

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



**ΤΙΤΛΟΣ:**

« ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΙΣΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΟΜΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΟΥ ΜΕ  
ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΝΩΣΗΣ  
ΝΗΟΓΝΩΜΟΝΩΝ »

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

**ΧΡΗΣΤΟΥ ΣΙΑΜΑ**

ΑΜ : 16093

**Επιβλέπον καθηγητής:** Δρ. Θεοδουλίδης Αλέξανδρος

Αθήνα, 2021



## **ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Θεοδουλίδης Αλέξανδρος,

Πολίτης Κωνσταντίνος,

Χατζηκωνσταντής Γεώργιος,

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Σιαμάς Χρήστος του Σπυρίδωνος, με αριθμό μητρώου 51116093 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του τμήματος Ναυπηγών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου»

Ο Δηλών,



*Αφιερώνεται στους γονείς μου...*

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου, κύριο Αλέξανδρο Θεοδουλίδη, που μου πρόσφερε την ευκαιρία να εκπονήσω το συγκεκριμένο θέμα της διπλωματικής μου εργασίας, την καθοδήγησή του και την βοήθειά του καθόλη την διάρκεια της μελέτης μου. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματός μου που με δίδαξαν και με κατεύθυναν όλα αυτά τα χρόνια στο πανεπιστήμιο.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τους γονείς μου που δεν σταμάτησαν ποτέ να με στηρίζουν και να με βοηθούν.

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021. Έχει ως στόχο τον έλεγχο της διαστασιολόγησης της μέσης τομής δεξαμενοπλοίου με την χρήση των κοινών κανονισμών της διεθνούς ένωσης νηογνωμόνων. Γίνεται αναφορά στους κανονισμούς CSR με έμφαση στις πρωτοτυπίες τους και ελέγχονται τα κατασκευαστικά στοιχεία της μέσης τομής με την βοήθεια του λογισμικού Mars2000.

Συγκεκριμένα, εξετάζεται αν η αντοχή των κατασκευαστικών στοιχείων της μέσης τομής του δεξαμενοπλοίου μας πληροί τις προϋποθέσεις που απαιτούνται από τους κανονισμούς CSR. Για την ανάλυση της κατασκευής και για τον προσδιορισμό των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Mars2000 που έχει σχεδιαστεί και χρησιμοποιείται από τον γαλλικό νηογνώμονα (Bureau Vritas) το οποίο είναι πλήρως εναρμονισμένο με τους διεθνείς κανονισμούς CSR-I.A.C.S.

Αρχικά, γίνεται μια αναφορά στα δεξαμενόπλοια. Ξεκινάμε με την ιστορική αναδρομή των δεξαμενοπλοίων στον κόσμο και συνεχίζουμε με την εξέλιξή τους έως σήμερα αναφέροντας όλα τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους και τις λειτουργίες τους. Στην συνέχεια αναλύουμε του κοινούς κανονισμούς του I.A.C.S. δίνοντας έμφαση στον ρόλο τους στην σύγχρονη ναυτιλία και στις απαιτήσεις τους.

Ύστερα, παρουσιάζουμε το λογισμικό πρόγραμμα του γαλλικού νηογνώμονα Mars2000 και περιγράφουμε το προς εξέταση δεξαμενόπλοιο. Καταγράφουμε την πορεία εργασίας μας που ακολουθήσαμε και παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα που πήραμε από το λογισμικό πρόγραμμα. Τέλος, περιλαμβάνουμε τα συμπεράσματά μας και τις προτάσεις μας για περαιτέρω έρευνα.

## Abstract

This diploma thesis was created in the academic year of 2020-2021. The aim of this diploma is to check the sizing of the middle ship section of a tanker ship using the common structural rules of the international association of classification societies. Reference is made to CSR regulations with emphasis on their originality and the constriction elements of the mid-section are checked with the help of Mars2000 software.

In particular, it is examined whether the strength of the components of the mid-ship section of our tanker meets the requirements of CSR regulations. For the analysis of the construction and the determination of the results, the software program Mars2000 was used which is designed and used by the French classification society (Bureau Veritas), which is fully harmonized with the international regulations CSR-I.A.C.S.

First of all, a reference is made to tankers. We begin with a historical background of tankers in the world and we continue with their evolution through years until today, stating all their construction characteristics and their functions. In addition, we analyze the common regulations of I.A.C.S. emphasizing their role in shipping industry and their requirements.

Next, we present the software program of the French classification society Mars2000 and describe the tanker that we are going to examine. We record the course of our work that we followed and present the results we got from the software program. Finally, we include our conclusions and suggestions for further research.



## Περιεχόμενα

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ.....	3
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	4
Ευχαριστίες.....	6
Περίληψη.....	7
Abstract.....	8
Κατάλογος εικόνων.....	11
Κατάλογος πινάκων.....	13
Εισαγωγή.....	16
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .....	17
Ιστορία και εξέλιξη των δεξαμενοπλοίων.....	17
1.1. Γενικά.....	17
1.2. Το δεξαμενόπλοιο.....	17
1.3. Ιστορική αναδρομή.....	18
1.4. Το αρχικό σύγχρονης μορφής δεξαμενόπλοιο.....	20
1.5. Χαρακτηριστικά δεξαμενοπλοίων.....	21
1.6. Διάκριση δεξαμενοπλοίων σύμφωνα με τον τύπο φορτίου.....	27
1.7. Διάκριση δεξαμενοπλοίων σύμφωνα με το μέγεθος.....	27
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .....	31
Κοινοί κανονισμοί του IACS.....	31
2.1. Ο ρόλος του Νηογνώμονα.....	31
2.2. Διεθνής Ένωση Νηογνομόνων.....	32
2.3. CSR (Common Structural Rules).....	33
2.4. Πλεονεκτήματα των κανονισμών.....	34
2.5. Harmonised Common Structural Rules (IACS CSR-H).....	38
2.6. Βασικές απαιτήσεις των CSR-H.....	39
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> .....	41
Πρόγραμμα Mars2000.....	41
3.1. Λογισμικό σχεδίασης Mars2000.....	41
3.2. Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα Mars2000.....	42
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> .....	55
Το πλοίο.....	55

4.1. Περιγραφή εξεταζόμενου πλοίου Oil Tanker .....	55
Κεφάλαιο 5° .....	59
Αποτελέσματα του προγράμματος Mars2000 .....	59
5.1. Υπολογισμοί .....	59
5.2. Έλεγχος ελασμάτων .....	61
5.2.1. Έλεγχος απαιτούμενου πάχους ελάσματος για φορτωμένη κατάσταση (Load Thickness) .....	62
5.2.2. Έλεγχος απαιτούμενου πάχους ελάσματος σε κατάσταση υδροστατικής δοκιμής ( Testing Thickness ).....	66
5.2.3. Ελάχιστο πάχος ελάσματος ( Minimum Thickness ).....	69
5.2.4. Τάση λόγω λυγισμού και κάμψης ( Buckling Normal Stress ).....	74
5.3. Έλεγχος ενισχυτικών .....	81
5.3.1. Ροπή αντίστασης ενισχυτικών για φορτωμένη κατάσταση (Load Modulus)	82
5.3.2. Ροπή αντίστασης ενισχυτικών για κατάσταση υδροστατικής δικομής (Testing Modulus).....	90
5.3.3. Έλεγχος σε διάτμηση του κορμού των ενισχυτικών για φορτωμένη κατάσταση (Load Shear Th. Web).....	98
5.3.4. Έλεγχος σε διάτμηση του κορμού των ενισχυτικών για κατάσταση υδροστατικής δοκιμής (Testing Shear Th. Web).....	105
5.3.5 Στρεπτικός Λυγισμός (Torsional Buckling) .....	112
5.3.6 Λυγισμός κορμού (Column Buckling).....	119
5.3.7. Ελάχιστο πάχος κορμού (Minimum Web Thickness).....	126
5.3.8. Ελάχιστο πάχος φλάτζας (Minimum Flange Thickness).....	134
5.3.9. Ροπή αδράνειας ενισχυτικών (Moment of Inertia).....	142
Συμπεράσματα .....	149
Βιβλιογραφία .....	151

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Το πρώτο δεξαμενόπλοιο ( <a href="http://www.aukevisser.nl/german/id95.htm">http://www.aukevisser.nl/german/id95.htm</a> ).....	21
Εικόνα 2: Τυπική διάταξη δεξαμενών τριών τύπου δεξαμενοπλοίων (pre-Marpol, Marpol 78, double hull) ( <a href="https://www.researchgate.net/figure/Figure-1-Comparison-of-tank-arrangement-of-a-pre-MARPOL-MARPOL-and-double-hull-oil_fig1_329163298">https://www.researchgate.net/figure/Figure-1-Comparison-of-tank-arrangement-of-a-pre-MARPOL-MARPOL-and-double-hull-oil_fig1_329163298</a> ) .....	23
Εικόνα 3: Βασικές διατάξεις σχεδιασμού ( <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Double_hull#/media/File:DoubleBottomDoubleHull.png">https://en.wikipedia.org/wiki/Double_hull#/media/File:DoubleBottomDoubleHull.png</a> ).....	24
Εικόνα 4: Διάταξη mid-deck ( <a href="https://docplayer.net/50893198-Tanker-accidents-double-hull-is-not-the-only-viable-alternative.html">https://docplayer.net/50893198-Tanker-accidents-double-hull-is-not-the-only-viable-alternative.html</a> ).....	25
Εικόνα 5: ULCC tanker ( <a href="https://www.frakapor.gr/en/fleet/ulcc">https://www.frakapor.gr/en/fleet/ulcc</a> ) .....	28
Εικόνα 6: VLCC tanker ( <a href="https://www.vesselfinder.com/news/9348-SEATRIUMPH-a-new-VLCC-tanker-joins-the-Thenamaris-managed-fleet">https://www.vesselfinder.com/news/9348-SEATRIUMPH-a-new-VLCC-tanker-joins-the-Thenamaris-managed-fleet</a> ).....	28
Εικόνα 7: Suezmax tanker ( <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Suezmax">https://en.wikipedia.org/wiki/Suezmax</a> ) .....	29
Εικόνα 8: Panamax tanker ( <a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model/545db8bfdc86731498b8c800ae001b66/Panamax-Tanker">https://3dwarehouse.sketchup.com/model/545db8bfdc86731498b8c800ae001b66/Panamax-Tanker</a> ) .....	29
Εικόνα 9: Handysize tanker ( <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Handysize">https://en.wikipedia.org/wiki/Handysize</a> ) .....	30
Εικόνα 10: Διάγραμμα ροής διάτμησης .....	38
Εικόνα 11: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars - General ship data .....	42
Εικόνα 12: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars – Notations and main data.....	43
Εικόνα 13: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars – Moments and Draughts.....	43
Εικόνα 14: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars – Materials .....	44
Εικόνα 15: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars – Frame Locations .....	44
Εικόνα 16: Main Data - Main.....	45
Εικόνα 17: Main Data - Fatigue.....	46
Εικόνα 18: Δημιουργία ελασμάτων (panels) .....	47
Εικόνα 19: Δημιουργία σημείων (nodes).....	47
Εικόνα 20: Δημιουργία ελασμάτων (strakes) .....	48
Εικόνα 21: Δημιουργία ενισχυτικών (longitudinal stiffeners) .....	49
Εικόνα 22: Εισαγωγή διαστάσεων.....	49
Εικόνα 23: Δημιουργία transverse stiffening .....	50
Εικόνα 24: Δημιουργία special span zones.....	50
Εικόνα 25: Δημιουργία δεξαμενών (compartment 1) .....	51
Εικόνα 26: Εισαγωγή στοιχείων δεξαμενής.....	52
Εικόνα 27: Δημιουργία δεξαμενών (compartment 2) .....	53
Εικόνα 28: Εισαγωγή διαστάσεων.....	53
Εικόνα 29: Εισαγωγή φορτίων.....	54
Εικόνα 30: Κύριες Διαστάσεις .....	55
Εικόνα 31: Πλάγια όψη.....	56
Εικόνα 32: Κάτοψη .....	56
Εικόνα 33: Κάτοψη .....	57
Εικόνα 34: Πρόσοψη .....	57
Εικόνα 35: Μέση τομή .....	58
Εικόνα 36: Υπολογισμοί.....	59
Εικόνα 37: Επιλογή ελέγχου ελασμάτων.....	61
Εικόνα 38: Αποτελέσματα πάχους ελασμάτων (Load Thickness).....	62
Εικόνα 39: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους ελάσματος (Minimum Thickness) .....	70

Εικόνα 40: Επιλογή ελέγχου ενισχυτικών.....	81
Εικόνα 41: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Load Modulus).....	82
Εικόνα 42: Common Structural Rules .....	89
Εικόνα 43: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Testing Modulus).....	90
Εικόνα 44: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Load Shear Th. Web) .....	98
Εικόνα 45: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Testing Shear Th. Web) .....	105
Εικόνα 46: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Torsional Buckling) .....	112
Εικόνα 47: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Column Buckling).....	119
Εικόνα 48: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Minimum Web Thickness) .....	126
Εικόνα 49: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Minimum Flange Thickness) .....	134
Εικόνα 50: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Inertia).....	142

## Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Αποτελέσματα ελασμάτων (Hull).....	63
Πίνακας 2: Αποτελέσματα ελασμάτων (Inner Hull).....	64
Πίνακας 3: Αποτελέσματα ελασμάτων (Center Line).....	65
Πίνακας 4: Αποτελέσματα πάχους ελασμάτων (Testing Thickness).....	66
Πίνακας 5: Αποτελέσματα ελασμάτων (Hull).....	67
Πίνακας 6: Αποτελέσματα ελασμάτων (Inner Hull).....	68
Πίνακας 7: Αποτελέσματα ελασμάτων (Center Line).....	69
Πίνακας 8: Αποτελέσματα ελασμάτων (Hull).....	71
Πίνακας 9: Αποτελέσματα ελασμάτων (Inner Hull).....	72
Πίνακας 10: Αποτελέσματα ελασμάτων (Center Line).....	73
Πίνακας 11: Αποτελέσματα τάσεων λυγισμού (Buckling Normal Stress).....	74
Πίνακας 12: Αποτελέσματα ορθών τάσεων λυγισμού και συντελεστή λυγισμού (Hull).....	75
Πίνακας 13: Αποτελέσματα ορθών τάσεων λυγισμού και συντελεστή λυγισμού (Inner Hull).....	76
Πίνακας 14: Αποτελέσματα ορθών τάσεων λυγισμού και συντελεστή λυγισμού (Center Line).....	77
Πίνακας 15: Αποτελέσματα ορθών τάσεων κάμψης (Hull).....	78
Πίνακας 16: Αποτελέσματα ορθών τάσεων κάμψης (Inner Hull).....	79
Πίνακας 17: Αποτελέσματα ορθών τάσεων κάμψης (Center Line).....	80
Πίνακας 18: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Upper Deck).....	83
Πίνακας 19: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Side Shell).....	84
Πίνακας 20: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Inner Bottom).....	85
Πίνακας 21: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Inner Hull L. BHD.).....	86
Πίνακας 22: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Center Longi. Bulckhead).....	87
Πίνακας 23: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Bottom Shell).....	88
Πίνακας 24: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Upper Deck).....	91
Πίνακας 25: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Inner Bottom).....	92
Πίνακας 26: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Side Shell).....	93
Πίνακας 27: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Inner Hull L. BHD.).....	94
Πίνακας 28: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Center Longi. Bulckhead).....	95
Πίνακας 29: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Bottom Shell).....	96
Πίνακας 30: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Upper Deck).....	99
Πίνακας 31: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Inner Bottom).....	100
Πίνακας 32: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Side Shell).....	101
Πίνακας 33: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Inner Hull L. BHD.).....	102
Πίνακας 34: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Center Longi. Bulckhead).....	103
Πίνακας 35: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Bottom Shell).....	104
Πίνακας 36: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Upper Deck).....	106
Πίνακας 37: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Inner Bottom).....	107
Πίνακας 38: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Side Shell).....	108
Πίνακας 39: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Inner Hull L. BHD.).....	109
Πίνακας 40: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Center Longi. Bulckhead).....	110
Πίνακας 41: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Bottom Shell).....	111
Πίνακας 42: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Upper Deck).....	113
Πίνακας 43: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Inner Bottom).....	114
Πίνακας 44: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Upper Deck).....	115
Πίνακας 45: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Inner Hull L. BHD.).....	116
Πίνακας 46: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Center Longi. Bulckhead).....	117

Πίνακας 47: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Bottom Shell).....	118
Πίνακας 48: Αποτελέσματα λυγισμού κολώνας (Upper Deck).....	120
Πίνακας 49: Αποτελέσματα λυγισμού κολώνας (Inner Bottom) .....	121
Πίνακας 50: Αποτελέσματα λυγισμού κολώνας (Side Shell) .....	122
Πίνακας 51: Αποτελέσματα λυγισμού κολώνας (Inner Hull L. BHD.) .....	123
Πίνακας 52: Αποτελέσματα λυγισμού κολώνας (Center Longi. Bulckhead).....	124
Πίνακας 53: Αποτελέσματα λυγισμού κολώνας (Bottom Shell).....	125
Πίνακας 54: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κολώνας (Upper Deck).....	127
Πίνακας 55: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κολώνας (Inner Bottom) .....	128
Πίνακας 56: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κολώνας (Side Shell) .....	129
Πίνακας 57: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κολώνας (Inner Hull L.BHD) .....	130
Πίνακας 58: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κολώνας (Center Longi. Bulckhead).....	131
Πίνακας 59: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κολώνας (Bottom Shell).....	132
Πίνακας 60: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Upper Deck) .....	135
Πίνακας 61: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Inner Bottom).....	136
Πίνακας 62: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Side Shell).....	137
Πίνακας 63: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Inner Hull L. BHD).....	138
Πίνακας 64: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Center Longi. Bulckhead) .....	139
Πίνακας 65: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Bottom Shell).....	140
Πίνακας 66: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Upper Deck) .....	143
Πίνακας 67: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Inner Bottom) .....	144
Πίνακας 68: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Side Shell).....	145
Πίνακας 69: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Inner Hull L.BHD) .....	146
Πίνακας 70: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Center Longi. Bulckhead).....	147
Πίνακας 71: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Bottom Shell) .....	148



## Εισαγωγή

Τα πλοία, ως κατασκευές παρουσιάζουν κάποιες ιδιαιτερότητες σε σχέση με άλλες κατασκευές. Είναι σύνθετες μεταλλικές κατασκευές, είναι μεγάλες στο μέγεθος, τίθενται σε λειτουργία σε ένα δύσκολο περιβάλλον και υφίστανται μεγάλες φθορές λόγω του διαβρωτικού περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργούν. Δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις ατυχημάτων που μπορούν να αποδοθούν στην κατασκευαστική ανεπάρκεια της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου. Περιπτώσεις παραμορφώσεων ελασμάτων, ανεπάρκειας συγκολλήσεων και ολικής κατάρρευσης του πλοίου σε δύο τμήματα. Γι' αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητη η εκτίμηση της μέγιστης διαμήκου αντοχής της γάστρας του πλοίου. Λαμβάνοντας υπόψη το πόσο πολύπλοκη είναι η δομή ενός πλοίου και το πόσο πολύπλοκο είναι το θαλάσσιο περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί, αντιλαμβανόμαστε ότι ο προσδιορισμός της μέγιστης διαμήκου αντοχής αντιμετωπίζει δυσκολίες.

Για να εξασφαλισθεί η επαρκής αντοχή της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μελέτη αντοχής κατά τη διαμήκη κάμψη της γάστρας, καθόσον οι τάσεις που αναπτύσσονται λόγω αυτής της φόρτισης είναι κρίσιμες. Υπαίτιες για τις κρίσιμες τάσεις είναι οι τοπικές φορτίσεις, οι οποίες ασκούνται κάθετα στις διάφορες επιφάνειες του πλοίου. Οι κυριότερες τοπικές φορτίσεις είναι το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου, η υδροστατική πίεση, το βάρος της μηχανής και το βάρος της μεταλλικής κατασκευής. Η μελέτη της τοπικής αντοχής είναι σημαντική, καθώς με βάση τους κανονισμούς των νηογνωμόνων επιλέγονται οι διαστάσεις των στοιχείων της κατασκευής και εξετάζονται οι διάφορες απαιτήσεις (ολικής και τοπικής αντοχής) και επιλέγεται η μέγιστη απαιτούμενη τιμή.

