0.36
Fr. 2	1.90	126.94	-185.00	0.00	-58.06	-0.24	-0.54
Fr. 3	2.70	132.30	-194.60	0.00	-62.30	-0.29	-0.75
Fr. 4	3.50	137.94	-204.43	0.00	-66.49	-0.34	-0.99
Fr. 5	4.30	155.41	-214.50	0.00	-59.08	-0.39	-1.29
Fr. 6	5.10	163.54	-224.79	0.00	-61.25	-0.44	-1.62
Fr. 7	5.90	171.92	-235.30	0.00	-63.37	-0.49	-2.00

Fr. 8	6.70	219.88	-246.02	0.00	-26.14	-0.54	-2.41
Fr. 9	7.50	273.22	-256.96	0.00	16.26	-0.53	-2.84
Fr. 10	8.30	287.49	-271.21	0.00	16.28	-0.52	-3.25
Fr. 11	9.10	301.94	-286.40	0.00	15.54	-0.51	-3.66
Fr. 12	9.90	305.98	-302.01	0.00	3.97	-0.49	-4.06
Fr. 13	10.70	308.28	-319.46	0.00	-11.18	-0.50	-4.46
Fr. 14	11.50	320.62	-337.52	0.00	-16.91	-0.51	-4.86
Fr. 15	12.30	332.71	-354.42	0.00	-21.72	-0.53	-5.28
Fr. 16	13.10	283.69	-370.35	233.24	146.59	-0.55	-5.71
Fr. 17	13.90	186.26	-385.44	532.74	333.56	-0.50	-6.12
Fr. 18	14.80	171.41	-401.61	305.58	75.37	-0.43	-6.54
Fr. 19	15.70	175.95	-417.07	315.35	74.23	-0.36	-6.89
Fr. 20	16.60	180.49	-432.12	324.74	73.10	-0.29	-7.19
Fr. 21	17.50	185.01	-446.90	333.83	71.95	-0.23	-7.42
Fr. 22	18.40	189.54	-461.56	342.78	70.76	-0.17	-7.60
Fr. 23	19.30	194.06	-476.21	351.67	69.52	-0.10	-7.72
Fr. 24	20.20	198.57	-490.91	360.57	68.22	-0.04	-7.78
Fr. 25	21.10	202.71	-505.69	385.87	82.89	0.02	-7.79
Fr. 26	22.00	206.81	-520.52	392.92	79.21	0.09	-7.74
Fr. 27	22.90	211.27	-535.42	402.85	78.70	0.16	-7.62
Fr. 28	23.80	206.01	-550.36	422.35	78.00	0.23	-7.45
Fr. 29	24.70	192.73	-565.35	415.61	42.99	0.29	-7.21
Fr. 30	25.60	318.84	-580.37	356.48	94.95	0.38	-6.91
Fr. 31	26.50	316.35	-595.42	362.94	83.87	0.46	-6.53
Fr. 32	27.40	328.17	-610.48	369.32	87.00	0.52	-6.10
Fr. 33	28.30	354.71	-625.51	375.61	104.82	0.61	-5.59
Fr. 34	29.20	305.57	-640.51	377.94	43.00	0.70	-5.00
Fr. 35	30.10	403.81	-655.45	393.28	141.64	0.83	-4.31
Fr. 36	31.00	409.39	-670.31	395.32	134.40	0.95	-3.52
Fr. 37	31.90	417.23	-685.11	401.14	133.25	1.07	-2.61
Fr. 38	32.80	435.04	-699.86	403.10	138.28	1.19	-1.59
Fr. 39	33.70	442.99	-714.56	413.75	142.18	1.31	-0.47
Fr. 40	34.60	450.84	-729.20	417.82	139.46	1.44	0.77
Fr. 41	35.50	458.57	-743.79	423.11	137.89	1.57	2.12
Fr. 42	36.40	464.10	-758.31	452.84	158.63	1.69	3.59
Fr. 43	37.30	469.62	-772.75	438.69	135.56	1.81	5.16
Fr. 44	38.20	477.90	-787.10	598.29	289.10	1.93	6.85
Fr. 45	39.10	484.37	-801.35	448.54	131.56	2.05	8.64
Fr. 46	40.00	492.02	-815.48	453.84	130.37	2.17	10.54
Fr. 47	40.90	493.92	-829.51	493.57	157.98	2.28	12.54
Fr. 48	41.80	507.42	-843.40	464.16	128.18	2.40	14.65
Fr. 49	42.70	515.47	-857.14	659.46	317.78	2.51	16.86
Fr. 50	43.60	523.53	-870.78	488.05	140.80	2.64	19.18
Fr. 51	44.50	531.08	-884.32	494.20	140.97	2.77	21.61

Fr. 52	45.40	522.85	-897.74	500.33	125.44	2.89	24.16
Fr. 53	46.30	398.00	-911.08	803.40	290.33	3.00	26.81
Fr. 54	48.05	408.36	-936.68	521.49	-6.84	3.00	32.06
Fr. 55	49.80	339.82	-961.87	533.26	-88.79	2.98	37.29
Fr. 56	52.50	896.86	-999.80	0.00	-102.93	2.71	44.98
Fr. 57	55.20	988.18	-1036.48	1.45	-46.85	2.43	51.92
Fr. 58	57.90	1065.47	-1071.82	0.00	-6.34	2.44	58.49
Fr. 59	60.60	1080.36	-1105.63	0.00	-25.27	2.39	65.02
Fr. 60	63.30	1094.35	-1137.47	0.00	-43.12	2.30	71.36
Fr. 61	66.00	620.17	-1167.35	0.00	-547.18	2.16	77.39
Fr. 62	68.70	1202.11	-1195.35	0.00	6.77	2.18	83.26
Fr. 63	71.40	1221.92	-1221.52	0.00	0.40	2.20	89.17
Fr. 64	74.09	1229.89	-1245.78	0.00	-15.89	2.18	95.05
Fr. 65	76.77	1236.20	-1268.30	0.00	-32.10	2.11	100.82
Fr. 66	79.46	1242.21	-1288.79	0.00	-46.58	2.01	106.35
Fr. 67	82.14	1247.91	-1307.00	0.00	-59.09	1.86	111.55
Fr. 68	84.83	1253.36	-1322.62	0.00	-69.27	1.69	116.33
Fr. 69	87.51	1258.56	-1335.68	0.00	-77.12	1.49	120.61
Fr. 70	90.20	1263.53	-1346.22	0.00	-82.70	1.28	124.33
Fr. 71	92.88	1268.25	-1353.95	0.00	-85.70	1.05	127.46
Fr. 72	95.57	1272.73	-1358.97	0.00	-86.25	0.82	129.97
Fr. 73	98.25	1276.97	-1363.00	0.00	-86.04	0.59	131.86
Fr. 74	100.94	1280.96	-1366.39	0.00	-85.43	0.36	133.13
Fr. 75	103.62	1284.72	-1369.19	0.00	-84.47	0.13	133.79
Fr. 76	106.31	1288.24	-1371.43	0.00	-83.20	-0.10	133.84
Fr. 77	108.99	610.99	-1373.04	0.00	-762.05	-0.32	133.28
Fr. 78	111.68	1324.00	-1373.84	0.00	-49.84	-0.45	132.26
Fr. 79	114.36	1323.51	-1373.91	0.00	-50.40	-0.58	130.87
Fr. 80	117.05	1322.94	-1373.39	0.00	-50.45	-0.72	129.12
Fr. 81	119.73	1322.31	-1372.39	0.00	-50.08	-0.85	127.01
Fr. 82	122.42	1321.60	-1370.99	0.00	-49.38	-0.99	124.53
Fr. 83	125.10	1320.84	-1369.27	0.00	-48.44	-1.12	121.70
Fr. 84	127.79	1320.04	-1367.44	0.00	-47.40	-1.25	118.52
Fr. 85	130.47	1319.25	-1365.61	0.00	-46.36	-1.37	115.00
Fr. 86	133.16	1318.46	-1363.78	0.00	-45.32	-1.50	111.15
Fr. 87	135.84	1317.66	-1361.94	0.00	-44.28	-1.62	106.96
Fr. 88	138.53	1316.87	-1360.09	0.00	-43.22	-1.74	102.46
Fr. 89	141.21	1314.95	-1357.93	0.00	-42.98	-1.85	97.65
Fr. 90	143.90	1312.98	-1355.34	0.00	-42.36	-1.97	92.53
Fr. 91	146.58	1311.00	-1352.75	0.00	-41.75	-2.08	87.10
Fr. 92	149.27	1309.03	-1350.17	0.00	-41.14	-2.19	81.37
Fr. 93	151.95	1307.05	-1347.58	0.00	-40.53	-2.30	75.34
Fr. 94	154.64	1305.07	-1344.95	0.00	-39.88	-2.41	69.02
Fr. 95	157.32	623.84	-1342.41	0.00	-718.56	-2.51	62.42

Fr. 96	160.01	1334.89	-1339.82	0.00	-4.93	-2.53	55.65
Fr. 97	162.69	1333.22	-1337.23	0.00	-4.01	-2.54	48.84
Fr. 98	165.38	1331.46	-1334.64	0.00	-3.18	-2.55	42.01
Fr. 99	168.06	1329.65	-1332.06	0.00	-2.41	-2.56	35.15
Fr. 100	170.75	1327.76	-1329.47	0.00	-1.71	-2.56	28.27
Fr. 101	173.43	1325.81	-1326.88	0.00	-1.07	-2.57	21.39
Fr. 102	176.12	1323.84	-1324.29	0.00	-0.46	-2.57	14.49
Fr. 103	178.80	1321.86	-1321.71	0.00	0.15	-2.57	7.59
Fr. 104	181.49	1319.88	-1319.12	0.00	0.77	-2.57	0.69
Fr. 105	184.17	1317.91	-1316.53	0.00	1.38	-2.57	-6.20
Fr. 106	186.86	1315.93	-1313.95	0.00	1.99	-2.56	-13.08
Fr. 107	189.54	1313.96	-1311.36	0.00	2.60	-2.56	-19.95
Fr. 108	192.23	1311.98	-1308.77	0.00	3.21	-2.55	-26.80
Fr. 109	194.91	1310.01	-1306.18	0.00	3.82	-2.54	-33.63
Fr. 110	197.60	1308.03	-1303.60	0.00	4.43	-2.53	-40.42
Fr. 111	200.28	1306.05	-1301.01	0.00	5.05	-2.51	-47.19
Fr. 112	202.97	1304.08	-1298.42	0.00	5.66	-2.50	-53.92
Fr. 113	205.65	622.85	-1295.83	0.00	-672.99	-2.48	-60.61
Fr. 114	208.34	1333.89	-1293.25	0.00	40.65	-2.38	-67.13
Fr. 115	211.02	1332.22	-1290.66	0.00	41.57	-2.27	-73.37
Fr. 116	213.71	1330.47	-1288.07	0.00	42.40	-2.15	-79.30
Fr. 117	216.39	1328.65	-1285.48	0.00	43.17	-2.04	-84.93
Fr. 118	219.08	1326.76	-1282.89	0.00	43.87	-1.92	-90.24
Fr. 119	221.76	1324.82	-1280.31	0.00	44.51	-1.80	-95.24
Fr. 120	224.45	1322.84	-1277.72	0.00	45.12	-1.68	-99.92
Fr. 121	227.13	1320.86	-1275.13	0.00	45.73	-1.56	-104.27
Fr. 122	229.82	1318.89	-1272.54	0.00	46.34	-1.44	-108.30
Fr. 123	232.50	1316.22	-1269.91	0.00	46.32	-1.31	-111.99
Fr. 124	235.19	1312.32	-1266.50	0.00	45.82	-1.19	-115.34
Fr. 125	237.87	1308.42	-1262.60	0.00	45.81	-1.07	-118.37
Fr. 126	240.56	1304.51	-1258.27	0.00	46.24	-0.94	-121.06
Fr. 127	243.24	1300.61	-1253.52	0.00	47.09	-0.82	-123.43
Fr. 128	245.93	1296.70	-1248.31	0.00	48.39	-0.69	-125.45
Fr. 129	248.61	1292.80	-1242.53	0.00	50.27	-0.56	-127.12
Fr. 130	251.30	1288.89	-1235.95	0.00	52.94	-0.42	-128.43
Fr. 131	253.98	374.97	-1228.27	0.00	-853.30	-0.27	-129.36
Fr. 132	256.67	1318.62	-1219.25	0.00	99.37	-0.01	-129.74
Fr. 133	259.35	1315.38	-1208.72	0.00	106.66	0.26	-129.41
Fr. 134	262.04	1312.05	-1196.46	0.00	115.59	0.56	-128.31
Fr. 135	264.72	1306.95	-1182.14	0.00	124.81	0.89	-126.38
Fr. 136	267.32	1270.75	-1164.76	0.00	105.99	1.19	-123.67
Fr. 137	269.92	1232.81	-1141.35	0.00	91.46	1.44	-120.25
Fr. 138	272.52	1194.85	-1110.98	0.00	83.86	1.67	-116.20
Fr. 139	275.12	1156.85	-1075.90	0.00	80.96	1.88	-111.59

Fr. 140	277.72	1118.84	-1037.09	0.00	81.74	2.09	-106.42
Fr. 141	280.32	1080.79	-994.95	0.00	85.84	2.31	-100.70
Fr. 142	282.87	1043.50	-951.09	0.00	92.41	2.54	-94.53
Fr. 143	285.42	562.03	-906.58	0.00	-344.55	2.78	-87.76
Fr. 144	287.97	944.67	-861.79	0.00	82.88	3.01	-80.36
Fr. 145	290.52	883.79	-816.92	0.00	66.87	3.20	-72.42
Fr. 146	293.07	823.62	-771.75	0.00	51.87	3.36	-64.05
Fr. 147	295.62	764.17	-726.01	0.00	38.16	3.47	-55.34
Fr. 148	298.17	705.45	-679.50	0.00	25.94	3.55	-46.39
Fr. 149	300.72	647.44	-631.44	0.00	16.00	3.60	-37.26
Fr. 150	303.27	590.15	-580.80	0.00	9.35	3.64	-28.02
Fr. 151	305.82	86.83	-527.16	0.00	-440.33	3.66	-18.73
Fr. 152	309.12	84.07	-452.26	0.00	-368.19	2.32	-8.95
Fr. 153	312.42	81.63	-367.70	0.00	-286.07	1.24	-3.16
Fr. 154	315.72	79.19	-267.75	0.00	-188.55	0.45	-0.46
Fr. 155	319.02	76.76	-146.55	0.00	-69.79	0.03	0.21
Fr. 156	322.32	74.32	-61.26	0.00	13.06	-0.07	0.07
Fr. 157	324.00	0.00	-0.04	0.00	-0.04	0.00	0.00



57. Κατανομή Διατμητικών Δυνάμεων και Καμπτικών Ροπών (Ρήγμα Πυθμένα)

7: Δείκτης Εκροής Πετρελαίου

7.1: MARPOL Accidental Oil Outflow

Στον Κανονισμό 23 του Προσαρτήματος Ι της MARPOL περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού του δείκτη μέσης εκροής πετρελαίου σε τυχαίο ρήγμα που μπορεί να υποστεί η γάστρα ενός δεξαμενοπλοίου λόγω σύγκρουσης ή προσάραξης. Ο υπολογισμός του δείκτη αυτού πραγματοποιείται για όλα τα δεξαμενόπλοια κατασκευής μετά την 1^η Ιανουαρίου 2010 και είναι αναγκαίος κατά τη σχεδίαση του πλοίου. Αποτελεί μια συνάρτηση του γινομένου της πιθανότητας να δημιουργηθεί μια ρωγμή σε μια τυχαία δεξαμενή του πλοίου και του όγκου του πετρελαίου που θα χαθεί στη θάλασσα ως αποτέλεσμα της ρωγμής αυτής (πιθανότητα ατυχήματος Χ συνέπειες). Η τιμή του πρέπει να είναι μικρότερη από μία απαιτούμενη, που εξαρτάται από τη χωρητικότητα των δεξαμενών φορτίου του πλοίου. Με βάση τον σχετικό υπολογισμό κρίνεται αν η σχεδίαση είναι ικανοποιητική ή αν θα πρέπει να πραγματοποιηθούν βελτιώσεις.

7.2: Υπολογισμός του δείκτη εκροής πετρελαίου

Για τον υπολογισμό του δείκτη μέσης εκροής πετρελαίου O_M χρειάζεται αρχικά να γίνει προσδιορισμός των ακόλουθων μεγεθών:

- d_s : η κατακόρυφη απόσταση, σε m, από το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς στο μέσο του πλοίου έως την ίσαλο που αντιστοιχεί στο ύψος εξάλων θέρους.
- d_B : η κατακόρυφη απόσταση, σε m, από το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς στο μέσο του πλοίου έως την ίσαλο που αντιστοιχεί στο 30% του κοίλου D_s .
- B_s : το μέγιστο πλάτος του πλοίου, σε m, μέχρι την ίσαλο που αντιστοιχεί στο βύθισμα d_s .
- B_B : το μέγιστο πλάτος του πλοίου, σε m, μέχρι την ίσαλο που αντιστοιχεί στο βύθισμα d_B .
- D_s : το κοίλο του πλοίου, σε m, μετρημένο στο μέσο του πλοίου έως το ανώτατο κατάστρωμα στην πλευρά του πλοίου.
- L : το 96% του συνολικού μήκους της ισάλου στο 85% του κοίλου του πλοίου ή το μήκος από το σημείο τομής της πλώρης με την ίσαλο σε αυτό το βύθισμα έως τον άξονα του πηδαλίου, αν αυτό είναι μεγαλύτερο.
- DWT : η διαφορά, σε t, του εκτοπίσματος Δ του πλοίου στο βύθισμα d_s σε θαλασσινό νερό πυκνότητας 1.025 t/m^3 με την τιμή του βάρους του κενού και άφορτου σκάφους (Lightship).

Κύρια Στοιχεία	
L (m)	323.01
B _S (m)	60.00
B _B (m)	60.00
D _S (m)	29.00
d _S (m)	21.00
d _B (m)	8.70
Δ (t)	332793.00
L.S. (t)	42491.04
DWT (t)	290481.96

Για δεξαμενόπλοια μεταφορικής ικανότητας μεγαλύτερης των 5000 t DWT, για να υπάρχει επαρκής προστασία της θάλασσας από εκροή πετρελαίου σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης, πρέπει για τον δείκτη μέσης εκροής πετρελαίου να ισχύει:

$$O_M \leq 0.015, \text{ για } C \leq 200000 \text{ m}^3$$

$$O_M \leq 0.012 + \frac{0.003}{200000} \cdot (400000 - C), \text{ για } 200000 \text{ m}^3 \leq C \leq 400000 \text{ m}^3$$

$$O_M \leq 0.012, \text{ για } C \geq 400000 \text{ m}^3$$

όπου,

O_M: δείκτης μέσης εκροής πετρελαίου

C: συνολικός όγκος πετρελαίου στις δεξαμενές φορτίου, σε m³, σε 98% πληρότητα των δεξαμεμών

Κατά τον υπολογισμό του δείκτη μέσης εκροής πετρελαίου γίνονται οι ακόλουθες υποθέσεις:

1. Το τμήμα των δεξαμενών φορτίου του πλοίου εκτείνεται από το πιο πρυμναίο έως το πιο πωραίο άκρο όλων των δεξαμενών που προορίζονται για την μεταφορά πετρελαίου ως φορτίο, συμπεριλαμβανομένου των Slop Tanks.
2. Όπου ο κανονισμός αναφέρεται σε δεξαμενές φορτίου, σε αυτές συμπεριλαμβάνονται όλες οι δεξαμενές φορτίου, οι δεξαμενές Slop και οι δεξαμενές καυσίμου που βρίσκονται στο τμήμα των δεξαμενών φορτίου.
3. Το πλοίο θεωρείται πως πλέει σε βύθισμα d_S, χωρίς διαγωγή και εγκάρσια κλίση.
4. Όλες οι δεξαμενές φορτίου θεωρείται πως είναι γεμάτες στο 98% της χωρητικότητάς τους. Η ονομαστική πυκνότητα του πετρελαίου (ρ_n) υπολογίζεται ως:
$$\rho_n = \frac{1000 \cdot DWT}{C} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$
5. Για τον υπολογισμό της εκροής, κάθε δεξαμενή και διαμέρισμα στο τμήμα των δεξαμενών φορτίου θεωρείται πως έχει διαχωρητότητα ίση με 0.99, εκτός αν αποδειχθεί διαφορετικά.

Ακολουθεί ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη:

Η μέση εκροή πρέπει να υπολογιστεί ξεχωριστά για τυχαίο πλευρικό ρήγμα και ρήγμα πυθμένα και στη συνέχεια να συνδυαστούν δημιουργώντας τον αδιάστατο δείκτη O_M ως εξής:

$$O_M = \frac{0.4 \cdot O_{MS} + 0.6 \cdot O_{MB}}{C}$$

όπου,

O_{MS} : η μέση εκροή για τυχαίο πλευρικό ρήγμα, σε m^3

O_{MB} : η μέση εκροή για τυχαίο ρήγμα πυθμένα, σε m^3

Για το τυχαίο ρήγμα πυθμένα, πρέπει να γίνουν ανεξάρτητοι υπολογισμοί για καταστάσεις παλίρροιας 0 m και 2.5 m και να συνδυαστούν ως εξής:

$$O_{MB} = 0.7 \cdot O_{MB(0)} + 0.3 \cdot O_{MB(2.5)}$$

όπου,

$O_{MB(0)}$: η μέση εκροή για τυχαίο ρήγμα πυθμένα σε κατάσταση παλίρροιας 0 m, σε m^3

$O_{MB(2.5)}$: η μέση εκροή για τυχαίο ρήγμα πυθμένα σε κατάσταση παλίρροιας 2.5 m, σε m^3

Η μέση εκροή πετρελαίου για τυχαίο πλευρικό ρήγμα υπολογίζεται ως:

$$O_{MS} = C_3 \cdot \sum_i^n P_{S(i)} \cdot O_{S(i)} \quad (m^3)$$

με,

i : αναπαριστά την εκάστοτε δεξαμενή φορτίου

n : συνολικός αριθμός των δεξαμενών φορτίου του πλοίου

C_3 : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 0.77 για πλοία που έχουν δύο διαμήκεις φρακτές καθ' όλο το μήκος του τμήματος των δεξαμενών φορτίου ή 1.0 για όλες τις άλλες περιπτώσεις

$O_{S(i)}$: η εκροή, σε m^3 , λόγω πλευρικού ρήματος στη δεξαμενή, η οποία θεωρείται πως ισούται με τον συνολικό όγκο του πετρελαίου στη δεξαμενή σε 98% πληρότητα

$P_{S(i)}$: η πιθανότητα η τυχαία ρωγμή να διαπεράσει την εκάστοτε δεξαμενή φορτίου, η οποία υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$P_S = P_{SL} \cdot P_{SV} \cdot P_{ST}$$

όπου,

$P_{SL} = 1 - P_{Sf} - P_{Sa}$: η πιθανότητα το ρήγμα να είναι στην περιοχή μεταξύ των X_a και X_f

$P_{SV} = 1 - P_{Su} - P_{Sl}$: η πιθανότητα το ρήγμα να είναι στην περιοχή μεταξύ των Z_l και Z_u

$P_{ST} = 1 - P_{Sy}$: η πιθανότητα το ρήγμα να εισχωρήσει σε πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο του y

P_{Sa} : η πιθανότητα το ρήγμα να βρίσκεται πρυμναία της θέσης X_a/L

P_{Sf} : η πιθανότητα το ρήγμα να βρίσκεται πρωραία της θέσης X_f/L

P_{Sl} : η πιθανότητα το ρήγμα να βρίσκεται κάτω από το όριο της δεξαμενής

P_{Su} : η πιθανότητα το ρήγμα να βρίσκεται άνω από το όριο της δεξαμενής

P_{Sy} : η πιθανότητα το ρήγμα να μην εισχωρήσει ως την πλευρά της δεξαμενής

X_a : η διαμήκης απόσταση από το πρυμναίο άκρο του L έως το πρυμναίο άκρο του διαμερίσματος που εξετάζεται, σε m

X_f : η διαμήκης απόσταση από το πυρμαίο άκρο του L έως το πρωαίο άκρο του διαμερίσματος που εξετάζεται, σε m

Z_l : η κατακόρυφη απόσταση από το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς έως το κατώτατο σημείο του διαμερίσματος που εξετάζεται, σε m

Z_u : η κατακόρυφη απόσταση από το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς έως το ανώτατο σημείο του διαμερίσματος που εξετάζεται, σε m. Η Z_u δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από το D_s

y : η ελάχιστη οριζόντια απόσταση μετρημένη σε κατάλληλες γωνίες μεταξύ του διαμερίσματος που εξετάζεται και της πλευράς της γάστρας, σε m

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες υπολογισμού της πιθανότητας πλευρικού ρήγματος ανάλογα με τη θέση της δεξαμενής:

X_a/L	P_{sa}	X_f/L	P_{sf}	Z_l/D_s	P_{sl}	Z_u/D_s	P_{su}
0.00	0.000	0.00	0.967	0.00	0.000	0.00	0.968
0.05	0.023	0.05	0.917	0.05	0.000	0.05	0.952
0.10	0.068	0.10	0.867	0.10	0.001	0.10	0.931
0.15	0.117	0.15	0.817	0.15	0.003	0.15	0.905
0.20	0.167	0.20	0.767	0.20	0.007	0.20	0.873
0.25	0.217	0.25	0.717	0.25	0.013	0.25	0.836
0.30	0.267	0.30	0.667	0.30	0.021	0.30	0.789
0.35	0.317	0.35	0.617	0.35	0.034	0.35	0.733
0.40	0.367	0.40	0.567	0.40	0.055	0.40	0.670
0.45	0.417	0.45	0.517	0.45	0.085	0.45	0.599
0.50	0.467	0.50	0.467	0.50	0.123	0.50	0.525
0.55	0.517	0.55	0.417	0.55	0.172	0.55	0.452
0.60	0.567	0.60	0.367	0.60	0.226	0.60	0.383
0.65	0.617	0.65	0.317	0.65	0.285	0.65	0.317
0.70	0.667	0.70	0.267	0.70	0.347	0.70	0.255
0.75	0.717	0.75	0.217	0.75	0.413	0.75	0.197
0.80	0.767	0.80	0.167	0.80	0.482	0.80	0.143
0.85	0.817	0.85	0.117	0.85	0.553	0.85	0.092
0.90	0.867	0.90	0.068	0.90	0.626	0.90	0.046
0.95	0.917	0.95	0.023	0.95	0.700	0.95	0.013
1.00	0.967	1.00	0.000	1.00	0.775	1.00	0.000

Η πιθανότητα P_{Sy} υπολογίζεται ως εξής:

$$P_{Sy} = \left(24.96 - 199.6 \cdot \frac{y}{B_s} \right) \cdot \left(\frac{y}{B_s} \right) \quad \text{για } \frac{y}{B_s} \leq 0.05$$

$$P_{Sy} = 0.749 + \left[5 - 44.4 \cdot \left(\frac{y}{B_s} - 0.05 \right) \right] \cdot \left(\frac{y}{B_s} - 0.05 \right) \quad \text{για } 0.05 \leq \frac{y}{B_s} \leq 0.1$$

$$P_{Sy} = 0.888 + 0.56 \cdot \left(\frac{y}{B_s} - 0.1 \right) \quad \text{για } \frac{y}{B_s} \geq 0.1$$

Η πιθανότητα P_{Sy} δεν πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερη του 1.0.

Η μέση εκροή πετρελαίου για τυχαίο ρήγμα πυθμένα σε κάθε κατάσταση παλίρροιας υπολογίζεται ως:

$$O_{MB(0)} = \sum_i^n P_{B(i)} \cdot O_{B(i)} \cdot C_{DB(i)} \quad (m^3)$$

με,

i: αναπαριστά την εκάστοτε δεξαμενή φορτίου

n: συνολικός αριθμός των δεξαμενών φορτίου του πλοίου

$O_{B(i)}$: η εκροή, σε m^3 , λόγω ρήγματος πυθμένα στη δεξαμενή

$P_{B(i)}$: η πιθανότητα η τυχαία ρωγμή στον πυθμένα να διαπεράσει την εκάστοτε δεξαμενή φορτίου

$C_{DB(i)}$: συντελεστής συγκράτησης πετρελαίου. Στην περίπτωση ρήγματος πυθμένα, μέρος του πετρελαίου που χάνεται από τη δεξαμενή μπορεί να συγκεντρωθεί σε κάποιο διαμέρισμα του πλοίου, όπως μια δεξαμενή έρματος. Για αυτό το λόγο εισάγεται ο συντελεστής αυτός, που ισούται με:

- $C_{DB(i)}=0.6$ για δεξαμενές φορτίου, κάτω από τις οποίες υπάρχει διαμέρισμα που δεν προορίζεται για μεταφορά πετρελαίου
- $C_{DB(i)}=1.0$ για δεξαμενές φορτίου, που οριοθετούνται στο κάτω μέρος τους από τον εξωτερικό πυθμένα του πλοίου

$$O_{MB(2.5)} = \sum_i^n P_{B(i)} \cdot O_{B(i)} \cdot C_{DB(i)} \quad (m^3)$$

με,

i, n, $P_{B(i)}$ και $C_{DB(i)}$ όμοια με την περίπτωση μηδενικής παλίρροιας

$O_{B(i)}$: η εκροή, σε m^3 , λόγω ρήγματος πυθμένα στη δεξαμενή μετά την αλλαγή παλίρροιας

Η εκροή πετρελαίου λόγω ρήγματος πυθμένα κάθε δεξαμενής $O_{B(i)}$ υπολογίζεται με βάση την ισορροπία των ρευστών λόγω πίεσης. Γίνονται οι παρακάτω παραδοχές:

1. Το πλοίο θεωρείται πως έχει σταθερή και μηδενική διαγωγή και εγκάρσια κλίση.
2. Για δεξαμενές φορτίου που οριοθετούνται από τον εξωτερικό πυθμένα, εκτός αν αποδειχτεί διαφορετικά, η εκροή δεν πρέπει να ληφθεί λιγότερη του 1% του συνολικού όγκου του πετρελαίου σε αυτή, για να συμπεριληφθούν αρχικές απώλειες λόγω δυναμικών φαινομένων που οφείλονται στο θαλάσσιο ρεύμα και στα κύματα.
3. Το ύψος του φορτίου στη δεξαμενή μετά το ρήγμα θα ισούται με:

$$h_c = \frac{(d_s + t_c - Z_l) \cdot \rho_s - \frac{1000 \cdot p}{g}}{\rho_n}$$

όπου,

h_c : το ύψος του πετρελαίου στη δεξαμενή μετρημένο από το κατώτατο σημείο της, σε m

t_c : η αλλαγή της παλίρροιας, σε m. Μείωση της στάθμης της θάλασσας εκφράζεται ως αρνητική τιμή

Z: η κατακόρυφη απόσταση του κατώτατου σημείου της δεξαμενής από το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς, σε m

ρ_s : η πυκνότητα του θαλασσινού νερού, ίση με 1025 kg/m^3

p: αν υπάρχει σύστημα αδρανούς αερίου, η υπερπίεση, σε kPa, δεν πρέπει να λαμβάνεται μικρότερη από 5 kPa. Αν δεν υπάρχει, μπορεί να ληφθεί ίση με 0 kPa

g: η επιτάχυνση της βαρύτητας, ίση με 9.81 m/s^2

ρ_n : η ονομαστική πυκνότητα του πετρελαίου, σε kg/m^3

Γνωρίζοντας το ύψος του πετρελαίου στη δεξαμενή μετά το ρήγμα, μπορεί να υπολογιστεί το ύψος του πετρελαίου που χάθηκε και ανάλογα με τη γεωμετρία της δεξαμενής, ο όγκος που χάθηκε.