Η μελέτη μίας κατασκευής στη γραμμικά ελαστική περιοχή είναι σχετικά απλή. Το όριο ελαστικής συμπεριφοράς του υλικού (material elastic limit) δεν αντιπροσωπεύει τη μέγιστη αντοχή της κατασκευής. Η μέγιστη αντοχή της κατασκευής είναι μεγαλύτερη από εκείνη που καθορίζεται μέσω της ανάλυσης τάσεων στην ελαστική περιοχή (linear stress analysis). Για να προσδιοριστεί η μέγιστη αντοχή χρησιμοποιείται η μη γραμμική ανάλυση (non-linear analysis) είναι, όμως, περίπλοκος και χρονοβόρος τρόπος. Για αυτό το λόγο έχουν επινοηθεί διάφορες μεθοδολογίες υπολογισμού αντοχής που βασίζονται στη χρήση ανάλυσης μη γραμμικών πεπερασμένων στοιχείων (nonlinear finite elements analysis).



## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### Ιστορία και εξέλιξη των δεξαμενοπλοίων

#### 1.1. Γενικά

Τα πλοία εξακολουθούν να είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομία πολλών χωρών και εξακολουθούν να μεταφέρουν το 95% του παγκόσμιου εμπορίου. Το 1998 ο παγκόσμιος στόλος φορτίου ανήλθε σε περίπου 775 εκατομμύρια τόνους νεκρού βάρους και αυξανόταν κατά 2% ετησίως. Το μέσο νεκρό βάρος ήταν περίπου 17000. Παρόλο που τα αεροσκάφη έχουν μετατοπίσει τις υπερατλαντικές μεταφορές, τα πλοία εξακολουθούν να μεταφέρουν μεγάλο αριθμό ατόμων σε κρουαζιέρες αναψυχής και στο πλήθος των πορθμείων σε όλες τις περιοχές του πλανήτη. Τα πλοία και άλλες θαλάσσιες κατασκευές χρειάζονται για να εκμεταλλευτούν τον πλούτο του βυθού. Αν και μια από τις παλαιότερες μορφές μεταφοράς, τα πλοία, ο εξοπλισμός και η λειτουργία τους, υπόκεινται σε συνεχή εξέλιξη. Οι αλλαγές καθοδηγούνται από τα μεταβαλλόμενα πρότυπα του παγκόσμιου εμπορίου, από τις κοινωνικές πιέσεις, από τις τεχνολογικές βελτιώσεις στα υλικά, τις τεχνικές κατασκευής και τα συστήματα ελέγχου και από την πίεση της οικονομίας. Για παράδειγμα, η τεχνολογία παρέχει τώρα τη δυνατότητα κατασκευής πολύ μεγαλύτερων, γρηγορότερων πλοίων και αυτά υιοθετούνται για να αποκτήσουν τα οικονομικά πλεονεκτήματα που μπορούν να προσφέρουν. Ένα χαρακτηριστικό πολλών νέων σχεδίων είναι η παραλλαγή στη μορφή των πλοίων που προορίζονται για σχετικά συμβατικές εργασίες. Αυτό είναι για λόγους αποτελεσματικότητας και κατέστη δυνατή χάρη στις διαθέσιμες μεθόδους προηγμένης ανάλυσης, οι οποίες επιτρέπουν την υιοθέτηση ανορθόδοξων σχημάτων με εμπιστοσύνη στην απόδοσή τους. Με τον ίδιο τρόπο τα μέσα πρόωσης και διεύθυνσης προσαρμόζονται ώστε να ταιριάζουν στη μορφή του κύτους και τις συνθήκες υπηρεσίας και θα είναι στενά συνδεδεμένα το ένα με το άλλο.

#### 1.2. Το δεξαμενόπλοιο

Ο ορισμός ενός δεξαμενοπλοίου είναι κάθε πλοίο του οποίου η κατασκευή έχει σκοπό την μεταφορά χύδην υγρών φορτίων. Τα πιο σημαντικά φορτία αυτής της μορφής είναι τα προϊόντα πετρελαίου (oil products), το αργό, ή ακάθαρτο πετρέλαιο (crude or dirty oil), τα υγροποιημένα αέρια σε φυσική και επεξεργασμένη μορφή, ενώ επίσης με δεξαμενόπλοια μπορούν να μεταφέρονται και άλλα χύδην υγρά φορτία, όπως χημικά, κρασί, φυτικά έλαια κ.α.

Τα χύδην υγρά φορτία μπορούν να αποθηκευτούν σε δεξαμενές, ο χειρισμός τους γίνεται με αντλίες και η μεταφορά τους με δεξαμενόπλοια. Το αργό πετρέλαιο έχει μικρές απαιτήσεις ειδικού χειρισμού και μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλες ποσότητες. Αντίθετα, πολλά χημικά φορτία είναι τοξικά και πρέπει να μεταφέρονται μέσα σε ειδικές δεξαμενές. Τα υγροποιημένα αέρια (liquefied gasses) απαιτούν πλοία με ψυκτικές δυνατότητες ή δεξαμενές πίεσης.

### 1.3. Ιστορική αναδρομή

Αν κοιτάξει κανείς την ιστορία της ανθρωπότητας από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα θα διαπιστώσει ότι η χρήση πλοίων αποτελούσε πάντα κομβική παράμετρο για την ανάπτυξη του πολιτισμού των κοινωνιών, την μετακίνηση των ανθρώπων, την μεταφορά προϊόντων και αγαθών, την αλιεία και άλλα στοιχεία που συνδέονται άμεσα με την εξελικτική πρόοδο του ανθρώπινου γένους. Παρά το γεγονός ότι τα πλοία αποτέλεσαν διαχρονικά δομικό γνώρισμα των λαών που αναπτύχθηκαν σε παραθαλάσσιες ή παραποτάμιες περιοχές, η μεταφορά υγρών φορτίων χύδην σε δεξαμενές όπως την γνωρίζουμε σήμερα άργησε αρκετά να ενταχθεί στο σύστημα των μεταφορών.

Η πρώτη χρήση δεξαμενοπλοίων στην μεταφορά υγρών φορτίων χρονολογείται πίσω στις αρχές του 19ου αιώνα. Πριν τα δεξαμενόπλοια εισαχθούν ως μέσο μεταφοράς πετρελαίου, η ιδέα της μεταφοράς υγρών φορτίων θεωρούταν από πολλούς ιδιαίτερα δαπανηρή διαδικασία που εγκυμονούσε πολλούς κρυφούς κινδύνους και ενδεχομένως να αποτελούσε εν τέλει κάτι πρακτικά ανέφικτο. Εκείνη την περίοδο, η μεταφορά στις διάφορες τοποθεσίες γινόταν μέσω καναλιών μέσα σε βαρέλια, διαδικασία εξαιρετικά χρονοβόρα με προβλήματα ασφάλειας και προστασίας.

Με την ανακάλυψη και την εξόρυξη του πετρελαίου, τα δεξαμενόπλοια απέκτησαν σταδιακά ενεργό ρόλο στην μεταφορά ακατέργαστου και επεξεργασμένου πετρελαίου σε λιμάνια σε όλον τον κόσμο. Παρότι πολλοί εσφαλμένα θεωρούν ότι η πρώτη εξόρυξη πετρελαίου τοποθετείται χρονικά το 1859 από Αμερικανό Edwin Drake στην Πενσυλβανία, αυτό δεν είναι απόλυτα ακριβές. Το 1543, υπάρχουν ιστορικές αναφορές ότι Ισπανοί εξερευνητές βρήκαν πετρέλαιο να επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας κοντά στις ακτές του σημερινού Τέξας και το χρησιμοποίησαν για να στεγανοποιήσουν τις βάρκες τους. Χειρόγραφα του 18ου και 19ου αιώνα αποδεικνύουν την χρήση και πλωτή μεταφορά πετρελαίου από γηγενείς πληθυσμούς καθώς και ευρωπαίους ιεραπόστολους στη σημερινή Νέα Υόρκη.

Ήταν ο Σουηδός μηχανικός και επιχειρηματίας Ludwig Nobel που εισήγαγε την ιδέα της κατασκευής ενός μεταλλικού πλοίου για την μεταφορά πετρελαίου από το Μπακού της Ρωσίας προς την Σουηδία το 1877. Οι προκλήσεις ήταν μεγάλες το δίχως άλλο καθώς ο σχεδιασμός ενός αυτοπροωθούμενου πλοίου, η διατήρηση του φορτίου και των παραγόμενων καυσαερίων μακριά από το μηχανοστάσιο για τη

αποφυγή πυρκαγιάς, η τάση του πετρελαίου να αυξομειώνει το μέγεθός του ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η μέθοδος εξαερισμού των δεξαμενών αποτελούσαν υπαρκτά προβλήματα. Ωστόσο, χάρη και στην εμπειρία του από Ρωσικό πολεμικό ναυτικό, ο Nobel κατασκεύασε το 1878 το Zoroaster, ένα πλοίο με μήκος 54.8 μέτρων και ολική χωρητικότητα 240t. Το 1883 ο σχεδιασμός γνώρισε δια χειρός του Άγγλου μηχανικού Henry F. Swan, ένα καινοτόμο και καθοριστικό βήμα το οποίο αφενός αύξησε την χωρητικότητα των δεξαμενοπλοίων και αφετέρου μείωσε τον κίνδυνο ανατροπής λόγω της επίδρασης των ελευθέρων επιφανειών. Το βήμα αυτό εφαρμόστηκε στα πλοία των αδερφών Nobel, Blesk, Lumen και Lux και ήταν ο διαχωρισμός των δεξαμενών του πλοίου από μια μεγάλη διαμήκη φρακτή και η τοποθέτηση πολλών δεξαμενών κατά μήκος του χώρου φορτίου.

Η άνθιση των δεξαμενοπλοίων έλαβε χώρα στα χρόνια που ακολούθησαν το 1892 όταν επετράπη για πρώτη φορά σε δεξαμενόπλοιο, το Murex, να διέλθει από τη διώρυγα του Suez. Η εξέλιξη αυτή συντέλεσε αποφασιστικά στην ενδυνάμωση της ναυπηγικής δραστηριότητας γύρω από τα τάνκερ με σκοπό τον πολλαπλασιασμό του εμπορίου πετρελαίου μεταξύ της Ρωσίας και των Ασιατικών χωρών. Ακόμη, σημαντικό σημείο αναφοράς για τον εκσυγχρονισμό των δεξαμενοπλοίων αποτέλεσε το 1903, όταν υλοποιήθηκε για πρώτη φορά η εισαγωγή μηχανών εσωτερικής καύσης αντικαθιστώντας έτσι την απαρχαιωμένη ατμομηχανή.

Κατά την διάρκεια του 2<sup>ου</sup> παγκοσμίου πολέμου, τα δεξαμενόπλοια έπαιξαν σημαντικό ρόλο σε πολεμικές επιχειρήσεις που λάμβαναν χώρα. Ο αριθμός των πετρελαιοφόρων που κατασκευάστηκαν παγκοσμίως αυξήθηκε σημαντικά. Μόνο στις ΗΠΑ κατασκευάστηκαν πάνω από 500 δεξαμενόπλοια του πλέον διαδεδομένου τύπου T2, που είχε μήκος 160m και νεκρό βάρος 15850 τόνους.

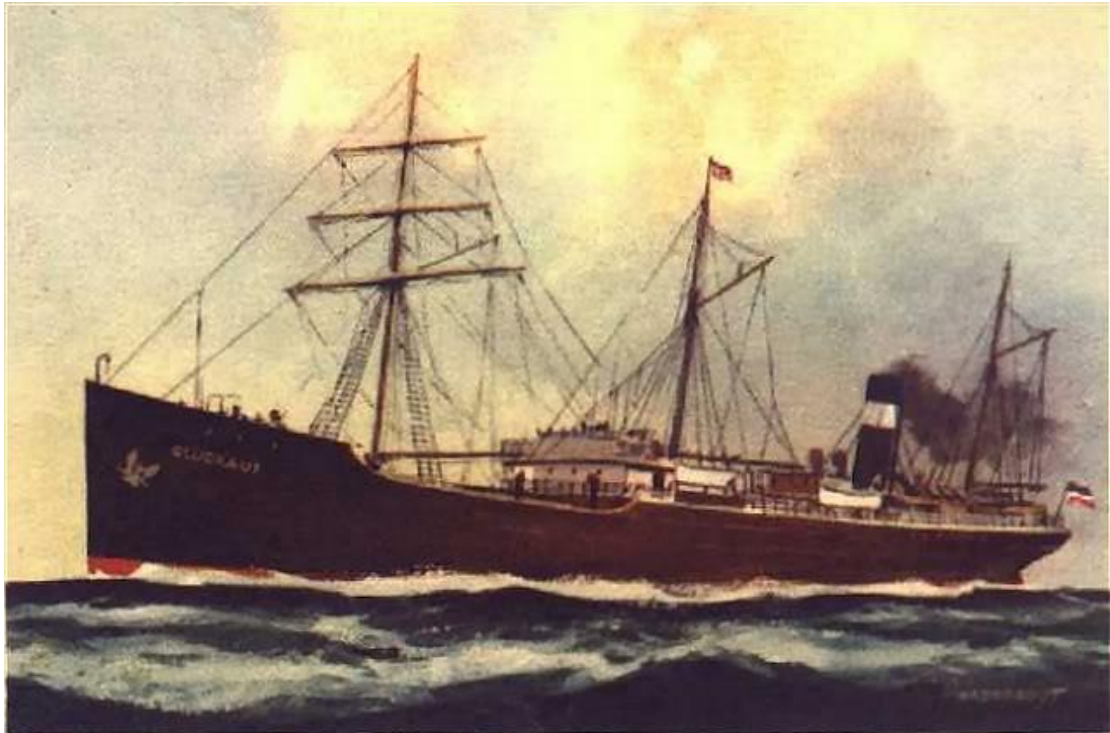
Κατά διάρκεια του πολέμου, υπήρξε η ανάγκη επιτάχυνσης του χρόνου ναυπήγησης των δεξαμενοπλοίων λόγω της συνεχούς απαίτησης για ανεφοδιασμό από τη μια και της βύθισης πολλών πλοίων από το αντίπαλο στρατόπεδο από την άλλη. Οι συνθήκες αυτές οδήγησαν στον εκσυγχρονισμό των μεθόδων παραγωγής και στην αυτοματοποίηση πολλών κομματιών της διαδικασίας.

Μετά το 1945, όλα έδειχναν πτώση της ζήτησης πετρελαίου και ασφυκτική υπερπροσφορά χώρου με την ύπαρξη τόσων πλοίων με αποτέλεσμα να πωλούνται σε πολύ χαμηλές τιμές σε ιδιώτες όπως ο Αριστοτέλης Ωνάσης, ο Σταύρος Νιάρχος και ο Daniel Ludwig. Οι Κασσάνδρες όμως διαψευστήκαν καθώς υπήρξε έκρηξη ζήτησης πετρελαίου με το κλείσιμο της διώρυγας του Suez, την εθνικοποίηση διυλιστηρίων στην Μέση Ανατολή και την ενίσχυση της ευρωπαϊκής οικονομίας μέσω του σχεδίου Marshall, έχοντας ως συνέπεια τον τριπλασιασμό των ναύλων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα και σε συνδυασμό με την αισθητή μείωση της δυναμικής του στόλου και της ανταγωνιστικότητας των μεγάλων αμερικανικών πετρελαϊκών λόγω του υψηλού λειτουργικού κόστους οδήγησε στην εκτίναξη των κερδών των επιχειρηματιών που επέλεξαν να επενδύσουν στον κλάδο.

Τα χρόνια που ακολούθησαν, τα δεξαμενόπλοια άλλαξαν σε μεγάλο βαθμό ως προς τον σχεδιασμό τους και την λειτουργική τους πρακτική με την εισαγωγή του αδρανούς αερίου στις δεξαμενές φορτίου αντί του αέρα με σκοπό την αποφυγή εκρήξεων, την αντικατάσταση του διαβρωτικού θαλασσινού νερού ως μέσου καθαρισμού των δεξαμενών από το σύστημα Crude Oil Washing (COW) μέσω θερμασμένων υπολειμμάτων φορτίου, την καθιέρωση διπλών τοιχωμάτων και διπλού πυθμένα στην διαμερισματοποίηση του χώρου φορτίου καθώς και με άλλες τροποποιήσεις όπου η πλειοψηφία είχε κοινό κάποιο καταστροφικό ατύχημα που ανέδειξε ελλείψεις, αστοχίες και αμέλειες των προγενέστερων διατάξεων.

#### **1.4. Το αρχικό σύγχρονης μορφής δεξαμενόπλοιο**

Το πρώτο ωστόσο δεξαμενόπλοιο το οποίο κατασκευάστηκε και έφερε την βασική μορφή που αποτέλεσε τον πρόγονο της σημερινής διπλής γάστρας ήταν το γερμανικής ιδιοκτησίας Glückauf (Good Luck) με χωρητικότητα 2700 τόνων. Το ναυπηγημένο το 1886 tanker στο Newcastle της Αγγλίας με σχεδιαστή τον Swan, ήταν το πρώτο δεξαμενόπλοιο προωθούμενο αποκλειστικά μέσω ατμομηχανής αλλά και το πρώτο, που το πετρέλαιο μπορούσε να φορτωθεί σε απευθείας επαφή με τη γάστρα σε 8 διαμερίσματα. Επίσης, είχε κεντρικό σύστημα σωληνώσεων και βαλβίδων διαχειρίσιμων εκ του καταστρώματος όπως επίσης cofferdams και ballast δεξαμενές που μπορούσαν να δεχτούν νερό ενόσω γινόταν εκφόρτωση. Ήταν το πρώτο σκάφος που είχε τοποθετήσει τις μηχανές του στην πρύμνη, έτσι θα μπορούσε το πετρέλαιο να αντληθεί άμεσα από τις δεξαμενές. Το Glückauf δυστυχώς δεν είχε πολλή τύχη το 1893 σε περιοχή της Νέας Υόρκης κοντά στο Long Island όπου και προσάραξε χωρίς πάντως να υπάρξουν τραυματίες.



Εικόνα 1: Το πρώτο δεξαμενόπλοιο (<http://www.aukevisser.nl/german/id95.htm>)

### 1.5. Χαρακτηριστικά δεξαμενοπλοίων

Τα περισσότερα δεξαμενόπλοια διαθέτουν αθροιστικά 8 με 12 δεξαμενές φορτίου, κάθε μια από τις οποίες μπορεί να χωριστεί σε μικρότερα τμήματα μέσω της ύπαρξης διαμηκών φρακτών. Πιθανή είναι η ύπαρξη επίσης άδειων δεξαμενών (cofferdams) συνήθως στις περιοχές πρόραθεν ή πρύμνηθεν των δεξαμενών φορτίου ή ακόμα ως προστατευτικό δεξαμενών ανεφοδιασμού στην περιοχή του μηχανοστασίου με σκοπό την προστασία από τον κίνδυνο πυρκαγιάς και σύγκρουσης.

Ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά ενός δεξαμενοπλοίου είναι η σχεδίαση της εσωτερικής διάταξης της γάστρας στην περιοχή του χώρου φορτίου η οποία αποτελείται από διπλό τοίχωμα και διπλό πυθμένα το λεγόμενο double hull. Σκοπός της διάταξης αυτής είναι η εξάλειψη του κινδύνου εκροής πετρελαίου στο περιβάλλον σε περίπτωση κάποιου ατυχήματος ( σύγκρουση, προσάραξη κλπ.). Οι χώροι οι οποίοι δημιουργούνται μεταξύ του εξωτερικού περιβλήματος και του εσωτερικού, χρησιμοποιούνται ως δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος προσδίδοντας προστασία του φορτίου που είναι αποθηκευμένο εντός των εσωτερικών δεξαμενών από πιθανό ρήγμα λόγω βλάβης στο εξωτερικό περίβλημα.