Η πιθανότητα η τυχαία ρωγμή στον πυθμένα να διαπεράσει την εκάστοτε δεξαμενή φορτίου υπολογίζεται ως εξής:

$$P_B = P_{BL} \cdot P_{BT} \cdot P_{BV}$$

όπου,

$P_{BL} = 1 - P_{Bf} - P_{Ba}$: η πιθανότητα το ρήγμα να είναι στην περιοχή μεταξύ των X_a και X_f

$P_{BT} = 1 - P_{Bp} - P_{Bs}$: η πιθανότητα το ρήγμα να είναι στην περιοχή μεταξύ των Y_p και Y_s

$P_{BV} = 1 - P_{Bz}$: η πιθανότητα το ρήγμα να εισχωρήσει σε ύψος μεγαλύτερο ή ίσο του z

P_{Ba} : η πιθανότητα το ρήγμα να βρίσκεται πρυμναία της θέσης X_a/L

P_{Bf} : η πιθανότητα το ρήγμα να βρίσκεται πρωραία της θέσης X_f/L

P_{Bp} : η πιθανότητα το ρήγμα να βρίσκεται αριστερά από το όριο της δεξαμενής

P_{Bs} : η πιθανότητα το ρήγμα να βρίσκεται δεξιά από το όριο της δεξαμενής

P_{Bz} : η πιθανότητα το ρήγμα να βρίσκεται κάτω από το όριο της δεξαμενής

Y_p : η ελάχιστη εγκάρσια απόσταση ενός σημείου από την αριστερή πλευρά της δεξαμενής που βρίσκεται μέχρι το ύψος d_B έως το κάθετο επίπεδο που βρίσκεται σε απόσταση $B_B/2$ δεξιά από τον άξονα συμμετρίας του πλοίου, σε m

Y_s : η ελάχιστη εγκάρσια απόσταση ενός σημείου από την δεξιά πλευρά της δεξαμενής που βρίσκεται μέχρι το ύψος d_B έως το κάθετο επίπεδο που βρίσκεται σε απόσταση $B_B/2$ δεξιά από τον άξονα συμμετρίας του πλοίου, σε m

z: η ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση από το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς έως το κατώτατο σημείο του διαμερίσματος που εξετάζεται, σε m

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες υπολογισμού της πιθανότητας ρήγματος στον πυθμένα ανάλογα με τη θέση της δεξαμενής:

X_a/L	P_{Ba}
0.00	0.000
0.05	0.002
0.10	0.008
0.15	0.017
0.20	0.029
0.25	0.042
0.30	0.058
0.35	0.076
0.40	0.096
0.45	0.119

X_f/L	P_{Bf}
0.00	0.969
0.05	0.953
0.10	0.936
0.15	0.916
0.20	0.894
0.25	0.870
0.30	0.842
0.35	0.810
0.40	0.775
0.45	0.734

Y_p/B_B	P_{Bp}
0.00	0.844
0.05	0.794
0.10	0.744
0.15	0.694
0.20	0.644
0.25	0.594
0.30	0.544
0.35	0.494
0.40	0.444
0.45	0.394

Y_s/B_B	P_{Bs}
0.00	0.000
0.05	0.009
0.10	0.032
0.15	0.063
0.20	0.097
0.25	0.133
0.30	0.171
0.35	0.211
0.40	0.253
0.45	0.297

0.50	0.143
0.55	0.171
0.60	0.203
0.65	0.242
0.70	0.289
0.75	0.344
0.80	0.409
0.85	0.482
0.90	0.565
0.95	0.658
1.00	0.761

0.50	0.687
0.55	0.630
0.60	0.563
0.65	0.489
0.70	0.413
0.75	0.333
0.80	0.252
0.85	0.170
0.90	0.089
0.95	0.026
1.00	0.000

0.50	0.344
0.55	0.297
0.60	0.253
0.65	0.211
0.70	0.171
0.75	0.133
0.80	0.097
0.85	0.063
0.90	0.032
0.95	0.009
1.00	0.000

0.50	0.344
0.55	0.394
0.60	0.444
0.65	0.494
0.70	0.544
0.75	0.594
0.80	0.644
0.85	0.694
0.90	0.744
0.95	0.794
1.00	0.844

Η πιθανότητα P_{Bz} υπολογίζεται ως εξής:

$$P_{Bz} = \left(14.5 - 67 \cdot \frac{z}{D_s}\right) \cdot \left(\frac{z}{D_s}\right) \quad \text{για } \frac{z}{D_s} \leq 0.1$$

$$P_{Bz} = 0.78 + 1.1 \cdot \left(\frac{z}{D_s} - 0.1\right) \quad \text{για } \frac{z}{D_s} > 0.1$$

Η πιθανότητα P_{Bz} δεν πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερη του 1.0

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τους υπολογισμούς. Σημειώνεται πως οι όγκοι του πετρελαίου στις δεξαμενές λήφθηκαν μέσω του προγράμματος Maxsurf Stability.

Main Particulars	
L (m)	323.01
d _s (m)	21.00
d _B (m)	8.70
B _s (m)	60.00
B _B (m)	60.00
D _s (m)	29.00
Δ (t)	332809.00
L.S. (t)	42491.04
DWT (t)	290317.96

C (m ³)	324479.89
Permeability	0.99
% Filling	0.98
C ₃	0.77
ρ _s (kg/m ³)	1025.00
ρ _n (kg/m ³)	894.72
g (m/s ²)	9.81
p (kPa)	5.00
t _c (0) (m)	0.00
t _c (2.5) (m)	-2.50
OM _s (m ³)	4020.74
OM _B (m ³)	2385.64

OM _{MAX}	0.013
OM	0.009

SIDE DAMAGE

Tank	Total Volume (m ³)	Volume at 98% (m ³)	X _a (m)	X _f (m)	Z _i (m)	Z _u (m)	y (m)	X _a /L	X _f /L	Z _i /D _s	Z _u /D _s	y/B _s	P _{sa}	P _{sf}	P _{sl}	P _{si}	P _{su}	P _{sv}	P _{sy}	P _{st}	P _{si}	O _s (m ³)	OM _{si} (m ³)
NO.1 C.O.T. (C)	23982.46	23267.78	253.98	305.82	2.80	29.00	16.61	0.79	0.95	0.10	1.00	0.28	0.753	0.026	0.221	0.001	0.000	0.999	0.987	0.013	0.003	23267.78	66.59
NO.1 C.O.T. (P)	16578.57	16084.53	253.98	305.82	2.80	29.00	21.47	0.79	0.95	0.10	1.00	0.36	0.753	0.026	0.221	0.001	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	16084.53	0.00
NO.1 C.O.T. (S)	16578.57	16084.53	253.98	305.82	2.80	29.00	2.21	0.79	0.95	0.10	1.00	0.04	0.753	0.026	0.221	0.001	0.000	0.999	0.649	0.351	0.078	16084.53	1247.02
NO.2 C.O.T. (C)	27239.22	26427.49	205.65	253.98	2.80	29.00	19.70	0.64	0.79	0.10	1.00	0.33	0.604	0.181	0.216	0.001	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	26427.49	0.00
NO.2 C.O.T. (P)	20081.18	19482.76	205.65	253.98	2.80	29.00	40.30	0.64	0.79	0.10	1.00	0.67	0.604	0.181	0.216	0.001	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	19482.76	0.00
NO.2 C.O.T. (S)	20081.18	19482.76	205.65	253.98	2.80	29.00	3.50	0.64	0.79	0.10	1.00	0.06	0.604	0.181	0.216	0.001	0.000	0.999	0.788	0.212	0.046	19482.76	891.52
NO.3 C.O.T. (C)	27239.23	26427.50	157.32	205.65	2.80	29.00	19.70	0.49	0.64	0.10	1.00	0.33	0.454	0.330	0.216	0.001	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	26427.50	0.00
NO.3 C.O.T. (P)	20081.17	19482.75	157.32	205.65	2.80	29.00	40.30	0.49	0.64	0.10	1.00	0.67	0.454	0.330	0.216	0.001	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	19482.75	0.00
NO.3 C.O.T. (S)	20081.17	19482.75	157.32	205.65	2.80	29.00	3.50	0.49	0.64	0.10	1.00	0.06	0.454	0.330	0.216	0.001	0.000	0.999	0.788	0.212	0.046	19482.75	891.52
NO.4 C.O.T. (C)	27239.23	26427.50	108.99	157.32	2.80	29.00	19.70	0.34	0.49	0.10	1.00	0.33	0.304	0.480	0.216	0.001	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	26427.50	0.00
NO.4 C.O.T. (P)	20081.17	19482.75	108.99	157.32	2.80	29.00	40.30	0.34	0.49	0.10	1.00	0.67	0.304	0.480	0.216	0.001	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	19482.75	0.00
NO.4 C.O.T. (S)	20081.17	19482.75	108.99	157.32	2.80	29.00	3.50	0.34	0.49	0.10	1.00	0.06	0.304	0.480	0.216	0.001	0.000	0.999	0.788	0.212	0.046	19482.75	891.52
NO.5 C.O.T. (C)	33628.76	32626.62	55.20	108.99	2.80	29.00	16.67	0.17	0.34	0.10	1.00	0.28	0.138	0.630	0.233	0.001	0.000	0.999	0.988	0.012	0.003	32626.62	94.02
NO.5 C.O.T. (P)	16735.67	16236.95	66.00	108.99	2.80	29.00	39.52	0.20	0.34	0.10	1.00	0.66	0.171	0.630	0.199	0.001	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	16236.95	0.00
NO.5 C.O.T. (S)	16735.67	16236.95	66.00	108.99	2.80	29.00	2.55	0.20	0.34	0.10	1.00	0.04	0.171	0.630	0.199	0.001	0.000	0.999	0.700	0.300	0.060	16236.95	968.44
SLOP T. (P)	4001.00	3881.77	49.80	66.00	8.80	29.00	39.52	0.15	0.20	0.30	1.00	0.66	0.121	0.763	0.116	0.022	0.000	0.978	1.000	0.000	0.000	3881.77	0.00
SLOP T. (S)	4001.00	3881.77	49.80	66.00	8.80	29.00	2.01	0.15	0.20	0.30	1.00	0.03	0.121	0.763	0.116	0.022	0.000	0.978	0.612	0.388	0.044	3881.77	171.13

BOTTOM DAMAGE

Tank	Total Volume (m ³)	Volume at 98% (m ³)	X _a (m)	X _f (m)	Y _p (m)	Y _s (m)	z (m)	X _a /L	X _f /L	Y _p /B _B	Y _s /B _B	z/D _s	P _{Ba}	P _{Bf}	P _{BL}	P _{Bp}	P _{Bs}	P _{BT}	P _{Bz}	P _{Bv}	P _{Bi}
NO.1 C.O.T. (C)	23982.46	23267.78	253.98	305.82	40.30	19.70	2.80	0.79	0.95	0.67	0.33	0.10	0.391	0.030	0.579	0.194	0.194	0.613	0.775	0.225	0.080
NO.1 C.O.T. (P)	16578.57	16084.53	253.98	305.82	56.50	32.00	2.80	0.79	0.95	0.94	0.53	0.10	0.391	0.030	0.579	0.013	0.377	0.610	0.775	0.225	0.079
NO.1 C.O.T. (S)	16578.57	16084.53	253.98	305.82	28.00	3.50	2.80	0.79	0.95	0.47	0.06	0.10	0.391	0.030	0.579	0.377	0.013	0.610	0.775	0.225	0.079
NO.2 C.O.T. (C)	27239.22	26427.49	205.65	253.98	40.30	19.70	2.80	0.64	0.79	0.67	0.33	0.10	0.232	0.274	0.494	0.194	0.194	0.613	0.775	0.225	0.068
NO.2 C.O.T. (P)	20081.18	19482.76	205.65	253.98	56.50	40.30	2.80	0.64	0.79	0.94	0.67	0.10	0.232	0.274	0.494	0.013	0.516	0.472	0.775	0.225	0.052
NO.2 C.O.T. (S)	20081.18	19482.76	205.65	253.98	19.70	3.50	2.80	0.64	0.79	0.33	0.06	0.10	0.232	0.274	0.494	0.516	0.013	0.472	0.775	0.225	0.052
NO.3 C.O.T. (C)	27239.23	26427.50	157.32	205.65	40.30	19.70	2.80	0.49	0.64	0.67	0.33	0.10	0.137	0.509	0.354	0.194	0.194	0.613	0.775	0.225	0.049
NO.3 C.O.T. (P)	20081.17	19482.75	157.32	205.65	56.50	40.30	2.80	0.49	0.64	0.94	0.67	0.10	0.137	0.509	0.354	0.013	0.516	0.472	0.775	0.225	0.038
NO.3 C.O.T. (S)	20081.17	19482.75	157.32	205.65	19.70	3.50	2.80	0.49	0.64	0.33	0.06	0.10	0.137	0.509	0.354	0.516	0.013	0.472	0.775	0.225	0.038
NO.4 C.O.T. (C)	27239.23	26427.50	108.99	157.32	40.30	19.70	2.80	0.34	0.49	0.67	0.33	0.10	0.071	0.699	0.229	0.194	0.194	0.613	0.775	0.225	0.032
NO.4 C.O.T. (P)	20081.17	19482.75	108.99	157.32	56.50	40.30	2.80	0.34	0.49	0.94	0.67	0.10	0.071	0.699	0.229	0.013	0.516	0.472	0.775	0.225	0.024
NO.4 C.O.T. (S)	20081.17	19482.75	108.99	157.32	19.70	3.50	2.80	0.34	0.49	0.33	0.06	0.10	0.071	0.699	0.229	0.516	0.013	0.472	0.775	0.225	0.024
NO.5 C.O.T. (C)	33628.76	32626.62	55.20	108.99	41.55	18.45	2.80	0.17	0.34	0.69	0.31	0.10	0.022	0.818	0.160	0.177	0.177	0.646	0.775	0.225	0.023
NO.5 C.O.T. (P)	16735.67	16236.95	66.00	108.99	56.50	40.30	2.80	0.20	0.34	0.94	0.67	0.10	0.030	0.818	0.152	0.013	0.516	0.472	0.775	0.225	0.016
NO.5 C.O.T. (S)	16735.67	16236.95	66.00	108.99	19.70	3.50	2.80	0.20	0.34	0.33	0.06	0.10	0.030	0.818	0.152	0.516	0.013	0.472	0.775	0.225	0.016
SLOP T. (P)	4001.00	3881.77	49.80	66.00	56.50	40.78	8.80	0.15	0.20	0.94	0.68	0.30	0.018	0.892	0.090	0.013	0.524	0.464	1.000	0.000	0.000
SLOP T. (S)	4001.00	3881.77	49.80	66.00	19.23	3.50	8.80	0.15	0.20	0.32	0.06	0.30	0.018	0.892	0.090	0.524	0.013	0.464	1.000	0.000	0.000

BOTTOM DAMAGE												
Tank	C _{DB}	Z _i (m)	h _{c(0)} (m)	Volume at h _{c(0)} (m ³)	Actual Volume at h _{c(0)} (m ³)	O _{BI(0)} (m ³)	OM _{BI(0)}	h _{c(2.5)} (m)	Volume at h _{c(2.5)} (m ³)	Actual Volume at h _{c(2.5)} (m ³)	O _{BI(2.5)} (m ³)	OM _{BI(2.5)}
NO.1 C.O.T. (C)	0.60	2.80	20.28	17602.17	17426.15	5841.63	279.13	17.42	15028.73	14878.44	8389.33	400.86
NO.1 C.O.T. (P)	0.60	2.80	20.28	11727.06	11609.79	4474.74	212.82	17.42	9821.88	9723.66	6360.86	302.53
NO.1 C.O.T. (S)	0.60	2.80	20.28	11727.06	11609.79	4474.74	212.82	17.42	9821.88	9723.66	6360.86	302.53
NO.2 C.O.T. (C)	0.60	2.80	20.28	20190.72	19988.82	6438.68	262.70	17.42	17339.33	17165.94	9261.56	377.87
NO.2 C.O.T. (P)	0.60	2.80	20.28	15022.40	14872.17	4610.58	144.77	17.42	12780.09	12652.29	6830.47	214.47
NO.2 C.O.T. (S)	0.60	2.80	20.28	15022.40	14872.17	4610.58	144.77	17.42	12780.09	12652.29	6830.47	214.47
NO.3 C.O.T. (C)	0.60	2.80	20.28	20190.73	19988.82	6438.68	188.43	17.42	17339.34	17165.94	9261.56	271.05
NO.3 C.O.T. (P)	0.60	2.80	20.28	15022.39	14872.17	4610.58	103.84	17.42	12780.08	12652.28	6830.47	153.84
NO.3 C.O.T. (S)	0.60	2.80	20.28	15022.39	14872.17	4610.58	103.84	17.42	12780.08	12652.28	6830.47	153.84
NO.4 C.O.T. (C)	0.60	2.80	20.28	20190.73	19988.82	6438.68	121.92	17.42	17339.34	17165.94	9261.56	175.37
NO.4 C.O.T. (P)	0.60	2.80	20.28	15022.39	14872.17	4610.58	67.19	17.42	12780.08	12652.28	6830.47	99.53
NO.4 C.O.T. (S)	0.60	2.80	20.28	15022.39	14872.17	4610.58	67.19	17.42	12780.08	12652.28	6830.47	99.53
NO.5 C.O.T. (C)	0.60	2.80	20.28	24716.82	24469.65	8156.97	113.56	17.42	21107.10	20896.03	11730.59	163.32
NO.5 C.O.T. (P)	0.60	2.80	20.28	12244.65	12122.21	4114.74	39.69	17.42	10253.80	10151.26	6085.69	58.70
NO.5 C.O.T. (S)	0.60	2.80	20.28	12244.65	12122.21	4114.74	39.69	17.42	10253.80	10151.26	6085.69	58.70
SLOP T. (P)	0.60	8.80	13.41	2291.94	2269.02	1612.75	0.00	10.54	1633.00	1616.67	2265.10	0.00
SLOP T. (S)	0.60	8.80	13.41	2291.94	2269.02	1612.75	0.00	10.54	1633.00	1616.67	2265.10	0.00

7.3 Σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα του Maxsurf

Ο υπολογισμός του δείκτη μέσης εκροής πετρελαίου πραγματοποιήθηκε και στο Maxsurf Stability, όπως φαίνεται στη συνέχεια. Σε μία πρώτη φάση του υπολογισμού, το πρόγραμμα δεν λαμβάνει σωστά ορισμένες παραμέτρους όπως το πρόσθετο βάρος του πλοίου, τον συντελεστή C₃ ή τις αποστάσεις Y_p και Y_s στην περίπτωση ρήγματος πυθμένα. Έχει όμως τη δυνατότητα να υπολογίσει με μεγαλύτερη ακρίβεια μεγέθη όπως η απόσταση γ στον υπολογισμό πλευρικού ρήγματος. Για το λόγο αυτό, προσφέρει τη δυνατότητα στο χρήστη να μεταβάλλει ορισμένες τιμές και να πραγματοποιήσει διορθώσεις στους υπολογισμούς. Επομένως, η καλύτερη προσέγγιση του δείκτη μέσης εκροής πετρελαίου, πραγματοποιείται με συνδυασμό των δύο μεθόδων υπολογισμού, οδηγώντας σε ακριβέστερα αποτελέσματα.

Main parameters: Reg 23																																
Length (L)	318.000	m																														
All terminus of Length (L)	0.000	m																														
Deepest loadline draft (d_S)	21.000	m																														
Lightship draft (d_L)	7.925	m																														
Partial loadline draft (d_P)	15.770	m																														
Draft B (d_B)	8.723	m																														
Depth amidships to upper deck (D_S)	29.076	m																														
Breadth at or below d_S (B_S)	80.000	m																														
Breadth at or below d_B (B_B)	80.000	m																														
Deadweight (DWT)	217658	tonne																														
Total volume of fuel oil at 98% filling (C)	324479.891	m³																														
Nominal seawater density (rho_S)	1.0250	tonne/m³																														
Nominal cargo density (rho_n)	0.6708	tonne/m³																														
Inert gas over pressure (p)	5000.0	Pa																														
Acceleration due to gravity (g)	9.810	m/s²																														
Tidal change (t_C)	-2.500	m³																														
Calculations																																
Mean outflow for side damage (O_MS)	7829.729	m³																														
Mean outflow for bottom damage (O_MB)	608.834	m³																														
Mean outflow parameter (O_M)	0.011																															
Maximum allowable mean outflow parameter (O_M_max)	0.013																															
Status Reg.23	Pass																															
Oil Outflow Index																																
	Permeability	Loading	Loading vol	Oil density	Xa	Xf	Yp	Ys	Zl	Zu	y	z	P(Sa)	P(Sf)	P(Sl)	P(Su)	P(Sy)	P(SL)	P(SV)	P(ST)	P(S)	O_S	O_S P(S)									
	%	% full	m³	tonne/m³	m	m	m	m	m	m	m	m										m³	m³									
NO.1.C.O.T. (C)	99.0	98.00	23267.778	0.6708	253.960	305.820	59.977	0.023	2.800	29.000	10.958	2.800	0.7657	0.0176	0.0009	0.0007	0.9343	0.2167	0.9984	0.0857	0.0142			23267.778	330.859							
NO.1.C.O.T. (P)	99.0	98.00	16094.526	0.6708	253.960	305.820	59.977	0.023	2.800	29.000	15.393	2.800	0.7657	0.0176	0.0009	0.0007	0.9757	0.2167	0.9984	0.0243	0.0053			16094.526	84.869							
NO.1.C.O.T. (S)	99.0	98.00	16094.526	0.6708	253.960	305.820	59.977	0.023	2.800	29.000	1.849	2.800	0.7657	0.0176	0.0009	0.0007	0.5796	0.2167	0.9984	0.4204	0.0910			16094.526	1483.028							
NO.2.C.O.T. (C)	99.0	98.00	26427.493	0.6708	205.650	253.960	60.000	0.000	2.800	29.000	18.330	2.800	0.6137	0.1863	0.0009	0.0007	1.0000	0.2160	0.9984	0.0000	0.0000			26427.493	0.000							
NO.2.C.O.T. (P)	99.0	98.00	19482.758	0.6708	205.650	253.960	60.000	0.000	2.800	29.000	38.930	2.800	0.6137	0.1863	0.0009	0.0007	1.0000	0.2160	0.9984	0.0000	0.0000			19482.758	0.000							
NO.2.C.O.T. (S)	99.0	98.00	19482.758	0.6708	205.650	253.960	60.000	0.000	2.800	29.000	3.479	2.800	0.6137	0.1863	0.0009	0.0007	0.7861	0.2160	0.9984	0.2139	0.0466			19482.758	907.082							
NO.3.C.O.T. (C)	99.0	98.00	26427.502	0.6708	157.320	205.650	60.000	0.000	2.800	29.000	19.700	2.800	0.4617	0.3203	0.0009	0.0007	1.0000	0.2160	0.9984	0.0000	0.0000			26427.502	0.000							
NO.3.C.O.T. (P)	99.0	98.00	19482.751	0.6708	157.320	205.650	60.000	0.000	2.800	29.000	40.300	2.800	0.4617	0.3203	0.0009	0.0007	1.0000	0.2160	0.9984	0.0000	0.0000			19482.751	0.000							
NO.3.C.O.T. (S)	99.0	98.00	19482.751	0.6708	157.320	205.650	60.000	0.000	2.800	29.000	3.500	2.800	0.4617	0.3203	0.0009	0.0007	0.7876	0.2160	0.9984	0.2124	0.0482			19482.751	900.658							
NO.4.C.O.T. (C)	99.0	98.00	26427.502	0.6708	108.990	157.320	60.000	0.000	2.800	29.000	18.681	2.800	0.3097	0.4723	0.0009	0.0007	1.0000	0.2160	0.9984	0.0000	0.0000			26427.502	0.000							
NO.4.C.O.T. (P)	99.0	98.00	19482.751	0.6708	108.990	157.320	60.000	0.000	2.800	29.000	39.281	2.800	0.3097	0.4723	0.0009	0.0007	1.0000	0.2160	0.9984	0.0000	0.0000			19482.751	0.000							
NO.4.C.O.T. (S)	99.0	98.00	19482.751	0.6708	108.990	157.320	60.000	0.000	2.800	29.000	3.500	2.800	0.3097	0.4723	0.0009	0.0007	0.7876	0.2160	0.9984	0.2124	0.0482			19482.751	900.658							
NO.5.C.O.T. (C)	99.0	98.00	32626.619	0.6708	49.800	108.990	60.000	0.000	2.800	29.000	3.388	2.800	0.1236	0.8243	0.0009	0.0007	0.7795	0.2521	0.9984	0.2205	0.0555			32626.619	1810.905							
NO.5.C.O.T. (P)	99.0	98.00	18236.948	0.6708	66.000	108.990	60.000	0.000	2.800	29.000	29.532	2.800	0.1745	0.8243	0.0009	0.0007	1.0000	0.2012	0.9984	0.0000	0.0000			18236.948	0.000							
NO.5.C.O.T. (S)	99.0	98.00	18236.948	0.6708	66.000	108.990	60.000	0.000	2.800	29.000	2.083	2.800	0.1745	0.8243	0.0009	0.0007	0.6281	0.2012	0.9984	0.3739	0.0751			18236.948	1219.615							
SLOP.T. (P)	99.0	98.00	3881.765	0.6708	49.800	66.000	53.550	6.450	8.800	29.000	30.650	8.800	0.1236	0.7595	0.0217	0.0007	1.0000	0.1169	0.9778	0.0000	0.0000			3881.765	0.000							
SLOP.T. (S)	99.0	98.00	3881.765	0.6708	49.800	66.000	53.550	6.450	8.800	29.000	1.592	8.800	0.1236	0.7595	0.0217	0.0007	0.5217	0.1169	0.9778	0.4783	0.0547			3881.765	212.274							
Mean outflow for side damage (O_MS)			324479.891																					7829.729								
Long. Bhd. Coefficient (C_3)	1.00																							7829.729								
Bottom Damage																																
	Permeability	Loading	Loading vol	Oil density	Xa	Xf	Yp	Ys	Zl	Zu	y	z	P(Ba)	P(Bf)	P(BP)	P(Bs)	P(BZ)	P(BL)	P(BV)	P(BT)	P(B)	CBD	Bounds bo	OB min	hC1	vol(hC1)	OB1	hC2	vol(hC2)	OB2	OB	OB P(B)/CB
	%	% full	m³	tonne/m³	m	m	m	m	m	m	m	m											No	m³	m	m³	m³	m	m³	m³	m³	m³
NO.1.C.O.T. (C)	99.0	98.00	23267.778	0.6708	253.960	305.820	59.977	0.023	2.800	29.000	10.958	2.800	0.4073	0.0199	0.0001	0.0001	0.7750	0.5728	0.2250	0.9999	0.1289	0.6000	No	0.000	27.051	23449.103	0.000	23.231	20050.834	3216.944	965.083	74.614
NO.1.C.O.T. (P)	99.0	98.00	16094.526	0.6708	253.960	305.820	59.977	0.023	2.800	29.000	15.393	2.800	0.4073	0.0199	0.0001	0.0001	0.7750	0.5728	0.2250	0.9999	0.1289	0.6000	No	0.000	27.051	16393.604	0.000	23.231	13883.240	2401.298	720.396	55.696
NO.1.C.O.T. (S)	99.0	98.00	16094.526	0.6708	253.960	305.820	59.977	0.023	2.800	29.000	1.849	2.800	0.4073	0.0199	0.0001	0.0001	0.7750	0.5728	0.2250	0.9999	0.1289	0.6000	No	0.000	27.051	16393.604	0.000	23.231	13883.240	2401.298	720.396	55.696
NO.2.C.O.T. (C)	99.0	98.00	26427.493	0.6708	205.650	253.960	60.000	0.000	2.800	29.000	18.330	2.800	0.2394	0.2541	0.0000	0.0000	0.7750	0.5064	0.2250	1.0000	0.1139	0.6000	No	0.000	27.051	26862.249	0.000	23.231	22896.979	3530.514	1058.154	72.411
NO.2.C.O.T. (P)	99.0	98.00	19482.758	0.6708	205.650	253.960	60.000	0.000	2.800	29.000	38.930	2.800	0.2394	0.2541	0.0000	0.0000	0.7750	0.5064	0.2250	1.0000	0.1139	0.6000	No	0.000	27.051	19877.947	0.000	23.231	17158.130	2323.628	697.080	47.658
NO.2.C.O.T. (S)	99.0	98.00	19482.758	0.6708	205.650	253.960	60.000	0.000	2.800	29.000	3.479	2.800	0.2394	0.2541	0.0000	0.0000	0.7750	0.5064	0.2250	1.0000	0.1139	0.6000	No	0.000	27.051	19877.947	0.000	23.231	17158.130	2323.628	697.080	47.658
NO.3.C.O.T. (C)	99.0	98.00	26427.502	0.6708	157.320	205.650	60.000	0.000	2.800	29.000	19.700	2.800	0.1405	0.4939	0.0000	0.0000	0.7750	0.3656	0.2250	1.0000	0.0823	0.6000	No	0.000	27.051	26862.258	0.000	23.231	22896.967	3530.515	1058.154	52.281
NO.3.C.O.T. (P)	99.0	98.00	19482.751	0.6708	157.320	205.650	60.000	0.000	2.800	29.000	40.300	2.800	0.1405	0.4939	0.0000	0.0000	0.7750	0.3656	0.2250	1.0000	0.0823	0.6000	No	0.000	27.051	19877.940	0.000	23.231	17158.123	2323.628	697.080	34.409
NO.3.C.O.T. (S)	99.0	98.00	19482.751	0.6708	157.320	205.650	60.000	0.000	2.800	29.000	3.500	2.800																				

8: Υπολογισμοί Στοιχείων Αντοχής Μέσης Τομής και Ανάπτυξη Κατασκευαστικού Σχεδίου Μέσης Τομής

8.1: Κανονισμοί και Υποθέσεις

Οι υπολογισμοί που εκτελέστηκαν βασίστηκαν στους κανονισμούς που ορίζει ο IACS στους “Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers” της 01/01/2023.

- Σενάριο Φορτίσεων

Το σενάριο φορτίσεων που εξετάστηκε είναι στην κατάσταση που το πλοίο κινείται σε ανοιχτή θάλασσα (seagoing operations) και κατά την οποία του ασκούνται ταυτόχρονα στατικές και δυναμικές φορτίσεις μέσα σε κακοκαιρία (S+D), καθώς αυτό είναι το χειρότερο σενάριο που προβλέπεται για εκτίμηση αντοχής. Τα Acceptance Criteria που θα εφαρμόστούν είναι τα AC-SD. (Pt 1, Ch 1, Sec 2, Table 1)

- Σενάριο Κυματισμών

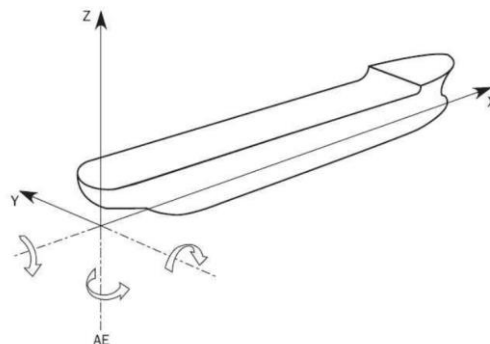
Επειδή η ανάλυση και οι υπολογισμοί γίνονται στη μέση τομή του πλοίου, επιλέχθηκαν τα σενάρια κυματισμών (Equivalent Design Waves, EDW) HSM-1 και HSM-2, τα οποία περιγράφουν μετωπικούς κυματισμούς που ελαχιστοποιούν και μεγιστοποιούν τις καμπτικές ροπές λόγω κυματισμών στο μέσο του πλοίου αντίστοιχα.

- Καταστάσεις Φόρτωσης

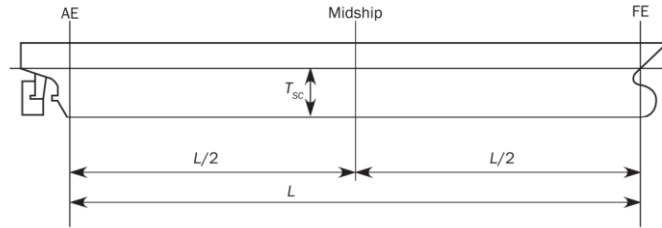
Το πλοίο θα εξεταστεί στις δύο χειρότερες καταστάσεις φόρτωσής του, την κατάσταση πλήρους φόρτωσης Full Load Condition, στην οποία θα έχει το μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα $T=T_{SC}=21.0$ m και στην κατάσταση ερματισμού όπως αυτή ορίζεται από τους κανονισμούς, όπου το πλοίο θα έχει το ελάχιστο επιτρεπόμενο βύθισμα στο μέσο του, ίσο με $T=T_{BAL}=9.01$ m.

- Σύστημα Αξόνων

Το σύστημα αξόνων ορίζεται όπως στις παρακάτω εικόνες και η αρχή των αξόνων είναι το σημείο που βρίσκεται στην τομή του επιπέδου συμμετρίας του πλοίου, του βασικού επιπέδου αναφοράς και του πρυμναίου άκρου του L, όπου $L=L_{RULE}$ όπως θα οριστεί παρακάτω.



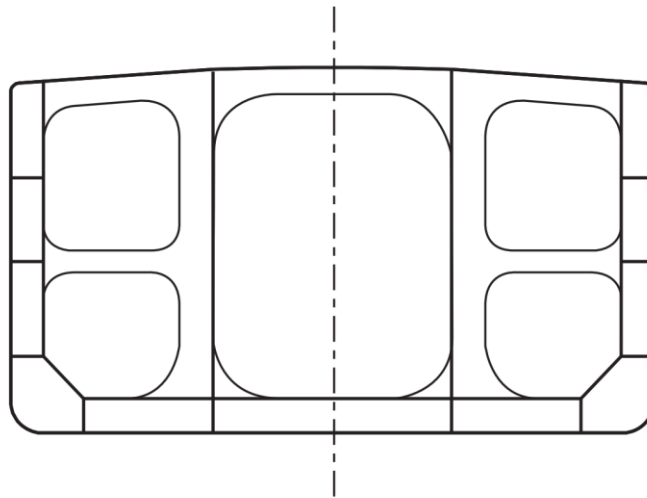
60. Σύστημα Αξόνων



61. Rule Length

- Μορφή Μέσης Τομής

Η μορφή της μέσης τομής του πλοίου θα είναι όπως αυτή που παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



62. Τυπική Μορφή Μέσης Τομής Δεξαμενοπλοίου με Δύο Διαμήκειες Φρακτές

- Είδη Χαλύβων

Οι χάλυβες που θα χρησιμοποιηθούν στη μέση τομή του υπό σχεδίαση πλοίου είναι οι ίδιοι με αυτούς που βρίσκονται στα αντίστοιχα τμήματα της μέσης τομής του πατρικού. Αυτοί είναι:

Τύπος Χάλυβα	R_{eH} (N/mm^2)	k
AH32	315	0.78
DH32	315	0.78
EH32	315	0.78
AH36	355	0.72

Οι τιμές R_{eH} και k για τον κάθε τύπο χάλυβα προσδιορίστηκαν από τους πίνακες Table 1 και Table 2 αντίστοιχα, που βρίσκονται στο Pt 1, Ch 3, Sec 1 των κανονισμών.

8.2: Απαραίτητα Μεγέθη για τους Υπολογισμούς

Απαραίτητα Στοιχεία για τους Υπολογισμούς

General Particulars	
L_{OA} (m)	327.70
L_{BP} (m)	318.00
L (m)	312.05
L_0 (m)	312.05
L_1 (m)	250.00
L_2 (m)	300.00
B (m)	60.00
D (m)	29.00
T_{SC} (m)	21.00
T_{BAL} (m)	9.01
L.S. (t)	42491.04
Δ (t)	326439.14
C_B	0.810
C_M	0.997
C_P	0.812
C_{WP}	0.896
Δ_{BAL} (t)	129467.24
C_{BBAL}	0.749
C_{WPBAL}	0.804
x AE (m) from AP	5.95
x FE (m) from AP	318.00
x MID (m) from AP	161.98
γ (t/m ³)	1.025
g (m/s ²)	9.81

Βασική παράμετρος για την πραγματοποίηση των υπολογισμών είναι ο ορισμός του “Rule Length” ή “Μήκος Κανόνα” του πλοίου, το οποίο συμβολίζεται ως L και ισούται με το μήκος της ισάλου από τον κάθετο άξονα του πηδαλίου έως το πρωραίο άκρο του πλοίου στο T_{SC} . Το συγκεκριμένο μήκος δεν πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερο από το 97% του συνολικού μήκους της ισάλου σε αυτό το βύθισμα, ούτε μικρότερο από το 96% αυτού. Τελικά προκύπτει ότι: $L=312.05$ m.

L_0 : Μήκος Κανόνας, L , αλλά όχι μικρότερο από 110 m

L_1 : Μήκος Κανόνας, L , αλλά όχι μεγαλύτερο από 250 m

L_2 : Μήκος Κανόνας, L , αλλά όχι μεγαλύτερο από 300 m

8.3: Ελάχιστη Ροπή Αντίστασης Μέσης Τομής Σύμφωνα με τους CSR

Η μέση τομή του πλοίου πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε οι ροπές αντίστασης της (Z) στον πυθμένα και στο κατάστρωμα να είναι μεγαλύτερες από την ελάχιστη απαιτούμενη σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Η τιμή της ροπής αντίστασης της μέσης τομής του πλοίου προκύπτει από τη σχέση:

$$Z = \frac{|M_{SW} + M_{WV}|}{\sigma_{perm}}$$

όπου:

σ_{perm} : η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση στη μέση τομή του πλοίου, η οποία ισούται με:

$$\sigma_{perm} = \frac{190}{k} \text{ (Pt 1, Ch 5, Sec 1, Table 1)}$$

Η τιμή που λαμβάνεται για το k είναι η 0.72, καθώς η χρήση χάλυβα AH-36 αποτελεί την πιο αντιπροσωπευτική περίπτωση στη μέση τομή του πλοίου. Επομένως, $\sigma_{perm}=263.89$ MPa.

Είναι απαραίτητος λοιπόν ο υπολογισμός των καμπτικών ροπών σε ήρεμο νερό και σε κυματισμούς στη μέση τομή του πλοίου.

Η τιμή της καμπτικής ροπής λόγω κυματισμών στη μέση τομή του πλοίου σε κατάσταση Hogging και Sagging αντίστοιχα προσδιορίζεται από τους τύπους: (Pt 1, Ch 4, Sec 4, 3.1)

$$M_{wv-h-mid} = 0.19 \cdot f_{nl-vh} \cdot f_m \cdot f_p \cdot C_w \cdot L^2 \cdot B \cdot C_B$$

$$M_{wv-s-mid} = -0.19 \cdot f_{nl-vs} \cdot f_m \cdot f_p \cdot C_w \cdot L^2 \cdot B \cdot C_B$$

όπου,

f_m : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 1.0 στο μέσο του πλοίου

f_p : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με $f_p=f_{ps}$ για εκτίμηση αντοχής

f_{ps} : συντελεστής εκτίμησης αντοχής που για σενάριο "extreme sea loads" λαμβάνεται ίσος με 1.0

f_{nl-vh} : διορθωτικός συντελεστής για μη γραμμικά φαινόμενα σε hogging, που για εκτίμηση αντοχής ισούται με 1.0

f_{nl-vs} : διορθωτικός συντελεστής για μη γραμμικά φαινόμενα σε sagging. που για εκτίμηση αντοχής ορίζεται ως:

$$f_{nl-vs} = 0.58 \cdot \frac{C_B + 0.7}{C_B}$$

C_w : συντελεστής κύματος που ορίζεται ως:

$$C_w = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1.5}, \text{ για } 90 \text{ m} \leq L \leq 300 \text{ m}$$

$$C_w = 10.75, \text{ για } 300 \text{ m} \leq L \leq 350 \text{ m}$$

$$C_w = 10.75 - \left(\frac{L - 350}{150} \right)^{1.5}, \text{ για } 350 \text{ m} \leq L \leq 500 \text{ m}$$

Σύμφωνα με τους κανονισμούς, οι μέγιστες τιμές των καμπτικών ροπών σε ήρεμο νερό σε κατάσταση Hogging και Sagging αντίστοιχα που εμφανίζονται στο πλοίο είναι: (Pt 1, Ch 4, Sec 4, 2.2)

$$M_{sw-h-mid} = f_{sw}(171 \cdot C_w \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \cdot 10^{-3} - M_{wv-h-mid})$$

$$M_{sw-s-mid} = -0.85 \cdot f_{sw}(171 \cdot C_w \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \cdot 10^{-3} + M_{wv-h-mid})$$

όπου,

f_{sw} : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 1.0 στο μέσο του πλοίου

Η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή της ροπής αντίστασης της μέσης τομής του πλοίου θα ισούται με:

$$Z = \frac{|M_{max}|}{\sigma_{perm}}$$

όπου $M_{max}=16217293.0$ kNm, άρα $Z=61.46$ m³.

Επίσης, οι κανονισμοί ορίζουν πως η τιμή της ροπής αντίστασης της μέσης τομής του πλοίου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από:

$$Z_R = 0.9 \cdot k \cdot C_w \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \cdot 10^{-6} \Rightarrow Z_R = 61.46 \text{ m}^3$$

Αντίστοιχα, η ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή της ροπής αδράνειας της μέσης τομής του πλοίου ως προς τον οριζόντιο ουδέτερο άξονα είναι ίση με:

$$I_{yR} = 2.7 \cdot C_w \cdot L^3 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \cdot 10^{-8} \Rightarrow I_{yR} = 799.04 \text{ m}^4$$

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω μεθόδους, η ελάχιστη τιμή της ροπής αντίστασης της μέσης τομής του πλοίου σύμφωνα με τους κανονισμούς είναι ίση με:

$$Z_{R-min}=61.46 \text{ m}^3$$

8.4: Υπολογισμός Επιταχύνσεων

Ο υπολογισμός των επιταχύνσεων του πλοίου είναι απαραίτητος, διότι τα δυναμικά φορτία που ασκούνται στο πλοίο εξαρτώνται από αυτές. Οι επιταχύνσεις που υπολογίζονται αφορούν τις κινήσεις του πλοίου στους 6 βαθμούς ελευθερίας του και οι τιμές τους βρίσκονται με βάση τους κανονισμούς (Pt 14, Ch 4, Sec 3).

- Επιτάχυνση Surge

Η επιτάχυνση στην κίνηση surge υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\alpha_{surge} = 0.2 \cdot f_p \cdot \alpha_0 \cdot g \text{ (m/s}^2\text{)}$$

όπου,

f_p : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με $f_p=f_{ps}$ για εκτίμηση αντοχής

f_{ps} : συντελεστής εκτίμησης αντοχής που για σενάριο "extreme sea loads" λαμβάνεται ίσος με 1.0

α_0 : παράμετρος επιτάχυνσης που λαμβάνεται ίσος με:

$$\alpha_0 = (1.58 - 0.47 \cdot C_B) \cdot \left(\frac{2.4}{\sqrt{L}} + \frac{34}{L} - \frac{600}{L^2} \right)$$

Προκύπτει τελικά ότι:

$$\alpha_{surge}=0.56157 \text{ m/s}^2$$

- Επιτάχυνση Sway

Η επιτάχυνση στην κίνηση sway υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\alpha_{sway} = 0.3 \cdot f_p \cdot \alpha_0 \cdot g \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Προκύπτει τελικά ότι:

$$\alpha_{sway}=0.84235 \text{ m/s}^2$$

- Επιτάχυνση Heave

Η επιτάχυνση στην κίνηση heave υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\alpha_{heave} = f_p \cdot \alpha_0 \cdot g \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Προκύπτει τελικά ότι:

$$\alpha_{heave}= 2.80784 \text{ m/s}^2$$

- Επιτάχυνση Roll

Η επιτάχυνση στην κίνηση roll υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\alpha_{roll} = f_p \cdot \theta \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T_\theta} \right)^2 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

όπου:

T_θ : η περίοδος της κίνησης roll που ισούται με:

$$T_\theta = \frac{2.3 \cdot \pi \cdot k_r}{\sqrt{g \cdot GM}} \text{ (s)}$$

με:

k_r : η ακτίνα κατά την περιστροφή roll, σε m

GM: το μετακεντρικό ύψος, σε m

Τα k_r και GM προκύπτουν από τον πίνακα Table 1 (Pt 1, Ch 4, Sec 3). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα μεγέθη k_r και GM έχουν διαφορετικές τιμές ανάλογα με την κατάσταση φόρτωσης του πλοίου, επομένως, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες επιταχύνσεις, η επιτάχυνση roll θα υπολογισθεί τόσο για την κατάσταση Full Load Condition όσο και για την Ballast Condition. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές των k_r και GM σε κάθε κατάσταση φόρτωσης που μελετάται.

Loading condition ⁽¹⁾⁽²⁾	T_{LC}	k_r	GM
Full load condition	T_{SC}	0.35B	0.12B
Optional conditions that have a draught greater than $0.9T_{SC}$	Actual draught but $\geq 0.9T_{SC}$	0.35B	0.12B
Partial load condition	$\leq 0.6T_{SC}$	0.40B	0.24B
Ballast condition	T_{BAL}	0.45B	0.33B
<p>(1) For optional loading conditions or gale/emergency ballast conditions with draught between $0.6T_{SC}$ and $0.9T_{SC}$, the values of k_r and GM, unless provided in the loading manual, are to be obtained by linear interpolation between the optional condition at $0.9T_{SC}$ and the partial load condition at $0.6T_{SC}$ based on the actual draught.</p> <p>(2) For flooded loading conditions, the values of k_r and GM, unless provided in the loading manual, are to be taken as those for the full load condition.</p>			

63. Πίνακας Τιμών k_r και GZ για Δεξαμενόπλοια

και θ : η γωνία roll ίση με:

$$\theta = \frac{9000 \cdot (1.25 - 0.025 \cdot T_\theta) \cdot f_p \cdot f_{BK}}{(B + 75) \cdot \pi} \text{ (deg)}$$

με,

f_{BK} : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 1.0 για πλοία με bilge keel

Προκύπτει τελικά ότι:

$$\alpha_{roll-FLC} = 0.04650 \text{ rad/s}^2 \text{ και}$$

$$\alpha_{roll-BC} = 0.08718 \text{ rad/s}^2$$

- Επιτάχυνση Pitch

Η επιτάχυνση στην κίνηση pitch υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\alpha_{pitch} = f_p \cdot \left(\frac{3.1}{\sqrt{g \cdot L}} + 1.0 \right) \cdot \varphi \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T_\varphi} \right)^2 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

όπου,

T_φ : η περίοδος της κίνησης pitch που ισούται με:

$$T_\varphi = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_\varphi}{g}} \text{ (s)}$$

με,

$$\lambda_\varphi = 0.6 \cdot (1 + f_T) \cdot L$$

όπου,

f_T : λόγος βυθίσματος κατάστασης φόρτωσης με T_{sc} , αλλά όχι μικρότερος από 0.5

και φ : η γωνία pitch ίση με:

$$\varphi = 1350 \cdot f_p \cdot L^{-0.94} \cdot \left\{ 1.0 + \left(\frac{2.57}{\sqrt{g \cdot L}} \right)^{1.2} \right\} \text{ (deg)}$$

Προκύπτει τελικά ότι:

$$\alpha_{pitch-FLC} = 0.01899 \text{ rad/s}^2$$

$$\alpha_{pitch-BC} = 0.03184 \text{ rad/s}^2$$

- Επιτάχυνση Yaw

Η επιτάχυνση στην κίνηση yaw δεν παίζει κάποιο ρόλο στις δυναμικές φορτίσεις που ασκούνται στο πλοίο, επομένως δεν είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της.

Οι παραπάνω επιταχύνσεις αφορούν το κέντρο βάρους του πλοίου. Μέσω των σχέσεων που ακολουθούν είναι δυνατός ο υπολογισμός της συνολικής επιτάχυνσης σε κάθε σημείο του πλοίου. Η επιτάχυνση στους άξονες x, y και z σε κάθε σημείο του πλοίου θα είναι ίση με:

$$\alpha_x = -C_{xG} \cdot g \cdot \sin\varphi + C_{xS} \cdot \alpha_{surge} + C_{xP} \cdot \alpha_{pitch} \cdot (z - R) \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\alpha_y = C_{yG} \cdot g \cdot \sin\theta + C_{yS} \cdot \alpha_{sway} - C_{yR} \cdot \alpha_{roll} \cdot (z - R) \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\alpha_z = C_{zH} \cdot \alpha_{heave} + C_{zR} \cdot \alpha_{roll} \cdot y - C_{zP} \cdot \alpha_{pitch} \cdot (x - 0.45 \cdot L) \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Οι παραπάνω συντελεστές C_{ij} προκύπτουν από τον πίνακα Table 4 (Pt 1, Ch 4, Sec 2) των κανονισμών.

Load component		LCF	HSM-1	HSM-2	HSA-1	HSA-2	FSM-1	FSM-2
Hull girder loads	M_{WV}	C_{WV}	-1	1	-0.7	0.7	$-0.4f_T - 0.6$	$0.4f_T + 0.6$
	Q_{WV}	C_{QW}	$-1.0f_{ip}$	$1.0f_{ip}$	$-0.6f_{ip}$	$0.6f_{ip}$	$-1.0f_{ip}$	$1.0f_{ip}$
	M_{WH}	C_{WH}	0	0	0	0	0	0
	M_{WT}	C_{WT}	0	0	0	0	0	0
Longitudinal accelerations	a_{surge}	C_{XS}	$0.3 - 0.2f_T$	$0.2f_T - 0.3$	0.2	-0.2	$0.2 - 0.4f_T$	$0.4f_T - 0.2$
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	-0.7	0.7	$-0.4f_T - 0.4$	$0.4f_T + 0.4$	0.15	-0.15
	$g\sin\phi$	C_{XG}	0.6	-0.6	$0.4f_T + 0.4$	$-0.4f_T - 0.4$	-0.2	0.2
Transverse accelerations	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0	0	0
	a_{roll-y}	C_{YR}	0	0	0	0	0	0
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0	0	0	0	0	0
Vertical accelerations	a_{heave}	C_{ZH}	$0.5f_T - 0.15$	$0.15 - 0.5f_T$	$0.4f_T - 0.1$	$0.1 - 0.4f_T$	0	0
	a_{roll-z}	C_{ZR}	0	0	0	0	0	0
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	-0.7	0.7	$-0.4f_T - 0.4$	$0.4f_T + 0.4$	0.15	-0.15

64. Πίνακας Συντελεστών C_{ij}

f_{ip} : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 1.0 στο μέσο του πλοίου ($x/L=0,5$)

R: κατακόρυφη συντεταγμένη του κέντρου περιστροφής του πλοίου ίση με:

$$R = \min\left(\frac{D}{4} + \frac{T_{LC}}{2}, \frac{D}{2}\right) \text{ (m)}$$

με:

T_{LC} : το βύθισμα στην κατάσταση φόρτωσης που μελετάται, σε m

8.5: Υπολογισμός Πιέσεων

Στη συνέχεια πραγματοποιείται υπολογισμός των πιέσεων και των φορτίων που δέχεται η μέση τομή του πλοίου, έτσι ώστε να γίνει επιλογή του πάχους των ελασμάτων και των ενισχυτικών από τα οποία αποτελείται. Η πίεση που ασκείται σε κάθε σημείο της διατομής μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες, την εξωτερική (P_{ex}) και την εσωτερική πίεση (P_{in}). Επίσης, στο σενάριο φόρτισης που εξετάζεται, κάθε πίεση θα έχει μία στατική και μία δυναμική συνιστώσα.

Εξωτερικές Πιέσεις

Η εξωτερική πίεση σε κάθε σημείο της γάστρας είναι ίση με το άθροισμα της υδροστατικής και υδροδυναμικής πίεσης στο σημείο αυτό. Δηλαδή:

$$P_{ex} = P_s + P_w \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

με,

P_s : υδροστατική πίεση σε kN/m^2

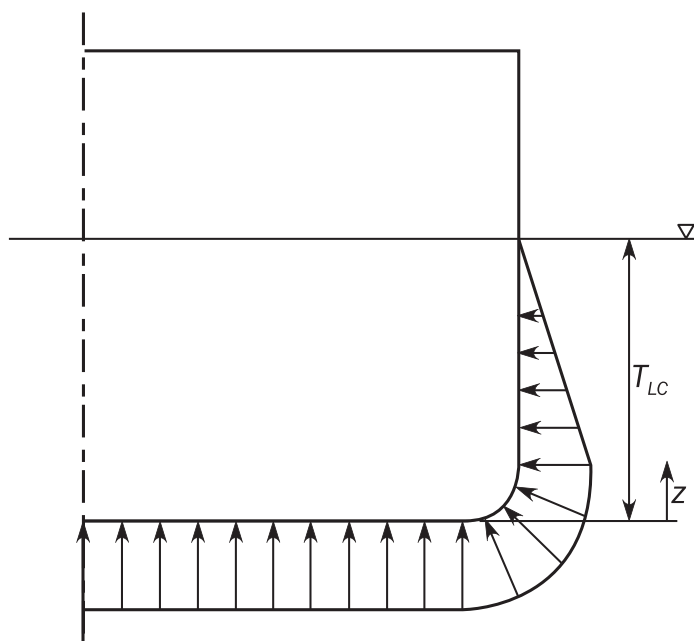
P_w : υδροδυναμική πίεση σε kN/m^2

Υδροστατική Πίεση

Η τιμή της υδροστατικής πίεσης σε κάθε σημείο της γάστρας δίνεται στον πίνακα Table 1 (Pt 1, Ch 4, Sec 5) των κανονισμών.

Location	Hydrostatic Pressure, P_s , in kN/m^2
$z \leq T_{LC}$	$\rho g (T_{LC} - z)$
$z > T_{LC}$	0

65. Πίνακας Υπολογισμού Υδροστατικής Πίεσης



66. Κατανομή Υδροστατικής Πίεσης

Υδροδυναμική Πίεση

Η τιμή της υδροδυναμικής πίεσης σε κάθε σημείο της γάστρας για HSM-1 ή HSM-2 σενάριο δίνεται στον πίνακα Table 2 (Pt 1, Ch 4, Sec 5) των κανονισμών. Στην εύρεση του πάχους των στοιχείων αντοχής του πλοίου θα χρησιμοποιηθεί η τιμή της υδροδυναμικής πίεσης για HSM-2 σενάριο κυματισμού.

Load case	Wave pressure, in kN/m ²		
	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
HSM-1	$P_W = \max(-P_{HS}, \rho g (z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
HSM-2	$P_W = \max(P_{HS}, \rho g (z - T_{LC}))$		

67. Πίνακας Υπολογισμού Υδροδυναμικής Πίεσης

όπου,

$$P_{HS} = f_{\beta} \cdot f_{ps} \cdot f_{nl} \cdot f_h \cdot k_a \cdot k_p \cdot f_{yz} \cdot C_W \cdot \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

με,

f_{β} : διορθωτικός συντελεστής που για εκτίμηση αντοχής λαμβάνεται ίσος με 1.05

f_{ps} : συντελεστής εκτίμησης αντοχής που για σενάριο "extreme sea loads" λαμβάνεται ίσος με 1.0

f_{nl} : συντελεστής που για το σενάριο που εξετάζεται, για εκτίμηση αντοχής λαμβάνεται ίσος με $f_{nl}=0.9$ για $0.3 \leq f_{xL} < 0.7$

f_{xL} : λόγος συντεταγμένης X προς το μήκος κανόνα του πλοίου L, που για το μέσο του πλοίου είναι ίσος με $f_{xL}=x/L=0.5$

f_h : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με:

$$f_h = 3.0 \cdot (1.21 - 0.66 \cdot f_T)$$

k_a : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 1.0 για $f_{xL}=0.5$

k_p : συντελεστής που λαμβάνεται μέσω γραμμικής παρεμβολής από τον πίνακα Table 3 (Pt 1, Ch4, Sec 5)

f_{xL}	0	$0.3 - 0.1 f_T$	$0.35 - 0.1 f_T$	$0.8 - 0.2 f_T$	$0.9 - 0.2 f_T$	1.0
k_p	$-0.25 f_T (1 + f_{yB})$	-1	1	1	-1	-1

68. Πίνακας Υπολογισμού Συντελεστή k_p

f_{yz} : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με:

$$f_{yz} = \frac{z}{T_{LC}} + f_{yB} + 1$$

f_{yB} : λόγος μεταξύ συντεταγμένης Y και πλάτους B στην ίσαλο ίσος με:

$$f_{yB} = \frac{|2 \cdot y|}{B}, \text{ αλλά όχι μεγαλύτερος από 1.0}$$

λ : μήκος κύματος, σε m, που λαμβάνεται ίσο με:

$$\lambda = 0.6 \cdot (1 + f_T) \cdot L$$

$P_{W,WL}$: πίεση λόγω κυματισμών στην ίσαλο, σε kN/m², για την κατάσταση φόρτωσης που μελετάται, ίση με:

$$P_{W,WL} = P_W \text{ για } y=B/2 \text{ και } z=T_{LC}$$

h_W : ύψος πάνω από την ίσαλο επιφάνεια που ασκούν πίεση οι κυματισμοί, σε m, που ισούται με:

$$h_W = \frac{P_{W,WL}}{\rho \cdot g}$$

Οι εξωτερικές πιέσεις στο κατάστρωμα του πλοίου οφείλονται στο φαινόμενο κρούσεων κυμάτων (Green Sea Loads). Η στατική συνιστώσα της πίεσης που ασκείται στο κατάστρωμα ισούται με 0, επομένως εξετάζεται μόνο η δυναμική. Η δυναμική συνιστώσα της πίεσης αυτής, σε kN/m², ισούται με:

$$P_D = \chi \cdot P_W$$

με:

χ : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 1.00 για το κατάστρωμα εξάλων, σύμφωνα με τον πίνακα Table 31 (Pt 1, Ch 4, Sec 5) των κανονισμών

Exposed deck location	χ
Freeboard deck	1.00
Superstructure deck including forecastle deck	0.75
1 st tier of deckhouse	0.56
2 nd tier of deckhouse	0.42
3 rd tier of deckhouse	0.32
4 th tier of deckhouse	0.25
5 th tier of deckhouse	0.20
6 th tier of deckhouse	0.15
7 th tier of deckhouse and above	0.10

69. Πίνακας Υπολογισμού Συντελεστή χ

$P_W = P_{W,D}$, αλλά όχι μικρότερη από P_{D-min}

όπου:

$P_{W,D}$: πίεση στην άκρη του καιροστεγούς καταστρώματος για σενάριο κυματισμού HSM σε kN/m^2

P_{D-min} : ελάχιστη πίεση στο καιροστεγές κατάστρωμα, σε kN/m^2 , που λαμβάνεται από τον πίνακα Table 30 (Pt 1, Ch 4, Sec 5) όπως φαίνεται στη συνέχεια.

Location	Minimum pressure on exposed deck, P_{D-min} , in kN/m^2	
	$L_{LL} \geq 100\text{m}$	$L_{LL} < 100\text{m}$
$x_{LL}/L_{LL} \leq 0.75$	34.3	$14.9 + 0.195 L_{LL}$
$x_{LL}/L_{LL} > 0.75$	$34.3 + (14.8 + a(L_{LL} - 100)) \left(4 \frac{x_{LL}}{L_{LL}} - 3\right)$	$12.2 + \frac{L_{LL}}{9} \left(5 \frac{x_{LL}}{L_{LL}} - 2\right) + 3.6 \frac{x_{LL}}{L_{LL}}$
a	: Coefficient taken equal to: $a = 0.356$ for Type A, Type B-60 and Type B-100 freeboard ships $a = 0.0726$ for Type B freeboard ships.	
x_{LL}	: X-coordinate of the load point measured from the aft end of the freeboard length L_{LL} .	

70. Πίνακας Υπολογισμού Ελάχιστης Πίεσης στο Κατάστρωμα, Λόγω Green Sea Loads

Τόσο στην κατάσταση Full Load Condition όσο και στην Ballast Condition, για $x_{LL}/L_{LL}=0.5$, προκύπτει ότι η στατική συνιστώσα της ασκούμενης πίεσης στο κατάστρωμα του πλοίου στη μέση τομή θα ισούται με την ελάχιστη επιτρεπόμενη, δηλαδή (αφού $L_{LL}>100$ m) θα ισχύει ότι $P_D=34.3 \text{ kN/m}^2$.

Εσωτερικές Πιέσεις

Πιέσεις λόγω υγρού φορτίου

Στη μέση τομή του πλοίου, οι πιέσεις λόγω υγρού φορτίου ασκούνται στις δεξαμενές έρματος και φορτίου και συγκεκριμένα στις δεξαμενές Water Ballast Tank 3 (P/S), Crude Oil Tank 3 (P/C/S). Οι πιέσεις αυτές αναλύονται στις στατικές και δυναμικές συνιστώσες τους (P_{Is} και P_{Id} αντίστοιχα).

Στατική πίεση λόγω υγρού φορτίου

Για το σενάριο που εξετάζεται, η στατική πίεση λόγω υγρού φορτίου στις δεξαμενές, σε kN/m^2 , θα ισούται με:

$$P_{Is} = f_{cd} \cdot \rho_L \cdot g \cdot (z_{top} - z) + P_{PV} \quad \text{για δεξαμενές φορτίου}$$

$$P_{Is} = \rho_L \cdot g \cdot (z_{top} - z + 0.5 \cdot h_{air}) \quad \text{για άλλες περιπτώσεις}$$

όπου:

ρ_L : η πυκνότητα του υγρού στη δεξαμενή, σε t/m^3 , που ισούται με:

$\rho_L=1.025 \text{ t/m}^3$, στις δεξαμενές έρματος

$\rho_L=0.879 \text{ t/m}^3$, στις δεξαμενές φορτίου

f_{cd} : συντελεστής που για το σενάριο που εξετάζεται λαμβάνεται ίσος με:

$f_{cd}=0.88$, για $\rho_L=1.025 \text{ t/m}^3$

$f_{cd}=1.0$, για κάθε άλλη περίπτωση

z_{top} : συντεταγμένη Z του ανώτατου σημείου της εκάστοτε δεξαμενής, σε m

P_{PV} : πίεση ατμών σχεδίασης, σε kN/m^2 , που λαμβάνεται ίση με 25 kN/m^2

h_{air} : απόσταση σωλήνα αέρα, σε m, από το ανώτατο σημείο της δεξαμενής

Δυναμική πίεση λόγω υγρού φορτίου

Η δυναμική πίεση λόγω υγρού φορτίου σε κάθε δεξαμενή, σε kN/m^2 , θα είναι ίση με:

$$P_{Id} = f_{\beta} \cdot f_{cd} \cdot \rho_L \cdot [\alpha_z \cdot (z_0 - z) + f_{ull-l} \cdot \alpha_x \cdot (x_0 - x) + f_{ull-t} \cdot \alpha_y \cdot (y_0 - y)]$$

όπου,

f_{β} : διορθωτικός συντελεστής που για εκτίμηση αντοχής λαμβάνεται ίσος με 1.05

f_{ull-l} : διορθωτικός συντελεστής διαμήκους επιτάχυνσης, που για εκτίμηση αντοχής λαμβάνεται ίσος με:

$f_{ull-l}=0.62$, για δεξαμενές φορτίου

$f_{ull-l}=1.0$, για κάθε άλλη περίπτωση

f_{ull-t} : διορθωτικός συντελεστής εγκάρσιας επιτάχυνσης, που για εκτίμηση αντοχής λαμβάνεται ίσος με:

$f_{ull-t}=0.67$, για δεξαμενές φορτίου

$f_{ull-t}=1.0$, για κάθε άλλη περίπτωση

$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$: επιταχύνσεις στο x_G, y_G, z_G , σε m/s^2

x_G, y_G, z_G : συντεταγμένες, σε m, του ογκομετρικού κέντρου βάρους της πλήρους δεξαμενής

x_0, y_0, z_0 : συντεταγμένες, σε m, του σημείου αναφοράς

Ως σημείο αναφοράς της δεξαμενής λαμβάνεται το σημείο αυτό που δίνει τον μεγαλύτερο συντελεστή V_j , όπου:

$$V_j = \alpha_x \cdot (x_j - x_G) + \alpha_y \cdot (y_j - y_G) + (\alpha_z + g) \cdot (z_j - z_G)$$

με,

x_j, y_j, z_j : συντεταγμένες, σε m, του σημείου j στο άνω όριο της δεξαμενής

Παρακάτω είναι συγκεντρωμένα όλα τα μεγέθη που χρειάστηκαν για τους υπολογισμούς των εσωτερικών πιέσεων λόγω υγρών στις δεξαμενές.