Η σημερινή αυτή διάταξη της διπλής γάστρας αποτελεί κεκτημένο των τελευταίων ετών καθώς προήλθε ως αποτέλεσμα πολυετών νομοθετικών ζυμώσεων, διαπραγματεύσεων και τριβών μεταξύ αντιπροσωπειών στον διεθνή ναυτιλιακό οργανισμό (IMO) με τις τροποποιήσεις στο σχεδιασμό να περνούν από ορισμένα

στάδια ωρίμανσης. Ενδιαφέρον στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι ακόμα και στη σύγχρονη εποχή ο σχεδιασμός αυτός δεν είναι υποχρεωτικός προς υιοθέτηση από τους εμπλεκόμενους φορείς κατά την ναυπήγηση ενός νέου δεξαμενοπλοίου καθώς υπάρχει το περιθώριο επιλογής εναλλακτικών σχεδιαστικών μεθόδων που όμως προσφέρουν τον ίδιο βαθμό προστασίας από μόλυνση του περιβάλλοντος λόγω εκροής πετρελαίου με αυτόν που προσφέρει η διπλή γάστρα.

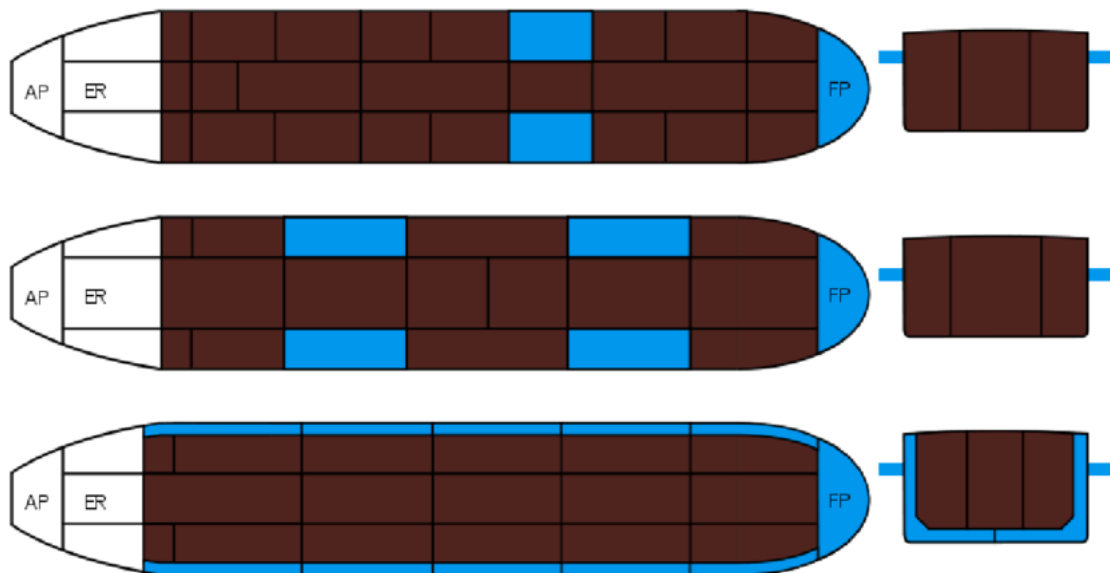
Αρχικά το 1969, υπήρξε μια καίριας περιβαλλοντικής και οικονομικής σημασίας τροποποίηση της έως τότε ισχύουσας σύμβασης (OILPOL 1954) και αυτό ήταν η εγκαθίδρυση του συστήματος 'load on top'. Το σύστημα αυτό προέβλεπε το νερό το οποίο χρησιμοποιείται στο τέλος κάθε εκφόρτωσης για το ξέπλυμα των δεξαμενών να μην απορρίπτεται στην θάλασσα αλλά να αποθηκεύεται στα slop tanks. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται ότι για ένα μεγάλο δεξαμενόπλοιο μπορούσε να επιτευχθεί εξοικονόμηση έως και 800 τόνων πετρελαίου σε ένα ταξίδι ενώ παράλληλα η περιβαλλοντική ρύπανση μειώθηκε αισθητά με στατιστικές εκτιμήσεις να αναφέρουν ότι σχεδόν αποφεύχθηκε η απόρριψη περίπου 8,000,000 t πετρελαίου παγκοσμίως για κάθε έτος.

Το 1973, η σύμβαση της MARPOL αντικαθιστώντας την παλαιότερη σύμβαση OILPOL 1954, απαίτησε τα νεότευκτα δεξαμενόπλοια άνω των 70,000 DWT να εγκαταστήσουν δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος στην διαμερισματοποίηση τους, απαγορεύοντας παράλληλα την χρήση των δεξαμενών φορτίου ως χώρων αποθήκευσης έρματος. Με τον τρόπο αυτό αποσκοπούσε στην προστασία του περιβάλλοντος από το πετρέλαιο που αποβαλλόταν στη θάλασσα κατά την απόρριψη του έρματος που χρησιμοποιούταν ως μέσο απομάκρυνσης των καταλοίπων πετρελαίου από τις δεξαμενές φορτίου.

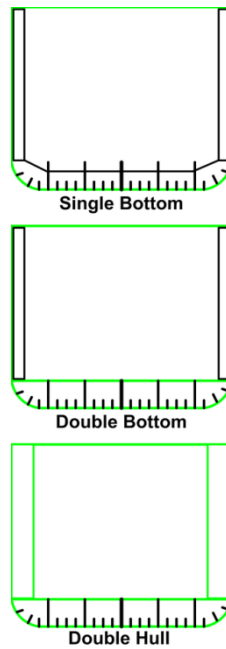
Το 1978, το πρωτόκολλο της MARPOL, έφερε νέες αλλαγές στα ισχύοντα ως προς τα δεξαμενόπλοια. Συγκεκριμένα ανέφερε, ότι όλα τα tanker άνω των 20,000 DWT θα έπρεπε και έχουν εγκατεστημένες δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος. Επιπλέον, απαιτούνταν οι δεξαμενές έρματος να είναι έτσι διευθετημένες στον χώρο του φορτίου ώστε να δύναται να προστατεύουν ένα συγκεκριμένο ποσοστό των εσωτερικών δεξαμενών πετρελαίου από τυχόν διαρροή. Το είδος των πετρελαιοφόρων που προέκυψε από τη δεδομένη τροποποίηση της αρχικής σύμβασης ονομάστηκε pre-MARPOL ή αλλιώς SBT/PL ( Segregated Ballast Tanks/ Protective Location).

το 1992, συντάχθηκε και επικυρώθηκε η τροποποίηση της σύμβασης της MARPOL (κανονισμός 13G) επεκτείνοντας ουσιαστικά διατάξεις της προηγούμενης νομοθεσίας σε περισσότερα δεξαμενόπλοια και θέτοντας παράλληλα αυστηρότερες απαιτήσεις. Συγκεκριμένα, εισήγαγε την έννοια της διπλής γάστρας η οποία προβλεπόταν να τηρείται από όλα τα δεξαμενόπλοια άνω των 20,000 DWT όπως επίσης από μεταφορικά πετρελαιοπαραγωγών άνω των 30,000 DWT.

Ο κανονισμός άρχισε να τίθεται σε εφαρμογή το 1993 ενώ η καταληκτική χρονιά μέχρι την οποία μπορούσαν να δραστηριοποιούνται δεξαμενόπλοια με μονή γάστρα ήταν το 2005. Όσον αφορά δεξαμενόπλοια τύπου pre-MARPOL επετράπη η άδεια λειτουργίας πέρα από το 2010 ως το 2015 ή την συμπλήρωση των 25 ετών από την κατασκευή τους όποιο είναι μικρότερο, ενώ στα pre-MARPOL που είτε είχαν μόνο διπλό πυθμένα είτε μόνο διπλό τοίχωμα δόθηκε από κάποιες σημαίες το περιθώριο να είναι ενεργά πέρα από το 2010 ως την συμπλήρωση των 25 ετών από την κατασκευή τους, χωρίς αυτό να καταναγκάζει την αποδοχή τους από όλα τα port state control.



Εικόνα 2: Τυπική διάταξη δεξαμενών τριών τύπων δεξαμενοπλοίων (pre-Marpol, Marpol 78, double hull) ([https://www.researchgate.net/figure/Figure-1-Comparison-of-tank-arrangement-of-a-pre-MARPOL-MARPOL-and-double-hull-oil\\_fig1\\_329163298](https://www.researchgate.net/figure/Figure-1-Comparison-of-tank-arrangement-of-a-pre-MARPOL-MARPOL-and-double-hull-oil_fig1_329163298))

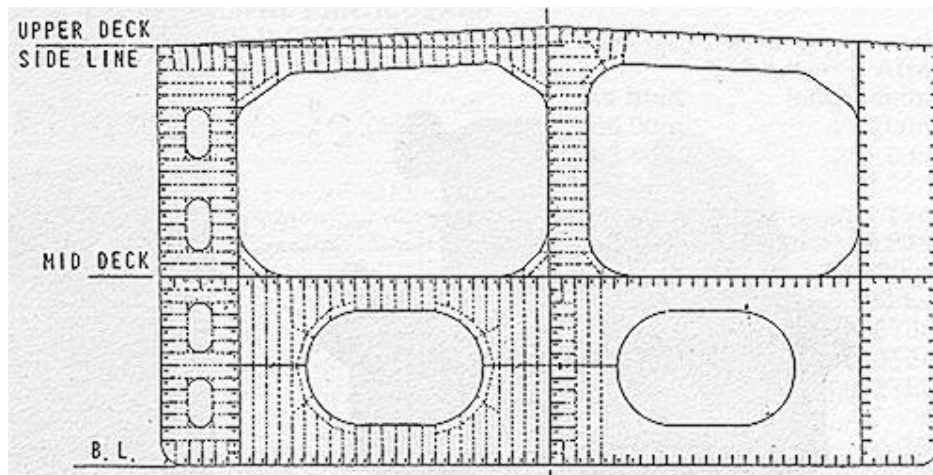


Εικόνα 3: Βασικές διατάξεις σχεδιασμού  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Double\\_hull#/media/File:DoubleBottomDoubleHull.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Double_hull#/media/File:DoubleBottomDoubleHull.png))

Ως εναλλακτικός τρόπος σχεδίασης ορίστηκε και το λεγόμενο μοντέλο του “Mid-Deck” το οποίο με την προϋπόθεση ότι η εσωτερική ασκούμενη πίεση στις δεξαμενές φορτίου να μην ξεπερνά την εξωτερική υδροστατική πίεση επέτρεπε στα δεξαμενόπλοια να μην φέρουν διπλό πυθμένα αλλά να έχουν διπλά τοιχώματα και ένα ενδιάμεσο κατάστρωμα που να χωρίζει στα δύο κάθε δεξαμενή φορτίου και με την διάταξη του εξαερισμού να είναι εγκατεστημένη με τρόπο τέτοιο που να ευνοεί την ανάπτυξη ανωστικής πίεσης στον πυθμένα του φορτίου.

Ταυτοχρόνως, διατηρήθηκε το δικαίωμα κάποιος κατασκευαστής να εφαρμόσει διατάξεις διαφορετικές των ανωτέρω ,εφόσον όμως μπορούσε να αποδείξει ότι προσφέρει την ίδια ποιότητα ασφάλειας έναντι ρύπανσης σε περίπτωση ατυχήματος αλλά και σε λειτουργική κατάσταση.





Εικόνα 4: Διάταξη mid-deck ( <https://docplayer.net/50893198-Tanker-accidents-double-hull-is-not-the-only-viable-alternative.html> )

Η διάταξη αυτή του μοντέλου mid-deck προσέφερε πλεονέκτημα έναντι της διπλής γάστρας σε περίπτωση προσάραξης και ο λόγος είναι προφανής. Στην περίπτωση της διπλής γάστρας σε προσάραξη ένα μεγάλο μέρος του πετρελαίου των δεξαμενών μπορεί εύκολα να διαρρεύσει προς το περιβάλλον εφόσον το ρήγμα εισέλθει από τον εσωτερικό πυθμένα. Αντίθετα, στην περίπτωση του mid-deck λόγω της υποπίεσης που επικρατεί εντός της δεξαμενής πετρελαίου σε σχέση με την εξωτερική, νερό εισέρχεται εντός των δεξαμενών και δεν προκύπτει έτσι εκροή πετρελαίου.

Οι διατάξεις του ‘Mid-Deck επί τις ουσίας ακυρώθηκαν και δεν εφαρμόστηκαν ποτέ κατά την σχεδίαση κάποιου δεξαμενοπλοίου λόγω του ότι ο κανονισμός OPA-90 που ακολουθείται στα αμερικανικά λιμάνια δεν έχει αναγνωρίσει τις διατάξεις αυτές ως αποδεκτές, κάνοντας έτσι οικονομικά ασύμφορη την χρησιμοποίησή τους για τους πλοιοκτήτες αφού πρακτικά αποκλείουν από τα δεξαμενόπλοια την προσέγγιση των λιμανιών αυτών.

Επανερχόμενοι στην διάταξη της διπλής γάστρας η οποία όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω αποτελεί ουσιαστικά την μοναδική μορφή διάταξης που συναντάται σήμερα στα σύγχρονα δεξαμενόπλοια ,θα πρέπει να παρατάξουμε ένα προς ένα τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που χαρακτηρίζουν την διάταξη αυτή σε θέματα περιβαλλοντικής ασφάλειας, οικονομικού κόστους-κέρδους, λειτουργικής χρηστικότητας, ευκολίας κατά τη συντήρηση, εξοικονόμησης βάρους, σχεδιαστικής προσιτότητας κλπ.

Ένα από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το μοντέλο αυτό είναι η αυξημένη ταχύτητα και η ευκολία που προσφέρει στον ρυθμό διεκπεραίωσης της εκφόρτωσης των δεξαμενών φορτίου καθώς επίσης και η αυξημένη ποσότητα του φορτίου η οποία αξιοποιείται. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι πως η διαδικασία καθαρισμού των δεξαμενών φορτίου απλοποιήθηκε μέσω της διάταξης αυτής σε ικανοποιητικό βαθμό,

ενώ ακόμα, ο αποκλεισμός χρήσης του θαλασσινού νερού ενίσχυσε την προστασία των δεξαμενών φορτίου από πιθανή διάβρωση.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να διατυπωθούν περιλαμβάνουν τον δείκτη κόστους αυτής της διάταξης που σύμφωνα με την έρευνα αποδεικνύεται σχετικά αυξημένο ως προς την διαδικασία εγκατάστασης απαιτώντας περισσότερες ανθρωπόωρες τόσο στο σχεδιαστικό σκέλος όσο και στο σκέλος της κατασκευής λόγω της πολυπλοκότητας που διακρίνει την διάταξη της διπλής γάστρας. Ένας ακόμα αρνητικός συντελεστής είναι το αυξημένο λειτουργικό κόστος το οποίο απαιτείται να επωμιστεί ο ιδιοκτήτης ενός δεξαμενοπλοίου που φέρει αυτή τη διάταξη καθώς οι δαπάνες είναι μεγαλύτερες σε κανάλια και σε λιμάνια.

Αξιοσημείωτη είναι φυσικά και η δυσχέρεια η οποία προκύπτει στην διαχείριση του εξαερισμού των δεξαμενών έρματος όπως επίσης και η ανάγκη για διαρκή επιτήρηση και συντήρηση των δεξαμενών αυτών. Δεν πρέπει ασφαλώς να αμεληθεί η επιβάρυνση βάρους η οποία παρουσιάζεται στις δεξαμενές έρματος λόγω της παρουσίας λάσπης η οποία συσσωρεύεται εκεί σε περιπτώσεις όπως για παράδειγμα από τα ποτάμια της Κίνας στα οποία ναυπηγούνται εκατοντάδες πλοία ετησίως. Το βάρος αυτό της λάσπης, εκτός από το κόστος απομάκρυνσης του και την πιθανή φθορά που μπορεί να προκαλέσει στις δεξαμενές, αυξάνει το βάρος του άφορτου δεξαμενόπλοιο μειώνοντας συνεπώς τη δυνατότητα πλήρους εκμετάλλευσης του ωφέλιμου φορτίου.

Μεγάλος είναι θεωρητικά και ο κίνδυνος που υπάρχει για πρόκληση έκρηξης εντός των χώρων της διπλής γάστρας σε περίπτωση μη εγκατάστασης ενός συστήματος ανίχνευσης εύφλεκτων ατμών. Μεγάλη σημασία σε επίπεδο κόστους αποτελεί και αύξηση της επένδυσης που απαιτείται στον τομέα της επικάλυψης μέσω βαφής καθώς λόγω του αυξημένου αριθμού επιφανειών που προκύπτει από τον κατακερματισμό του χώρου φορτίου σε πολλές επιμέρους δεξαμενές η ποσότητα βαφής η οποία απαιτείται είναι ιδιαίτερος αυξημένη σε σύγκριση με παλαιότερες συμβατικές διατάξεις.

Τέλος δεν θα πρέπει να παραγνωρισθεί το γεγονός ότι βάσει ερευνών η διάταξη του double hull ενδείκνυται ως αρκετά αποτελεσματικό σε περιπτώσεις σύγκρουσης και προσάραξης μικρής σφοδρότητας αλλά όταν η ενέργεια πρόσκρουσης λαμβάνει μεγάλες διαστάσεις τότε τα πράγματα είναι πιο περίπλοκα καθώς διατάξεις όπως το mid-deck και το pre-MARPOL μπορεί να οδηγούν γρηγορότερα σε ευσταθή κατάσταση και να επιτρέπουν λιγότερη εκροή πετρελαίου από ότι η διάταξη του double hull.

## 1.6. Διάκριση δεξαμενοπλοίων σύμφωνα με τον τύπο φορτίου

Η αγορά των δεξαμενοπλοίων μπορεί να χωριστεί σε δύο βασικά κριτήρια. Τα δύο βασικά αυτά κριτήρια είναι ο τύπος του φορτίου που μεταφέρεται και το μέγεθος των πλοίων.

Με βάση τον τύπο του φορτίου, τα δεξαμενόπλοια διακρίνονται σε:

- a. Δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού ή ακάθαρτου πετρελαίου
- b. Δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου
- c. Εξειδικευμένα δεξαμενόπλοια, όπως είναι τα πλοία μεταφοράς υγρών χημικών, τα πλοία μεταφοράς υγραερίου και τα πλοία παράκτιας βιομηχανίας

## 1.7. Διάκριση δεξαμενοπλοίων σύμφωνα με το μέγεθος

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία δεξαμενοπλοίων ανάλογα με το μέγεθος τους. Το μέγεθος αυτών μπορεί να αρχίσει από μικρές εκατοντάδες τόνους, τα οποία εξυπηρετούν μικρά λιμάνια, και μπορούν να φτάσουν μέχρι μερικές εκατοντάδες χιλιάδες τόνους, των οποίων η χρήση εξυπηρετεί μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις.

Με βάση το μέγεθός τους διακρίνονται σε:

- a. Ultra Large Crude Carriers (ULCC): Το μέγεθος τους κυμαίνεται από 320.000 έως 550.000 dwt.

Αυτή η κατηγορία δεξαμενοπλοίων έχει την δυνατότητα να μεταφέρει παραπάνω από τέσσερα εκατομμύρια βαρέλια. Το ωφέλιμο φορτίο των πλοίων αυτών μπορεί να υπερβεί τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης των περισσότερων λιμένων, ενώ επίσης το μέγεθος τους περιορίζεται στον αριθμό λιμένων που μπορούν αυτά να προσδέσουν. Οι αυξανόμενες λειτουργικές δαπάνες σχετικές με τις πολλαπλές φορτώσεις και εκφορτώσεις στους λιμένες, μειώνουν τις οικονομίες κλίμακας που προσφέρονται με αυτά τα μεγάλα σκάφη.



Εικόνα 5: ULCC tanker ( <https://www.frakapor.gr/en/fleet/ulcc> )

- b. Very Large Crude Carriers (VLCC): Το μέγεθός τους κυμαίνεται από 200.000 έως 320.000 dwt.

Τα δεξαμενόπλοια τέτοιου τύπου έχουν σκοπό την μεταφορά των ακατέργαστων πετρελαίων σε μεγαλύτερης απόστασης ταξίδια και μπορούν να εξασφαλίσουν ένα ωφέλιμο φορτίο περίπου δύο εκατομμυρίων βαρελιών. Τα σκάφη για το Ιαπωνικό εμπόριο τείνουν να είναι ελαφρώς μικρότερα (200.000 έως 250.000 dwt), εξαιτίας των περιορισμών ως προς το μέγεθος σε μερικά Ιαπωνικά τερματικά.



Εικόνα 6: VLCC tanker ( <https://www.vesselfinder.com/news/9348-SEATRIUMPH-a-new-VLCC-tanker-joins-the-Thenamaris-managed-fleet> )

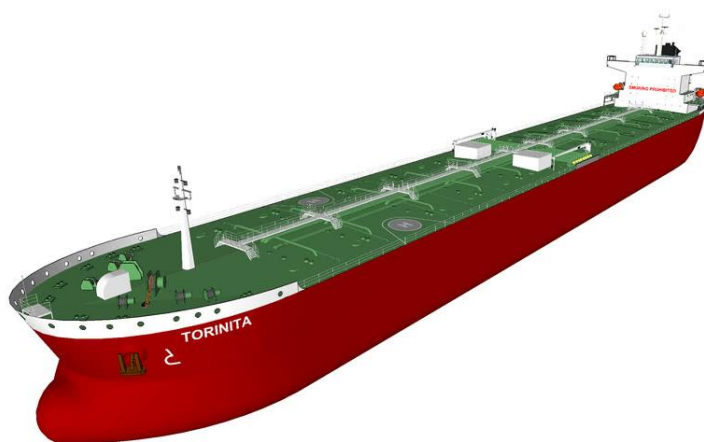
- c. Suezmax: Το μέγεθος τους κυμαίνεται από 120.000 έως 200.000dwt. Αυτής της κατηγορίας δεξαμενόπλοια, προορίζονται κανονικά για τη διέλευση μέσω της διώρυγας του Σουέζ, στην περίπτωση φόρτωσης στην ίσαλο σχεδίασης και έχουν χαρακτηριστικά περίπου 150.000dwt και ένα ωφέλιμο φορτίο περίπου ενός

εκατομμυρίου βαρελιών. Μερικές φορές έχουν την ιδιότητα να μεταφέρουν βαρύτερα ακατέργαστα πετρέλαια και διαθέτουν πολλούς διαφορετικούς βαθμούς.



Εικόνα 7: Suezmax tanker ( <https://en.wikipedia.org/wiki/Suezmax> )

d. Panamax: Το μέγεθος τους κυμαίνεται από 60.000 έως 80.000dwt. Αυτής της κατηγορίας δεξαμενόπλοια, προορίζονται κανονικά για τη διέλευση μέσω του καναλιού του Παναμά, στην περίπτωση φόρτωσης στην ίσαλο σχεδίασης και έχουν σχεδιαστεί να μεταφέρουν αργό πετρέλαιο ή των προϊόντων πετρελαίου στους κοντύτερους εμπορικούς σταθμούς. Το μέγιστο dwt ενός τέτοιου δεξαμενόπλοιου μπορεί να είναι 80.000. Θα ήταν δύσκολη η διέλευση ενός τέτοιου δεξαμενοπλοίου αν αυτό ήταν μεγαλύτερο από το κανάλι του Παναμά.



Εικόνα 8: Panamax tanker ( <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/545db8bfdc86731498b8c800ae001b66/Panamax-Tanker> )

e. Handysize: Το μέγεθος τους κυμαίνεται από 10.000 έως 60.000dwt. Είναι τα μικρότερα πλοία της κατηγορίας και έχουν σκοπό να μεταφέρουν κατεργασμένα ή ημικατεργασμένα προϊόντων πετρελαίου.

Αν και οι αναλογίες των μεγεθών των δεξαμενοπλοίων διπλού τοιχώματος έχουν αλλάξει κάπως, το γενικό μέγεθος είναι συγκρίσιμο με τα δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος του τύπου SBT, δηλαδή δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος (Segregated ballast tanks), που είναι χτισμένα σύμφωνα με τους κανονισμούς της σύμβασης MARPOL του 78, Regulation 13.



Εικόνα 9: Handysize tanker (<https://en.wikipedia.org/wiki/Handysize> )

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### Κοινοί κανονισμοί του IACS

#### 2.1. Ο ρόλος του Νηογνώμονα

Οι σύγχρονοι Νηογνώμονες (ή απλούστερα «Κλάσεις») είναι μη-κυβερνητικοί οργανισμοί που παρέχουν τεχνικές υπηρεσίες στον χώρο της ναυτιλίας σε θέματα θαλάσσιας ασφάλειας και αποφυγής περιβαλλοντικής ρύπανσης. Βασική τους αρμοδιότητα είναι η παροχή πιστοποιητικών κλάσης στα πλοία ώστε να βεβαιώνεται η κατασκευαστική τους αρτιότητα καθώς και η αξιοπιστία των βασικών τους συστημάτων που θα εξασφαλίσουν την ασφαλή λειτουργία τους καθ' όλη την διάρκεια της ζωής τους. Για τον σκοπό αυτό οι Νηογνώμονες αναπτύσσουν και εκδίδουν Κανόνες με τους οποίους είναι υποχρεωμένα να συμμορφώνονται τα πλοία που επιθυμούν την αντίστοιχη πιστοποίηση. Η Κλάση παρακολουθεί το πλοίο από το στάδιο της αρχικής μελέτης και κατασκευής, κατά την διάρκεια της ζωής του μέχρι τον παροπλισμό και την διάλυση.

Η ανάπτυξη κανόνων και κανονισμών από τους νηογνώμονες συνήθως βασίζεται στη συλλογή και ανάλυση των εμπειρικών και στατιστικών δεδομένων των διαχειριζόμενων πλοίων. Η εμπειρία συμπληρώνεται από την εκτενή έρευνα που διεξάγεται με σκοπό τη βελτίωση τεχνικών προδιαγραφών για την κατασκευή ασφαλέστερων, οικονομικότερων και καθαρότερων πλοίων. Τέλος, σημαντική πηγή στοιχείων και απαιτήσεων είναι η συνεργασία με άλλους Νηογνώμονες καθώς και άλλους φορείς με συμφέροντα στη ναυτιλία: πλοιοκτήτες, ναυπηγεία, λιμενικές αρχές και κράτη, διεθνείς οργανισμούς κ.α. Αν και υπάρχουν πολλοί διεθνείς οργανισμοί που προσφέρουν τεχνικές συμβουλευτικές υπηρεσίες στη ναυτιλιακή βιομηχανία, ο χαρακτηρισμός του Νηογνώμονα εμπεριέχει κάποιες προϋποθέσεις κυρίως ως προς την ανεξαρτησία από άλλους κερδοσκοπικούς οργανισμούς και την αντικειμενικότητά τους.

Σήμερα, η συντριπτική πλειοψηφία των πλοίων κατασκευάζονται και επιθεωρούνται σύμφωνα με τα πρότυπα κάποιου Νηογνώμονα μέσω ενός ευρέος δικτύου επιθεωρητών. Η πιστοποίηση ωστόσο δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση εγγύηση της αξιοπλοΐας του πλοίου, καθώς η Κλάση δεν έχει έλεγχο στο τρόπο λειτουργίας και συντήρησης του πλοίου εκτός από τις προδιαγεγραμμένες επιθεωρήσεις. Παρ' όλα αυτά, ο θεσμός του Νηογνώμονα είναι στενά συνυφασμένος με τη ναυτιλία ως ένα ανεξάρτητο και αυτορρυθμιζόμενο σώμα διασφάλισης ποιότητας και καινοτομίας.

## 2.2. Διεθνής Ένωση Νηογνομόνων

Η Διεθνής Ένωση Νηογνομόνων (International Association of Classification Societies – IACS) αποτελείται από δώδεκα διεθνώς αναγνωρισμένους νηογνώμονες με έδρα το Λονδίνο. Επίσης, ιδρύθηκε στις 11 Σεπτεμβρίου 1968 στο Αμβούργο.

Το κύριο μέλημα της Διεθνούς Ένωσης Νηογνομόνων αφορά τα επίπεδα ασφάλειας των πλοίων, τα οποία κατατάσσει σε κλάσεις, ενώ ταυτόχρονα ασχολείται και με ζητήματα, τα οποία αφορούν το περιβάλλον. Οι θάλασσες είναι απαραίτητο να μένουν καθαρές, όπως επίσης και να μην υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης τους από τα πλοία. Επιπροσθέτως, συμβάλλει στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, την έρευνα και την ανάπτυξη.

Περισσότερο από το 90% του παγκόσμια διακινούμενου φορτίου, σε χωρητικότητα, γίνεται μέσω θαλάσσης από τα πλοία. Τα πρότυπα κανόνων, που προκύπτουν από διάφορους παράγοντες, είναι εκείνα που ορίζονται από τους μεγαλύτερους νηογνώμονες του κόσμου. Ο IACS αποτελεί μια μη κυβερνητική οργάνωση και κύριο συνεργάτη του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO). Μέσω αυτού εκδίδονται οι διάφορες συμβάσεις του.

Μία από αυτές, με παγκόσμια αποδοχή σήμερα είναι η «Διεθνής Σύμβαση SOLAS» που αφορά την Σύμβαση για την Ασφάλεια Ζωής στη Θάλασσα. Τα μέλη του IACS είναι:

- Ο Αγγλικός Νηογνώμονας, (LR)
- Ο Αμερικάνικος Νηογνώμονας, (ABS)
- Ο Γαλλικός Νηογνώμονας, (BV)
- Ο Γερμανικός Νηογνώμονας, (DNV-GL)
- Ο Ιαπωνικός Νηογνώμονας, (NK)
- Ο Ινδικός Νηογνώμονας (IRS)
- Ο Ιταλικός Νηογνώμονας, (RINA)
- Ο Κινέζικος Νηογνώμονας, (CCS)
- Ο Κορεάτικος Νηογνώμονας, (KR)
- Ο Κροατικός Νηογνώμονας, (CRS)
- Ο Πολωνικός Νηογνώμονας, (PRS)
- Ο Ρωσικός Νηογνώμονας, (RS)

Η Διεθνής Ένωση Νηογνομόνων εκδίδει τις ακόλουθες κατηγορίες «νομοθετημάτων»:

- Unified Requirements
- Unified Interpretations
- Procedural Requirements
- Recommendations



- Membership Criteria, Guidance and Procedures
- Procedures
- Common Structural Rules

### 2.3. CSR (Common Structural Rules)

Οι κοινοί κατασκευαστικοί κανόνες (CSR) αναπτύχθηκαν με στόχο τον καλύτερο συντονισμό της ναυπηγικής βιομηχανίας, ώστε να επιτευχθεί η σχεδίαση ασφαλέστερων πλοίων, με γνώμονα το περιβάλλον αλλά και την ίδια την κατασκευή. Για πρώτη φορά, προτάθηκαν το 2004, ενώ άρχισαν να χρησιμοποιούνται από την 1η Απριλίου του 2006. Έως και σήμερα συνεχίζεται η ανανέωση και η προσαρμογή τους σε νεότερα δεδομένα και απαιτήσεις. Οι CSR αναπτύχθηκαν χρησιμοποιώντας τα καλύτερα τμήματα των CSR κανονισμών, όπως επίσης και την εμπειρία σε συνδυασμό με τους πόρους των Νηογνομόνων, οι οποίοι συμμετέχουν σε αυτή την πρωτοβουλία, έχοντας ως στόχο μία σαφή μεθοδολογία σχεδίασης της κατασκευής.

Το αντικείμενο των CSR είναι ο καθορισμός μίας κατασκευής, η οποία μέσω συγκεκριμένων απαιτήσεων θα καταλήξει σε αποδεκτά επίπεδα αντοχής της μεταλλικής κατασκευής, ώστε να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο ο κίνδυνος κατασκευαστικής αστοχίας. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής, του περιβάλλοντος και της περιουσίας. Μέσω των προαναφερθέντων κανονισμών, γίνεται ο προσδιορισμός των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, των απαιτήσεων για προστασία λόγω διάβρωσης καθώς και οι βασικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Επιπλέον, προσδιορίζονται οι διάφορες καταστάσεις φόρτωσης, με γνώμονα τις στατικές και δυναμικές φορτίσεις, αλλά και τις φορτίσεις σε περίπτωση ατυχήματος, ενώ ορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσεις διαστάσεων που προκύπτουν από την κάμψη, τον λυγισμό και την κόπωση. Τέλος, προσδιορίζουν τα ελάχιστα αποδεκτά όρια διαστάσεων, με βάση εμπειρικούς κανόνες απαιτήσεων, επιπροσθέτως, ελέγχουν τη σχεδίαση με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων για την εκτίμηση της αντοχής, όπως επίσης και της κόπωσης.

Οι κανονισμοί αυτοί εφαρμόζονται στα ακόλουθα πλοία:

- Bulk carriers και double hull oil tankers
- Αυτοκινούμενα πλοία με απεριόριστη πλοήγηση
- Πλοία με συμβόλαιο κατασκευής από την 1 η Ιουλίου 2015 και μετά.

Επιπροσθέτως, ισχύουν για πλοία τα οποία είναι κατασκευασμένα από χαλύβδινες πλάκες, οι οποίες έχουν συγκολληθεί. Η δομή του πλοίου πλαισιώνεται από διαμήκη ή εγκάρσια διαφράγματα και ενδιάμεσους νομείς. Στους τυπικούς κανονισμούς συμπεριλαμβάνεται ότι:

- Το διπύθμενο, το οποίο θα έχει βάθος σύμφωνα με τις ισχύουσες νομικές απαιτήσεις
- Το μηχανοστάσιο βρίσκεται στην aft περιοχή των δεξαμενών φορτίου.

Τα ακόλουθα πλοία, αν και ταξινομούνται στην κατηγορία των bulk carriers από σχεδιαστές, δεν χρειάζεται να κατασκευαστούν σύμφωνα με τους CSR:

- Ore-Bulk-Oil Carriers ή OBO Carriers
- Bulk Carriers που μεταφέρουν ξύλο ή παρεμφερές φορτίο
- Bulk Carriers με εγκαταστάσεις εκφόρτωσης
- Σε περίπτωση μεταφοράς τσιμέντου, τέφρας (fly ash) ή ζάχαρης, τα grabs που χρησιμοποιούνται για τη διαδικασία της φορτοεκφόρτωσης, ζυγίζουν λιγότερο από δέκα τόνους λόγω μικρής πυκνότητας του φορτίου. Ως εκ τούτου, για αυτά τα πλοία η ναυπήγηση σύμφωνα με τους CSR δεν είναι απαιτούμενη. Σε περίπτωση που το υπάρχον φορτίο απαιτεί grabs που ζυγίζουν πάνω από δέκα τόνους, τότε το πλοίο είναι αναγκαίο να ναυπηγείται σύμφωνα με αυτούς.

## 2.4. Πλεονεκτήματα των κανονισμών

Τα προηγούμενα χρόνια οι κατασκευή των bulk carriers και των oil tankers ήταν αποκλειστικά αρμοδιότητα του νηογνώμονα στα οποία ήταν εγγεγραμμένα. Όμως, με την πάροδο των ετών, προέκυψε η ανάγκη δημιουργίας ενός ενιαίου συνόλου κοινών δομικών κανόνων ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλους σχεδιαστές ανεξαρτήτως νηογνώμονα.

Ως εκ τούτου, δημιουργήθηκαν δύο ξεχωριστές ερευνητικές ομάδες για τη συλλογή στατιστικών δεδομένων, τα οποία θα ήταν ικανά να βοηθήσουν στη μοντελοποίηση των διάφορων καταστάσεων φόρτωσης στη θάλασσα. Αυτές οι πληροφορίες, βοήθησαν αργότερα στη διαμόρφωση εμπειρικών μεθόδων για την εκτίμηση ασφαλών δομικών παραμέτρων. Οι δύο ομάδες έρευνας (μία για τα bulk carriers και μία για τα oil tankers) αργότερα ενοποιήθηκαν, καθώς είχε προταθεί από τη βιομηχανία πως ήταν προτιμότερο ένα ενιαίο σύνολο κανόνων και για τους δύο τύπους πλοίων.

Παρακάτω θα αναλυθούν οι πτυχές των Common Structural Rules, επισημαίνοντας τα πλεονεκτήματα της έναντι του συστήματος που επικρατούσε παλαιότερα.

## Αξιολόγηση της αντοχής σε διαφορετικά βυθίσματα

- Scantling draft: Κατά τη σχεδίαση ενός πλοίου, τα σχέδια του είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με το scantling draft, το οποίο είναι λίγο ψηλότερο από το design draft (4% υψηλότερο). Ο λόγος για τον οποίο διατηρείται πάντα το scantling draft στην υψηλότερη πλευρά, σχετίζεται άμεσα με τη λήψη ενός συντελεστή ασφαλείας σε ολόκληρο το δομικό σχεδιασμό. Όσο μεγαλύτερο είναι το βύθισμα, τόσο μεγαλύτερες είναι και οι υδροστατικές πιέσεις στο side shell αλλά και στον πυθμένα της κατασκευής. Για αυτό το λόγο τα σχέδια πάντα κατασκευάζονται λαμβάνοντας υπόψη το scantling draft και όχι το design draft.
- Minimum Ballast at midship στη μέση τομή: Αυτή η κατάσταση συμπεριλήφθηκε πρόσφατα στους CSR, ενώ δεν συμπεριλαμβανόταν στους προηγούμενους κανόνες που χρησιμοποιούνταν από τους νηογνώμονες. Ο λόγος που συμπεριλήφθηκε αυτή η κατάσταση, έγκειται στο γεγονός, πως στο συγκεκριμένο βύθισμα η μέση τομή μπορεί να υποστεί περισσότερα φορτία.
- Minimum Heavy Ballast Draft: Αφορά μόνο τα bulk carriers, όπου μια εκτίμηση σε αυτήν την κατάσταση απαιτείται για την κατασκευή
- Minimum Forward Draft: Σε αυτή την κατάσταση το προωαίο τμήμα του πλοίου (περίπου το 25% του μήκους του από το εμπρόσθιο άκρο), υπόκειται σε μεγάλα φορτία λόγω σφυρόκρουσης. Παλαιότερα δεν είχαν συμπεριληφθεί στους κανόνες που χρησιμοποιούνταν από τους νηογνώμονες.

## Προηγμένος σχεδιασμός καταστάσεων φόρτωσης

Στους CSR έχουν συμπεριληφθεί μελέτες διάφορων καταστάσεων φόρτωσης, μία πτυχή που βοήθησε τις διαδικασίες σχεδιασμού να προχωρήσουν σημαντικά. Παρακάτω γίνεται ανάλυση διάφορων καταστάσεων φόρτωσης:

- Static Load Scenario: Αυτή η κατάσταση φόρτωσης αφορά φορτία που δέχεται το πλοίο όταν βρίσκεται στο αγκυροβόλι ή στο λιμάνι. Περιλαμβάνει επίσης τα φορτία στην κατασκευή κατά τη διάρκεια δοκιμής των δεξαμενών. Αυτά τα φορτία δεν έχουν εξάρτηση από το χρόνο.
- Static and Dynamic Load Scenario: Είναι η τυπική κατάσταση φόρτωσης ενός πλοίου, ενώ βρίσκεται στη θάλασσα. Τα στατικά φορτία περιλαμβάνουν το φορτίο λόγω της υδροστατικής πίεσης (λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν υπάρχει μετατόπιση φορτίου). Τα φορτία λόγω κυμάτων είναι δυναμικής φύσεως, ως αποτέλεσμα του οποίου το συνολικό φορτίο ενός πλοίου μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου. Οι κανόνες που προϋπήρχαν των CSR,

δεν μελετούσαν την κατάσταση σύμφωνα με τη μεταβολή ως προς το χρόνο. Αφού συμπεριλήφθηκε η ανάλυση, έγινε πιο ρεαλιστική.

- Impact Load Scenario: Ένα πλοίο κινούμενο στη θάλασσα, έρχεται αντιμέτωπο με φορτία λόγω σφυρόκρουσης, rainting whipping τα οποία είναι φορτία υψηλής συχνότητας. Χρόνια στατιστικών μελετών σχετικά με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από όργανα παρακολούθησης της καταπόνησης της γάστρας του πλοίου, οδήγησαν στη διαμόρφωση εμπειρικών μεθόδων για την πρόβλεψη αυτών των φορτίων.
- Fatigue Loads Scenarios: Παρέχει διάφορες μεθόδους για την ανάλυση της πιθανότητας κατάρρευσης λόγω κόπωσης. Βασίζεται σε έναν συνδυασμό εφαρμογής του κανόνα Palmegren-Miner, των καμπυλών S-N και μιας καμπύλης κατανομής πίεσης για την ανάπτυξη κόπωσης (fatigue capacity) του μοντέλου του πλοίου.