8.5: Επιβαλλόμενες Φορτίσεις ανά Έλασμα

Όλα τα βασικά ελάσματα που συγκροτούν τη μέση τομή του πλοίου είναι τα εξής:

- Έλασμα εξωτερικού πυθμένα (External Bottom Plate): Εκτείνεται από $y=-27.2$ m έως $y=27.2$ m για $z=0$ m.
- Έλασμα κυρτού γάστρας (Bilge Plate): Είναι το τμήμα με σχήμα τεταρτοκυκλίου, που εκτείνεται από το σημείο $(y,z)=(27.2$ m, 0 m) έως το σημείο $(y,z)=(30$ m, 2.8 m). Δηλαδή, είναι το τεταρτοκύκλιο με ακτίνα bilge radius ίση με 2.8 m.
- Κάτω εξωτερικό πλευρικό έλασμα (Lower Shell Plate): Εκτείνεται από $z=2.8$ m έως $z=8.8$ m για $y=30$ m.
- Ενδιάμεσο εξωτερικό πλευρικό έλασμα (Middle Shell Plate): Εκτείνεται από $z=8.8$ m έως $z=26.755$ m για $y=30$ m.
- Άνω εξωτερικό πλευρικό έλασμα (Upper Shell Plate): Εκτείνεται από $z=26.755$ m έως $z=29$ m για $y=30$ m.
- Έλασμα εσωτερικού πυθμένα (Inner Bottom Plate): Εκτείνεται από $y=-20.6$ m έως $y=20.6$ m για $z=2.8$ m.
- Κεκλιμένο Έλασμα (Hopper Plate): Εκτείνεται από το σημείο $(y,z)=(20.6$ m, 2.8 m) έως το σημείο $(y,z)=(26.5$ m, 8.8 m).
- Κάτω εσωτερικό πλευρικό έλασμα (Lower Inner Hull Plate): Εκτείνεται από $z=8.8$ m έως $z=26.755$ m για $y=26.5$ m.
- Άνω εσωτερικό πλευρικό έλασμα (Upper Inner Hull Plate): Εκτείνεται από $z=26.755$ m έως $z=29.163$ m για $y=26.5$ m.
- Κάτω έλασμα διαμήκους φρακτής (Lower Longitudinal Bulkhead Plate): Εκτείνεται από $z=2.8$ m έως $z=8.8$ m για $y=10.3$ m.
- Ενδιάμεσο έλασμα διαμήκους φρακτής (Middle Longitudinal Bulkhead Plate): Εκτείνεται από $z=8.8$ m έως $z=26.755$ m για $y=10.3$ m.
- Άνω έλασμα διαμήκους φρακτής (Upper Longitudinal Bulkhead Plate): Εκτείνεται από $z=26.755$ m έως $z=29.919$ m για $y=10.3$ m.
- Έλασμα ανώτατου καταστρώματος (Upper Deck Plate): Εκτείνεται από το σημείο $(y,z)=(30$ m, 29 m) έως το $(y,z)=(0$ m, 30.4 m).
- Έλασμα κεντρικής σταθμίδας διπυθμένου (Centerline Double Bottom Girder): Είναι το έλασμα που εκτείνεται από $z=0$ m έως $z=2.8$ m για $y=0$ m.

- Ελάσματα σταθμίδων διπυθμένου (Double Bottom Girders): Αναφέρονται στις εγκάρσιες σταθμίδες που εκτείνονται από το έλασμα του εξωτερικού πυθμένα έως το έλασμα του εσωτερικού πυθμένα και βρίσκονται σε απόσταση από το επίπεδο συμμετρίας ίση με $\gamma=10.3$ m (10300 Double Bottom Girder) και $\gamma=20.6$ m (20600 Double Bottom Girder).
- Ελάσματα πλατφορμών (Platform Plates): Αναφέρονται στα ελάσματα των πλατφορμών που εκτείνονται από το εσωτερικό τοίχωμα έως το εξωτερικό τοίχωμα της γάστρας. Αυτά είναι το έλασμα που βρίσκονται σε απόσταση από το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς ίση με $z=8.8$ m (8800 Platform), $z=14.785$ m (14785 Platform) $z=20.77$ m (20770 Platform) και $z=26.755$ m (26755 Platform).

Υπολογίστηκαν οι μέγιστες πιέσεις που δέχεται το κάθε έλασμα στο worst case σενάριο της μελέτης που πραγματοποιείται. Η πίεση σε κάθε σημείο του ελάσματος θα ισούται με $|P|=|P_{ex}-P_{in}|$. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι τιμές των πιέσεων που αναμένεται να ασκούνται σε κάθε έλασμα.

Plate	P (kN/m ²)
External Bottom Plate	254.031
Bilge Plate	254.031
Lower Shell Plate	230.973
Middle Shell Plate	177.066
Upper Shell Plate	35.460
Inner Bottom Plate	326.993
Hopper Plate	321.781
Lower Inner Hull Plate	256.613
Upper Inner Hull Plate	60.837
Lower Long. Bdh Plate	326.993
Middle Long. Bdh Plate	261.825
Upper Long. Bdh Plate	66.049
Upper Deck	34.300
Centerline Double Bottom Girder	348.591
10300 Double Bottom Girder	348.591
20600 Double Bottom Girder	348.591
8800 Platform	245.868
14785 Platform	175.187
20770 Platform	105.324
26755 Platform	35.460

8.6: Υπολογισμός Καθαρού Πάχους Ελασμάτων

Στη συνέχεια θα γίνει υπολογισμός του καθαρού πάχους των παραπάνω ελασμάτων. Αυτός θα γίνει με δύο τρόπους. Αρχικά, θα υπολογιστεί το ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος με βάση τις απαιτήσεις των κανονισμών και ύστερα το ελάχιστο πάχος με βάση την τιμή της πίεσης που βρέθηκε προηγουμένως. Η τιμή του καθαρού πάχους του κάθε ελάσματος θα είναι η μέγιστη από τις δύο.

Ελάχιστο απαιτούμενο πάχος με βάση τους κανονισμούς

Το ελάχιστο πάχος που πρέπει να έχει το κάθε έλασμα σύμφωνα με τους κανονισμούς προκύπτει από τους πίνακες Table 1 και Table 3 (Pt 1, Ch 6, Sec 3) για τα κύρια ελάσματα της μέσης τομής και τα υπόλοιπα στοιχεία στήριξης αντίστοιχα.

Element	Location	Area	Net thickness
Shell	Keel	-	$7.5 + 0.03 L_2$
	Bottom Side shell Bilge	Fore Part	$6.5 + 0.03 L_2$
		Machinery space Aft part	$7.0 + 0.03 L_2$
		Elsewhere	$5.5 + 0.03 L_2$
Breasthook		Fore part	6.5
Deck	Weather deck, strength deck, internal tank boundary	-	$4.5 + 0.02 L_2$
		Machinery space	$2.8 + 0.0067 s$
	Platform deck	Elsewhere	6.5
Inner bottom ⁽¹⁾	-	Machinery space	$6.6 + 0.024 L_2$
		Elsewhere	$5.5 + 0.03 L_2$
Longitudinal bulkheads of bulk carriers	Inner side, hopper tank top, top wing tank longitudinal bulkhead	Cargo hold region	$0.7 L_2^{1/2}$
Bulkheads	Internal tank boundary, Transverse/longitudinal watertight bulkhead	-	$4.5 + 0.02 L_2$
	Non-tight bulkhead, Wash bulkhead, Bulkheads between dry spaces.	-	$4.5 + 0.01 L_2$
	Pillar bulkheads in fore and aft peaks	-	7.5
Other members	Diaphragms in lower/upper stool	-	$5.0 + 0.015 L_2$
	Engine casing (in the cargo hold region)	Cargo hold region	5.5
	Engine casing (in way of accommodation)	Accommodation	4.0
	Other plates in general	-	$4.5 + 0.01 L_2$

⁽¹⁾ Applicable for both tight and non tight members

71. Ελάχιστο Απαιτούμενο Πάχος Κύριων Ελασμάτων Όπως Προβλέπεται από τους Κανονισμούς

Element	Location	Net thickness	
Double bottom centreline girder	Machinery space	$1.55 L_2^{1/3} + 3.5$	
	Elsewhere	$5.5 + 0.025 L_2$	
Other bottom girder	Machinery space	$1.7 L_2^{1/3} + 1.0$	
	Fore part of ships with $L \geq 150 m$	$0.7 L_2^{1/2}$	
	Elsewhere and fore part of ships with $L < 150 m$	$5.5 + 0.02 L_2$	
Girders bounding a duct keel	Machinery space	$0.8 L_2^{1/2} + 2.5$	
Bottom floor	Machinery space	$1.7 L_2^{1/3} + 1.0$	
	Fore part	$0.7 L_2^{1/2}$	
	Elsewhere	$0.6 L_2^{1/2}$	
Aft peak floor	-	$0.7 L_2^{1/2}$	
Other primary supporting member	Aft part / fore part	$0.7 L_2^{1/2}$	
	Elsewhere	In oil cargo tanks	$5.5 + 0.015 L_2$
		For other cases	$0.6 L_2^{1/2}$

72. Ελάχιστο Απαιτούμενο Πάχος Βασικών Στοιχείων Στήριξης Όπως Προβλέπεται από τους Κανονισμούς

Ελάχιστο απαιτούμενο πάχος με βάση την επιβαλλόμενη πίεση

Το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος κάθε ελάσματος με βάση την πίεση που ασκείται σε αυτό υπολογίζεται από τον τύπο:

$$t = 0.0158 \cdot \alpha_p \cdot b \cdot \sqrt{\frac{|P|}{\chi \cdot C_\alpha \cdot R_{eH}}}$$

όπου,

α_p : διορθωτικός συντελεστής που ισούται με:

$$\alpha_p = 1.2 - \frac{b}{2.1 \cdot a}, \text{ αλλά όχι μεγαλύτερος από } 1$$

a : μήκος του ελάσματος σε mm

b : πλάτος του ελάσματος σε mm

χ : συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 1.0 για άθικτη κατάσταση

C_α : συντελεστής επιτρεπόμενης καμπτικής τάσης του ελάσματος που λαμβάνεται ίσος με:

$$C_\alpha = \beta - \alpha \cdot \frac{|\sigma_{hg}|}{R_{eH}}, \text{ αλλά όχι μεγαλύτερος από } C_{\alpha\text{-max}}$$

Λόγω του κριτηρίου AC-SD και του γεγονότος ότι επιλέγεται διάμηκες σύστημα ενίσχυσης, από τον πίνακα Table 1 (Pt 1, Ch 6, Sec 4) βρίσκεται ότι:

$$\alpha=0.5$$

$$\beta=1.05$$

$$C_{\alpha\text{-max}}=0.95$$

σ_{hg} : επιβαλλόμενη τάση, σε N/mm², στο σημείο που εξετάζεται.

Επειδή η πραγματική τιμή της επιβαλλόμενης τάσης σε κάθε έλασμα δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί, καθώς στοιχεία όπως οι ροπές αδράνειας ή η κάθετη απόσταση του ουδέτερου άξονα από το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς, δεν μπορούν να υπολογιστούν σε αυτή τη φάση της μελέτης (δεν είναι ακόμη γνωστά τα πάχη των ελασμάτων και των ενισχυτικών της μέσης τομής του πλοίου), θα γίνει η υπόθεση πως ο ουδέτερος άξονας βρίσκεται σε ύψος ίσο με το 35% του D, πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση σ_{perm} αναπτύσσεται στο κατάστρωμα (σε ύψος D) και πως οι τάσεις μεταβάλλονται γραμμικά στον άξονα z με τη μορφή $\sigma_{hg}(z)=c_1 \cdot z+c_2$. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση θα ισχύει ότι:

$$\sigma(0,35D)=0 \Rightarrow 10.15 \cdot c_1+c_2=0$$

$$\sigma(D)=\sigma_{perm} \Rightarrow 29 \cdot c_1+c_2=263.889$$

Λύνοντας το παραπάνω σύστημα προκύπτει ότι:

$$c_1=13.999$$

$$c_2=-142.094$$

Τελικά η κατανομή των τάσεων θα ισούται με:

$$\sigma_{hg}=13.999 \cdot z-142.094$$

Με βάση αυτή την κατανομή των τάσεων σ_{hg} θα βρεθούν τα πάχη των ελασμάτων και των ενισχυτικών και στη συνέχεια μέσω αυτών θα προσδιοριστεί η θέση του ουδέτερου άξονα της μέσης τομής. Με τη νέα θέση του ουδέτερου άξονα θα βρεθεί η νέα, ορθότερη,

κατανομή των τάσεων σ_{hg} και η διαδικασία αυτή θα επαναληφθεί έως ότου τα αποτελέσματα συγκλίνουν.

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται υπολογισμός του ελάχιστου απαιτούμενου πάχους λόγω επιβαλλόμενης πίεσης σε κάθε έλασμα. Ο υπολογισμός πραγματοποιήθηκε για όλα τα ελάσματα της μέσης τομής του πλοίου, εκτός των σταθμίδων του διπυθμένου, για τις οποίες οι κανονισμοί δεν καθορίζουν ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος λόγω επιβαλλόμενης πίεσης σε αυτά. Αξίζει να σημειωθεί πως τα αποτελέσματα που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια είναι αυτά που προκύπτουν ύστερα από τη διαδικασία trial and error που περιγράφηκε και αντιστοιχούν στα τελικά αποτελέσματα ύστερα από τη σύγκλιση.

Ειδικές απαιτήσεις για το πάχος του Bilge και του εξωτερικού τοιχώματος

Όσον αφορά το πάχος του ελάσματος του Bilge, αυτό δεν πρέπει να είναι μικρότερο από:

$$t = 6.45 \cdot 10^{-4} \cdot (P_{ex} \cdot s_b)^{0.4} \cdot R^{0.6} ,$$

όπου,

P_{ex} : εξωτερική πίεση στο έλασμα, σε kN/m^2

R : ενεργή ακτίνα του κυρτού γάστρας, σε m, που ισούται με $R=R_0+0.5 \cdot (\Delta s_1+\Delta s_2)$

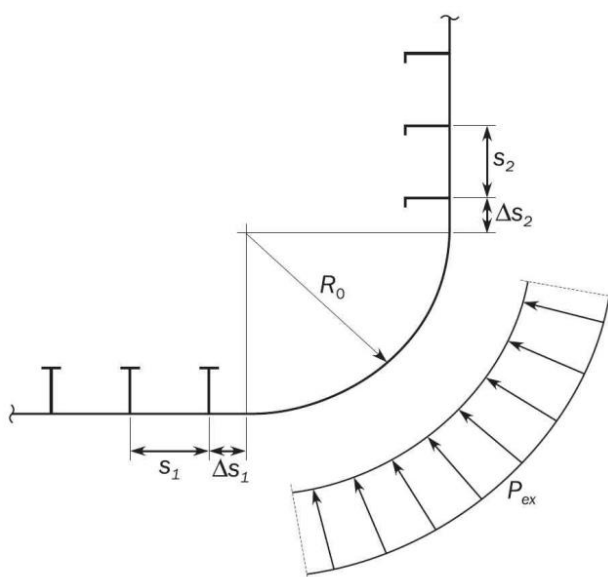
με,

R_0 : ακτίνα καμπυλότητας, σε m

Δs_1 : απόσταση μεταξύ του κατώτατου σημείου της καμπύλης και του πιο ακραίου ενισχυτικού του ελάσματος του εξωτερικού πυθμένα, σε mm

Δs_2 : απόσταση μεταξύ του ανώτατου σημείου της καμπύλης και του πιο κάτω ενισχυτικού του ελάσματος του εξωτερικού πυθμένα, σε mm

s_b : απόσταση μεταξύ των ενισχυτικών στην περιοχή του bilge, σε mm



73. Ενισχυμένο Έλασμα Κυρτού Γάστρας

Επίσης, το πάχος του εξωτερικού πλευρικού ελάσματος δεν πρέπει να λαμβάνεται μικρότερο από:

$$t = 26 \cdot \left(\frac{b}{1000} + 0.7 \right) \cdot \left(\frac{B \cdot T_{SC}}{R_{eH}^2} \right)^{0,25},$$

Στον πίνακα που ακολουθεί είναι συγκεντρωμένα τα ελάχιστα επιτρεπόμενα πάχη των ελασμάτων με βάση τους κανονισμούς και τις επιβαλλόμενες σε αυτά πιέσεις. Το ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος κάθε ελάσματος θα είναι το μεγαλύτερο από τα δύο και τη τιμή του καθαρού πάχους σε κάθε έλασμα θα είναι η τιμή του ελάχιστου επιτρεπόμενου πάχους στρογγυλοποιημένη στο επόμενο χιλιοστό.

Έλασμα	t _{min-CSR} (mm)	t _{min-P} (mm)	t _{min} (mm)	Net Thickness (mm)
External Bottom Plate	14.5	15.3	15.3	16.0
Bilge Plate	14.5	14.3	14.5	15.0
Lower Shell Plate	14.5	13.6	14.5	15.0
Middle Shell Plate	14.5	13.6	14.5	15.0
Upper Shell Plate	14.5	13.4	14.5	15.0
Inner Bottom Plate	14.5	16.6	16.6	17.0
Hopper Plate	10.5	16.3	16.3	17.0
Lower Inner Hull Plate	10.5	12.5	12.5	13.0
Upper Inner Hull Plate	10.5	7.1	10.5	11.0
Lower Long. Bdh Plate	10.5	15.2	15.2	16.0
Middle Long. Bdh Plate	10.5	12.6	12.6	13.0
Upper Long. Bdh Plate	10.5	7.7	10.5	11.0
Upper Deck	10.5	6.2	10.5	11.0
Centerline Double Bottom Girder	13.0	0.0	13.0	14.0
10300 Double Bottom Girder	11.5	0.0	11.5	12.0
20600 Double Bottom Girder	11.5	0.0	11.5	12.0
8800 Platform	6.5	12.5	12.5	13.0
14785 Platform	6.5	10.6	10.6	11.0
20770 Platform	6.5	8.8	8.8	9.0
26755 Platform	6.5	5.6	6.5	7.0

8.7: Υπολογισμός Πάχους Ενισχυτικών

Ακολουθεί ο υπολογισμός του πάχους κορμού των ενισχυτικών της μέσης τομής με βάση τους κανονισμούς. Στο υπό σχεδίαση πλοίο ακολουθείται το διάμηκες σύστημα ενίσχυσης. Η ελάχιστη τιμή του πάχους κορμού των διαμήκων ενισχυτικών που προδιαγράφουν οι κανονισμοί ισούται με την μεγαλύτερη αυτής που προκύπτει από τον πίνακα Table 2 (Pt 1, Ch 6, Sec 3) και του 40% του καθαρού πάχους του συνεργαζόμενου ελάσματος.

Element	Location	Net thickness
Stiffeners and attached end brackets	Watertight boundary	$3.5 + 0.015 L_2$
	Other structure	$3.0 + 0.015 L_2$
Cargo hold side frames webs of single side bulk carriers	Foremost hold ⁽⁴⁾	$6.0 + 0.026 L$
	Other holds ⁽⁴⁾	$5.2 + 0.023 L$
Tripping brackets		$5.0 + 0.015 L_2$
(4) L needs not to be taken greater than 200 m		

74. Ελάχιστο Απαιτούμενο Πάχος Κορμού των Ενισχυτικών Όπως Προβλέπεται από τους Κανονισμούς

Με βάση τις επιβαλλόμενες πιέσεις, το ελάχιστο πάχος κορμού και η ελάχιστη ροπή αντίστασης των ενισχυτικών ισούνται αντίστοιχα με:

$$t_w = \frac{f_{shr} \cdot |P| \cdot s \cdot l_{shr}}{d_{shr} \cdot \chi \cdot C_t \cdot \tau_{eH}} \text{ (mm)}, \text{ με } \chi \cdot C_t \text{ όχι μεγαλύτερο από } 1.0$$

$$Z = \frac{|P| \cdot s \cdot l_{bdg}^2}{f_{bdg} \cdot \chi \cdot C_s \cdot R_{eH}} \text{ (cm}^3\text{)}, \text{ με } \chi \cdot C_s \text{ όχι μεγαλύτερο από } 1.0$$

όπου,

P: η πίεση, σε kN/m² που δέχεται το έλασμα στο οποίο είναι συνδεδεμένο το ενισχυτικό στην εκάστοτε κατάσταση που μελετάται

f_{shr}: συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με

f_{shr}=0.5 για οριζόντια ενισχυτικά και το πάνω άκρο κάθετων ενισχυτικών

f_{shr}=0.7 για το κάτω άκρο κάθετων ενισχυτικών

f_{bdg}: συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με

f_{bdg}=12 για οριζόντια ενισχυτικά και το πάνω άκρο κάθετων ενισχυτικών

f_{bdg}=10 για το κάτω άκρο κάθετων ενισχυτικών

s: η ισαπόσταση μεταξύ των ενισχυτικών

χ: συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 1.0 για άθικτη κατάσταση

C_t: συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 0.90 για κριτήριο αποδοχής AC-SD

C_s: συντελεστής που ισούται με $C_s = \beta_s - \alpha_s \cdot \frac{|\sigma_{hg}|}{R_{eH}}$, αλλά όχι μεγαλύτερος από C_{s-max} με

α_s=1.0

β_s=1.0

C_{s-max}=0.95

που προκύπτουν από τον πίνακα Table 2 (Pt 1, Ch 6, Sec 5) για το σενάριο που μελετάται

l_{bdg}: ενεργό πλάτος κάμψης, σε m

l_{shr}: ενεργό πλάτος διάτμησης, σε m, που θα ισούται με

l_{shr}=l-2·s/4000

d_{shr}: ενεργό μήκος διάτμησης, σε mm, που ισούται με

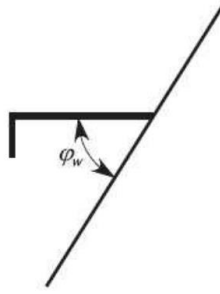
d_{shr}=(h_{stf}-0,5·t_{c-stf}+t_p+0,5·t_{c-pl})·sinφ_w που σε αυτή τη φάση της μελέτης απλοποιείται σε

d_{shr}=(h_{stf}+t_p)·sinφ_w

h_{stf}: ύψος ενισχυτικού, σε mm

t_p: πάχος συνεργαζόμενου ελάσματος, σε mm

φ_w: γωνία, σε deg, που σχηματίζει το ενισχυτικό με το συνεργαζόμενο έλασμα, που θα λαμβάνεται ίση με 90° για γωνίες μεγαλύτερες ή ίσες των 75°



75. Απεικόνιση γωνίας ϕ_w

Παρακάτω δίνεται συγκεντρωτικός πίνακας με τις τιμές των ελάχιστων απαιτούμενων παχών κορμού του ενισχυτικού, το τελικό ελάχιστο απαιτούμενο πάχος κορμού και την ελάχιστη απαιτούμενη ροπή αντίστασής του. Το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος του κορμού κάθε ενισχυτικού προέκυψε από στρωγγυλοποίηση στο επόμενο χιλιοστό του μέγιστου των επιμέρους παχών κορμού που υπολογίστηκαν για κάθε ενισχυτικό.

Ενισχυτικό	$t_{\min\text{-CSR}}$ (mm)	$40\%t_p$ (mm)	t_w (mm)	t_{\min} (mm)	Min Net Thickness (mm)	Z (cm ³)
External Bottom Plate	8.0	6.0	3.6	8.0	9.0	1307.9
Bilge Plate	8.0	6.8	3.4	8.0	9.0	1252.3
Lower Shell Plate	8.0	6.0	2.9	8.0	9.0	682.7
Middle Shell Plate	8.0	6.0	2.2	8.0	9.0	340.2
Upper Shell Plate	8.0	6.0	0.4	8.0	9.0	211.4
Inner Bottom Plate	8.0	6.8	4.6	8.0	9.0	1267.7
Hopper Plate	8.0	6.4	4.0	8.0	9.0	1004.4
Lower Inner Hull Plate	8.0	5.2	2.9	8.0	9.0	428.9
Upper Inner Hull Plate	8.0	4.4	0.7	8.0	9.0	246.3
Lower Long. Bdh Plate	8.0	6.0	3.3	8.0	9.0	786.5
Middle Long. Bdh Plate	8.0	5.2	2.7	8.0	9.0	437.6
Upper Long. Bdh Plate	8.0	4.4	0.7	8.0	9.0	280.1
Upper Deck	8.0	4.4	0.5	8.0	9.0	454.8
C.L. Double Bottom Girder	8.0	5.6	7.2	8.0	9.0	854.2
10300 Double Bottom Girder	8.0	4.8	7.3	8.0	9.0	854.2
20600 Double Bottom Girder	8.0	4.8	7.3	8.0	9.0	854.2
8800 Platform	8.0	5.2	8.6	8.6	9.0	504.6
14855 Platform	8.0	4.4	6.2	8.0	9.0	357.3
20840 Platform	8.0	3.6	3.8	8.0	9.0	306.2
26825 Platform	8.0	2.8	1.3	8.0	9.0	179.4

8.8: Επιλογή Ενισχυτικών

Επιλέχθηκαν τρεις τύποι ενισχυτικών που θα συγκροτούν τη μέση τομή του πλοίου:

- T ενισχυτικά
- L ενισχυτικά
- Flat Bar ενισχυτικά (FB)

Η επιλογή των διαστάσεών τους έγινε με βάση την ικανοποίηση της απαίτησης της ελάχιστης ροπής αντίστασης. Σε κάθε ενισχυτικό υπολογίστηκαν το κέντρο βάρους τους, οι ροπές αδράνειας και η ροπή αντίστασής τους και ελέγχθηκε η τελευταία με την απαιτούμενη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω του φαινομένου της υστέρησης διάτμησης πρέπει να ληφθεί υπόψη και το ενεργό πλάτος του συνεργαζόμενου ελάσματος, η συνεισφορά του οποίου επηρεάζει την τιμή της ροπής αδράνειας και ροπής αντίστασης του κάθε ενισχυτικού. Το συνεργαζόμενο έλασμα θα έχει πάχος t_p και πλάτος b_{eff} , το οποίο θα ισούται με:

Για τα κύρια ελάσματα:

$b_{eff} = \min(200 \cdot l, s)$ για έλασμα που εκτείνεται και στις δύο πλευρές του ενισχυτικού

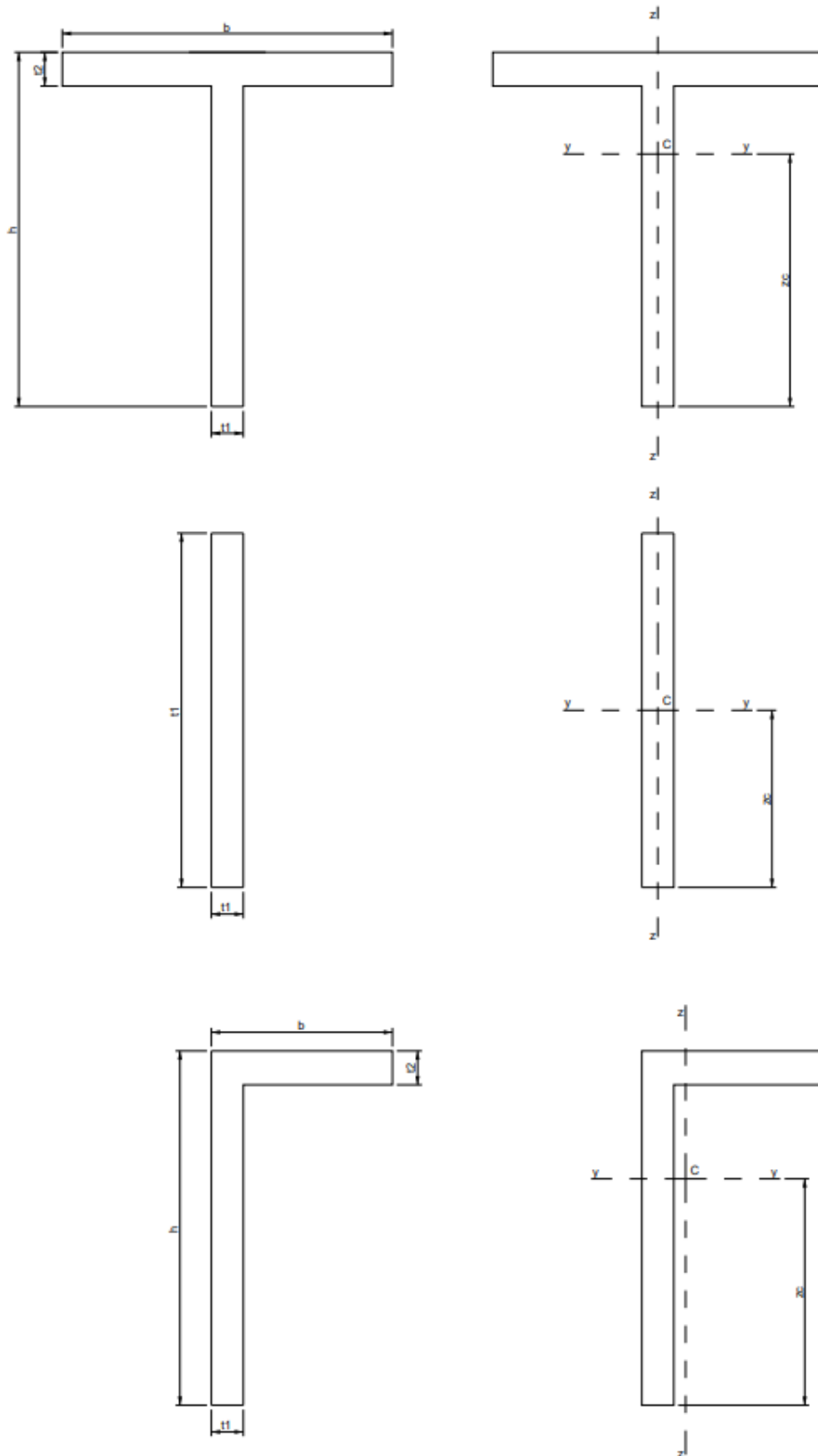
$b_{eff} = \min(100 \cdot l, 0.5 \cdot s)$ για έλασμα που εκτείνεται από τη μία μόνο πλευρά του ενισχυτικού

Για τα υπόλοιπα στοιχεία στήριξης:

$$b_{eff} = S \cdot \min \left[\frac{1.12}{1 + \frac{1.75}{\left(\frac{l_{bdg}}{S \cdot \sqrt{3}}\right)^{1.6}}}; 1.0 \right] \text{ για } \frac{l_{bdg}}{S \cdot \sqrt{3}} \geq 1.0$$

$$b_{eff} = 0.407 \cdot \frac{l_{bdg}}{\sqrt{3}} \text{ για } \frac{l_{bdg}}{S \cdot \sqrt{3}} < 1.0$$

Οι διαστάσεις τους επεξηγούνται στις παρακάτω εικόνες:



76. Διαστάσεις Ενισχυτικών T, Flat Bar και L Αντίστοιχα

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τύποι και οι διαστάσεις των διαμήκων ενισχυτικών που επιλέχθηκαν για κάθε έλασμα.