### **Χρήση μεθόδων στατιστικού σχεδιασμού**

Οι προηγούμενοι κανόνες, οι οποίοι χρησιμοποιούνταν από τους νηογνώμονες βασίζονταν περισσότερο σε εμπειρικές μεθόδους. Από την άλλη πλευρά, οι CSR, συμπεριλαμβάνουν στατιστικές μεθόδους για τη μελέτη της αντοχής του πλοίου. Οι θεμελιώδεις έννοιες των δύο βασικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- Working Stress Design (WSD): Σε αυτήν την μέθοδο, χρησιμοποιείται μόνο ένας παράγοντας ασφαλείας για όλες τις καταστάσεις φόρτωσης, ώστε να καθοριστεί το επιτρεπόμενο όριο φόρτωσης. Στην πραγματικότητα, αυτό είναι που έχει εφαρμοστεί από τους κανόνες των μεμονωμένων νηογνώμων μέχρι τώρα. Στη συνέχεια πραγματοποιείται έλεγχος για να διασφαλιστεί ότι η τάση στο φορτίο είναι πάντα μικρότερη από την αντίσταση ή την αντοχή της κατασκευής. Αυτή η μέθοδος είναι επίσης γνωστή ως Allowable Stress Design (ASD).
- Partial Safety Factor (PSF): Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή ως Load and Resistance Design Method (LRFD). Αυτός είναι ένας προηγμένος τρόπος μοντελοποίησης των φορτίων και της αντοχής της δομής του πλοίου. Στη μέθοδο LRFD, βελτιώνεται πραγματικά η WSD και γίνεται πιο ρεαλιστική. Σε πρακτικές συνθήκες, η αντοχή ολόκληρης της γάστρας δεν είναι ομοιόμορφη παρόλο που το υλικό είναι ίδιο. Ο λόγος μπορεί να είναι τα αποτελέσματα των τάσεων συγκόλλησης κ.λπ. που μειώνουν την εγγενή αντοχή του υλικού. Επίσης η διακύμανση σε αυτές της ιδιότητες είναι αβέβαιη. Έτσι η αντοχή του πλοίου εκφράζεται στην πραγματικότητα ως κατανομή πιθανότητας. Παρόμοια με εκείνα της αντοχής, όλα τα πιθανά φορτία (που περιλαμβάνουν

στατικά, δυναμικά, κόπωση κ.λπ.) έχουν δικές τους συχνότητες εμφάνισης. Αυτές οι συχνότητες και η επίδραση κάθε φορτίου στο πλοίο είναι διαφορετική. Ως εκ τούτου, ο συντελεστής ασφάλειας που λαμβάνεται υπόψη για κάθε φορτίο είναι διαφορετικός. Έτσι με άλλα λόγια, προσθέτουμε μερικούς παράγοντες σε κάθε φορτίο και την αντίσταση του πλοίου, αντί να αποδίδουμε έναν μόνο παράγοντα ασφαλείας σε όλα τα φορτία. Και κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού, ελέγχεται ότι το συσσωρευτικό σύνολο όλων των φορτίων πρέπει να είναι μικρότερο από συσσωρευτικό σύνολο της αντοχής ή της αντίστασης του πλοίου.

### **Λεπτομερής ανάλυση για διάφορα μοτίβα φόρτωσης**

Αυτή είναι μία άλλη πτυχή που δεν εξετάστηκε στους μεμονωμένους νηογνώμονες. Δεδομένου του ότι οι κανονισμοί CSR έχουν επικεντρωθεί σε δύο ήδη πλοίων, έχουν δώσει το χρόνο και το εύρος για τον καθορισμό των επιτρεπόμενων ορίων φόρτωσης και τύπους για τον καθορισμό των διαστάσεων, ανάλογα με το πιθανό μοτίβο φόρτωσης που μπορεί να είναι δυνατό σε bulk carriers και tankers των διαμορφώσεων των δεξαμενών και των holds. Αυτό, περιλαμβάνει επίσης περιλαμβάνει πιθανούς συνδυασμούς για εναλλακτική hold loading σε περίπτωση bulk carrier.

### **Καμπύλες hold mass**

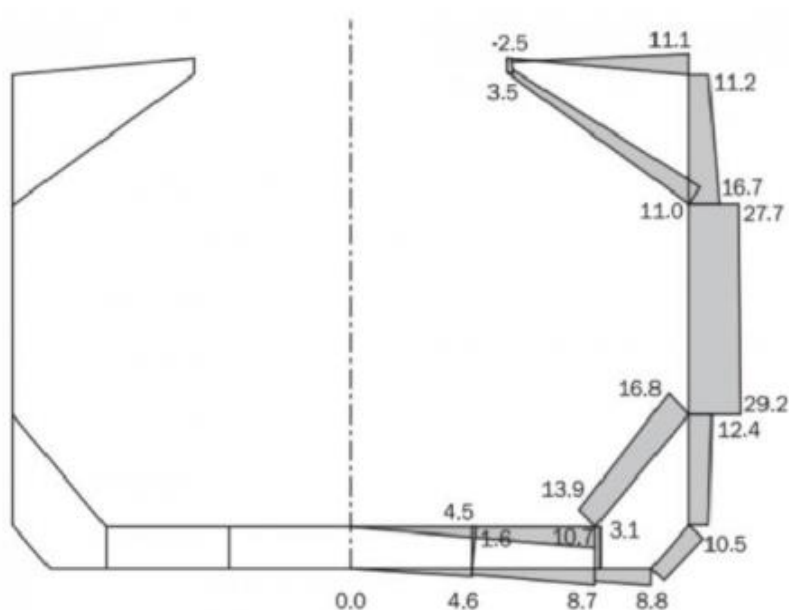
Ένα άλλο από τα νέα χαρακτηριστικά του IACS είναι οι καμπύλες hold mass. Αυτές οι καμπύλες, δημιουργούνται σε διάφορες συνθήκες όπως sea going και harbor. Οι καμπύλες αυτές είναι χρήσιμες για τον ποσοτικό προσδιορισμό: Τα μέγιστα και ελάχιστα όρια φορτίου που μπορούν να φορτωθούν σε ένα συγκεκριμένο hold, ανάλογα με τα βυθίσματα (draft conditions). Η μέγιστη και η ελάχιστη μάζα φορτίου σε οποιαδήποτε παρακείμενη δεξαμενή φορτίου ανάλογα με τις συνθήκες βυθίσματος.

### **Hull girder residual strength**

Η αντοχή της γάστρας αναλύεται για τη μέγιστη χωρητικότητα, yield capacity, μέγιστη ultimate capacity. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό σε αυτούς τους κανόνες είναι η εκτίμηση της αντοχής της γάστρας σε περίπτωση βλάβης σε οποιοδήποτε σημείο του πλοίου. Η ροπή κάμψης στη γάστρα σε διάφορες πιθανές συνθήκες βλάβης πρέπει να είναι τέτοια ώστε η αντίστοιχη τάση κάμψης σε συνδυασμό με άλλα φορτία, να μην υπερβαίνει τη residual strength της γάστρας. Έτσι έχουν αντιμετωπιστεί διάφορες περιπτώσεις βλαβών για την ανάλυση διάφορων συνθηκών και φτάνουν στην απαιτούμενη αντοχή της γάστρας για να αποφευχθεί η αστοχία σε όλες τις περιπτώσεις.

## Υπολογισμός ροής διάτμησης (shear flow)

Όταν η γάστρα υποβάλλεται σε διαμήκη ροπή κάμψης, δημιουργούνται επίσης διατμητικές τάσεις σε κάθε τμήμα της. Η διαμήκης τάση κάμψης λειτουργεί ως παράμετρος για τις διαστάσεις των δομικών διαμηκών μελών, ενώ η διατμητική τάση σε κάθε τμήμα καθορίζει τις διαστάσεις των εγκάρσιων ενισχυτικών μελών σε κάθε τμήμα. Στους προηγούμενους κανονισμούς των μεμονωμένων νηογνωμόνων, ήταν δυνατή η αξιολόγηση των διατμητικών τάσεων. Όμως η κατεύθυνση της ροής της διάτμησης δεν εξεταζόταν λεπτομερώς, κάτι το οποίο έχει τηρηθεί στους νέους κανονισμούς. Η διατμητική ροή κατά μήκος μεμονωμένων εγκάρσιων δομικών μελών μπορεί να υπολογιστεί και να προστεθεί ώστε να ληφθεί το διάγραμμα καθαρής (net) διάτμησης σε κάθε τμήμα του πλοίου.



Εικόνα 10: Διάγραμμα ροής διάτμησης

## 2.5. Harmonised Common Structural Rules (IACS CSR-H)

Ήδη από το 2006, μετά την εισαγωγή των CSR-BC και CSR-OT, ο IACS στόχευσε στην εναρμόνιση των δύο σετ κανονισμών ώστε η σχεδίαση να γίνεται επί κοινών αρχών, μεθοδολογιών και κριτηρίων και για τους δύο τύπους πλοίων. Έτσι ξεκίνησε η ανάπτυξη των Harmonised Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers (CSR-H). Ένας βασικός στόχος του έργου, ήταν η επίτευξη πλήρους συμμόρφωσης των νέων CSR-H με τα Goal Based Standards (GBS) του IMO. Κατά τα άλλα οι νέοι CSR-H προτιμήθηκε να είναι κατά το δυνατόν ισάξιοι με τους παλαιότερους.

Ουσιαστικά, η ιδέα της ανάπτυξης των GBS είχε να κάνει με την επιθυμία του IMO να έχει μεγαλύτερη επιρροή στον τρόπο που διαμορφώνονται οι κανονισμοί και τα πρότυπα σύμφωνα με τα οποία κατασκευάζονται τα νεότευκτα πλοία. Ο IMO δεσμεύθηκε να αναπτύξει πρότυπα που θα ευνοούν την καινοτομία και θα διασφαλίζουν ότι πλοία με την ενδεικνύομενη συντήρηση θα παραμένουν ασφαλή καθ' όλη την διάρκεια της ζωής τους. Στα τέλη του 2002 η Maritime Safety Committee (MSC) (Horn, 2013) του IMO ξεκίνησε εργασίες για τη σύσταση των GBS που θα αποτελούσαν, πρακτικά, «κανονισμούς για τους κανονισμούς» και θα περιλάμβαναν τις βασικές απαιτήσεις για ένα ασφαλές και καθαρό πλοίο και τους τρόπους με τους οποίους θα γινόταν η εξακρίβωση της συμμόρφωσης των κανονισμών όπως οι CSR-H.

## 2.6. Βασικές απαιτήσεις των CSR-H

Οι Common Structural Rules αποτελούν ένα ιδιαίτερο πλαίσιο κανονισμών σε σύγκριση με προγενέστερους και ένας από τους λόγους είναι η ενιαία μεθοδολογία για τη μελέτη των διάφορων φαινομένων που παρουσιάζονται στη μεταλλική κατασκευή ενός πλοίου. Σε κάθε περίπτωση, φορτίσεις υπολογίζονται από τον συνδυασμό της κατάστασης φόρτωσης και της επίδρασης του θαλάσσιου περιβάλλοντος και η απόκριση της κατασκευής από τις μηχανικές της ιδιότητες. Αυτή η ενιαία μεθοδολογία, καθιστά αδύνατη την αξιοποίηση κάποιου μεμονωμένου κριτηρίου ή εξέτασης χωρίς να έχει πραγματοποιηθεί μια εκτενής ανάλυση όλων των σχετικών παραμέτρων.

Η δομή των κατασκευαστικών κανόνων δίνεται περιληπτικά στον παρακάτω πίνακα. Στη συνέχεια, θα γίνει περιγραφή των επί μέρους κεφαλαίων που αξιοποιήθηκαν για την παρούσα μελέτη.

### Part 1: General Hull Requirements

- Chapter 1: Rule General Principles
- Chapter 2: General Arrangement Design
- Chapter 3: Structural Design Principles
- Chapter 4: Loads
- Chapter 5: Hull Girder Strength
- Chapter 6: Hull Local Scantling
- Chapter 7: Direct Strength Analysis
- Chapter 8: Buckling
- Chapter 9: Fatigue
- Chapter 10: Other Structures
- Chapter 11: Superstructure, Deckhouses and Hull Outfitting
- Chapter 12: Construction

- Chapter 13: Ship in Operation - Renewal Criteria

## Part 2: Ship Types

- Chapter 1: Bulk Carriers
- Chapter 2: Oil Tankers



## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### Πρόγραμμα Mars2000

#### 3.1. Λογισμικό σχεδίασης Mars2000

Το λογισμικό Mars2000 έχει σχεδιαστεί και χρησιμοποιείται από τον γαλλικό νηογνώμονα Bureau Veritas σύμφωνα με τους κανονισμούς CSR(H) που ανακοινώνει ο IACS. Με την χρήση αυτού του προγράμματος, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εξάγει υπολογισμούς αντοχής για ελάσματα και ενισχυτικά οποιασδήποτε εγκάρσιας διατομής του πλοίου που επιθυμεί. Ακόμη επιτρέπει τον έλεγχο αντοχής όλων των εγκάρσιων νομέων και φρακτών της κατασκευής, για τα οποία μπορεί να υπολογίσει :

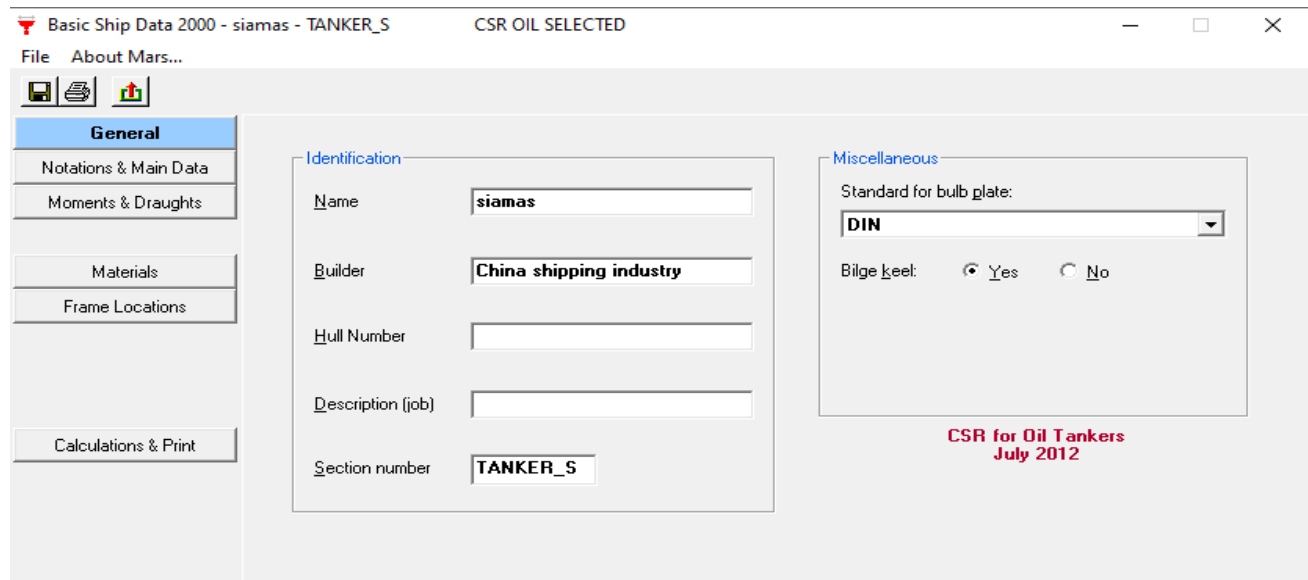
- a. Τις γεωμετρικές τους ιδιότητες (εμβαδό επιφανειών, ροπές αδράνειας και ροπές αντίστασης),
- b. Τα κριτήρια αντοχής της γάστρας του πλοίου,
- c. Τη μέγιστη τιμή καμπτικής ροπής που μπορεί να παραλάβει η διατομή,
- d. Το είδος, το μέγεθος και την ισαπόσταση ενισχυτικών με παράλληλο έλεγχο στα όρια διαρροής, λυγισμού και στις ελάχιστες απαιτήσεις για τα πάχη τους.

Με το πρόγραμμα Mars2000 μπορούμε να λάβουμε αποτελέσματα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα επεξεργασίας, έχοντας παράλληλα ένα επίπεδο ακρίβειας πολύ ικανοποιητικό.

Στην περίπτωσή μας για να προσδιορίσουμε τη μέγιστη αντοχή σε διαμήκη κάμψη πρέπει να εισάγουμε όλες τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες της μέσης τομής του πλοίου μας. Συγκεκριμένα δημιουργούμε στο παράρτημα του BSD (Basic Ship Data – Introduction Shell) μία βάση δεδομένων με τα χαρακτηριστικά του δικού μας πλοίου, εισάγοντας σε αυτή τις κύριες διαστάσεις του, τα υλικά κατασκευής και τα όρια φόρτισης που δίνει το κατασκευαστικό σχέδιο. Στο παράρτημα MarsIn σχεδιάζουμε την μορφή της μισής μέσης τομής σύμφωνα με το σχέδιο του πλοίου μας και ακολουθεί η εισαγωγή των υλικών κατασκευής, των τύπων των ενισχυτικών και της ισαπόστασης τους κατά το εγκάρσιο επίπεδο καθώς εισάγουμε και την ισαπόσταση των νομέων κατά το διάμηκες επίπεδο.