Ελάχιστες απαιτήσεις					Επιλογή Ενισχυτικού								
Ενισχυτικό	t _p (mm)	b _{eff} (mm)	t _{min} (mm)	Z _{min} (cm ³)	Τύπος	Χάλυβας	Διαστάσεις	A (mm ²)	Z _c (mm)	γ _c (mm)	I _y (cm ⁴)	I _z (cm ⁴)	Z (cm ³)
External Bottom Plate	16.0	537.0	9.0	1307.9	T	AH-32	400X12+180X18	16416	142.3	0.0	39478.3	21527.5	1442.5
Bilge Plate	15.0	537.0	9.0	1252.3	T	AH-32	340X12.5+200X20	16055	133.3	0.0	29294.0	20695.3	1321.4
Lower Shell Plate	15.0	537.0	9.0	682.7	T	AH-32	260X12+180X18	14199	92.8	0.0	13750.1	20235.1	754.5
Middle Shell Plate	15.0	537.0	9.0	340.2	T	AH-32	240X12+160X16	13303	77.7	0.0	9966.7	19906.1	562.3
Upper Shell Plate	15.0	537.0	9.0	211.4	T	AH-32	220X12+140X16	12743	67.1	0.0	7186.4	19725.6	428.1
Inner Bottom Plate	17.0	537.0	9.0	1267.7	T	AH-32	360X12.5+180X20	16979	129.2	0.0	32568.4	22915.2	1314.3
Hopper Plate	17.0	537.0	9.0	1004.4	T	AH-36	340X12.5+180X18	16394	117.2	0.0	27389.3	22817.7	1142.2
Lower Inner Hull Plate	13.0	537.0	9.0	428.9	T	AH-36	220X11+160X16	11785	74.6	0.0	7702.8	17324.3	486.4
Upper Inner Hull Plate	11.0	537.0	9.0	246.3	T	AH-36	220X11+140X16	11465	70.4	0.0	6958.3	17144.0	428.0
Lower Long. Bdh Plate	16.0	537.0	9.0	786.5	T	AH-36	280X12+180X18	14976	97.5	0.0	16728.7	21525.8	842.9
Middle Long. Bdh Plate	13.0	537.0	9.0	437.6	T	AH-36	240X11+160X16	12005	81.7	0.0	9573.4	17324.5	558.8
Upper Long. Bdh Plate	11.0	537.0	9.0	280.1	T	AH-36	240X11+140X16	10611	82.9	0.0	8435.1	14563.3	501.9
Upper Deck	11.0	537.0	9.0	454.8	T	AH-32	240X12+160X16	11155	88.3	0.0	9352.9	14744.3	574.9
Centerline Double Bottom Girder	14.0	630.9	9.0	854.2	T	AH-36	280X12+180X20	15553	98.6	0.0	17231.0	30276.6	881.8
10300 Double Bottom Girder	12.0	630.9	9.0	854.2	L	AH-36	280X12.5+200X20	14421	105.5	20.9	16740.3	2841.4	897.8
20600 Double Bottom Girder	12.0	630.9	9.0	854.2	L	AH-36	280X12.5+200X20	14421	105.5	20.9	16740.3	2841.4	897.8
8800 Platform	13.0	537.0	9.0	504.6	FB	AH-36	360X13	11661	81.3	0.0	14838.8	16782.5	508.8
14785 Platform	11.0	537.0	9.0	357.3	FB	AH-36	320X12.5	9907	72.3	0.0	9969.7	14200.2	385.4
20770 Platform	9.0	537.0	9.0	306.2	FB	AH-36	300X12	8433	70.5	0.0	7637.9	11618.4	320.2
26755 Platform	7.0	537.0	9.0	179.4	L	AH-36	180X11+120X16	7483	69.1	14.0	3338.4	644.8	283.3

8.9: Προσαυξήσεις Λόγω Διάβρωσης

Κατά τη μελέτη πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός απώλειας υλικού στα ελάσματα και στα ενισχυτικά λόγω του φαινομένου της διάβρωσης. Για το λόγο αυτό αυτά επιλέγονται με ένα πρόσθετο πάχος, το οποίο ισούται με:

$$t_c = t_{c1} + t_{c2} + t_{res}$$

όπου,

t_{c1} , t_{c2} : προσαυξήσεις, σε mm, που εξαρτώνται από την έκθεση της κάθε επιφάνειας του υλικού και λαμβάνονται από τον πίνακα Table 1 (Pt 1, Ch 3, Sec 3) για κάθε έλασμα και ενισχυτικό. Οι τιμές τους για τα ενισχυτικά εξαρτώνται από τη θέση της σύνδεσης του ενισχυτικού στο συνεργαζόμενο έλασμα.

t_{res} : προσαύξηση για λόγους ασφαλείας ίση με 0,5 mm

Compartment type	Structural member		t_{c1} or t_{c2}		
			Oil tankers	BC-A or BC-B ships with $L_{LL} \geq 150$ m	Other BC ships
Ballast water tank, bilge tank, drain storage tank, chain locker ⁽⁴⁾	Face plate of PSM	Within 3m below top of tank ⁽⁴⁾	2.0		
		Elsewhere	1.5		
	Other members ⁽²⁾⁽³⁾	Within 3m below top of tank ⁽⁴⁾	1.7		
		Elsewhere	1.2		
Cargo oil tank, slop tank	Face plate of PSM	Within 3m below top of tank ⁽⁴⁾	1.7	N/A	
		Elsewhere	1.4		
	Inner-bottom plating/bottom of tank	2.1			
	Other members	Within 3m below top of tank ⁽⁴⁾	1.7		
		Elsewhere	1.0		
Dry bulk cargo hold ⁽⁵⁾	Transverse bulkhead	Upper part ⁽⁶⁾	N/A	2.4	1.0
		Lower stool: sloping plate, vertical plate and top plate ⁽⁷⁾		5.2	2.6
		Other parts		3.0	1.5
	Sloped plating of hopper tank, inner bottom plating			3.7	2.4
	Other members	Upper part ⁽⁶⁾		1.8	1.0
		Webs and flanges of the upper end brackets of side frames of single side bulk carriers			
		Webs and flanges of lower brackets of side frames of single side bulk carriers			
		Other parts			
Exposed to atmosphere	Weather deck plating		1.7		
	Other members		1.0		

Compartment type	Structural member	t_{c1} or t_{c2}		
		Oil tankers	BC-A or BC-B ships with $L_{LL} \geq 150$ m	Other BC ships
Exposed to seawater	Shell plating between the minimum design ballast draught waterline and the scantling draught waterline	1.5		
	Shell plating elsewhere	1.0		
Fuel and lube oil tank		0.7		
Fresh water tank		0.7		
Void spaces ⁽⁶⁾	Spaces not normally accessed, e.g. access only via bolted manhole openings, pipe tunnels, inner surface of stool space not common with a dry bulk cargo hold or ballast cargo hold, etc.	0.7		
Dry spaces	Internals of machinery spaces, pump room, store rooms, steering gear space, etc.	0.5		
<p>(1) 1.0 mm is to be added to the plate surface within 3m above the upper surface of the chain locker bottom.</p> <p>(2) 0.5 mm is to be added to the plate surface exposed to ballast for the plate boundary between water ballast and heated cargo oil tanks/slop tanks. 0.3mm is to be added to each surface of the web and face plate of a stiffener in a ballast tank and attached to the boundary between water ballast and heated cargo oil tanks or heated fuel/lube oil tanks/slop tanks. Heated oil tanks are defined as tanks/slop tanks arranged with any form of heating capability (the most common type is heating coils).</p> <p>(3) 0.7 mm is to be added to the plate surface exposed to ballast for the plate boundary between water ballast and heated fuel oil or lube oil tanks.</p> <p>(4) Only applicable to cargo tanks/slop tanks and ballast tanks with weather deck as the tank top. The 3 m distance is measured vertically from and parallel to the top of the tank.</p> <p>(5) Dry bulk cargo hold includes holds intended for the carriage of dry bulk cargoes, which may carry water ballast.</p> <p>(6) Upper part of the cargo holds correspond to an area above the connection between the topside and the inner hull or side shell. If there is no topside, the upper part corresponds to the upper one third of the cargo hold height (where a plane bulkhead is fitted in way of a dry bulk cargo hold, the upper part of the bulkhead is defined in the same manner).</p> <p>(7) If there is no lower stool fitted (i.e. engine room bulkhead or fore peak bulkhead) or if a plane bulkhead is fitted, then this corrosion addition should be applied up to a height level with the opposing bulkhead stool in that hold. In the case where a stool is not fitted on the opposing bulkhead, the vertical extent of this zone is to be from the inner bottom to a height level with the top of the adjacent hopper sloping plate, but need not be taken as more than 3 m.</p> <p>(8) For the determination of the corrosion addition of the outer shell plating, the pipe tunnel is considered as for a water ballast tank.</p>				
[RCN1 to 01 JAN 2022]				

77. Προσαυξήσεις t_{c1} και t_{c2} Λόγω Διάβρωσης

Στους πίνακες που ακολουθούν εμφανίζονται τα τελικά πάχη πριν και μετά την προσαύξηση λόγω διάβρωσης για τα ελάσματα και για τους κορμούς και τα πέλματα (όπου υπάρχουν) των ενισχυτικών.

Έλασμα	Net Thickness t_{min} (mm)	t_{c1} (mm)	t_{c2} (mm)	t_{res} (mm)	t_c (m)	t (mm)	Τελικό t (mm)
External Bottom Plate	16.0	1.5	2.0	0.5	4.0	20.0	20.0
Bilge Plate	15.0	1.5	1.7	0.5	3.7	18.7	19.0
Lower Shell Plate	15.0	1.5	1.5	0.5	3.5	18.5	18.5
Middle Shell Plate	15.0	1.5	1.5	0.5	3.5	18.5	18.5
Upper Shell Plate	15.0	1.0	2.0	0.5	3.5	18.5	20.0
Inner Bottom Plate	17.0	1.5	2.1	0.5	4.1	21.1	21.5
Hopper Plate	17.0	1.2	2.1	0.5	3.8	20.8	21.0
Lower Inner Hull Plate	13.0	1.5	1.4	0.5	3.4	16.4	16.5
Upper Inner Hull Plate	11.0	2.0	1.7	0.5	4.2	15.2	20.0
Lower Long. Bdh Plate	16.0	1.0	1.0	0.5	2.5	18.5	18.5
Middle Long. Bdh Plate	13.0	1.0	1.0	0.5	2.5	15.5	15.5
Upper Long. Bdh Plate	11.0	1.7	1.7	0.5	3.9	14.9	20.0

Upper Deck	11.0	1.7	1.0	0.5	3.2	14.2	21.5
Centerline Double Bottom Girder	14.0	1.5	1.5	0.5	3.5	17.5	17.5
10300 Double Bottom Girder	12.0	1.5	1.5	0.5	3.5	15.5	15.5
20600 Double Bottom Girder	12.0	1.5	1.5	0.5	3.5	15.5	15.5
8800 Platform	13.0	1.5	1.5	0.5	3.5	16.5	16.5
14785 Platform	11.0	1.5	1.5	0.5	3.5	14.5	14.5
20770 Platform	9.0	1.5	1.5	0.5	3.5	12.5	12.5
26755 Platform	7.0	1.5	1.5	0.5	3.5	10.5	17.5

Ενισχυτικό	t_{c1} (mm)	t_{c2} (mm)	t_{res} (mm)	t_c (m)	Διαστάσεις	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_1' (mm)	t_2' (mm)
External Bottom Plate	1.2	1.2	0.5	2.9	400X12+180X18	12.0	18.0	15.0	21.0
Bilge Plate	1.2	1.2	0.5	2.9	340X12.5+200X20	12.5	20.0	15.5	23.0
Lower Shell Plate	1.2	1.2	0.5	2.9	260X12+180X18	12.0	18.0	15.0	21.0
Middle Shell Plate	1.2	1.2	0.5	2.9	240X12+160X16	12.0	16.0	15.0	19.0
Upper Shell Plate	1.2	1.2	0.5	2.9	220X12+140X16	12.0	16.0	15.0	19.0
Inner Bottom Plate	1.2	1.2	0.5	2.9	360X12.5+180X20	12.5	20.0	15.5	23.0
Hopper Plate	1.2	1.2	0.5	2.9	340X12.5+180X18	12.5	18.0	15.5	21.0
Lower Inner Hull Plate	1.2	1.2	0.5	2.9	220X11+160X16	11.0	16.0	14.0	19.0
Upper Inner Hull Plate	1.2	1.2	0.5	2.9	220X11+140X16	11.0	16.0	14.0	19.0
Lower Long. Bdh Plate	1.0	1.0	0.5	2.5	280X12+180X18	12.0	18.0	14.5	20.5
Middle Long. Bdh Plate	1.0	1.0	0.5	2.5	240X11+160X16	11.0	16.0	13.5	18.5
Upper Long. Bdh Plate	1.0	1.0	0.5	2.5	240X11+140X16	11.0	16.0	13.5	18.5
Upper Deck	1.7	1.7	0.5	3.9	240X12+160X16	12.0	16.0	16.0	20.0
C.L. Double Bottom Girder	1.2	1.2	0.5	2.9	280X12+180X20	12.0	20.0	15.0	23.0
10300 Double Bottom Girder	1.2	1.2	0.5	2.9	280X12.5+200X20	12.5	20.0	15.5	23.0
20600 Double Bottom Girder	1.2	1.2	0.5	2.9	280X12.5+200X20	12.5	20.0	15.5	23.0
8800 Platform	1.2	1.2	0.5	2.9	360X13	13.0	-	16.0	-
14785 Platform	1.2	1.2	0.5	2.9	320X12.5	12.5	-	15.5	-
20770 Platform	1.2	1.2	0.5	2.9	300X12	12.0	-	15.0	-
26755 Platform	1.2	1.2	0.5	2.9	180X11+120X16	11.0	16.0	14.0	19.0

8.10: Υπολογισμός Ροπής Αντίστασης Διατομής Μέσης Τομής

Τέλος πραγματοποιείται ο υπολογισμός της ροπής αντίστασης της διατομής της μέσης τομής του υπό σχεδίαση πλοίου, έτσι ώστε να εξετασθεί και να επιβεβαιωθεί αν το πλοίο πληροί τους κανονισμούς που ορίζει ο νοηγνώμονας. Για την πραγματοποίηση των τελικών υπολογισμών είναι απαραίτητα τα εξής στοιχεία:

N: είναι ο αριθμός των όμοιων ελασμάτων η ενισχυτικών τα οποία είτε είναι συμμετρικά στη μέση τομή του πλοίου, είτε έχουν ίδιες διαστάσεις, κατεύθυνση και απόσταση από το βασικό επίπεδο αναφοράς.

L (m): είναι το συνολικό μήκος του ελάσματος

t (m): είναι το net scantling πάχος, το οποίο ισούται με $t_{net-sc}=t_p+0,5 \cdot t_c$

A_i (m²): είναι το εμβαδόν της διατομής του ελάσματος ή του ενισχυτικού, που για τα ελάσματα θα ισούται με L·t, ενώ για τα ενισχυτικά υπολογίστηκε σε προηγούμενο βήμα

ϕ (deg): για τα ελάσματα είναι η γωνία που σχηματίζει το έλασμα με τον οριζόντιο άξονα, ενώ για ενισχυτικά είναι η γωνία που σχηματίζει ο κορμός του ενισχυτικού με τον κάθετο άξονα

z_{ci} (m): κατακόρυφη απόσταση του κέντρου του ελάσματος ή του ενισχυτικού από το βασικό επίπεδο αναφοράς

I_i (m⁴): ροπή αδράνειας του ελάσματος ή του ενισχυτικού ως προς τον παράλληλο προς το βασικό επίπεδο αναφοράς άξονα που διέρχεται από το γεωμετρικό του κέντρο. Για τα ελάσματα ισχύει ότι:

$$I_i = I_y = \frac{L \cdot t^3}{12}, \text{ για } \phi=0^\circ$$

$$I_i = I_z = \frac{t \cdot L^3}{12}, \text{ για } \phi=90^\circ$$

$$I_i = \frac{(I_y + I_z)}{2} + \frac{(I_y - I_z)}{2} \cdot \cos(2 \cdot \phi), \text{ για } 0^\circ < \phi < 90^\circ$$

Το έλασμα του Bilge Keel έχει σχήμα τεταρτοκυκλίου, άρα θα ισχύει ότι:

$$I_i = \frac{\pi \cdot (R_0 + \frac{t}{2})^4}{4} - \frac{\pi \cdot (R_0 - \frac{t}{2})^4}{4}, \text{ όπου } R_0: \text{ η ακτίνα bilge radius}$$

I_{BLi} (m⁴): εφαρμογή θεωρήματος Steiner και μεταφορά της ροπής αδράνειας κάθε ελάσματος και ενισχυτικού στην Base Line, μέσω της σχέσης:

$$I_{BLi} = N \cdot (I_i + A_i \cdot z_{ci}^2)$$

M_{BLi} (m³): είναι η πρώτη ροπή επιφάνειας κάθε ελάσματος και ενισχυτικού ως προς την Base Line, μέσω της σχέσης:

$$M_{BL} = N \cdot A_i \cdot z_{ci}$$

Έλασμα	N	L (m)	t (m)	A _i (m ²)	φ (deg)	z _{ci} (m)	I _i (m ⁴)	N*A _i (m ²)	I _{BLi} (m ⁴)	M _{BL} (m ³)
External Bottom Plate	1	54.4	0.018	0.979	0.0	0.009	0.000026	0.979	0.000106	0.009
Bilge Plate	2	4.4	0.017	0.075	circle qtr.	0.820	1.172403	0.150	2.445356	0.123
Lower Shell Plate	2	6.0	0.017	0.102	90.0	5.800	0.306000	0.204	7.474560	1.183
Middle Shell Plate	2	18.0	0.017	0.306	90.0	17.813	8.296473	0.613	211.041154	10.916
Upper Shell Plate	2	2.2	0.017	0.037	90.0	27.913	0.014576	0.074	57.644164	2.064
Inner Bottom Plate	1	41.2	0.020	0.803	0.0	2.810	0.000025	0.803	6.342623	2.257
Hopper Plate	2	8.4	0.019	0.160	45.5	5.810	0.479672	0.320	11.751850	1.858
Lower Inner Hull Plate	2	18.0	0.015	0.270	90.0	17.813	7.320417	0.541	186.212783	9.632
Upper Inner Hull Plate	2	2.3	0.014	0.032	90.0	27.994	0.014384	0.063	49.505986	1.767
Lower Long. Bdh Plate	2	6.0	0.018	0.105	90.0	5.800	0.315000	0.210	7.694400	1.218
Middle Long. Bdh Plate	2	18.0	0.015	0.261	90.0	17.813	7.076403	0.523	180.005690	9.311
Upper Long. Bdh Plate	2	3.1	0.013	0.040	90.0	28.372	0.032097	0.080	64.826969	2.283
Upper Deck	2	30.0	0.013	0.390	2.7	29.707	0.063775	0.781	689.208049	23.196
Centerline Double Bottom Girder	1	2.8	0.016	0.045	90.0	1.400	0.029269	0.045	0.117077	0.063
10300 Double Bottom Girder	2	2.8	0.014	0.039	90.0	1.400	0.025611	0.078	0.204885	0.110
20600 Double Bottom Girder	2	2.8	0.014	0.039	90.0	1.400	0.025611	0.078	0.204885	0.110
8800 Platform	2	3.5	0.015	0.053	0.0	8.808	0.000001	0.105	8.145068	0.925
14785 Platform	2	3.5	0.013	0.046	0.0	14.792	0.000001	0.091	19.909752	1.346
20770 Platform	2	3.5	0.011	0.039	0.0	20.776	0.000000	0.077	33.234849	1.600
26755 Platform	2	3.5	0.009	0.032	0.0	26.760	0.000000	0.063	45.112463	1.686
							Sum	5.878	1581.083	71.656

Ενισχυτικό	N	A _i (m ²)	φ (deg)	z _{ci} (m)	I _i (m ⁴)	N*A _i (m ²)	I _{BLi} (m ⁴)	M _{BL} (m ³)
External Bottom Plate	54	0.016	0.0	0.142	0.000395	0.886	0.039273	0.126
Bilge Plate	2	0.016	26.9	0.601	0.000225	0.032	0.012047	0.019
	2	0.016	45.0	1.056	0.000250	0.032	0.036307	0.034
	2	0.016	63.1	1.720	0.000275	0.032	0.095545	0.055
Lower Shell Plate	2	0.014	90.0	2.850	0.000202	0.028	0.231067	0.081
	2	0.014	90.0	3.710	0.000202	0.028	0.391278	0.105
	2	0.014	90.0	4.570	0.000202	0.028	0.593494	0.130
	2	0.014	90.0	5.430	0.000202	0.028	0.837717	0.154
	2	0.014	90.0	6.290	0.000202	0.028	1.123946	0.179
	2	0.014	90.0	7.150	0.000202	0.028	1.452181	0.203
	2	0.014	90.0	8.010	0.000202	0.028	1.822423	0.227
	2	0.013	90.0	9.655	0.000199	0.027	2.480584	0.257
Middle Shell Plate	2	0.013	90.0	10.510	0.000199	0.027	2.939300	0.280
	2	0.013	90.0	11.365	0.000199	0.027	3.436915	0.302
	2	0.013	90.0	12.220	0.000199	0.027	3.973430	0.325
	2	0.013	90.0	13.075	0.000199	0.027	4.548843	0.348
	2	0.013	90.0	13.930	0.000199	0.027	5.163157	0.371
	2	0.013	90.0	15.335	0.000199	0.027	6.257124	0.408
	2	0.013	90.0	16.190	0.000199	0.027	6.974259	0.431
	2	0.013	90.0	17.045	0.000199	0.027	7.730293	0.453
	2	0.013	90.0	17.900	0.000199	0.027	8.525227	0.476
	2	0.013	90.0	18.755	0.000199	0.027	9.359059	0.499
	2	0.013	90.0	19.610	0.000199	0.027	10.231791	0.522
	2	0.013	90.0	21.320	0.000199	0.027	12.093953	0.567
	2	0.013	90.0	22.175	0.000199	0.027	13.083383	0.590
	2	0.013	90.0	23.030	0.000199	0.027	14.111712	0.613

	2	0.013	90.0	23.885	0.000199	0.027	15.178941	0.635
	2	0.013	90.0	24.740	0.000199	0.027	16.285069	0.658
	2	0.013	90.0	25.595	0.000199	0.027	17.430096	0.681
Upper Shell Plate	2	0.013	90.0	27.595	0.000197	0.025	19.407576	0.703
	2	0.013	90.0	28.435	0.000197	0.025	20.607080	0.725
Inner Bottom Plate	40	0.017	0.0	2.671	0.000326	0.679	4.857623	1.814
	2	0.016	45.5	3.381	0.000251	0.033	0.375291	0.111
	2	0.016	45.5	4.044	0.000251	0.033	0.536725	0.133
	2	0.016	45.5	4.707	0.000251	0.033	0.726995	0.154
Hopper Plate	2	0.016	45.5	5.370	0.000251	0.033	0.946099	0.176
	2	0.016	45.5	6.033	0.000251	0.033	1.194039	0.198
	2	0.016	45.5	6.696	0.000251	0.033	1.470813	0.220
	2	0.016	45.5	7.360	0.000251	0.033	1.776422	0.241
	2	0.016	45.5	8.023	0.000251	0.033	2.110866	0.263
	2	0.012	90.0	9.655	0.000173	0.024	2.197519	0.228
	2	0.012	90.0	10.510	0.000173	0.024	2.603891	0.248
	2	0.012	90.0	11.365	0.000173	0.024	3.044724	0.268
	2	0.012	90.0	12.220	0.000173	0.024	3.520017	0.288
	2	0.012	90.0	13.075	0.000173	0.024	4.029771	0.308
	2	0.012	90.0	13.930	0.000173	0.024	4.573985	0.328
	2	0.012	90.0	15.335	0.000173	0.024	5.543120	0.361
Lower Inner Hull Plate	2	0.012	90.0	16.190	0.000173	0.024	6.178423	0.382
	2	0.012	90.0	17.045	0.000173	0.024	6.848186	0.402
	2	0.012	90.0	17.900	0.000173	0.024	7.552410	0.422
	2	0.012	90.0	18.755	0.000173	0.024	8.291095	0.442
	2	0.012	90.0	19.610	0.000173	0.024	9.064239	0.462
	2	0.012	90.0	21.320	0.000173	0.024	10.713911	0.503
	2	0.012	90.0	22.175	0.000173	0.024	11.590437	0.523
	2	0.012	90.0	23.030	0.000173	0.024	12.501424	0.543

	2	0.012	90.0	23.885	0.000173	0.024	13.446872	0.563
	2	0.012	90.0	24.740	0.000173	0.024	14.426780	0.583
	2	0.012	90.0	25.595	0.000173	0.024	15.441148	0.603
Upper Inner Hull Plate	2	0.011	90.0	27.595	0.000171	0.023	17.461172	0.633
	2	0.011	90.0	28.435	0.000171	0.023	18.540377	0.652
Lower Long. Bdh Plate	2	0.015	90.0	3.660	0.000215	0.030	0.401656	0.110
	2	0.015	90.0	4.520	0.000215	0.030	0.612362	0.135
	2	0.015	90.0	5.380	0.000215	0.030	0.867373	0.161
	2	0.015	90.0	6.240	0.000215	0.030	1.166690	0.187
	2	0.015	90.0	7.100	0.000215	0.030	1.510311	0.213
	2	0.015	90.0	7.960	0.000215	0.030	1.898237	0.238
	2	0.015	90.0	8.820	0.000215	0.030	2.330468	0.264
Middle Long. Bdh Plate	2	0.012	90.0	9.675	0.000173	0.024	2.247818	0.232
	2	0.012	90.0	10.530	0.000173	0.024	2.662597	0.253
	2	0.012	90.0	11.385	0.000173	0.024	3.112480	0.273
	2	0.012	90.0	12.240	0.000173	0.024	3.597467	0.294
	2	0.012	90.0	13.095	0.000173	0.024	4.117558	0.314
	2	0.012	90.0	13.950	0.000173	0.024	4.672753	0.335
	2	0.012	90.0	14.805	0.000173	0.024	5.263051	0.355
	2	0.012	90.0	15.660	0.000173	0.024	5.888453	0.376
	2	0.012	90.0	16.515	0.000173	0.024	6.548959	0.397
	2	0.012	90.0	17.370	0.000173	0.024	7.244569	0.417
	2	0.012	90.0	18.225	0.000173	0.024	7.975283	0.438
	2	0.012	90.0	19.080	0.000173	0.024	8.741101	0.458
	2	0.012	90.0	19.935	0.000173	0.024	9.542022	0.479
	2	0.012	90.0	20.790	0.000173	0.024	10.378047	0.499
	2	0.012	90.0	21.645	0.000173	0.024	11.249176	0.520
	2	0.012	90.0	22.500	0.000173	0.024	12.155409	0.540
2	0.012	90.0	23.355	0.000173	0.024	13.096746	0.561	

	2	0.012	90.0	24.210	0.000173	0.024	14.073186	0.581
	2	0.012	90.0	25.065	0.000173	0.024	15.084730	0.602
	2	0.012	90.0	25.920	0.000173	0.024	16.131379	0.622
	2	0.012	90.0	26.775	0.000173	0.024	17.213130	0.643
	2	0.012	90.0	27.630	0.000173	0.024	18.329986	0.663
Upper Long. Bdh Plate	2	0.011	90.0	28.510	0.000146	0.021	17.249959	0.605
	2	0.011	90.0	29.390	0.000146	0.021	18.331263	0.624
	2	0.011	90.0	30.270	0.000146	0.021	19.445435	0.642
Upper Deck	2	0.011	2.7	28.953	0.000094	0.022	18.701569	0.646
	2	0.011	2.7	28.993	0.000094	0.022	18.754300	0.647
	2	0.011	2.7	29.034	0.000094	0.022	18.807105	0.648
	2	0.011	2.7	29.119	0.000094	0.022	18.916875	0.650
	2	0.011	2.7	29.164	0.000094	0.022	18.975671	0.651
	2	0.011	2.7	29.209	0.000094	0.022	19.034558	0.652
	2	0.011	2.7	29.254	0.000094	0.022	19.093536	0.653
	2	0.011	2.7	29.300	0.000094	0.022	19.152605	0.654
	2	0.011	2.7	29.345	0.000094	0.022	19.211766	0.655
	2	0.011	2.7	29.390	0.000094	0.022	19.271018	0.656
	2	0.011	2.7	29.434	0.000094	0.022	19.328524	0.657
	2	0.011	2.7	29.478	0.000094	0.022	19.386116	0.658
	2	0.011	2.7	29.522	0.000094	0.022	19.443794	0.659
	2	0.011	2.7	29.565	0.000094	0.022	19.501557	0.660
	2	0.011	2.7	29.609	0.000094	0.022	19.559406	0.661
	2	0.011	2.7	29.653	0.000094	0.022	19.617341	0.662
	2	0.011	2.7	29.697	0.000094	0.022	19.675361	0.663
	2	0.011	2.7	29.741	0.000094	0.022	19.733467	0.664
	2	0.011	2.7	29.784	0.000094	0.022	19.791659	0.664
	2	0.011	2.7	29.872	0.000094	0.022	19.908300	0.666
2	0.011	2.7	29.916	0.000094	0.022	19.966749	0.667	

	2	0.011	2.7	29.960	0.000094	0.022	20.025283	0.668
	2	0.011	2.7	30.004	0.000094	0.022	20.083903	0.669
	2	0.011	2.7	30.047	0.000094	0.022	20.142609	0.670
	2	0.011	2.7	30.091	0.000094	0.022	20.201400	0.671
	2	0.011	2.7	30.135	0.000094	0.022	20.260278	0.672
	2	0.011	2.7	30.179	0.000094	0.022	20.319240	0.673
	2	0.011	2.7	30.223	0.000094	0.022	20.378289	0.674
	2	0.011	2.7	30.266	0.000094	0.022	20.437423	0.675
	1	0.011	2.7	30.310	0.000094	0.011	10.248321	0.338
Centerline Double Bottom Girder	1	0.016	90.0	0.700	0.000303	0.016	0.007924	0.011
	1	0.016	90.0	1.400	0.000303	0.016	0.030787	0.022
	1	0.016	90.0	2.100	0.000303	0.016	0.068891	0.033
10300 Double Bottom Girder	2	0.014	90.0	0.679	0.000028	0.029	0.013358	0.020
	2	0.014	90.0	1.379	0.000028	0.029	0.054912	0.040
	2	0.014	90.0	2.079	0.000028	0.029	0.124731	0.060
20600 Double Bottom Girder	2	0.014	90.0	0.679	0.000028	0.029	0.013358	0.020
	2	0.014	90.0	1.379	0.000028	0.029	0.054912	0.040
	2	0.014	90.0	2.079	0.000028	0.029	0.124731	0.060
8800 Platform	6	0.012	0.0	8.719	0.000148	0.070	5.319346	0.610
14785 Platform	6	0.010	0.0	14.713	0.000100	0.059	12.867587	0.875
20770 Platform	6	0.008	0.0	20.700	0.000076	0.051	21.680242	1.047
26755 Platform	6	0.007	0.0	26.686	0.000033	0.045	31.973637	1.198
					Sum	5.027	1311.420	59.776

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής:

$$A = \sum N \cdot A_i, \text{ όπου } A: \text{ το εμβαδόν της μέσης τομής του πλοίου, σε } m^2$$

$$z_{NA} = \frac{\sum M_{BLi}}{A}, \text{ όπου } z_{NA}: \text{ η απόσταση του ουδέτερου άξονα ως προς το βασικό επίπεδο αναφοράς, σε } m$$

$$I_{NA} = \sum I_{BLi} - A \cdot z_{NA}^2, \text{ όπου } I_{NA}: \text{ η ροπή αδράνειας της μέσης τομής του πλοίου ως προς τον ουδέτερο άξονα, σε } m^4$$

$$Z_B = \frac{I_{NA}}{z_{NA}}, \text{ όπου } Z_B: \text{ η ροπή αντίστασης της μέσης τομής στον πυθμένα, σε } m^3$$

$$Z_D = \frac{I_{NA}}{D - z_{NA}}, \text{ όπου } Z_D: \text{ η ροπή αντίστασης της μέσης τομής στο ανώτατο κατάστρωμα, σε } m^3$$

Τελικά, προκύπτει ότι:

$$A=10.906 \text{ m}^2$$

$$z_{NA}=12.052 \text{ m}$$

$$I_{NA}=1308.506 \text{ m}^4$$

$$Z_B=108.573 \text{ m}^3$$

$$Z_D=77.206 \text{ m}^3$$

Ύστερα από τη σύγκλιση των αποτελεσμάτων βρίσκεται ότι η θέση του ουδέτερου άξονα του πλοίου βρίσκεται στο 41% του D. Έτσι, η πραγματική κατανομή των τάσεων σ_{hg} θα είναι:

$$\sigma_{hg}=15.423 \cdot z - 183.380 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Επίσης, η ροπή αδράνειας της μέσης τομής και η ροπή αντίστασης στον πυθμένα και στο κατάστρωμα του πλοίου είναι μεγαλύτερες από τις ελάχιστες απαιτούμενες που ορίζουν οι κανονισμοί, επομένως πληρούνται οι κανονισμοί.

Τέλος, θα γίνει υπολογισμός των μέγιστων επιτρεπόμενων καμπτικών ρομών σε ήρεμο νερό. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση είναι $\sigma_{perm}=263.889 \text{ N/mm}^2$ και μέσω της ροπής αντίστασης στο κατάστρωμα (που είναι η μικρότερη των δύο, άρα αντιστοιχεί και σε χειρότερη περίπτωση) προκύπτει ότι:

$$M_{max}=Z_D \cdot \sigma_{perm}$$

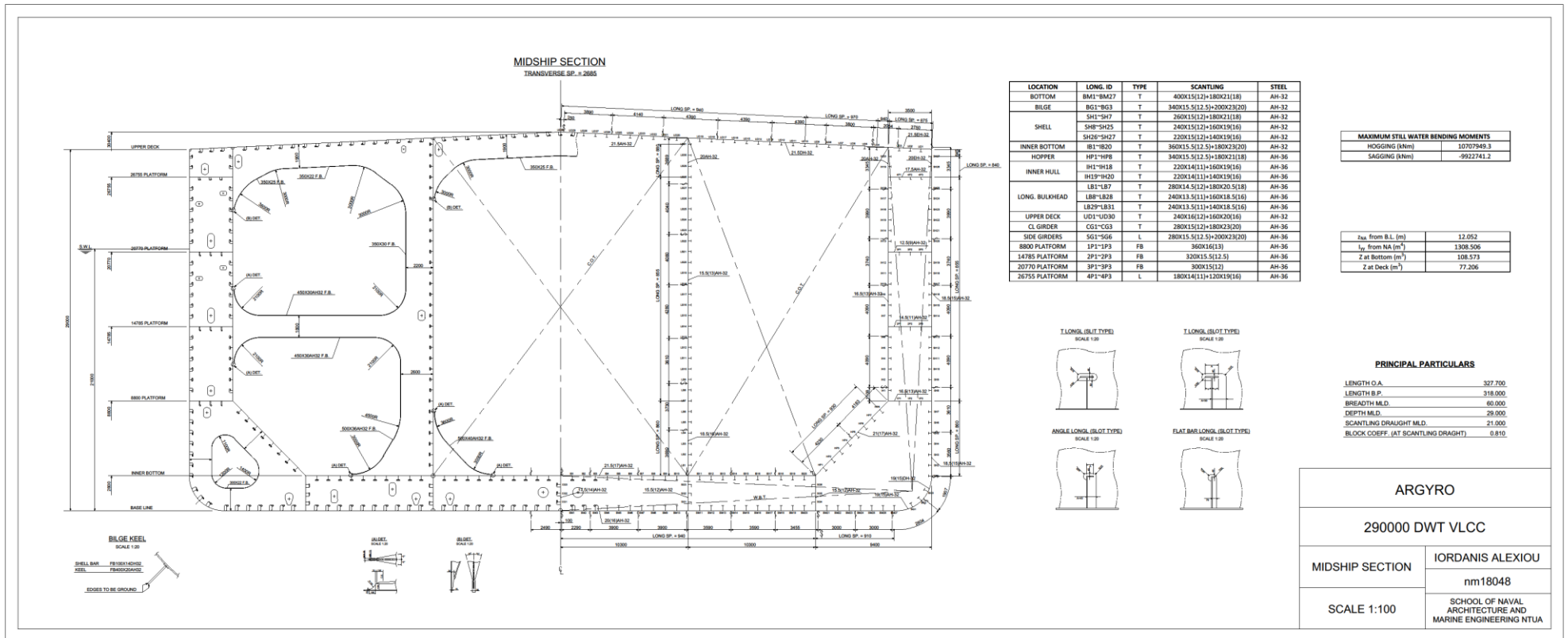
$$\text{Άρα, } M_{max}=20373885.5 \text{ kNm}$$

Τέλος, θα ισχύει ότι:

$$M_{sw-h-mid-max} = M_{max} - M_{wv-h-mid} \Rightarrow M_{sw-h-mid-max} = 10707949.3 \text{ kNm}$$

$$M_{sw-s-mid-max} = -M_{max} - M_{wv-h-mid} \Rightarrow M_{sw-s-mid-max} = -9922741.2 \text{ kNm}$$

8.11: Κατασκευαστικό Σχέδιο Μέσης Τομής



9. Εκτίμηση Αντίστασης

9.1: Αντίσταση πλοίου και συντελεστής αντίστασης

Στη συνέχεια πραγματοποιείται υπολογισμός της αντίστασης ρυμούλκησης ή ολικής αντίστασης του πλοίου C_T σε ήρεμο νερό για δεδομένες ταχύτητες, ώστε να βρεθεί η αποδοτικότερη ταχύτητα υπηρεσίας και να γίνει επιλογή έλικας και κυρίας μηχανής. Η αντίσταση αυτή αντιστοιχεί στην αντίσταση που δέχεται η γάστρα του πλοίου χωρίς την παρουσία έλικας και παρελκόμενων και ισούται με $C_T=C_V+C_W$.

όπου,

C_V : η αντίσταση συνεκτικότητας που δέχεται το πλοίο. Η αντίσταση αυτή μπορεί να αναλυθεί ως το άθροισμα της αντίστασης τριβής C_F και της αντίστασης πίεσης λόγω συνεκτικότητας C_{VP} , η οποία οφείλεται στην ύπαρξη οριακού στρώματος και στην ύπαρξη των λοιπών φαινομένων που οφείλονται στη συνεκτικότητα, όπως η αποκόλληση της ροής.

C_W : η αντίσταση που δέχεται το πλοίο λόγω κυματισμών. Κατά την κίνησή του πλοίου στο νερό, γίνεται μετατόπιση των σημείων της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας, η οποία λόγω της βαρύτητας τείνει να αποκτήσει την αρχική της θέση. Τονίζεται πως η αντίσταση λόγω κυματισμών οφείλεται στα κύματα που δημιουργούνται από το ίδιο το πλοίο και όχι από του κυματισμούς που οφείλονται στην ύπαρξη ανέμων η άλλων εξωτερικών παραγόντων.

Η αντίσταση τριβής του πλοίου μπορεί να εκφραστεί ως το παρακάτω άθροισμα:

$$C_F=C_{F_FP}+C_{F_FP-CB}$$

όπου,

C_{F_FP} : η αντίσταση τριβής ισοδύναμης επίπεδης πλάκας

C_{F_FP-CB} : η πρόσθετη αντίσταση λόγω καμπυλότητας

Ορίζεται, επίσης, η αντίσταση μορφής του πλοίου, που ισούται με τη διαφορά της αντίστασης συνεκτικότητας της γάστρας με την αντίσταση τριβής ισοδύναμης επίπεδης πλάκας.

$$C_{FORM}=C_V-C_{F_FP}$$

Τέλος, ο λόγος της αντίστασης μορφής του πλοίου προς την αντίσταση τριβής ονομάζεται συντελεστής μορφής (form factor).

$$k=C_{FORM}/C_F$$

Σημειώνεται πως οι παραπάνω συντελεστές C_i είναι αδιάστατοι συντελεστές της αντίστασης που δέχεται το πλοίο, οι οποίοι συνδέονται με την αντίστοιχη αντίσταση που εκφράζουν μέσω της σχέσης:

$$C_i = \frac{F_i}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2}$$

όπου,

F_i : η αντίσταση που δέχεται το πλοίο, σε N

ρ : η πυκνότητα του νερού, σε kg/m^3

S : η βρεχόμενη επιφάνεια, σε m^2

V : η ταχύτητα του πλοίου, σε m/s

9.2: Shipflow

Το Shipflow είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστικής υδροδυναμικής (Computational Fluid Dynamics) με χαρακτηριστική την δυνατότητα του να υπολογίζει τη ροή σε κάθε σημείο του πλοίου κατά την κίνησή του και να πραγματοποιεί υπολογισμούς της αντίστασής του σε συγκεκριμένη ταχύτητα. Οι υπολογισμοί αυτοί υλοποιούνται αναλύοντας τη ροή σε δυναμική (potential flow) και χρησιμοποιώντας την panel method και σε συνεκτική (viscous flow) και χρησιμοποιώντας τη θεωρία λεπτού οριακού στρώματος και λύνοντας τις εξισώσεις Navier-Stokes.

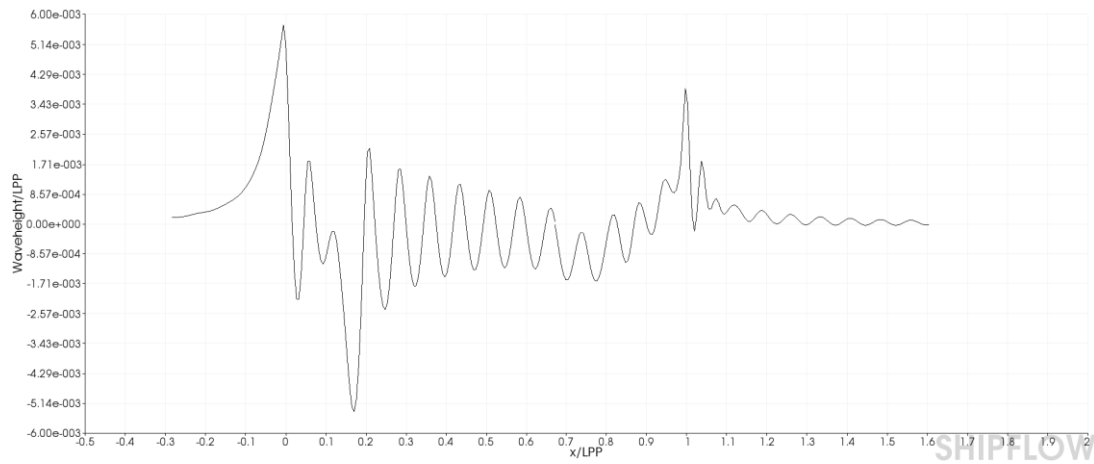
9.3: Αποτελέσματα Προσομοιώσεων στο Shipflow

Για την πραγματοποίηση των υπολογισμών στο περιβάλλον του Shipflow έγινε αρχικά εισαγωγή της γεωμετρίας της γάστρας σε μορφή αρχείου IGES όπως κατασκευάστηκε στο Maxsurf Modeler. Ορίζοντας στη συνέχεια ορισμένες βασικές παραμέτρους, όπως το βύθισμα και την ταχύτητα του πλοίου, πραγματοποιήθηκαν οι υπολογισμοί, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω:

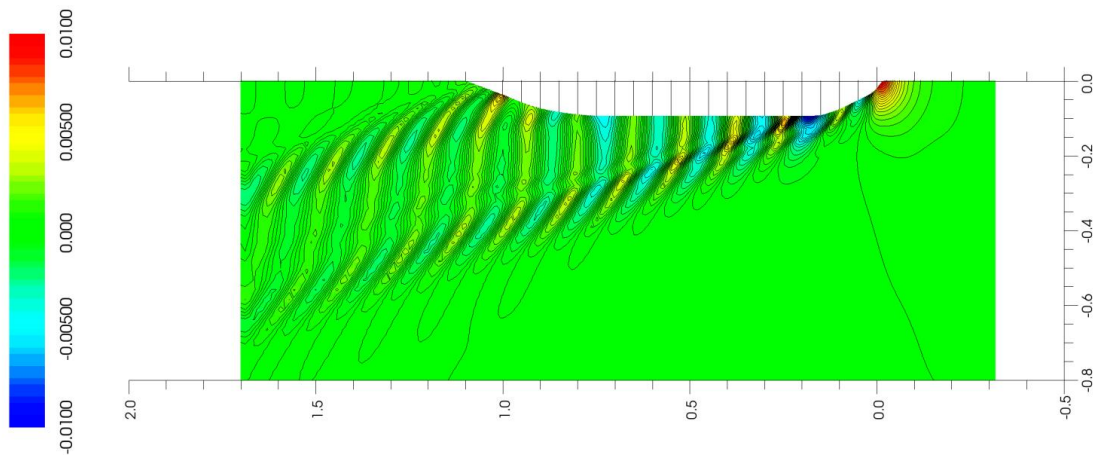
Shipflow Results											
V (kn)	Fn	k	C_F	C_{VP}	C_V	C_W	C_T	R_F (kN)	R_V (kN)	R_W (kN)	R_T (kN)
8.0	0.074	0.526	0.00160	0.00071	0.00231	0.00009	0.00240	388.83	560.39	21.86	582.25
10.0	0.092	0.542	0.00156	0.00071	0.00227	0.00009	0.00236	592.44	861.12	34.22	895.35
11.0	0.101	0.541	0.00154	0.00070	0.00224	0.00009	0.00234	706.65	1029.36	43.53	1072.89
11.2	0.103	0.533	0.00153	0.00070	0.00223	0.00010	0.00232	728.16	1059.07	45.87	1104.94
11.5	0.106	0.544	0.00153	0.00070	0.00223	0.00010	0.00234	768.06	1120.84	52.44	1173.28
12.0	0.111	0.551	0.00153	0.00071	0.00223	0.00012	0.00235	833.36	1219.65	64.74	1284.38
13.0	0.120	0.542	0.00150	0.00070	0.00220	0.00012	0.00231	964.22	1410.26	73.83	1484.09
13.5	0.124	0.562	0.00150	0.00072	0.00222	0.00011	0.00233	1035.80	1532.84	79.31	1612.16
14.2	0.131	0.573	0.00149	0.00073	0.00222	0.00014	0.00236	1136.05	1698.12	109.21	1807.33
14.5	0.134	0.565	0.00148	0.00072	0.00220	0.00019	0.00239	1178.80	1756.95	149.82	1906.77

15.0	0.138	0.572	0.00147	0.00073	0.00220	0.00022	0.00243	1254.89	1880.84	189.68	2070.52
15.5	0.143	0.566	0.00146	0.00073	0.00219	0.00033	0.00252	1329.85	1993.40	302.24	2295.65
15.8	0.146	0.562	0.00146	0.00072	0.00218	0.00038	0.00256	1380.19	2061.71	359.12	2420.82
16.3	0.150	0.571	0.00145	0.00073	0.00218	0.00043	0.00261	1461.89	2198.29	435.44	2633.73
16.8	0.155	0.562	0.00144	0.00072	0.00216	0.00053	0.00269	1544.75	2313.42	570.44	2883.86

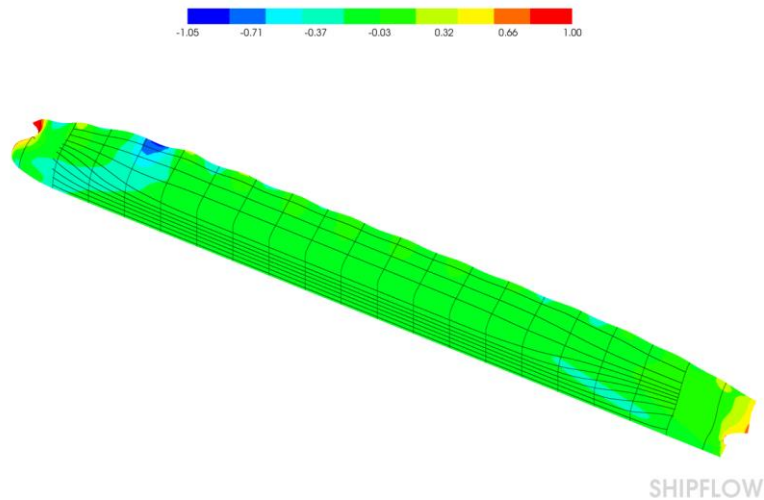
Οι εικόνες που ακολουθούν αντιστοιχούν σε προσομοίωση αντίστασης σε ταχύτητα ίση με αυτή του όμοιου πλοίου, δηλαδή στους 15.8 kn.



78. Ύψος Κύματος Κατά Μήκος της Γάστρας, V=15.8 kn



79. Ανύψωση Ελεύθερης Επιφάνειας, V=15.8 kn

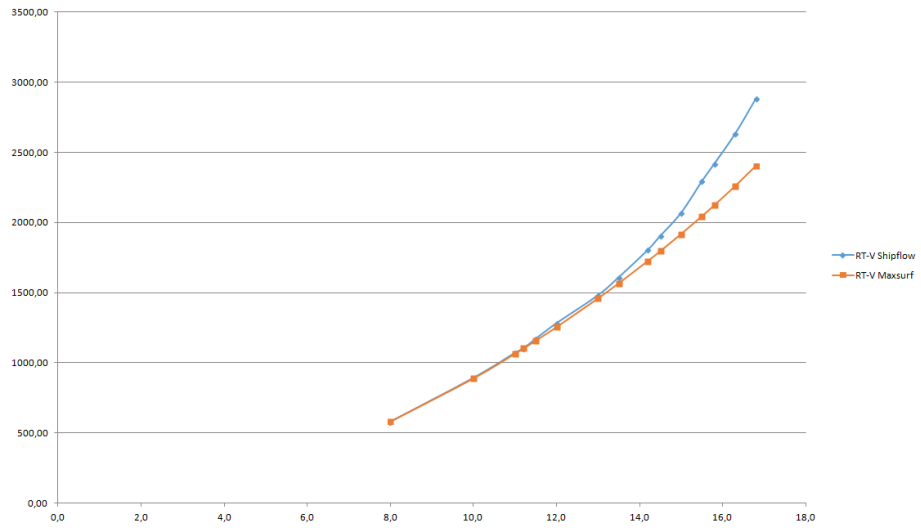


80. Κατανομή Συντελεστή Πίεσης και Γραμμές Δυναμικής Ροής, $V=15.8$ kn

9.4: Σύγκριση Αποτελεσμάτων του Shipflow με τα Αποτελέσματα του Maxsurf

Για την προσέγγιση της αντίστασης ρυμούλκησης του πλοίου στο Maxsurf, έγινε εισαγωγή του μοντέλου της γάστρας στο υποπρόγραμμα Resistance, το οποίο υπολογίζοντας όλα τα απαραίτητα μεγέθη από την γεωμετρία της γάστρας, πραγματοποιεί τους υπολογισμούς αντίστασης χρησιμοποιώντας υπάρχουσες εμπειρικές μεθόδους. Η μέθοδος που επιλέχθηκε για το συγκεκριμένο πλοίο ήταν η Holtrop-Mennen, καθώς έδινε τα κοντινότερα στα πραγματικά αποτελέσματα συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Τα αποτελέσματα, καθώς και η σύγκριση των αποτελεσμάτων του Shipflow και του Maxsurf παρουσιάζονται στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθούν:

V (kn)	Shipflow R_T (kN)	Maxsurf R_T (kN)	Difference (%)
8.0	582.25	583.10	-0.15
10.0	895.35	890.00	0.60
11.0	1072.89	1065.30	0.71
11.2	1104.94	1102.00	0.27
11.5	1173.28	1158.30	1.28
12.0	1284.38	1254.90	2.30
13.0	1484.09	1459.10	1.68
13.5	1612.16	1567.00	2.80
14.2	1807.33	1724.90	4.56
14.5	1906.77	1795.30	5.85
15.0	2070.52	1916.40	7.44
15.5	2295.65	2042.70	11.02
15.8	2420.82	2121.20	12.38
16.3	2633.73	2257.10	14.30
16.8	2883.86	2400.80	16.75



81. Διαφορά Αντίστασης Ρυμούλκησης Μεταξύ Shipflow και Maxsurf Resistance

10: Καθορισμός Ταχύτητας Υπηρεσίας και Επιλογή Έλικας και Κύριας Μηχανής με Βάση τον Δείκτη EEDI

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι η επιλογή της ταχύτητας υπηρεσίας του πλοίου, με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι η μέγιστη δυνατή, με ταυτόχρονη ικανοποίηση του δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας EEDI.

10.1: Energy Efficiency Design Index (EEDI)

Με σκοπό τον περιορισμό εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου, ο IMO έχει αναπτύξει ένα σχέδιο ενεργειακής αποδοτικότητας των πλοίων, μέρος του οποίου είναι ο δείκτης EEDI (βλ. Κεφάλαιο 12, ClassNK, EEDI Regulation). Ο δείκτης EEDI υπολογίζεται για όλα τα καινούργια πλοία και εκφράζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα σε γραμμάρια ανά μεταφορικό έργο (t x miles). Μπορεί να εκφραστεί ως ο λόγος του περιβαλλοντικού κόστους προς το όφελος προς την κοινωνία και είναι μια συνάρτηση της ισχύος της κύριας μηχανής, της ταχύτητας του πλοίου και της μεταφορικής ικανότητας. Στόχος του είναι η σταδιακή σχεδίαση πλοίων με όλο και λιγότερες εκπομπές αερίων βλαβερών προς το περιβάλλον.

Για να ικανοποιείται η απαίτηση του δείκτη, πρέπει η τιμή του να είναι μικρότερη ή ίση από μια απαιτούμενη τιμή που ορίζεται ως:

$$EEDI_{REQUIRED} = \left(1 - \frac{X}{100}\right) \cdot \text{Τιμή EEDI Αναφοράς}$$

όπου,

X: συντελεστής μείωσης, ο οποίος για δεξαμενόπλοια μεταφορικής ικανότητας 20000 t DWT και άνω και την εκάστοτε χρονική φάση φαίνεται στον παρακάτω πίνακα

Φάση Δείκτη EEDI	Φάση 0 01/01/2013 – 31/12/2014	Φάση 1 01/01/2015 – 31/12/2019	Φάση 2 01/01/2020 – 31/12/2024	Φάση 3 01/01/2025 και Υστερα
X	0	10	20	30

Τιμή EEDI Αναφοράς: προκύπτει χρησιμοποιώντας τη γραμμή αναφοράς που αντιστοιχεί στον τύπο του πλοίου και τη χωρητικότητά του. Συγκεκριμένα, για δεξαμενόπλοια η γραμμή αναφοράς είναι της μορφής $a \cdot b^{-c}$, με:

a=1218.80

b=DWT του πλοίου, σε t

c=0.488

Ο δείκτης EEDI του πλοίου υπολογίζεται ως εξής:

$$EEDI (gCO_2/t \cdot nm) = \frac{(\prod_{j=1}^M f_j) \cdot (\sum_{i=1}^{n_{ME}} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)}) + (P_{AE(i)} \cdot C_{AME(i)} \cdot SFC_{AE(i)}) + [(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)}) \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{FAE}] - (\sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME})}{f_c \cdot f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

όπου,

- Capacity: η μεταφορική ικανότητα DWT του πλοίου, σε t
- C_{FME} : συντελεστής άνθρακα για καύσιμο στις κύριες μηχανές, σε gCO₂/gFuel. Το καύσιμο της κύριας μηχανής είναι Heavy Fuel Oil, άρα $C_{FME}=3.114$ gCO₂/gFuel
- C_{FAE} : συντελεστής άνθρακα για καύσιμο στις βοηθητικές μηχανές, σε gCO₂/gFuel. Το καύσιμο των ηλεκτρομηχανών είναι Diesel Oil, άρα $C_{FAE}=3.206$ gCO₂/gFuel
- f_{eff} : διορθωτικός συντελεστής για τη διαθεσιμότητα καινοτόμων τεχνολογιών.
- f_i : διορθωτικός συντελεστής για τη χωρητικότητα για τα πλοία με τεχνικά / κανονιστικά χαρακτηριστικά, τα οποία επηρεάζουν τη χωρητικότητα.
- f_c : διορθωτικός συντελεστής για τη χωρητικότητα των πλοίων για τύπους φορτίου που επηρεάζουν τη σχέση DWT – χωρητικότητα (π.χ. LNG πλοία)
- f_j : διορθωτικός συντελεστής για ειδικές σχεδιάσεις πλοίων (π.χ. Ice Class)
- f_w : διορθωτικός συντελεστής για τη μείωση της ταχύτητας πλοίου υπό την επίδραση αντιπροσωπευτικών καταστάσεων θάλασσας
- n_{ME} : αριθμός κύριων μηχανών
- n_{eff} : αριθμός καινοτόμων τεχνολογιών
- n_{PTI} : αριθμός συστημάτων πρόσθετης ισχύος (π.χ. Shaft Motors)
- P_{ME} : ισχύς πρόωσης στο 75% MCR, λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη Shaft Motor ή Shaft Generator, σε kW
 $P_{ME} = 0.75 \cdot MCR_{ME}$, αν δεν υπάρχει γεννήτρια άξονα
 $P_{ME} = 0.75 \cdot (MCR_{ME} - P_{PTO})$, αν υπάρχει γεννήτρια άξονα
- P_{PTO} : 75% της εγκατεστημένης ισχύος της γεννήτριας άξονα, σε kW
- P_{AE} : απαιτήσεις σε βοηθητική ισχύ σε κανονικές συνθήκες πλεύσης, σε kW
 $P_{AE} = 0.025 \cdot (\sum_{i=1}^{n_{ME}} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)}}{0.75}) + 250$, $\sum_{i=1}^{n_{ME}} MCR_{ME(i)} \geq 10000$ kW
 $P_{AE} = 0.05 \cdot (\sum_{i=1}^{n_{ME}} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)}}{0.75})$, $\sum_{i=1}^{n_{ME}} MCR_{ME(i)} < 10000$ kW
- P_{eff} : 75% της εγκατεστημένης ισχύος για την κάθε καινοτόμα τεχνολογία που συνεισφέρει στην πρόωση του πλοίου, σε kW
- P_{AEff} : μείωση της βοηθητικής ισχύος εξαιτίας της παραγωγής και χρήσης ηλεκτρικής ισχύος από καινοτόμες τεχνολογίες, σε kW
- P_{PTI} : 75% της εγκατεστημένης ισχύος για το κάθε Power Take In σύστημα (π.χ. Propulsion Shaft Motors)
- SFC_{ME} : ειδική κατανάλωση καυσίμου για τις κυρίες μηχανές, σε g/kWh
- SFC_{AE} : ειδική κατανάλωση καυσίμου για τις βοηθητικές μηχανές, σε g/kWh
- V_{ref} : Ταχύτητα αναφοράς, η οποία επιτυγχάνεται στην ισχύ πρόωσης P_{ME} , σε συνθήκες ήρεμης θάλασσας και σε βαθύ νερό για το βύθισμα θέρους.

10.2: Επιλογή Έλικας

10.2.1: Βασικά Μεγέθη της Έλικας και Λοιποί Συντελεστές

➤ Τύπος έλικας

Επιλέγεται έλικα σταθερού βήματος (fixed pitch propeller) σειράς Wageningen-B series (βλ. Κεφάλαιο 12).

➤ Υλικό έλικας

Το υλικό της έλικας θα είναι κράμα Νικελίου, Αλουμινίου και Χαλκού (Grade Cu 3)

➤ Επιλογή διαμέτρου (D_{PROP})

Το κριτήριο επιλογής της έλικας του πλοίου είναι η επίτευξη του υψηλότερου δυνατού βαθμού απόδοσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος της έλικας, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός απόδοσής της. Ωστόσο, εξαιτίας των περιορισμών που θέτουν τα όρια της γάστρας και η απαίτηση για να είναι πάντα πλήρως βυθισμένη, επιλέγεται η μέγιστη δυνατή διάμετρος, η οποία ισούται με $D_{PROP}=10.4$ m.

➤ Επιλογή αριθμού πτερυγίων (z)

Μικρότερος αριθμός πτερυγίων συνεπάγεται μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης της έλικας. Όμως, μια έλικα με πολύ μικρό αριθμό πτερυγίων (δύο ή τρία), μπορεί να οδηγήσει σε εμφάνιση ταλαντώσεων και συντονισμού του αξονικού συστήματος. Για αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται λεπτομερής έλεγχος αυτού του φαινομένου πριν γίνει η επιλογή του αριθμού πτερυγίων. Επειδή όμως ο έλεγχος αυτός ξεφεύγει από τα πλαίσια της μελέτης, επιλέγεται με αρκετά καλή ασφάλεια αριθμός πτερυγίων ίδιος με του ομοίου πλοίου και ίσος με $z=4$.

➤ Λόγος εκτεταμένης επιφάνειας (A_E/A_0)

Με σκοπό την επίτευξη υψηλού βαθμού απόδοσης, πρέπει να επιλέγεται έλικα με χαμηλό λόγο εκτεταμένης επιφάνειας. Από την άλλη όμως, όσο πιο μικρός είναι αυτός ο λόγος, τόσο πιο έντονο είναι το φαινόμενο της σπηλαίωσης που εμφανίζεται στην έλικα. Πρέπει δηλαδή να επιλέγεται λόγος εκτεταμένης επιφάνειας με τέτοιο τρόπο ώστε ο βαθμός απόδοσης της έλικας να είναι ο μεγαλύτερος δυνατός και ταυτόχρονα η σπηλαίωση να βρίσκεται σε αποδεκτά όρια.