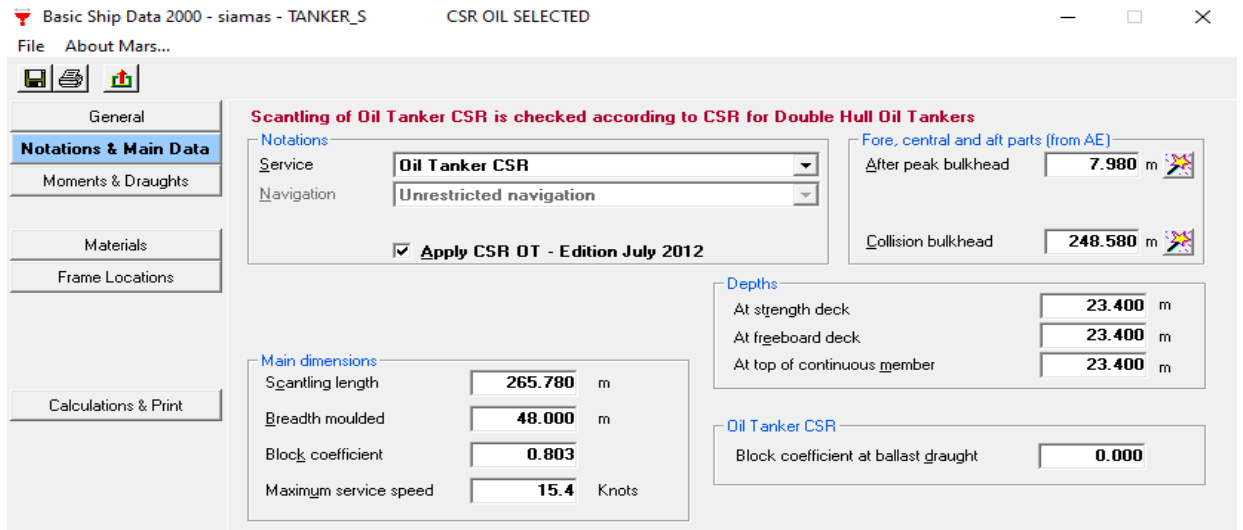
### 3.2. Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα Mars2000

Αρχικά, πατώντας το basic ship data, θα εισάγουμε τις κύριες διαστάσεις του πλοίου μας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



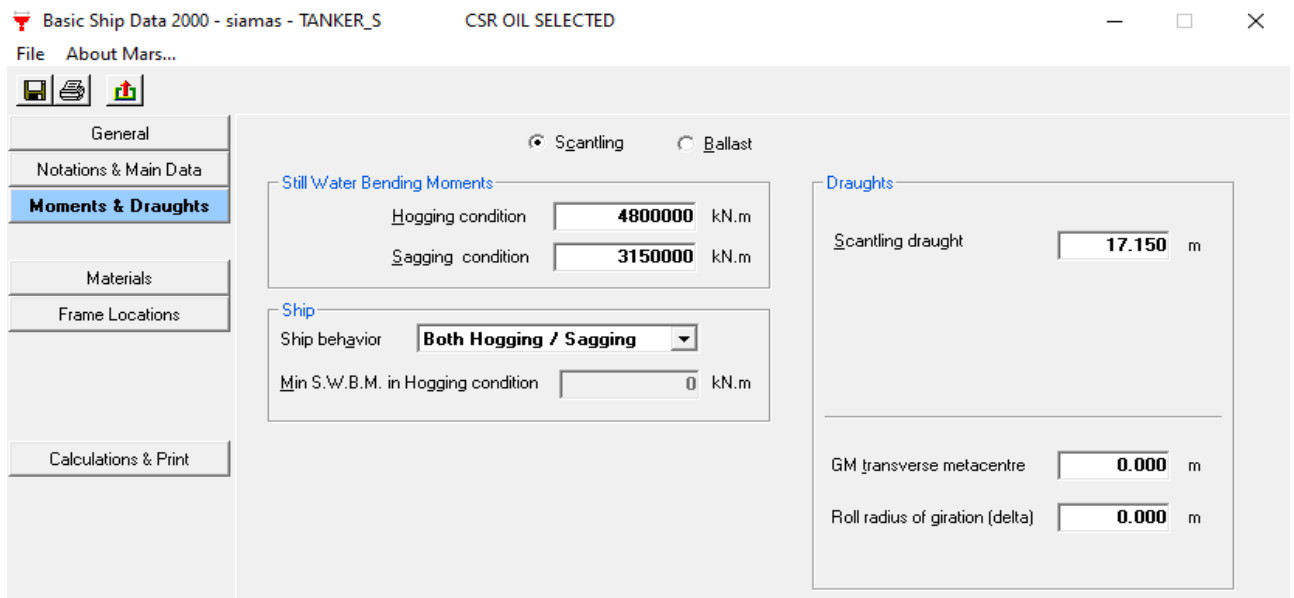
Εικόνα 11: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars - General ship data

Στην δεύτερη καρτέλα, Notations and main data, συμπληρώνουμε τις βασικές διαστάσεις του πλοίου, μήκος (scantling length), πλάτος σχεδίασης (breadth moulded), συντελεστή γάστρας (block coefficient), ταχύτητα σχεδίασης (maximum service speed), απόσταση φρακτής σύγκρουσης (collision bulkhead), βύθισμα (depth). Τα στοιχεία φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



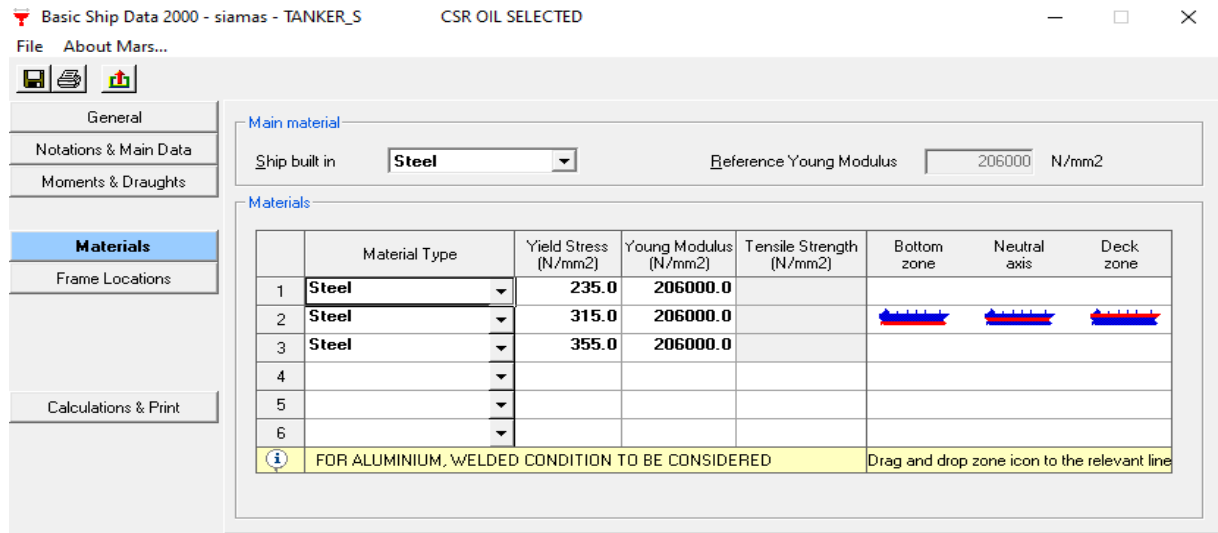
Εικόνα 12: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars – Notations and main data

Στην τρίτη καρτέλα, Moments and Draughts, συμπληρώνουμε την ροπή σε ήρεμο νερό για hogging και sagging condition (still water bending moments) και το βύθισμα σχεδίασης (scantling draught), όπως φαίνεται παρακάτω:



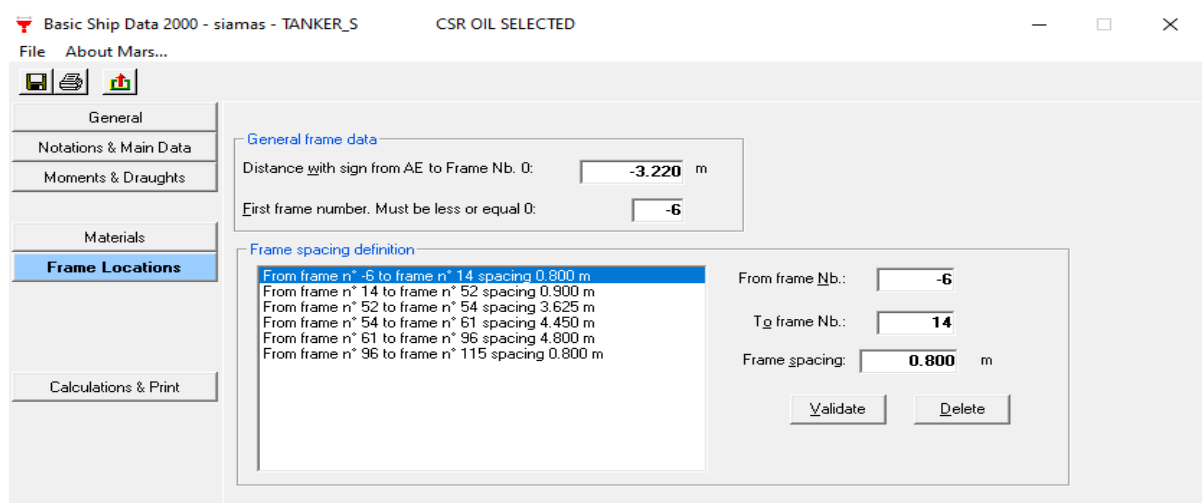
Εικόνα 13: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars – Moments and Draughts

Στην τέταρτη καρτέλα, Materials, εισάγουμε το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του πλοίου, δηλαδή ο χάλυβας, και στην συνέχεια ορίζουμε την κατηγορία του χάλυβα που χρησιμοποιήθηκε στο κατάστρωμα, στον ουδέτερο άξονα και στον πυθμένα του πλοίου. Σε όλο το πλοίο χρησιμοποιήθηκε χάλυβας υψηλής αντοχής AH32 και DH32.



Εικόνα 14: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars – Materials

Στην πέμπτη καρτέλα, Frame Locations, συμπληρώνουμε την απόσταση της πρυμναίας καθέτου από το -6 και τις ισαποστάσεις των νομέων (Frame spacing definition).



Εικόνα 15: Εισαγωγή στοιχείων στο Mars – Frame Locations

Στην συνέχεια, για να δημιουργήσουμε την μέση τομή του πλοίου μας, θα πατήσουμε το « create section » και έπειτα θα εισάγουμε τα βασικά στοιχεία της μέσης τομής όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες:

**Main Section Data**

Main | SW | Fatigue | Wave | Harbour condns. | Flooding

**Name Location Dimensions**

Name: AAAA

Longitudinal Location (from AE): 135.000 m

Breadth moulded: 48.000 m

Depth moulded: 23.400 m

Depth at top of continuous member: 23.400 m

**Materials**

ST235 in neutral axis Extension heights:

ST315 in deck 0.000 m

ST315 in bottom 0.000 m

Input of: Half section Default (BSD)

Ok Cancel

Εικόνα 16: Main Data - Main

Μόλις εμφανιστεί αυτή η καρτέλα, θα επιλέξουμε την εντολή « Default (BSD) » έτσι ώστε να συμπληρωθεί αυτόματα ο πίνακας με τα βασικά στοιχεία του πλοίου που είχαμε συμπληρώσει στην ενότητα Basic Ship Data.

### Main Section Data

Main	SW	Fatigue	Wave	Harbour conds.	Flooding
------	----	---------	------	----------------	----------


Bending	
Weld configuration	
<input type="radio"/> Grind welds	<input checked="" type="radio"/> Other cases
Lambda	<input type="text" value="2.15"/>
Mean weld toe angle	<input type="text" value="45.00"/> deg
Still Water Bending Moments (SWBM) at X	
Full load	<input type="text" value="0"/> kN.m <input type="radio"/> Hogging <input checked="" type="radio"/> Sagging
Ballast	<input type="text" value="0"/> kN.m <input type="radio"/> Hogging <input checked="" type="radio"/> Sagging

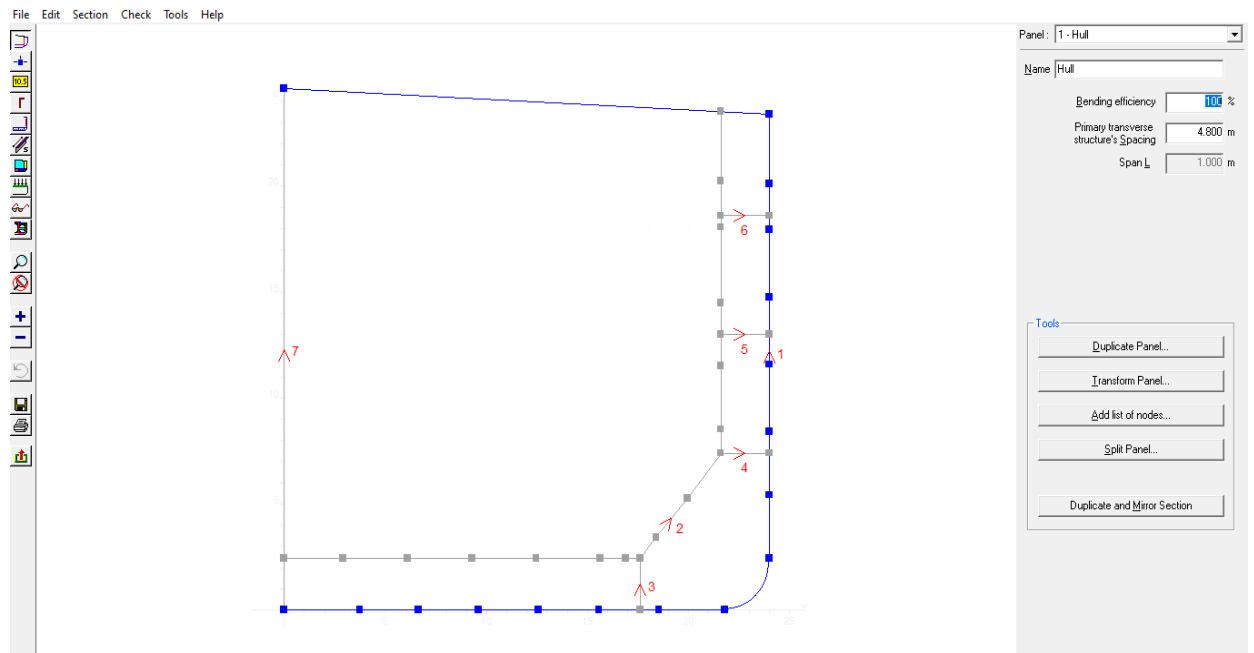
  

Ok	Cancel
----	--------


Εικόνα 17: Main Data - Fatigue

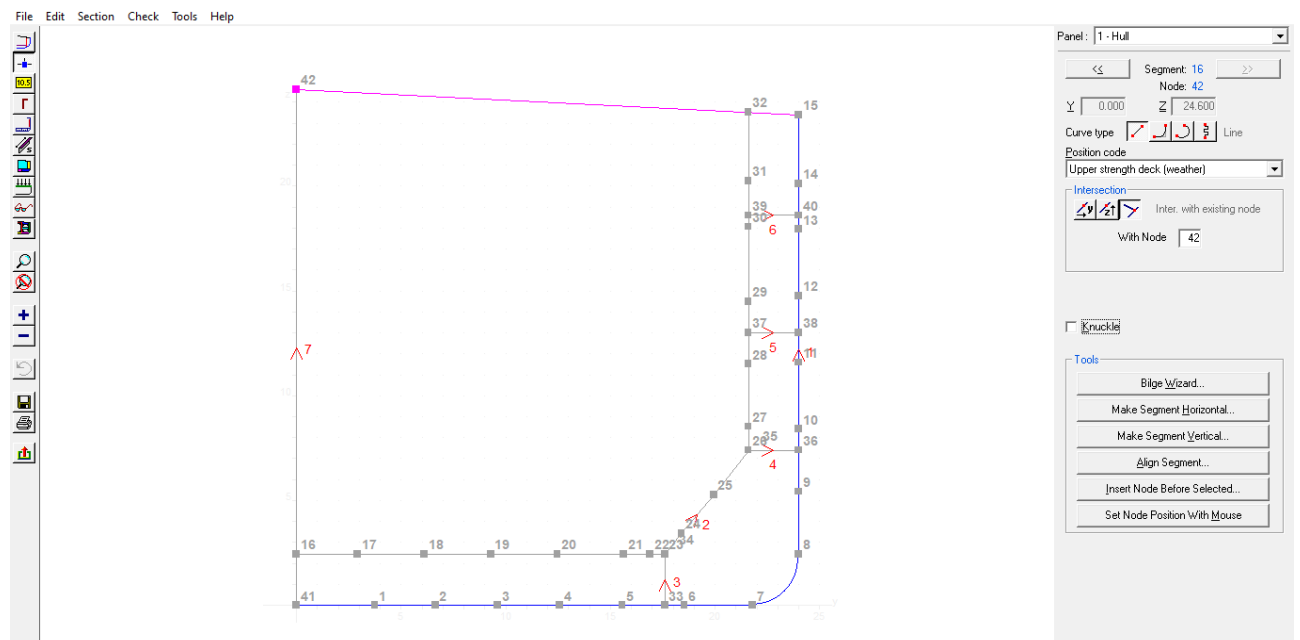
Έχοντας συμπληρώσει τους παραπάνω πίνακες, θα δημιουργήσουμε την μέση τομή σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που μας δίνετε στα σχέδια του πλοίου.

Αρχικά θα πρέπει να δημιουργήσουμε τα ελάσματα όλης της τομής μας μέσω της εντολής « panels  », όπως φαίνεται παρακάτω:




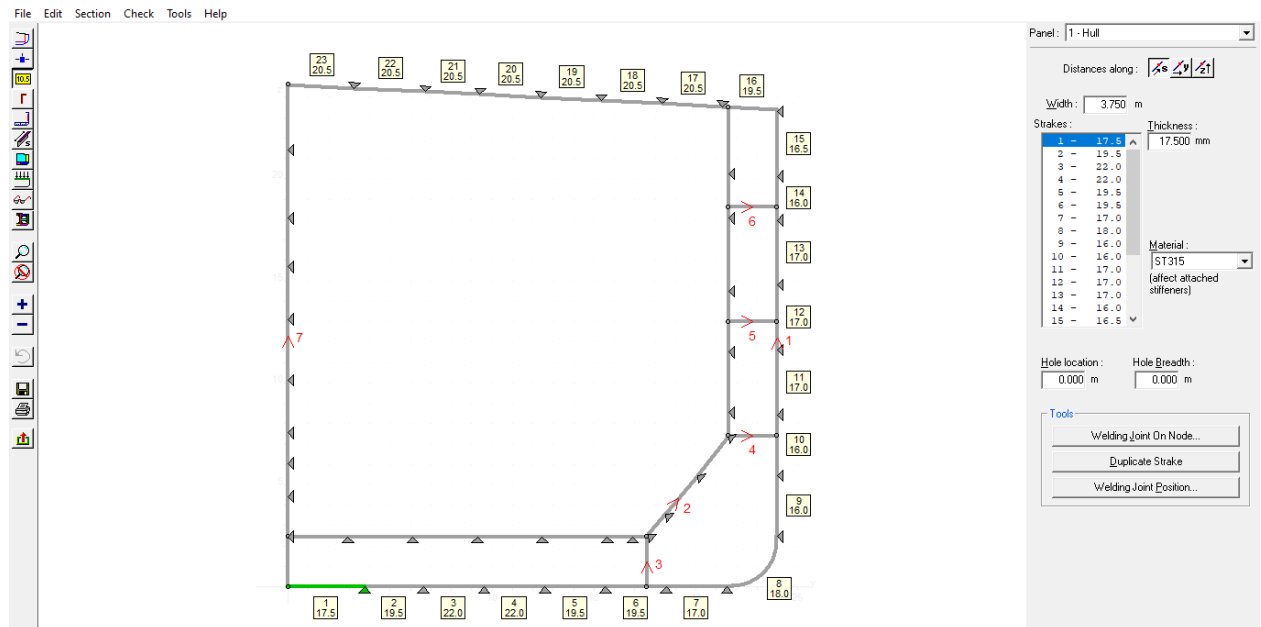
Εικόνα 18: Δημιουργία ελασμάτων (panels)

Στην συνέχεια, θα δημιουργήσουμε τα σημεία των ελασμάτων με την εντολή « nodes  », δίνοντας τις συντεταγμένες των σημείων (y, z), έχοντας ως σημείο αναφοράς το (0,0).




Εικόνα 19: Δημιουργία σημείων (nodes)

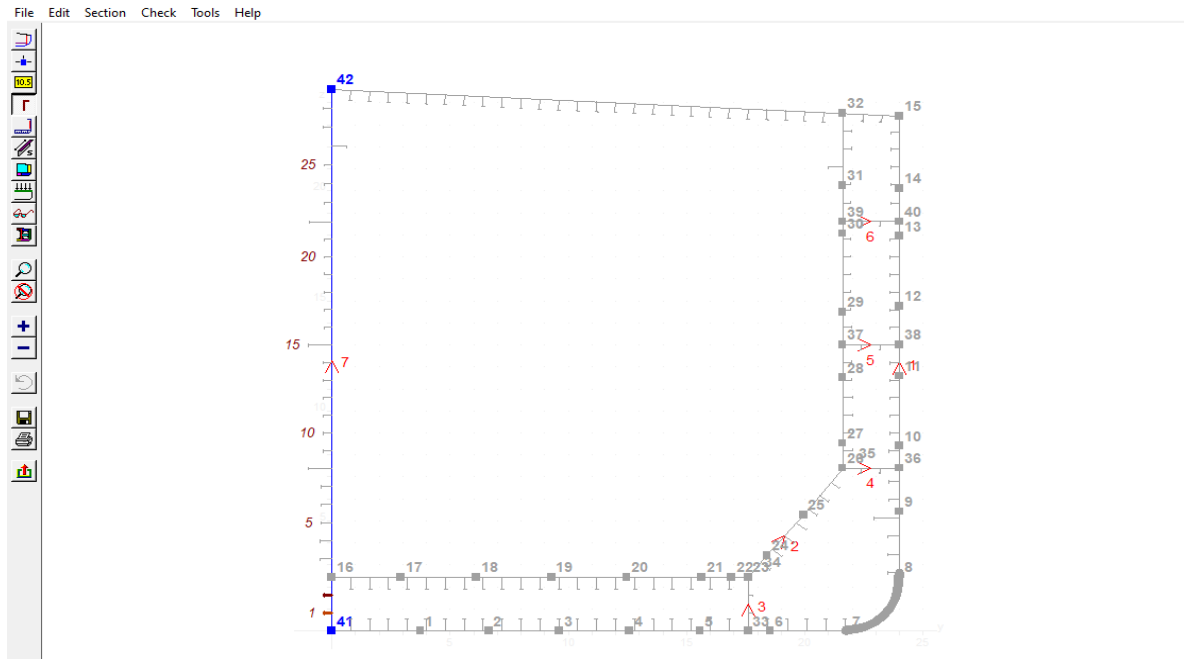
Ολοκληρώνοντας την διαδικασία δημιουργίας ελασμάτων, θα πρέπει να εισάγουμε τα μήκη και τα πάχη αυτών όπως ακριβώς αναγράφονται στο σχέδιο της μέσης τομής του πλοίου μας, μέσω της εντολής « strakes  ».