Μια αρχική εκτίμηση του λόγου εκτεταμένης επιφάνειας γίνεται από τον τύπο του Keller, που ορίζεται ως:

$$\frac{A_E}{A_0} = \frac{(1.3 + 0.3 \cdot z) \cdot T}{(P_0 - P_u) \cdot D_{PROP}^2} + k$$

με,

- z: ο αριθμός πτερυγίων της έλικας
- T: η απαιτούμενη ώση από την έλικα, σε kr, που υπολογίζεται ως:
$$T = \frac{R_T}{1-t}$$
- t: ο συντελεστής απώλειας ώσης
- P₀: η υδροστατική πίεση στη θέση του άξονα της έλικας, σε kr/m²
- P_υ: η πίεση ατμοποίησης του θαλασσινού νερού στους 15°C, που είναι ίση με 175.7 kr/m²
- D_{PROP}: η διάμετρος της έλικας, σε m
- k: κατάλληλος συντελεστής ανάλογα με το σύστημα πρόωσης αλλά και την ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου, που λαμβάνεται ίσος με 0.1

➤ Συντελεστής ομόρρου (w)

Ο ομόρρος σε ένα πλοίο οφείλεται στο φαινόμενο της αποκόλλησης της ροής στην περιοχή της πρύμνης, λόγω έντονης αλλαγής της γεωμετρίας. Ο συντελεστής ομόρρου εκφράζει το ποσοστό της ταχύτητας του πλοίου που δεν "βλέπει" η έλικα. Προσεγγίστηκε από τον μέσο όρο των τιμών των παρακάτω εμπειρικών σχέσεων:

$$w = 0.75 \cdot C_B - 0.24, \text{ Kruger 1976 for cargo ships}$$

$$w = 0.7 \cdot C_P - 0.18, \text{ Heckscher for cargo ships}$$

$$w = 0.25 + 2.5 \cdot (C_B - 0.6)^2, \text{ Troost for cargo ships}$$

Προκύπτει ότι w=0.372.

➤ Συντελεστής απώλειας ώσης (t)

Ο συντελεστής απώλειας ώσης του πλοίου υπολογίζεται ως η μέση τιμή των ακόλουθων εμπειρικών σχέσεων:

$$t = 0.5 \cdot C_P - 0.12, \text{ Heckscher for cargo ships}$$

$$t = 0.5 \cdot C_B - 0.15, \text{ Danckwardt for cargo ships}$$

$$t = w \cdot \left(1.57 - 2.3 \cdot \frac{C_B}{C_{WP}} + 1.5 \cdot C_B \right), \text{ SSPA for cargo ships}$$

Προκύπτει ότι t=0.268.

➤ Βαθμός απόδοσης σχετικής περιστροφής (η_R)

Ο υπολογισμός του βαθμού απόδοσης σχετικής περιστροφής του πλοίου πραγματοποιείται με χρήση της σχέσης που προτείνεται από τους Holtrup-Mennen (1978), για μονέλικά πλοία:

$$\eta_R = 0.9922 - 0.05908 \cdot \frac{A_E}{A_0} + 0.07424 \cdot (C_P - 0.0225 \cdot LCB)$$

➤ Βαθμός απόδοσης αξονικού συστήματος (η_s)

Λόγω μικρών απωλειών ισχύος στο αξονικό σύστημα του πλοίου, ο βαθμός απόδοσης του αξονικού συστήματος λαμβάνεται ίσος με 0.99.

➤ Επιλογή βήματος (P)

Η επιλογή του βήματος της έλικας, ή του λόγου P/D, γίνεται με στόχο το πλοίο να λειτουργεί με την ελάχιστη δυνατή ισχύ, δηλαδή η έλικα να έχει τον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό απόδοσης. Η επιλογή του αποδοτικότερου βήματος δεν είναι πάντοτε δυνατή, καθώς με την επιλογή αυτού του βήματος, η έλικα μπορεί να λειτουργεί σε στροφές στις οποίες στις οποίες δεν είναι δυνατή η εύρεση κυρίας μηχανής που να επιτυγχάνεται κατάλληλη συνεργασία μηχανής-έλικας.

Για να γίνει η επιλογή του κατάλληλου βήματος P, χρησιμοποιήθηκε κώδικας σε γλώσσα Modern FORTRAN που υπολογίζει τις στροφές, την ισχύ και το βαθμό απόδοσης της έλικας ανάλογα με το λόγο βήματος προς διαμέτρου (P/D). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για εφαρμογή του κώδικα ήταν η διάμετρος της προπέλας, ο αριθμός πτερυγίων, ο λόγος εκτεταμένης επιφάνειας, ο βαθμός απόδοσης του αξονικού συστήματος και σχετικής περιστροφής, οι συντελεστές ομόρρου και απώλειας ώσης, καθώς και η ταχύτητα και τιμή της αντίστασης ρυμούλκησης στην ταχύτητα αυτή. Ο κώδικας αυτός υπολογίζει τους συντελεστές K_T και K_Q για έλικες σειράς Wageningen B-Series μέσω κατάλληλων πολυωνυμικών σχέσεων και στη συνέχεια για τους διάφορους συνδυασμούς ταχύτητας-βήματος έλικας δίνει την τιμή των στροφών της έλικας και της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης.

Οι σχέσεις υπολογισμού των K_T και K_Q είναι οι εξής:

$$K_T = \sum_{n=1}^{39} C_n \cdot (J)^{S_n} \cdot (P/D)^{t_n} \cdot (A_E/A_0)^{u_n} \cdot (Z)^{v_n}$$

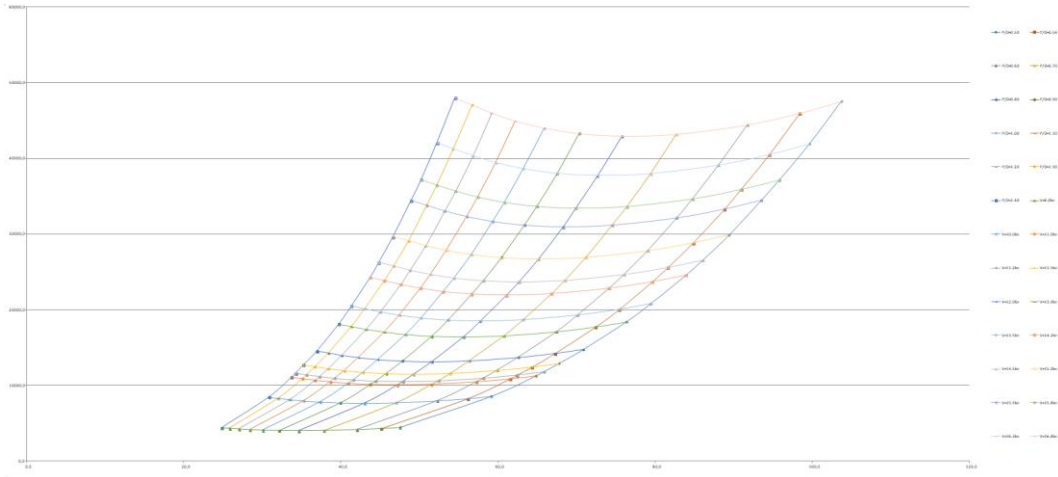
$$K_Q = \sum_{n=1}^{47} C_n \cdot (J)^{S_n} \cdot (P/D)^{t_n} \cdot (A_E/A_0)^{u_n} \cdot (Z)^{v_n}$$

και οι αντίστοιχοι συντελεστές είναι οι ακόλουθοι:

Thrust (K_T)					Torque (K_Q)						
n	$C_{s,r,u,v}$	$s(J)$	$t(P/D)$	$u(A_E/A_O)$	$v(Z)$	n	$C_{s,r,u,v}$	$s(J)$	$t(P/D)$	$u(A_E/A_O)$	$v(Z)$
1	+0.00880496	0	0	0	0	1	+0.00379368	0	0	0	0
2	-0.204554	1	0	0	0	2	+0.00886523	2	0	0	0
3	+0.166351	0	1	0	0	3	-0.032241	1	1	0	0
4	+0.158114	0	2	0	0	4	+0.00344778	0	2	0	0
5	-0.147581	2	0	1	0	5	-0.0408811	0	1	1	0
6	-0.481497	1	1	1	0	6	-0.108009	1	1	1	0
7	+0.415437	0	2	1	0	7	-0.0885381	2	1	1	0
8	+0.0144043	0	0	0	1	8	+0.188561	0	2	1	0
9	-0.0530054	2	0	0	1	9	-0.00370871	1	0	0	1
10	+0.0143481	0	1	0	1	10	+0.00513696	0	1	0	1
11	+0.0606826	1	1	0	1	11	+0.0209449	1	1	0	1
12	-0.0125894	0	0	1	1	12	+0.00474319	2	1	0	1
13	+0.0109689	1	0	1	1	13	-0.00723408	2	0	1	1
14	-0.133698	0	3	0	0	14	+0.00438388	1	1	1	1
15	+0.00638407	0	6	0	0	15	-0.0269403	0	2	1	1
16	-0.00132718	2	6	0	0	16	+0.0558082	3	0	1	0
17	+0.168496	3	0	1	0	17	+0.0161886	0	3	1	0
18	-0.0507214	0	0	2	0	18	+0.00318086	1	3	1	0
19	+0.0854559	2	0	2	0	19	+0.015896	0	0	2	0
20	-0.0504475	3	0	2	0	20	+0.0471729	1	0	2	0
21	+0.010465	1	6	2	0	21	+0.0196283	3	0	2	0
22	-0.00648272	2	6	2	0	22	-0.0502782	0	1	2	0
23	-0.00841728	0	3	0	1	23	-0.030055	3	1	2	0
24	+0.0168424	1	3	0	1	24	+0.0417122	2	2	2	0
25	-0.00102296	3	3	0	1	25	-0.0397722	0	3	2	0
26	-0.0317791	0	3	1	1	26	-0.00350024	0	6	2	0
27	+0.018604	1	0	2	1	27	-0.0106854	3	0	0	1
28	-0.00410798	0	2	2	1	28	+0.00110903	3	3	0	1
29	-0.000606848	0	0	0	2	29	-0.000313912	0	6	0	1
30	-0.0049819	1	0	0	2	30	+0.0035985	3	0	1	1
31	+0.0025983	2	0	0	2	31	-0.00142121	0	6	1	1
32	-0.000560528	3	0	0	2	32	-0.00383637	1	0	2	1
33	-0.00163652	1	2	0	2	33	+0.0126803	0	2	2	1
34	-0.000328787	1	6	0	2	34	-0.00318278	2	3	2	1
35	+0.000116502	2	6	0	2	35	+0.00334268	0	6	2	1
36	+0.000690904	0	0	1	2	36	-0.00183491	1	1	0	2
37	+0.00421749	0	3	1	2	37	+0.000112451	3	2	0	2
38	+0.0000565229	3	6	1	2	38	-0.0000297228	3	6	0	2
39	-0.00146564	0	3	2	2	39	+0.000269551	1	0	1	2
						40	+0.00083265	2	0	1	2
						41	+0.00155334	0	2	1	2
						42	+0.000302683	0	6	1	2
						43	-0.0001843	0	0	2	2
						44	-0.000425399	0	3	2	2
						45	+0.0000869243	3	3	2	2
						46	-0.0004659	0	6	2	2
						47	+0.0000554194	1	6	2	2

82. Συντελεστές υπολογισμού των συντελεστών K_T και K_Q

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του κώδικα φαίνονται στο πλέγμα που ακολουθεί, όπου απεικονίζονται οι ισοταχείς και ισοβηματικές καμπύλες. Οι «οριζόντιες» καμπύλες αντιστοιχούν σε μία σταθερή τιμή της ταχύτητας του πλοίου για διάφορες τιμές βήματος της έλικας ενώ οι «κατακόρυφες» σε μία σταθερή τιμή του βήματος της έλικας για διάφορες τιμές της ταχύτητας του πλοίου. Μέσω του πλέγματος αυτού γίνεται η επιλογή του βήματος της έλικας που οδηγεί στη μικρότερη δυνατή τιμή της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης για συγκεκριμένη ταχύτητα. Στη συνέχεια θα δημιουργηθούν σενάρια για διάφορες ταχύτητες του πλοίου, σε καθένα από τα οποία θα γίνει κατάλληλη επιλογή κύριας μηχανής και έλικας και θα υπολογιστεί ο δείκτης EEDI.



83. Πλέγμα Ισοταχών-Ισοβηματικών για Έλικα Σειράς Wagenigen-B Series

10.2.2: Έλεγχος Σπηλαίωσης

Ο έλεγχος του φαινομένου της σπηλαίωσης πραγματοποιείται με το κριτήριο του Burill. Σύμφωνα με αυτό, το σημείο του διαγράμματος που αντιστοιχεί στο ζεύγος των αδιάστατων μεγεθών ($\sigma_{0.7R}$, τ_c) πρέπει να βρίσκεται κάτω από την παραμετρική καμπύλη σταθερού ποσοστού σπηλαίωσης πίσω όψης που τίθεται ως όριο σπηλαίωσης της συγκεκριμένης έλικας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση και στην παρούσα φάση της σχεδίασης επιλέγεται ως όριο ποσοστό σπηλαίωσης ίσο με 5%. Τα αδιάστατα μεγέθη $\sigma_{0.7R}$ και τ_c υπολογίζονται αντίστοιχα ως εξής:

$$\sigma_{0.7R} = \frac{p_0 - p_v}{q_{0.7R}} = \frac{p_a + \rho \cdot g \cdot h - p_v}{q_{0.7R}}$$

και

$$\tau_c = \frac{T/A_p}{q_{0.7R}}$$

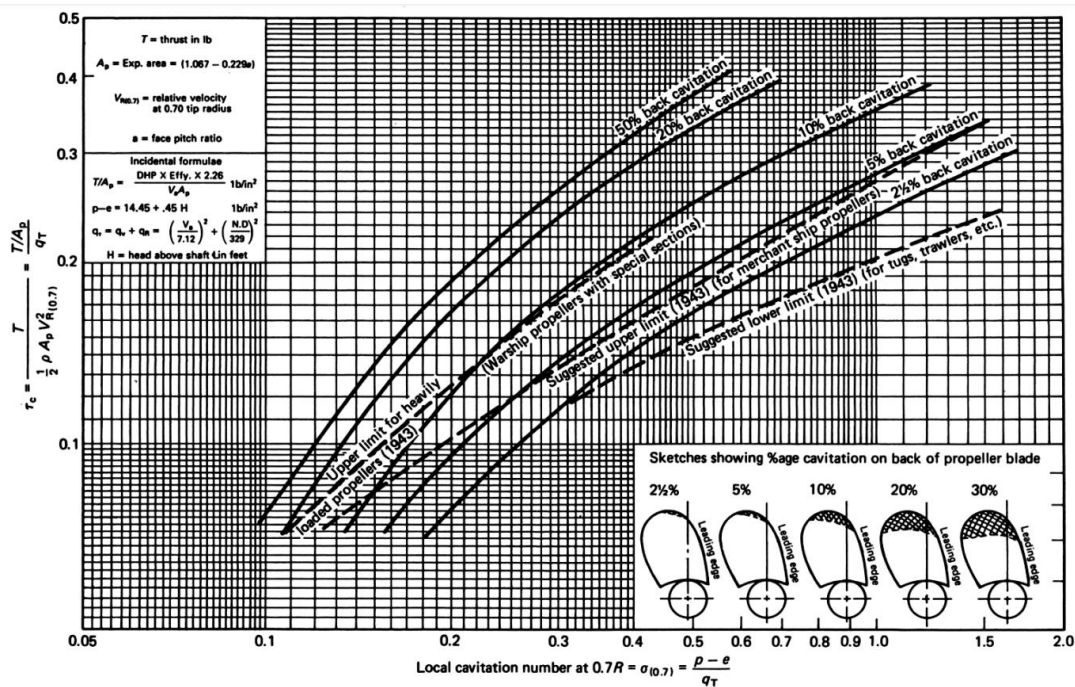
όπου,

- $q_{0.7R} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_R^2$
- $V_R^2 = V_0^2 + (0.7 \cdot \pi \cdot n \cdot D_{PROP})^2$
- p_0 : η υδροστατική πίεση στη θέση του άξονα της έλικας, σε kp/m^2
- p_v : η πίεση ατμοποίησης του θαλασσινού νερού στους 15°C , που είναι ίση με 175.7 kp/m^2
- p_a : η ατμοσφαιρική πίεση, που είναι ίση με 10332.275 kp/m^2
- ρ : η πυκνότητα του νερού, που είναι ίση με $104.61 \text{ kp}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$
- g : η επιτάχυνση της βαρύτητας, που είναι ίση με 9.81 m/s^2

- h : η απόσταση του κέντρου του ελικοφόρου άξονα από την επιφάνεια της θάλασσας, σε m
- T : η ώση της έλικας, σε kp
- n : οι στροφές της έλικας, σε sec^{-1}
- V_0 : η ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου, σε m/s
- A_p : η προβεβλημένη επιφάνεια της έλικας, σε m^2 , που ισούται με

$$A_p \approx A_D \cdot \left(1.067 - 0.229 \cdot \frac{P}{D}\right)$$
- $A_D \approx A_E$
- $A_E = \frac{A_E}{A_0} \cdot \pi \cdot \frac{D_{PROP}^2}{4}$

Το διάγραμμα Burill παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί:



84. Διάγραμμα Burill

10.2.3: Έλεγχος Πάχους Πτερυγίου

Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο έλεγχος του ελάχιστου πάχους των πτερυγίων της έλικας, ο οποίος πραγματοποιήθηκε μέσω των κανονισμών του Αγγλικού Μηχανισμού (Lloyd's Register). Για την εκτέλεση των υπολογισμών χρειάζεται να είναι γνωστή η γεωμετρία των πτερυγίων, η οποία μπορεί να βρεθεί μέσω του ακόλουθου πίνακα παραμετρικών γεωμετρικών στοιχείων για έλικες σειράς Wageningen-B series.

Design parameters of four, five, six and seven bladed Wagenigen B-screw series propellers					
r/R	$c \cdot \frac{D \cdot z}{A_E/A_0}$	a/c	b/c	$t/D = A_r - B_r \cdot z$	
				A_r	B_r
0.2	1.662	0.617	0.350	0.0526	0.0040
0.3	1.882	0.613	0.350	0.0464	0.0035
0.4	2.050	0.601	0.351	0.0402	0.0030
0.5	2.152	0.586	0.355	0.0340	0.0025
0.6	2.187	0.561	0.389	0.0278	0.0020
0.7	2.144	0.524	0.443	0.0216	0.0015
0.8	1.970	0.463	0.479	0.0154	0.0010
0.9	1.582	0.351	0.500	0.0092	0.0005
1.0	0.000	0.000	0.000	0.0030	0.0000

όπου,

c: το μήκος της χορδής της εκτεταμένης κυλινδρικής τομής της έλικας στο συγκεκριμένο σημείο

a: το μήκος μεταξύ της ακμής πρόσπτωσης και της γενέτειρας γραμμής της εκτεταμένης κυλινδρικής τομής της έλικας στο συγκεκριμένο σημείο

b: το μήκος μεταξύ της ακμής πρόσπτωσης και της θέσης μέγιστου πάχους της εκτεταμένης κυλινδρικής τομής της έλικας στο συγκεκριμένο σημείο

A_r, B_r : σταθερές

t: μέγιστο πάχος της εκτεταμένης κυλινδρικής τομής της έλικας στο αντίστοιχο σημείο

Με αντικατάσταση των βασικών στοιχείων της συγκεκριμένης έλικας ($D_{PROP}, z, A_E/A_0$) προκύπτει ο πίνακας της γεωμετρίας της έλικας του πλοίου:

Design dimensions of selected propeller				
r/R	c (m)	a (m)	b (m)	t (m)
0.2	2.161	1.333	0.756	0.381
0.3	2.447	1.500	0.856	0.337
0.4	2.665	1.602	0.935	0.293
0.5	2.798	1.639	0.993	0.250
0.6	2.843	1.595	1.106	0.206
0.7	2.787	1.460	1.235	0.162
0.8	2.561	1.186	1.227	0.119
0.9	2.057	0.722	1.028	0.075
1.0	0.000	0.000	0.000	0.031

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του Αγγλικού Νηογνώμονα, για έλικες σταθερού βήματος, το πάχος του πτερυγίου στις θέσεις $r/R=0.25$ και $r/R=0.60$, πρέπει να είναι μεγαλύτερο από μία ελάχιστη τιμή, που σε κάθε θέση προκύπτει από την σχέση που ακολουθεί:

$$t = \frac{K \cdot C \cdot A}{E \cdot F \cdot U \cdot L \cdot N} + 100 \cdot \sqrt{\frac{3150 \cdot M \cdot P}{E \cdot F \cdot R \cdot U \cdot L \cdot N}} \text{ (mm)}$$

όπου,

K: συντελεστής, που υπολογίζεται ως:

$$K = \frac{G \cdot B \cdot D^3 \cdot R^2}{675}$$

G: πυκνότητα του υλικού της έλικας, ίση με $G=7.6 \text{ g/cm}^3$

B: λόγος εκτεταμένης επιφάνειας A_E/A_0

D: διάμετρος της έλικας, σε m

R: στροφές της έλικας, σε rpm

C: συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με

- $C=1.0$, για $r/R=0.25$

- $C=1.6$, για $r/R=0.60$

$$A = \frac{D}{2} \cdot \tan(\alpha)$$

α : γωνία μεταξύ πτερυγίου και κορμού της έλικας, που ισούται με 15°

E: συντελεστής, που υπολογίζεται ως:

$$E = \frac{\text{actual face modulus}}{0.09 \cdot T^2 \cdot L}$$

actual face modulus: ροπή αντίστασης της επιφάνειας τομής του πτερυγίου της έλικας, σε mm^3 , στη θέση που μελετάται

T: μέγιστο πάχος του πτερυγίου, σε mm, στη θέση που μελετάται

L: μήκος της χορδής, σε mm, στη θέση που μελετάται

F: συντελεστής, που υπολογίζεται ως:

- $F = \frac{P_{0.25}}{D} + 0.8$, για $r/R=0.25$

- $F = \frac{P_{0.60}}{D} + 4.5$, για $r/R=0.60$

U: επιτρεπόμενη τάση, ίση με $U=56.0 \text{ N/mm}^2$

N: αριθμός πτερυγίων της έλικας

M: συντελεστής, που υπολογίζεται ως:

- $M = 1.0 + \frac{3.75 \cdot D}{P_{0.70}} + 2.8 \cdot \frac{P_{0.25}}{D}$, για $r/R=0.25$

- $M = 1.35 + \frac{5 \cdot D}{P_{0.70}} + 1.35 \cdot \frac{P_{0.60}}{D}$, για $r/R=0.60$

P: ονομαστική ισχύς της κύριας μηχανής, σε kW

10.2.4: Έλεγχος Διαμέτρου Ελικοφόρου Άξονα

Απαραίτητος είναι επίσης, ο έλεγχος της διαμέτρου του ελικοφόρου άξονα. Η ελάχιστη απαιτούμενη διάμετρος του υπολογίζεται μέσω της παρακάτω σχέσης που ορίζει ο Αγγλικός Νηογνώμονας:

$$d_p = 100 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{R} \cdot \frac{560}{\sigma_u + 160}} \text{ (mm)}$$

όπου,

k: συντελεστής που ισούται με:

- $k=1.22$, για keyless έλικες
- $k=1.26$, για keyed έλικες

P: ονομαστική ισχύς της κύριας μηχανής, σε kW

R: ονομαστικές στροφές της κύριας μηχανής, σε rpm

σ_u : ειδικό ελάχιστο όριο διαρροής εφελκυσμού του υλικού κατασκευής του άξονα, ίσο με 590 N/mm^2

Σημειώνεται πως το πλοίο έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε η διάμετρος του ελικοφόρου άξονα να ισούται με 1.5 m. Σε περίπτωση που η ελάχιστη τιμή της προέκυπτε μεγαλύτερη από 1.5 m, θα έπρεπε να γίνει επανασχεδίαση του συγκεκριμένου τμήματος της γάστρας, με σκοπό να είναι δυνατή η τοποθέτηση ελικοφόρου άξονα μεγαλύτερης διαμέτρου.

10.3: Επιλογή Κύριας Μηχανής

Η επιλογή της κυρίας μηχανής του πλοίου πραγματοποιείται με κριτήριο να προσφέρει την απαιτούμενη ώση στην έλικα, ώστε να υπερνικά την αντίσταση ρυμούλκησης του πλοίου. Η αντίσταση ρυμούλκησης, όμως που υπολογίστηκε μέσω του Shipflow αναφέρεται σε κατάσταση λειτουργίας σε ήρεμο νερό και με καθαρή γάστρα. Για το λόγο αυτό, θεωρείται με επαρκή ασφάλεια προσαύξηση ίση με 20% στην αντίσταση αυτή, έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη η περιστασιακή αύξηση της αντίστασης λόγω κατάστασης της θάλασσας καθώς και η αύξηση στην αντίσταση εξαιτίας της ρύπανσής της. Έτσι, με εκτέλεση του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως για την προσαυξημένη αντίσταση, βρέθηκαν η ονομαστική ισχύς του κινητήρα και οι ονομαστικές στροφές του. Γνωρίζοντας τα δύο βασικά σημεία λειτουργίας του κινητήρα (ζεύγος στροφών-ισχύος για πλεύση σε ήρεμο νερό και με καθαρή γάστρα και για προσαύξηση αντίστασης κατά 20%), έγινε αναζήτηση σε κατάλογο κατασκευαστών και επιλέχθηκε κατάλληλη κύρια μηχανή, έτσι ώστε τα δύο παραπάνω σημεία να βρίσκονται εντός του εύρους του διαγράμματος ρύθμισής της.

Για κάθε κύρια μηχανή που εξετάστηκε, πραγματοποιήθηκε επίσης υπολογισμός της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου στο 75% της ονομαστικής ισχύος της μέσω των οδηγιών του εγχειριδίου της μηχανής, ή μέσω του εργαλείου υπολογισμού ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, που διαθέτει η εταιρία MAN Energy Solutions, για ορισμένους από τους κινητήρες της.

Ακόμη, πραγματοποιήθηκε έλεγχος των διαστάσεων της κυρίας μηχανής, με σκοπό να επιβεβαιωθεί πως η τελευταία είναι δυνατό να εγκατασταθεί στο χώρο του μηχανοστασίου.

10.4: Σενάρια Λειτουργίας για Επιλογή Ταχύτητας Υπηρεσίας

Ο καθορισμός της ταχύτητας υπηρεσίας του πλοίου πραγματοποιήθηκε με απαίτηση την ικανοποίηση του δείκτη EEDI. Η διαδικασία επιλογής έλικας και κυρίας μηχανής και υπολογισμού του δείκτη EEDI εκτελέστηκε για διάφορες ταχύτητες του πλοίου και δημιουργήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια επιλογής της ταχύτητας υπηρεσίας.

10.4.1: Σενάριο 1 – Ικανοποίηση 3^{ης} Φάσης του Δείκτη EEDI χωρίς Χρήση Καινοτόμων Τεχνολογιών για Ενεργειακή Αποδοτικότητα

Έγινε υπολογισμός της μέγιστης ταχύτητας υπηρεσίας που μπορεί να καθοριστεί στο πλοίο για ικανοποίηση της 3ης φάσης του EEDI και προέκυψε ίση με 11.2 kn. Για την πρόωση του πλοίου σε αυτή την ταχύτητα η έλικα και η κύρια μηχανή που επιλέχθηκαν είναι οι ακόλουθες:

Έλικα (Wagenigen-B series)	
D_{PROP} (m)	10.400
z	4
A_E/A₀	0.500
P/D	0.540
P.C.	0.559
Κύρια Μηχανή	
5G70ME-C9.5	

Τα δύο βασικά σημεία λειτουργίας της κύριας μηχανής του πλοίου είναι:

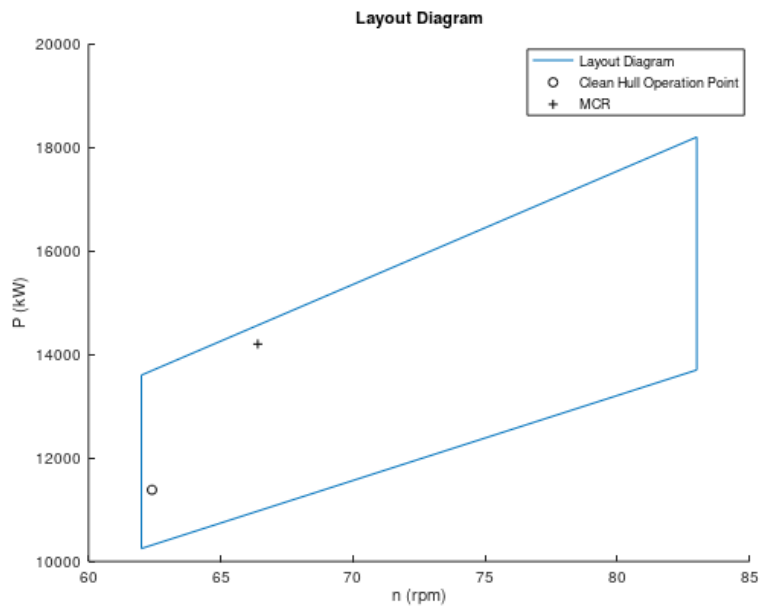
- Καθαρή γάστρα και ήρεμο νερό: P=11383.7 kW, n=62.4 rpm
- Ονομαστική λειτουργία: MCR=14201.2 kW, n_{MCR}=66.4 rpm

Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί, οι απαιτήσεις ως προς το ποσοστό σπηλαίωσης, το πάχος του πτερυγίου της έλικας και της διαμέτρου του ελικοφόρου άξονα πληρούνται.

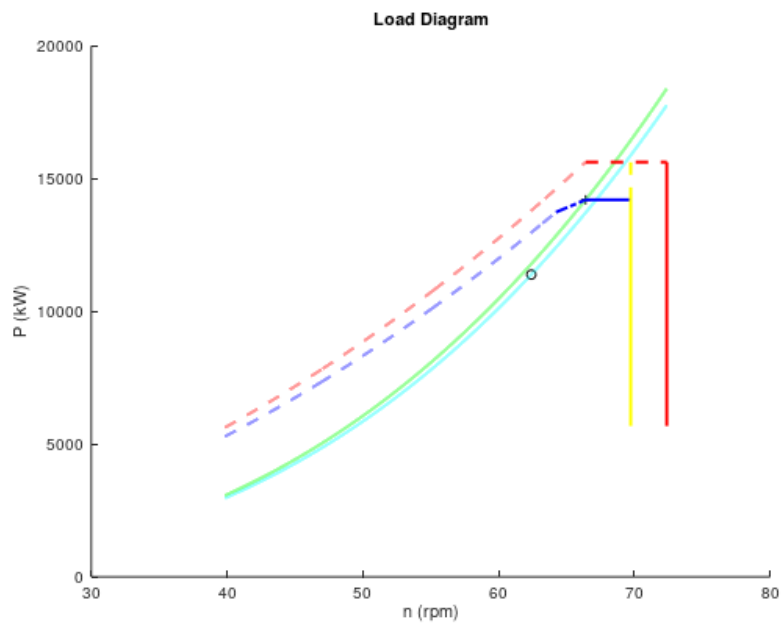
Cavitation		
$\sigma_{0.7R}$	0.832	
τ_c	0.123	
PASS		
Blade Thickness		
	t_{min} (mm)	t (mm)
r/R=0.25	156.8	358.8
r/R=0.60	94.4	205.9
PASS		

Screwshaft Diameter	
D_{SHAFT} (mm)	661.9
PASS	

Το διάγραμμα ρύθμισης του κινητήρα μαζί με τα δύο σημεία λειτουργίας, καθώς και το διάγραμμα φόρτίσής του, προκύπτουν όπως φαίνεται στη συνέχεια.



85. Διάγραμμα Ρύθμισης Κινητήρα (5G70ME-C9.5)



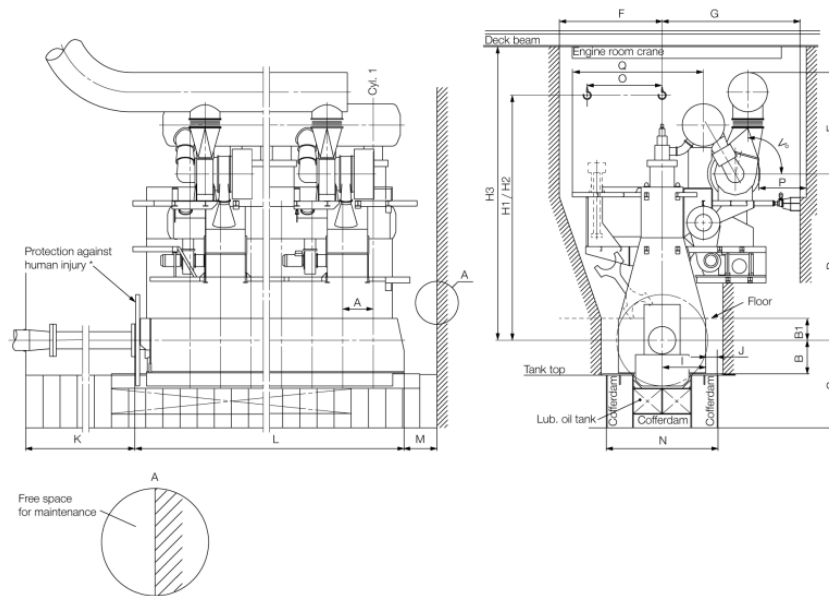
86. Διάγραμμα Φόρτισης Κινητήρα (5G70ME-C9.5)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας υπολογισμού του δείκτη EEDI για ταχύτητα υπηρεσίας ίση με 11.2 kn.

Παράμετροι Συντελεστή EEDI	
Capacity (t)	290317.961
P_{ME} (kW)	10650.9
P_{AE} (kW)	516.3
P_{AEff} (kW)	0.0
P_{eff} (kW)	0.0
P_{PTI} (kW)	0.0
SFC_{ME} (g/kWh)	162.8
SFC_{AE} (g/kWh)	198.0
C_{FME} (gCO ₂ /gfuel)	3.114
C_{FAE} (gCO ₂ /gfuel)	3.206
V_{ref} (kn)	11.2
f_{eff}	1.0
f_i	1.0
f_c	1.0
f_j	1.0
f_w	1.0
η_{eff}	0
η_{ME}	1
η_{PTI}	0
EEDI (gCO₂/t·nm)	1.761

Όπως βρέθηκε από το εγχειρίδιο της κυρίας μηχανής, οι κύριες διαστάσεις της είναι οι παρακάτω, άρα συμπεραίνεται πως αν και θα χρειαστεί μια ανύψωσή της με κατάλληλα στηρίγματα για να βρεθεί ο άξονάς της στο ίδιο ύψος με τον άξονα της έλικας, η μηχανή μπορεί να εγκατασταθεί στο μηχανοστάσιο.

A (mm)	N (mm)	C (mm)	H ₁ (mm)	L _{min} (mm)
1260	5752	4362	14225	8954



87. Διαστάσεις Κινητήρα 5G70ME-C9.5

Σημειώνεται πως η ταχύτητα αυτή είναι πολύ χαμηλή για ταχύτητα υπηρεσίας. Εκτός από το οικονομικό αντίκτυπο που θα έχει στον πλοιοκτήτη, είναι μεγαλύτερος ο κίνδυνος να μην καταφέρει το πλοίο να αποφεύγει κάποιο εμπόδιο καθώς ο κινητήρας δεν θα έχει αρκετή ισχύ για να αλλάξει την πορεία του πλοίου στο απαιτούμενο χρονικό διάστημα. Για αυτό το λόγο γίνεται χρήση καινοτόμων τεχνολογιών, οι οποίες συνεισφέροντας στη μείωση της αντίστασης ή στην ελαχιστοποίηση των εκπομπών του πλοίου, δίνουν τη δυνατότητα επιλογής μεγαλύτερης ταχύτητας υπηρεσίας.

10.4.2: Σενάριο 2 – Ικανοποίηση 3^{ης} Φάσης του Δείκτη EEDI με Χρήση Καινοτόμων Τεχνολογιών για Ενεργειακή Αποδοτικότητα

Στο πλοίο επιλέγεται να χρησιμοποιηθούν δύο τεχνολογίες μείωσης του δείκτη EEDI.

1. Mewis Duct. Η χρήση δακτυλίου Mewis Duct στο πλοίο έχει ως αποτέλεσμα την ευθυγράμμιση και επιτάχυνση της ροής πίσω από την έλικα, αυξάνοντας έτσι τον βαθμό απόδοσής της και μειώνοντας την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης. Με την εφαρμογή του στο πλοίο, αναμένεται μείωση της απαιτούμενης ισχύος κατά 3-8%. Επειδή, η εύρεση του ακριβούς ποσοστού μείωσης της ισχύος αποτελεί ξεχωριστή μελέτη, λαμβάνεται με αρκετή ασφάλεια πως η προσθήκη Mewis Duct στο πλοίο θα μειώσει την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης κατά 5%.

2. Γεννήτρια Άξονα. Η γεννήτρια Άξονα αποτελεί μηχανισμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία, μέσω της εκμετάλλευσης μέρους της ενέργειας περιστροφής του αξονικού συστήματος. Το πλεονέκτημα εγκατάστασης γεννήτριας άξονα είναι η μείωση της ανάγκης χρήσης καυσίμου Diesel Oil η Marine Gas Oil, τα οποία έχουν μεγαλύτερο

συντελεστή άνθρακα C_F και η μείωση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου SFOC από τις ηλεκτρομηχανές, αφού αυτή εξισώνεται με την ειδική κατανάλωση καυσίμου της κυρίας μηχανής. Ωστόσο, αφού μέρος της ισχύος χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση των ηλεκτρομηχανών του πλοίου, αναμένεται μια μικρή μείωση της ταχύτητας του πλοίου.

Έγινε υπολογισμός της μέγιστης ταχύτητας υπηρεσίας που μπορεί να καθοριστεί στο πλοίο για ικανοποίηση της 3ης φάσης του EEDI με χρήση τεχνολογιών μείωσης του δείκτη και προέκυψε ίση με 12.0 kn. Για την πρόωση του πλοίου σε αυτή την ταχύτητα η έλικα και η κύρια μηχανή που επιλέχθηκαν είναι οι ακόλουθες:

Έλικα (Wagenigen-B series)	
D_{PROP} (m)	10.400
z	4
A_E/A_0	0.500
P/D	0.600
P.C.	0.579
Κύρια Μηχανή	
6G70ME-C9.5	

Τα δύο βασικά σημεία λειτουργίας της κύριας μηχανής του πλοίου είναι:

- Καθαρή γάστρα και ήρεμο νερό: $P=13009.5$ kW, $n=62.5$ rpm
- Ονομαστική λειτουργία: $MCR=16298.8$ kW, $n_{MCR}=66.5$ rpm

(Σημειώνεται πως οι παραπάνω τιμές των ισχύων είναι το 95% αυτών που προέκυψαν από την εκτέλεση του κώδικα, λόγω της εφαρμογής του Mewis Duct)

Από τη φόρμα υπολογισμού του δείκτη EEDI η ισχύς των ηλεκτρογεννητριών στο 75% της λειτουργίας τους ισούται με:

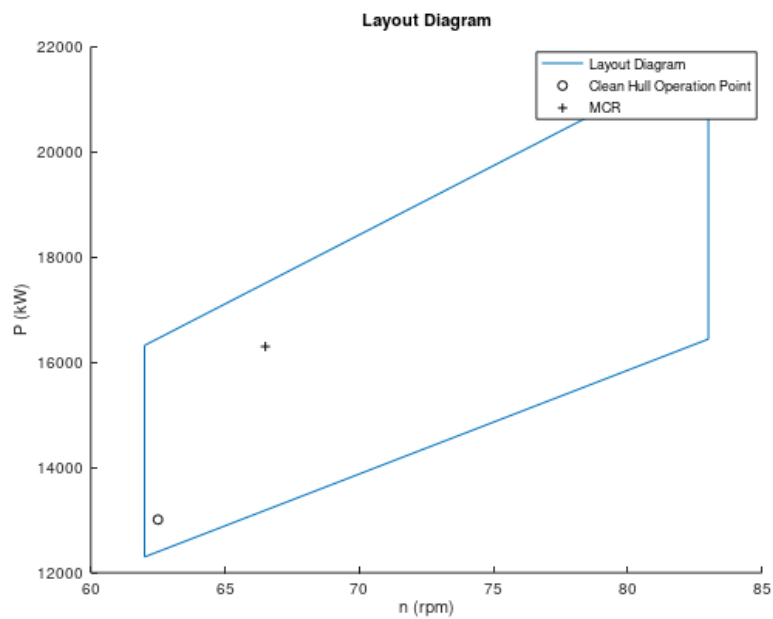
$$P_{AE} = 0.025 \cdot \left(\sum_{i=1}^{n_{ME}} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) + 250 \Rightarrow P_{AE} = 657.47 \text{ kW}$$

Η απαιτούμενη ισχύς της γεννήτριας άξονα για πλήρη κάλυψη της ανάγκης για ηλεκτρική ενέργεια ισούται με $\frac{P_{AE}}{0.75} = 876.63$ kW, επομένως επιλέγεται γεννήτρια άξονα ισχύος 900 kW.

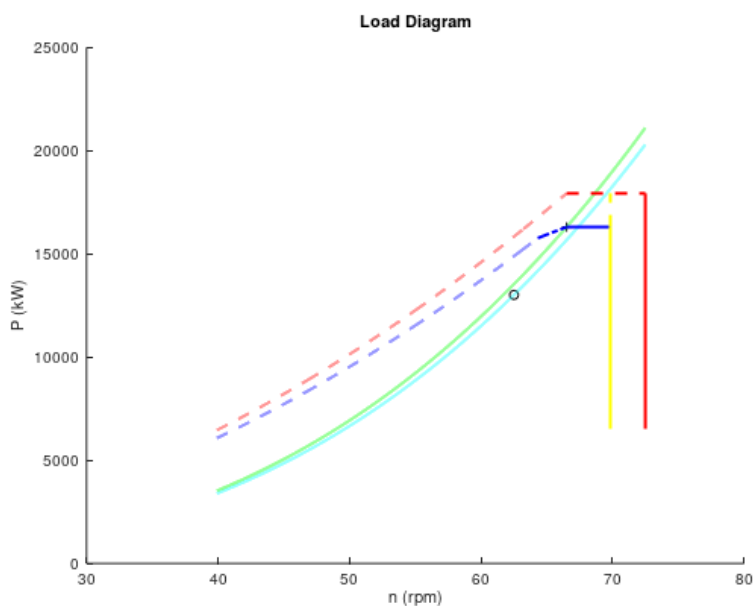
Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί, οι απαιτήσεις ως προς το ποσοστό σπηλαίωσης, το πάχος του πτερυγίου της έλικας και της διαμέτρου του ελικοφόρου άξονα πληρούνται.

Cavitation		
$\sigma_{0.7R}$	0.803	
τ_C	0.140	
PASS		
Blade Thickness		
	t_{min} (mm)	t (mm)
r/R=0.25	159.6	358.8
r/R=0.60	96.7	205.9
PASS		
Screwshaft Diameter		
D_{SHAFT} (mm)	692.7	
PASS		

Το διάγραμμα ρύθμισης του κινητήρα μαζί με τα δύο σημεία λειτουργίας, καθώς και το διάγραμμα φόρτισής του, προκύπτουν όπως φαίνεται στη συνέχεια.



88. Διάγραμμα Ρύθμισης Κινητήρα (6G70ME-C9.5)



89. Διάγραμμα Φόρτισης Κινητήρα (6G70ME-C9.5)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας υπολογισμού του δείκτη EEDI για ταχύτητα υπηρεσίας ίση με 12.0 kn.

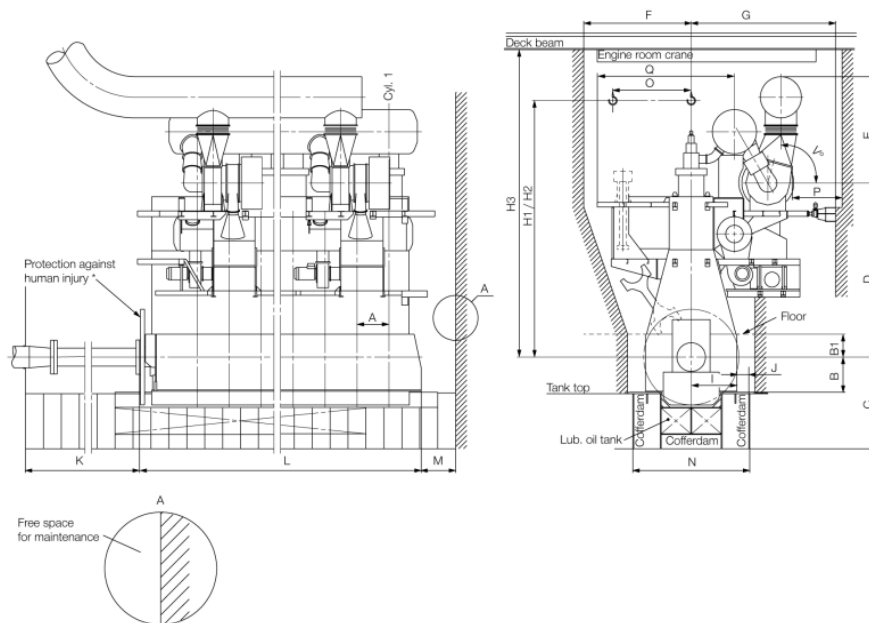
Η γεννήτρια που επιλέγεται θα είναι τέτοια ώστε να μπορεί να καλυφτεί όλη η ισχύς που παράγεται από τις ηλεκτρογεννήτριες, όπως αυτή υπολογίζεται από τον δείκτη EEDI. Έτσι, επιλέγεται γεννήτρια άξονα ισχύος 750 kW. Όταν η γεννήτρια άξονα καλύπτει όλη την παραγόμενη ισχύ από τις ηλεκτρογεννήτριες, οι τιμές C_{FAE} και SFC_{AE} , θα είναι ίσες με C_{FME} και SFC_{ME} αντίστοιχα, αφού θα λειτουργεί μόνο η κύρια μηχανή του πλοίου και όλη η ισχύς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα προέρχεται από αυτή. Επίσης, η ταχύτητα αναφοράς V_{ref} θα είναι μικρότερη από την ταχύτητα υπηρεσίας, διότι μέρος της ισχύς πρόωσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως:

Παράμετροι Συντελεστή EEDI	
Capacity (t)	290317.961
P_{ME} (kW)	11661.6
P_{AE} (kW)	541.5
$P_{AE_{eff}}$ (kW)	0.0
P_{eff} (kW)	0.0
P_{PTI} (kW)	0.0
SFC_{ME} (g/kWh)	162.5
SFC_{AE} (g/kWh)	162.5
C_{FME} (gCO ₂ /gfuel)	3.114
C_{FAE} (gCO ₂ /gfuel)	3.206
V_{ref} (kn)	11.8

f_{eff}	1.0
f_i	1.0
f_c	1.0
f_j	1.0
f_w	1.0
η_{eff}	0
η_{ME}	1
η_{PTI}	0
EEDI (gCO₂/t-nm)	1.805

Όπως βρέθηκε από το εγχειρίδιο της κυρίας μηχανής, οι κύριες διαστάσεις της είναι οι παρακάτω, άρα συμπεραίνεται πως αν και θα χρειαστεί μια ανύψωσή της με κατάλληλα στηρίγματα για να βρεθεί ο άξονάς της στο ίδιο ύψος με τον άξονα της έλικας, η μηχανή μπορεί να εγκατασταθεί στο μηχανοστάσιο.

A (mm)	N (mm)	C (mm)	H ₁ (mm)	L _{min} (mm)
1260	5752	4422	14225	10214



90. Διαστάσεις Κινητήρα 6G70ME-C9.5

10.4.3: Σενάριο 3 – Ικανοποίηση 2^{ης} Φάσης του Δείκτη EEDI με Χρήση Καινοτόμων Τεχνολογιών για Ενεργειακή Αποδοτικότητα

Ομοίως με το προηγούμενο σενάριο, στο πλοίο επιλέγεται να χρησιμοποιηθούν δύο τεχνολογίες μείωσης του δείκτη EEDI.

1. Mewis Duct (Μείωση της ισχύος πρόωσης κατά 5%)

2. Γεννήτρια Άξονα

Έγινε υπολογισμός της μέγιστης ταχύτητας υπηρεσίας που μπορεί να καθοριστεί στο πλοίο για ικανοποίηση της 2ης φάσης του EEDI με χρήση τεχνολογιών μείωσης του δείκτη και προέκυψε ίση με 13.5 kn. Για την πρόωση του πλοίου σε αυτή την ταχύτητα η έλικα και η κύρια μηχανή που επιλέχθηκαν είναι οι ακόλουθες:

Έλικα (Wagenigen-B series)	
D_{PROP} (m)	10.400
z	4
A_E/A_0	0.500
P/D	0.800
P.C.	0.604
Κύρια Μηχανή	
6G80ME-C10.6	

Τα δύο βασικά σημεία λειτουργίας της κύριας μηχανής του πλοίου είναι:

- Καθαρή γάστρα και ήρεμο νερό: $P=17605.1$ kW, $n=57.8$ rpm
- Ονομαστική λειτουργία: $MCR=22245.8$ kW, $n_{MCR}=61.7$ rpm

(Σημειώνεται πως οι παραπάνω τιμές των ισχύων είναι το 95% αυτών που προέκυψαν από την εκτέλεση του κώδικα, λόγω της εφαρμογής του Mewis Duct)

Από τη φόρμα υπολογισμού του δείκτη EEDI η ισχύς των ηλεκτρογεννητριών στο 75% της λειτουργίας τους ισούται με:

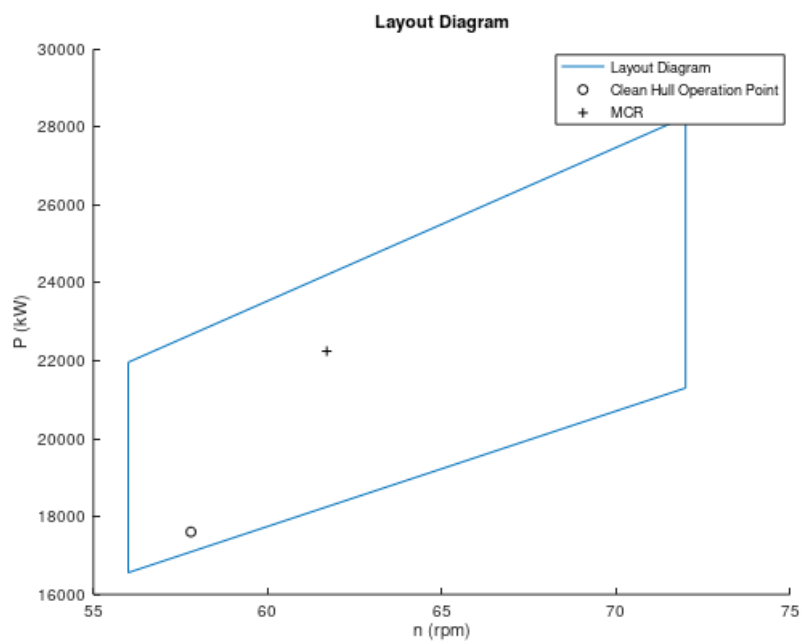
$$P_{AE} = 0.025 \cdot \left(\sum_{i=1}^{n_{ME}} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) + 250 \Rightarrow P_{AE} = 806.15 \text{ kW}$$

Η απαιτούμενη ισχύς της γεννήτριας άξονα για πλήρη κάλυψη της ανάγκης για ηλεκτρική ενέργεια ισούται με $\frac{P_{AE}}{0.75} = 1074.86$ kW, επομένως επιλέγεται γεννήτρια άξονα ισχύος 1100 kW.

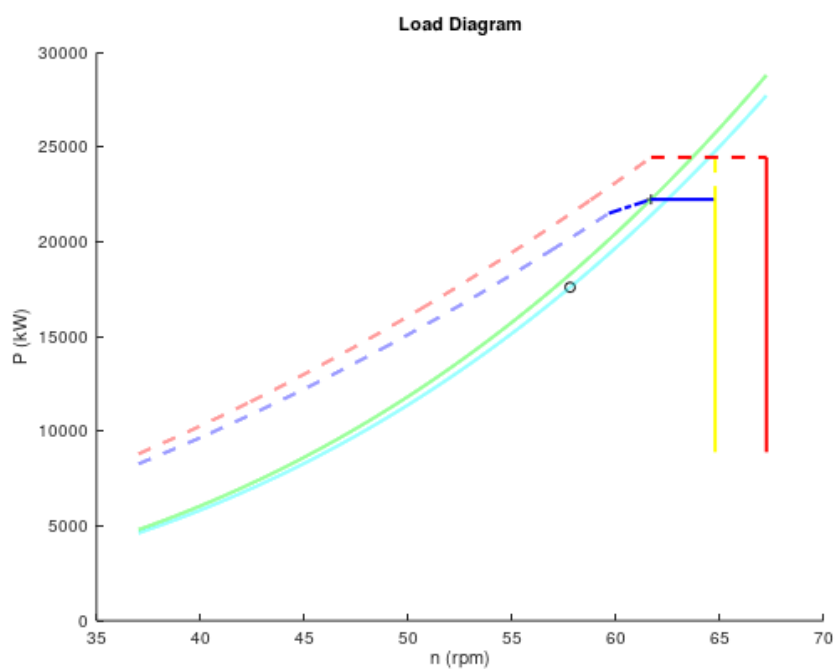
Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί, οι απαιτήσεις ως προς το ποσοστό σπηλαίωσης, το πάχος του πτερυγίου της έλικας και της διαμέτρου του ελικοφόρου άξονα πληρούνται.

Cavitation		
$\sigma_{0.7R}$		0.979
τ_c		0.225
PASS		
Blade Thickness		
	t_{min} (mm)	t (mm)
r/R=0.25	170.6	358.8
r/R=0.60	104.6	205.9
PASS		
Screwshaft Diameter		
D_{SHAFT} (mm)		787.8
PASS		

Το διάγραμμα ρύθμισης του κινητήρα μαζί με τα δύο σημεία λειτουργίας, καθώς και το διάγραμμα φόρτισής του, προκύπτουν όπως φαίνεται στη συνέχεια.



91. Διάγραμμα Ρύθμισης Κινητήρα (6G80ME-C10.6)



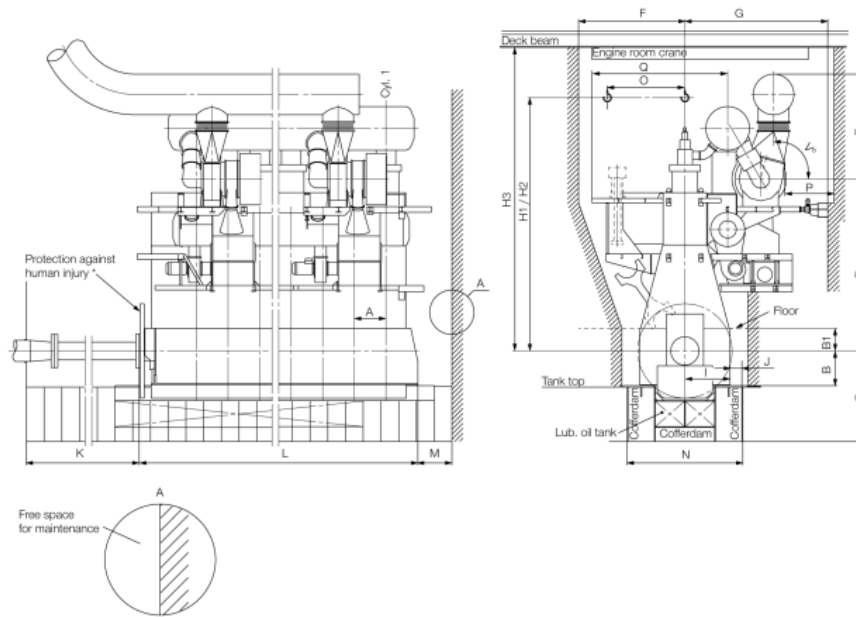
92. Διάγραμμα Φόρτισης Κινητήρα (6G80ME-C10.6)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας υπολογισμού του δείκτη EEDI για ταχύτητα υπηρεσίας ίση με 13.5 kn.

Παράμετροι Συντελεστή EEDI	
Capacity (t)	290317.961
P_{ME} (kW)	16009.4
P_{AE} (kW)	650.2
P_{AEeff} (kW)	0.0
P_{eff} (kW)	0.0
P_{PTI} (kW)	0.0
SFC_{ME} (g/kWh)	155.1
SFC_{AE} (g/kWh)	155.1
C_{FME} (gCO ₂ /gfuel)	3.114
C_{FAE} (gCO ₂ /gfuel)	3.206
V_{ref} (kn)	13.3
f_{eff}	1.0
f_i	1.0
f_c	1.0
f_j	1.0
f_w	1.0
η_{eff}	0
η_{ME}	1
η_{PTI}	0
EEDI (gCO₂/t·nm)	2.086

Όπως βρέθηκε από το εγχειρίδιο της κυρίας μηχανής, οι κύριες διαστάσεις της είναι οι παρακάτω, άρα συμπεραίνεται πως αν και θα χρειαστεί μια ανύψωσή της με κατάλληλα στηρίγματα για να βρεθεί ο άξονάς της στο ίδιο ύψος με τον άξονα της έλικας, η μηχανή μπορεί να εγκατασταθεί στο μηχανοστάσιο.

A (mm)	N (mm)	C (mm)	H ₁ (mm)	L _{min} (mm)
1400	5910	4207	15750	12410



93. Διαστάσεις Κινητήρα 6G80ME-C10.6

11: Συμπεράσματα και Προτάσεις για Επόμενη Εργασία

11.1: Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη ξεκίνησε ως μια τυπική προμελέτη πλοίου μεταφοράς αργού πετρελαίου. Έγινε επιλογή των κύριων διαστάσεών του, προϋπολογίστηκε το βάρος του κενού και άφορτου σκάφους και η μεταφορική ικανότητα, πραγματοποιήθηκε ένας προκαταρκτικός έλεγχος κανονισμών ασφαλείας και εκτιμήθηκε σε ένα αρχικό πλαίσιο η άθικτη ευστάθεια του πλοίου.

Στη συνέχεια, σχεδιάστηκε το μοντέλο της γάστρας στο περιβάλλον του Maxsurf Modeler, αφού έγινε εισαγωγή του σχεδίου γραμμών που κατασκευάστηκε. Ύστερα, αφού έγινε εισαγωγή του μοντέλου αυτού στο Maxsurf Stability, πραγματοποιήθηκε ο καθορισμός των εσωτερικών χώρων και των δεξαμενών του πλοίου. Σημειώνεται πως το Maxsurf εμφανίζει πολυπλοκότητες στη διαδικασία της σχεδίασης, ωστόσο το βασικό του προτέρημα είναι η δυνατότητα επιστροφής σε αρχικά στάδια της σχεδίασης και πραγματοποίησης αλλαγών, με αυτόματη ανανέωση όλων των σταδίων της σχεδίασης που ακολούθησαν, καθιστώντας το ιδανικό για πειραματισμό και βελτιστοποίηση της σχεδίασης.

Ακόμη, στο Maxsurf Stability πραγματοποιήθηκε υπολογισμός όλων των βασικών υδροστατικών μεγεθών και εξετάστηκαν καταστάσεις φορτώσεις του πλοίου ως προς την άθικτη ευστάθεια και την ευστάθεια μετά από βλάβη μέσω της εφαρμογής των αντίστοιχων κριτηρίων. Πλεονέκτημα του προγράμματος στην πραγματοποίηση υπολογισμών είναι η δυνατότητα ζωντανής παρακολούθησης της ανάλυσης μέσω της προβολής στιγμιότυπων.

Η μελέτη των στοιχείων αντοχής της μέσης τομής του πλοίου πραγματοποιήθηκε με βάση τους Common Structural Rules του IACS για το χειρότερο σενάριο φόρτισης. Έγινε αρχικά εκτίμηση της ελάχιστης απαιτούμενης ροπής αντίστασης της μέσης τομής και με την κατάλληλη επιλογή ελασμάτων και ενισχυτικών βρέθηκε η πραγματική της τιμή. Με γνώση όλων των στοιχείων αντοχής της μέσης τομής σχεδιάστηκε το κατασκευαστικό σχέδιο της μέσης τομής του πλοίου στο πρόγραμμα Rhinoceros 6, όπως έγινε και για το σχέδιο Γενικής Διάταξης και το σχέδιο Χωρητικότητας.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε υπολογισμός της αντίστασης ρυμούλκησης του πλοίου για μια πληθώρα ταχυτήτων και με βάση τον δείκτη EEDI έγινε επιλογή έλικας και κυρίας μηχανής για τρία διαφορετικά σενάρια λειτουργίας. Σημειώνεται πως λόγω της συνεχούς ανάγκης για μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου, κανονισμοί που αφορούν τις εκπομπές καυσαερίων των πλοίων γίνονται όλο και αυστηρότεροι, με αποτέλεσμα να υπάρχει η ανάγκη χρήσης εναλλακτικών καυσίμων ή και τεχνολογιών μείωσης των ρύπων από τα πλοία.

11.2: Προτάσεις για επόμενη εργασία

Ενδιαφέρον θέμα επόμενης εργασίας θα ήταν η υδροδυναμική βελτιστοποίηση της γάστρας, με σκοπό την επίτευξη της ελάχιστης αντίστασης και η περεταίρω μελέτη του πλοίου με κύριο στόχο την ικανοποίηση της τρίτης φάσης του δείκτη EEDI σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Επιπλέον, θα είχε ενδιαφέρον η μελέτη των αποκρίσεων του πλοίου στους κυματισμούς και σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά του Maxsurf Motions, το οποίο είναι ένα από τα εργαλεία του προγράμματος που δεν χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

12: Βιβλιογραφία

1. Α. Δ. Παπανικολάου, Μελέτη Πλοίου – Μεθοδολογίες Προμελέτης (Τεύχος 1 & 2), Εκδόσεις Συμewν.
2. Μ. Σ. Σαμουηλίδης, Σημειώσεις Αντοχής Πλοίου (Πανεπιστημιακές Σημειώσεις), Αθήνα: Ε.Μ.Π.
3. Γ. Κ. Πολίτης, Αντίσταση και Πρόωση Πλοίου, 5η Έκδοση, 25/6/2019, Αθήνα: Ε.Μ.Π.
4. ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, Τεύχος Πρώτο, Αρ. Φύλλου 154, 12 Ιουλίου 2007
5. MARPOL 73/78, Annex I – Regulations for the Prevention of Pollution by Oil
6. Bentley Systems, Maxsurf Modeler User Manual
7. Bentley Systems, Maxsurf Stability User Manual
8. FLOWTECH International AB, Shipflow Design Tutorials, Basic, Revision 15, 16/04/2025
9. IACS, Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers, 01 JAN 2023
10. ClassNK, EEDI Regulation:
<https://www.classnk.or.jp/hp/en/activities/statutory/eedi/index.html>
11. M. M. Bernitsas, D. Ray, P. Kinley, K_T , K_Q and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers
12. Lloyd’s Register, Rules and Regulations for the Classification of Ships, Part 5, Main and Auxiliary Machinery, July 2013
13. MAN Energy Solutions, G70ME-C9.5-GI, Technical Documentation, Project Guide
14. MAN Energy Solutions, G80ME-C10.6, Technical Documentation, Project Guide
15. MAN Energy Solutions, CEAS engine calculations