Εικόνα 20: Δημιουργία ελασμάτων (strakes)

Έπειτα, πρέπει να τοποθετήσουμε τα διαμήκη ενισχυτικά χρησιμοποιώντας την εντολή « longitudinal stiffeners  »». Πηγαίνοντας στο κάθε έλασμα ξεχωριστά, εισάγουμε την κάθε "ομάδα" ενισχυτικών συμπληρώνοντας τις ισαποστάσεις τους, το πλήθος τους, την κατεύθυνσή τους, τον τύπο τους και τις διαστάσεις του ( φλάτζας και κορμού) όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες:





Εικόνα 21: Δημιουργία ενισχυτικών (longitudinal stiffeners)

Panel: 7 - CL bulkhead

Start: 0.815    Along:  $\begin{matrix} \rightarrow x \\ \rightarrow y \\ \rightarrow z \end{matrix}$

Spacing: 0.815     from node: 41  
 from previous stiffener

Number: 2

Direction:  $\begin{matrix} \rightarrow x \\ \rightarrow y \\ \rightarrow z \end{matrix}$     Side:  $\begin{matrix} \rightarrow x \\ \rightarrow y \\ \rightarrow z \end{matrix}$     Flange direction:  $\begin{matrix} \rightarrow x \\ \rightarrow y \\ \rightarrow z \end{matrix}$

<< Group >>

1	1	T	300.0x10.5	120.0x20.0
2	3	T	500.0x10.5	150.0x25.0
4	4	T	500.0x10.5	150.0x23.0
5	5	T	450.0x10.0	150.0x23.0
6	6	T	450.0x10.0	150.0x20.0
7	7	T	450.0x10.0	150.0x20.0
8	8	T	990.0x11.0	150.0x16.0
3	9	T	360.0x10.0	150.0x20.0

Scantling | Special | Brackets

Type:  $\begin{matrix} | & \Gamma & \Gamma & T & \ddagger \end{matrix}$



Web (mm): 300.00 x 10.50

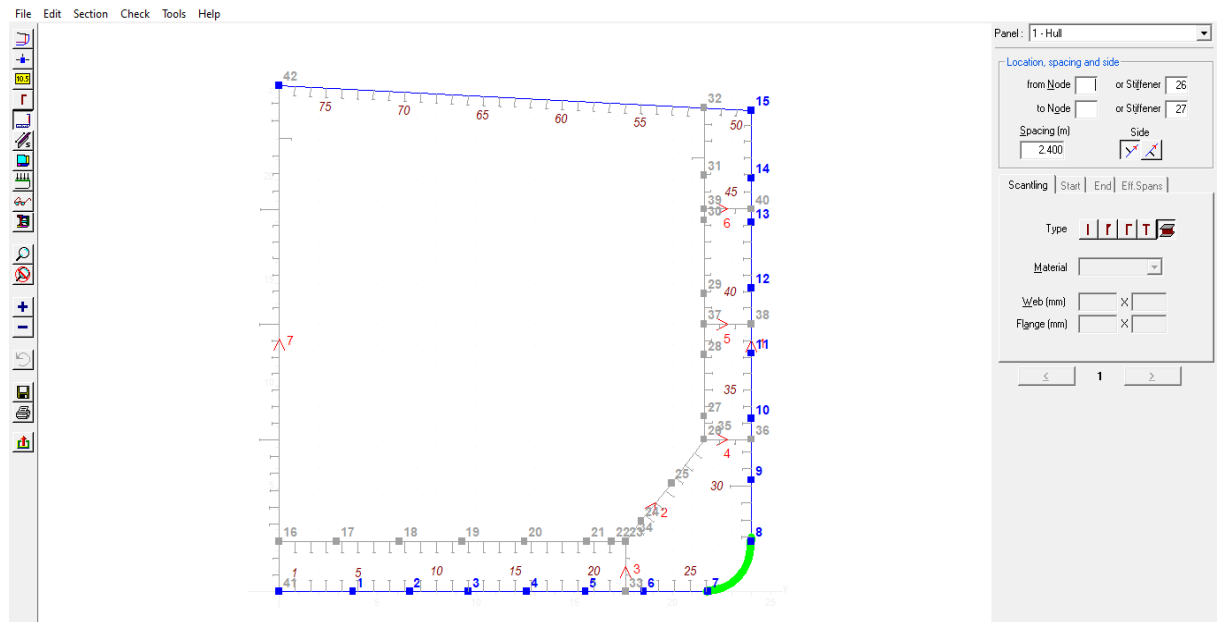
Flange (mm): 120.00 x 20.00

Annotations:

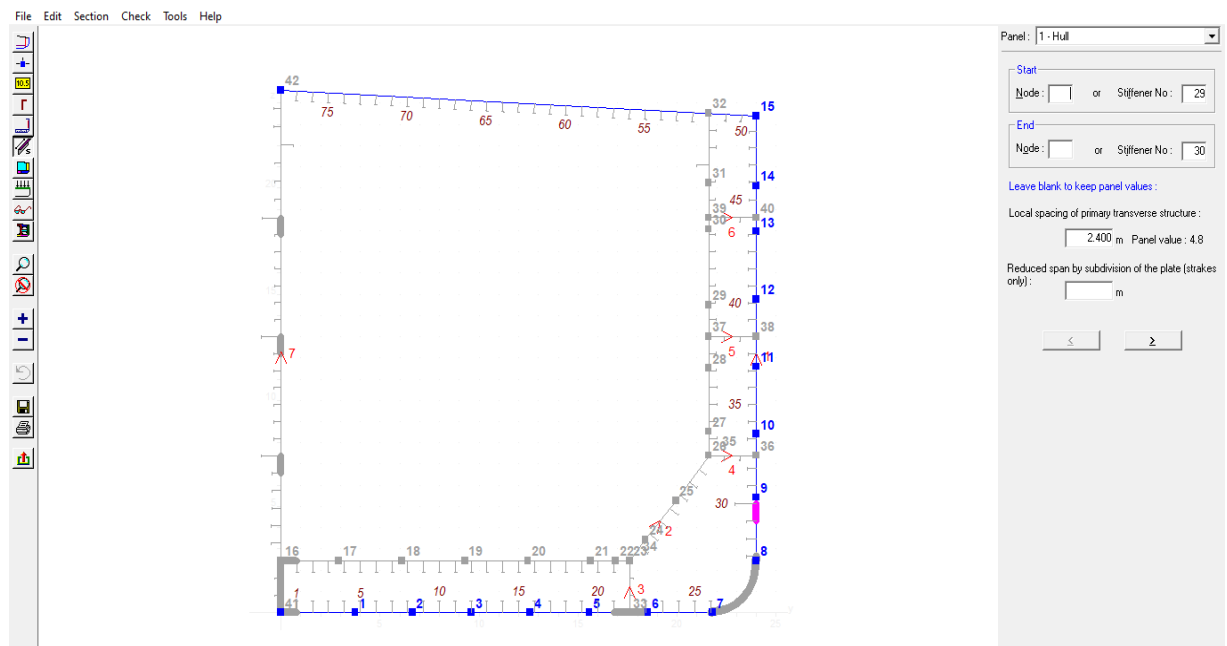
- Αρχικό σημείο (Start)
- αποστάσεις (Spacing)
- Αριθμός ενισχυτικών (Number)
- Διαστάσεις ενισχυτικού (Dimensions)
- Πλευρά ενισχυτικού (Side)
- Κατεύθυνση φλάτζας (Flange direction)
- Ομάδα ενισχυτικών (Group)
- Τύπος ενισχυτικού (Type)

Εικόνα 22: Εισαγωγή διαστάσεων


Επιπλέον, πρέπει να προσθέσουμε τα εγκάρσια ενισχυτικά « transverse stiffening  » και τα « special span zones  » στα σημεία ακριβώς που μας δείχνει το σχέδιο του πλοίου μας, τα οποία απεικονίζονται στις δύο παρακάτω εικόνες αντίστοιχα:

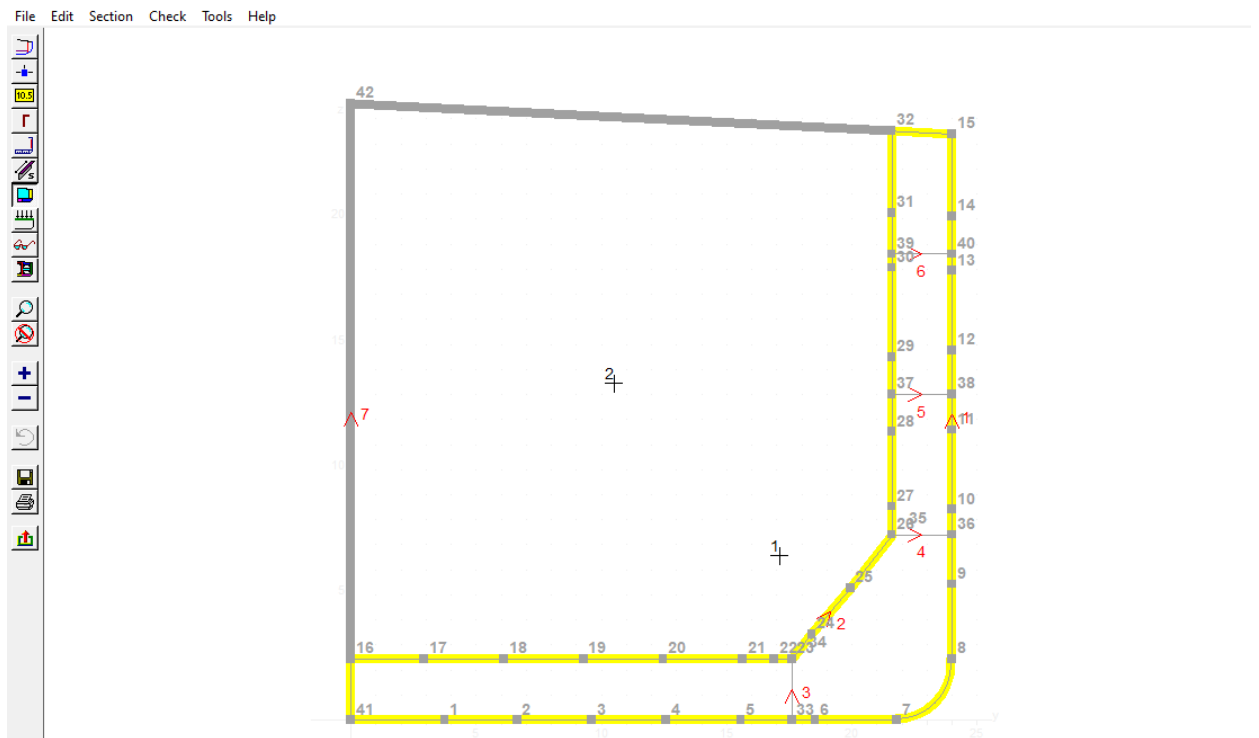


Εικόνα 23: Δημιουργία transverse stiffening

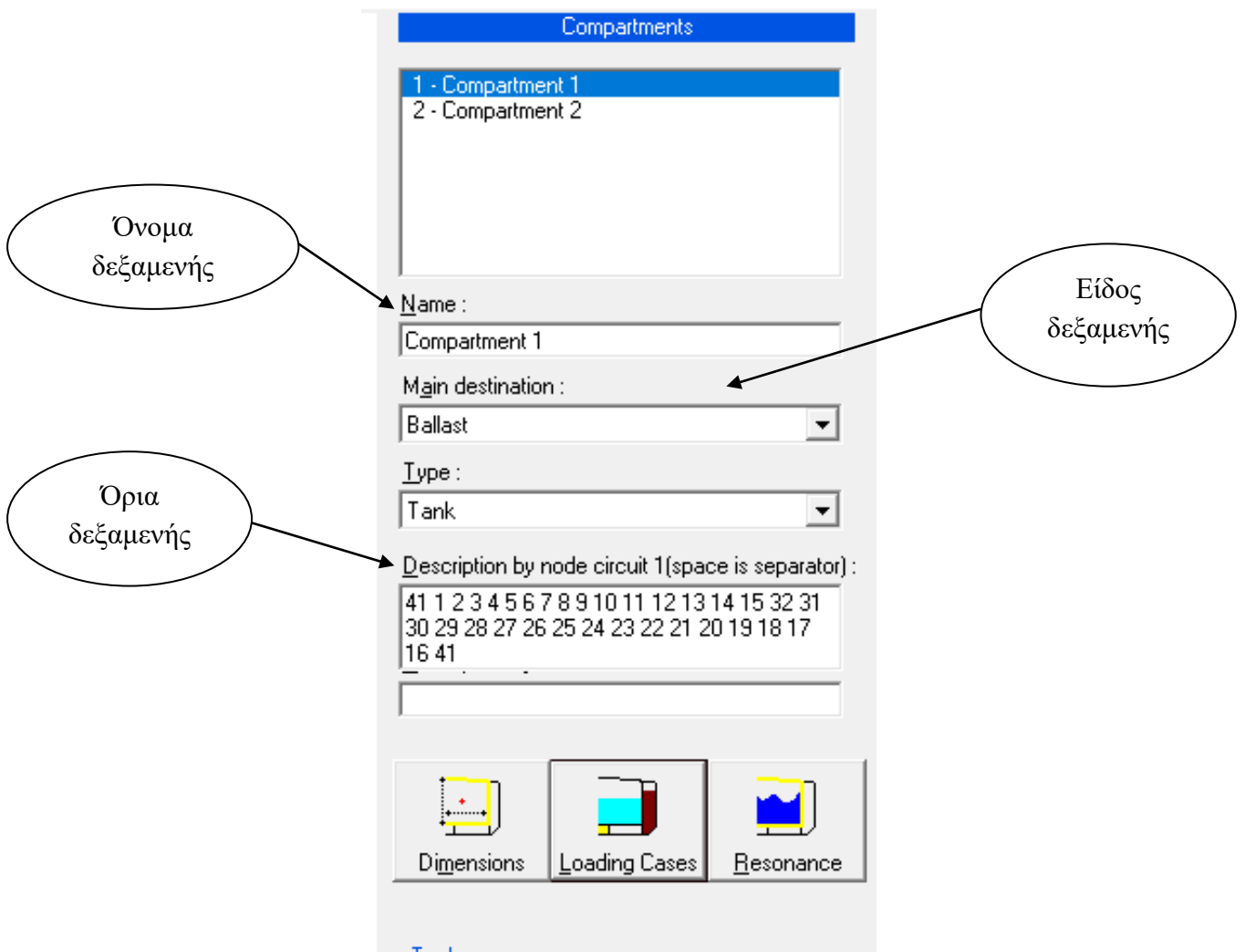


Εικόνα 24: Δημιουργία special span zones

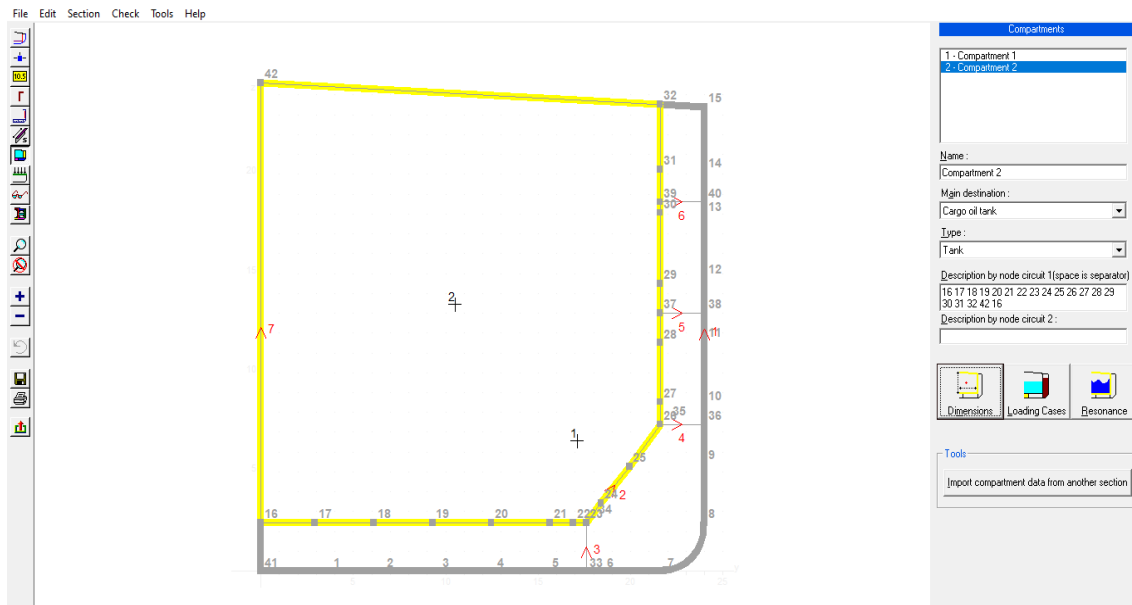
Αφού έχουμε προσθέσει όλα τα ελάσματα μας και τα ενισχυτικά του πλοίου μας σύμφωνα με το σχέδιο, θα πρέπει να ορίσουμε τις δεξαμενές μας και το είδος τις κάθε μίας. Επιλέγοντας την εντολή « compartments – loading cases  » θα ορίσουμε τα όρια τις κάθε δεξαμενής και τι τύπο φορτίου περιλαμβάνει.



Εικόνα 25: Δημιουργία δεξαμενών (compartment 1)



Εικόνα 26: Εισαγωγή στοιχείων δεξαμενής



Εικόνα 27: Δημιουργία δεξαμενών (compartment 2)

Αφού ορίσουμε τις δεξαμενές μας, στη συνέχεια θα δώσουμε τις διαστάσεις τις κάθε μίας επιλέγοντας την εντολή « dimensions » καθώς και τα φορτία που λαμβάνει η κάθε μία επιλέγοντας την εντολή « loading cases ».

Compartment 'Compartment 2' Dimensions

Length

Breadth

Height

✕ start from AE

✕g from AE

Do computations with user defined values:

Zmin/BL  Yg

Ztop/BL  Zg

Is there a hatch coaming in the compartment?  Yes  No

Half breadth of hatch coaming

Note: Top of hatch coaming is taken at Ztop/BL

Εικόνα 28: Εισαγωγή διαστάσεων

Compartment 'Compartment 2' Load

**Type**

Not loaded

Ballast

Liquid cargo

Liquid gas

Bulk

Bulk and Ballast

Spoil

Max. liquid density  (t/m3)    Density for fatigue

Top of overflow pipe  (m/BL)    Setting pressure  (bar)

Heating coils     Yes     No

Tank tested in dry dock

**Homogeneous**

Mh  (t)

Dmax  (t/m3)

Associated angle of repose  (deg)

DFull (Mh / Vh)  (t/m3)

Associated angle of repose  (deg)

**Alternate**

Mhd  (t)

Dmax  (t/m3)

Associated angle of repose  (deg)

Check with Dmin

Dmin [(Mhd + 01Mh) / Vh]  (t/m3)

Associated angle of repose  (deg)

Εικόνα 29: Εισαγωγή φορτίων

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Το πλοίο

#### 4.1. Περιγραφή εξεταζόμενου πλοίου Oil Tanker

Όπως έχουμε προαναφέρει, ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι ο έλεγχος διαστασιολόγησης της μέσης τομής του υπό μελέτη δεξαμενοπλοίου (*oil tanker*). Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά του πλοίου, καθώς και οι διαστάσεις του.

Τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη μας, παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα:

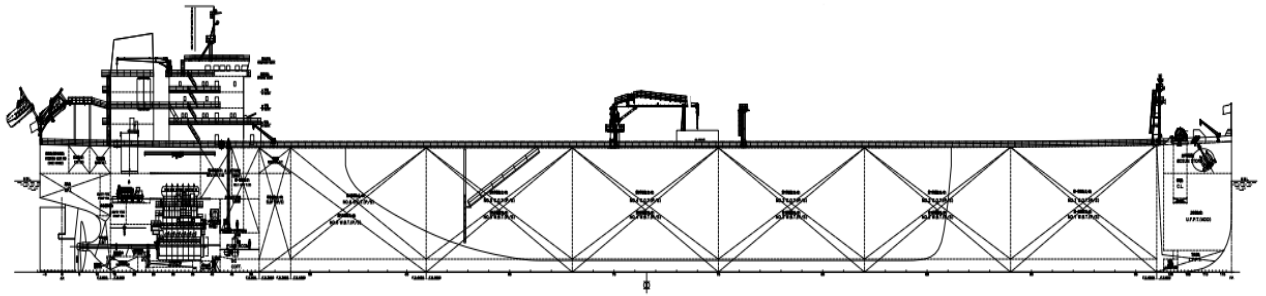
主要要素 PRINCIPAL PARTICULARS		
总长 LENGTH O.A.	LoA	abt. 274.00 m
垂线间长 LENGTH B.P.	LPP	269.00 m
结构船长 SCANTLING LENGTH	Ls	265.78 m
型宽 BREADTH MLD.	B	48.00 m
型深 DEPTH MLD.	D	23.40 m
设计吃水 DRAFT DESIGNED, MLD.	T <sub>D</sub>	16.00 m
结构吃水 DRAFT SCANTLING, MLD.	T <sub>sc</sub>	17.15 m
梁拱 CAMBER		1.20 m

Εικόνα 30: Κύριες Διαστάσεις

Όπως μπορούμε να δούμε και παραπάνω, πρόκειται για ένα δεξαμενόπλοιο Κινέζικης κατασκευής με deadweight 157.000 τόνων, συνολικού μήκος 247 μέτρων, πλάτους 48 μέτρων, ύψους 23,4 μέτρων, βυθίσματος 17,15 μέτρων και έχει υπηρεσιακή ταχύτητα 14,5 κόμβων.

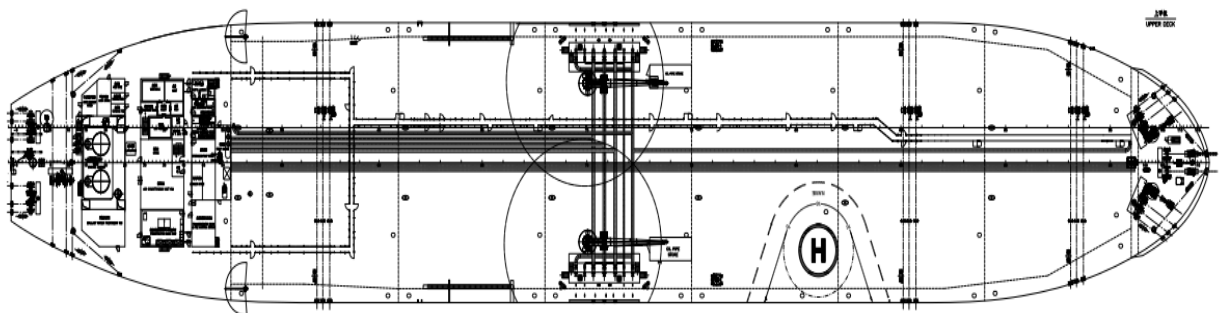
Οι όψεις του προς μελέτη πλοίου είναι οι εξής:

**Πλάγια όψη:**



Εικόνα 31: Πλάγια όψη

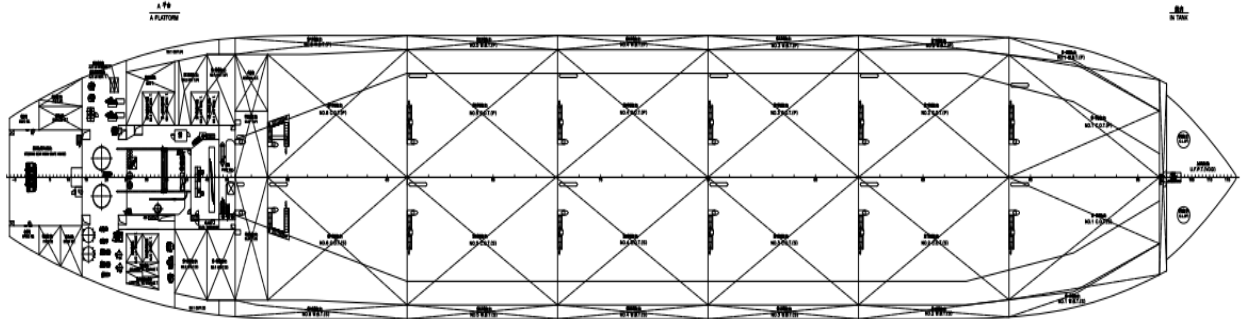
**Κάτοψη 1<sup>η</sup> (upper deck):**



Εικόνα 32: Κάτοψη

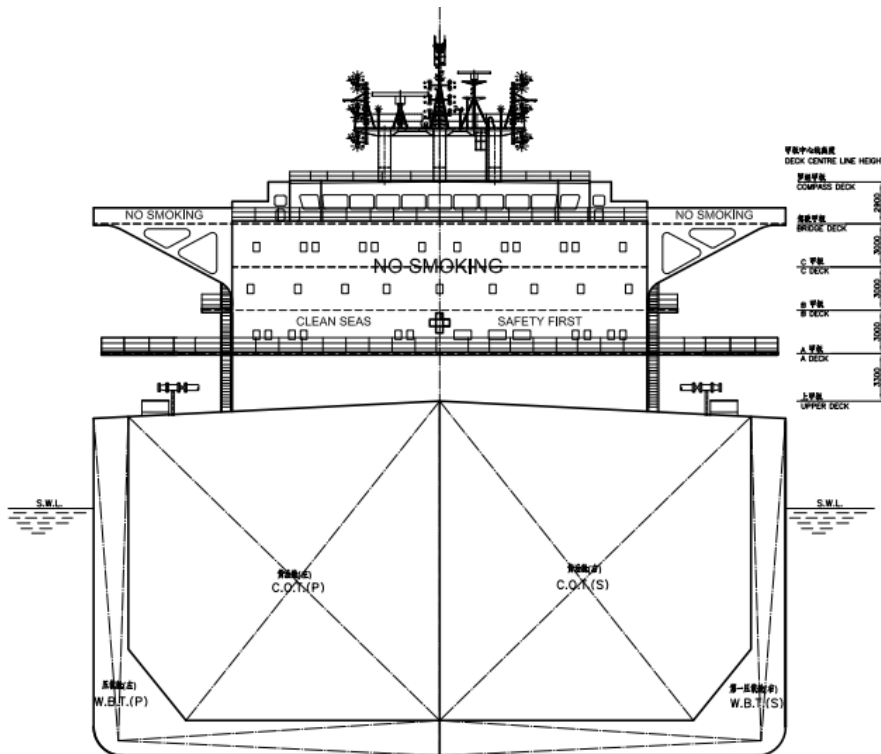


**Κάτοψη 2<sup>η</sup> (in tank):**



**Εικόνα 33: Κάτοψη**

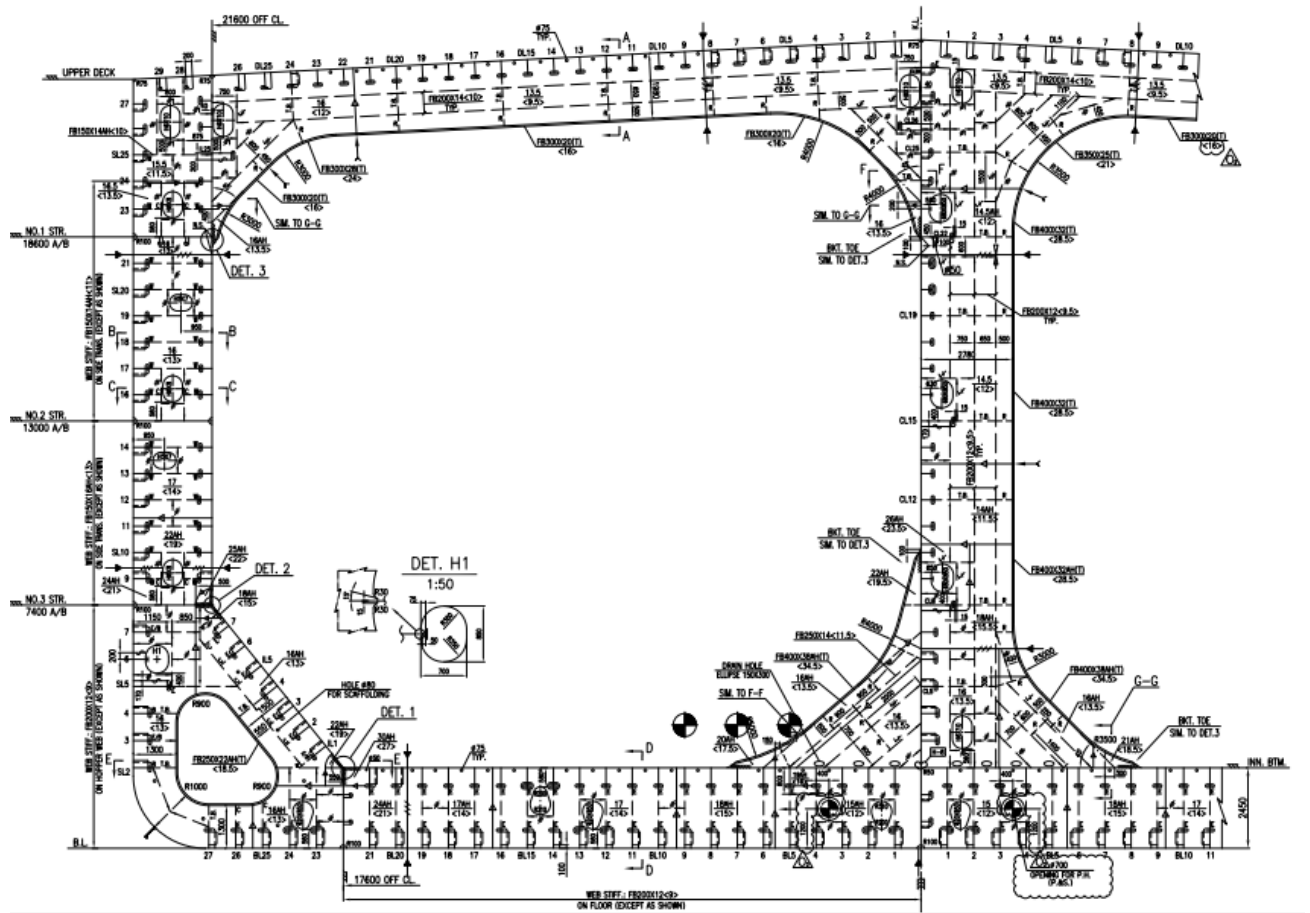
**Πρόσωση:**



**Εικόνα 34: Πρόσωση**

Παρακάτω φαίνεται η μέση τομή του πλοίου που μελετήθηκε στο λογισμικό πρόγραμμα MARS2000:

**Μέση τομή:**



Εικόνα 35: Μέση τομή

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### Αποτελέσματα του προγράμματος Mars2000

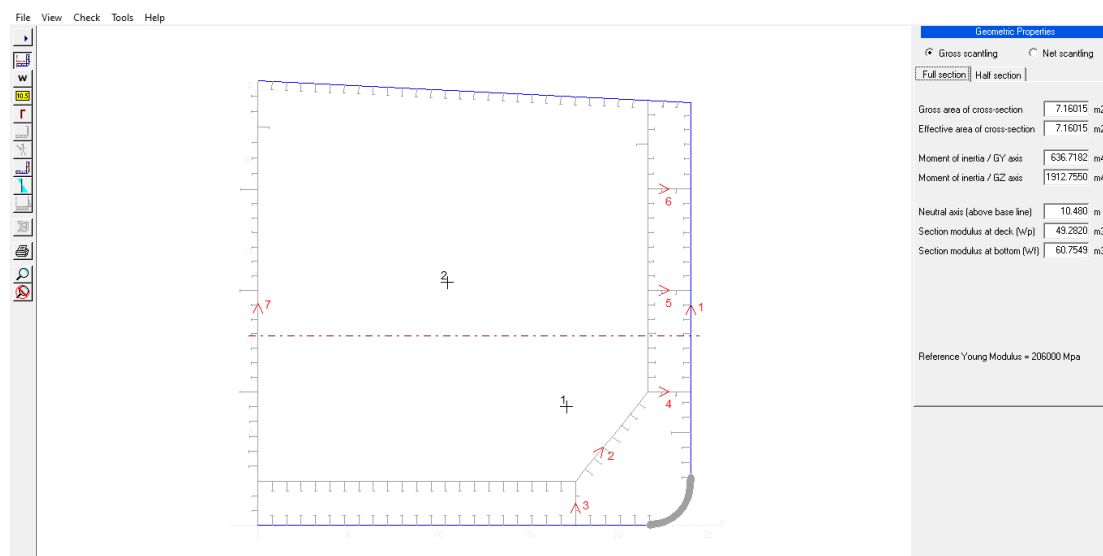
#### 5.1. Υπολογισμοί

Έχοντας καταγράψει όλα τα απαραίτητα στοιχεία, όπως μας δείχνει το σχέδιο του πλοίου μας, στο πρόγραμμα Mars2000 όπως είδαμε στο κεφάλαιο 4 της εργασίας, το πρόγραμμα θα μας κάνει τον έλεγχο αντοχής σύμφωνα με τους κανονισμούς CSR.


Για να κάνουμε τους υπολογισμούς, θα πρέπει να επιλέξουμε την εντολή « Rule



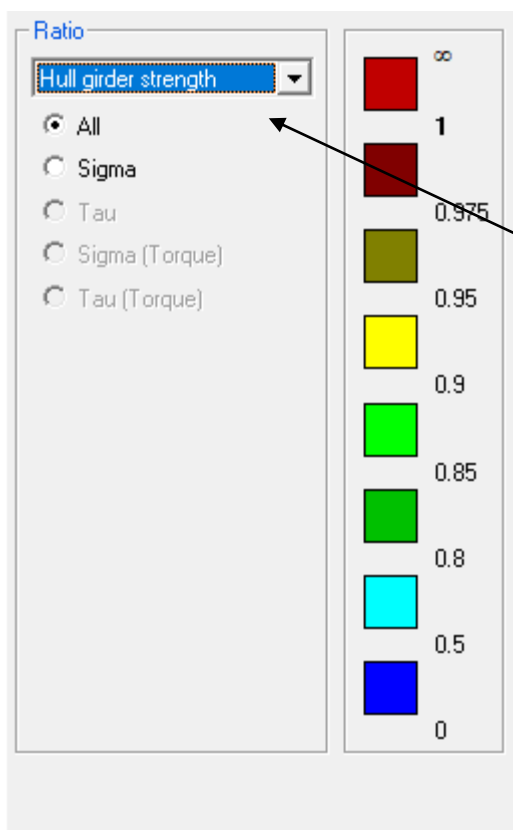
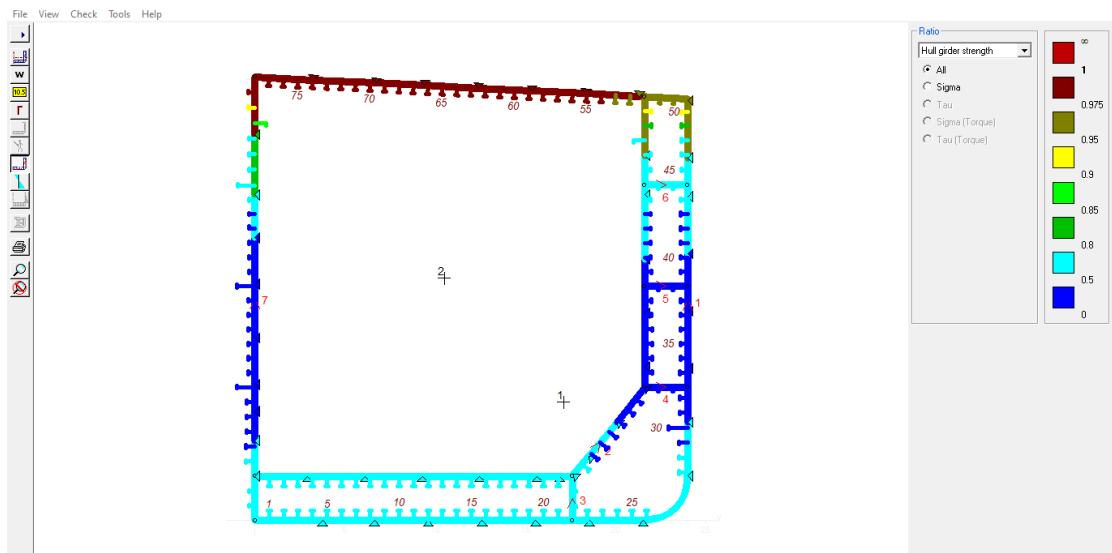
» βγάζοντάς μας στην παρακάτω σελίδα:



Εικόνα 36: Υπολογισμοί

Στην συνέχεια, για να δούμε τους υπολογισμούς μας θα πρέπει να επιλέξουμε την εντολή « Ratio  » που βρίσκεται στην δεξιά στήλη του προγράμματος.

Το πρόγραμμα Mars2000 μπορεί να μας υπολογίσει την αντοχή των ελασμάτων και των ενισχυτικών της μέσης τομής του πλοίου μας. Συνεπώς, επιλέγοντας την παραπάνω εντολή μας βγάζει στην εξής σελίδα:



Επιλογή εξέτασης της μέσης τομής

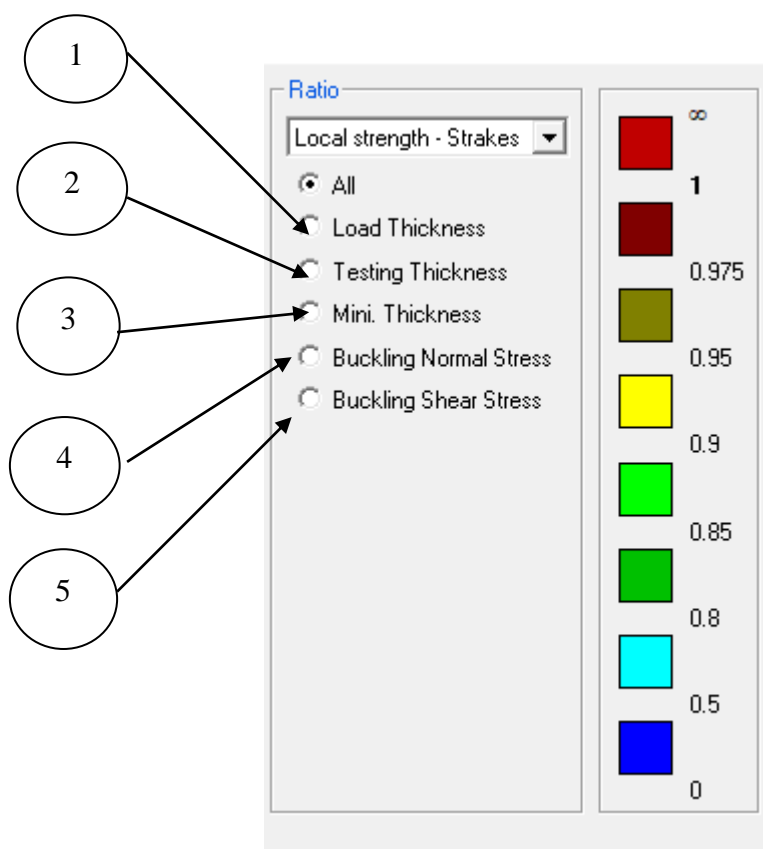
Βγάζοντας μας στη παραπάνω σελίδα, επιλέγουμε αν θέλουμε να εξετάσουμε ελάσματα ή ενισχυτικά.

## 5.2. Έλεγχος ελασμάτων

Αρχικά θα κάνουμε τον έλεγχο των ελασμάτων της μέσης τομής. Το πρόγραμμα έχει πέντε διαφορετικούς ελέγχους για τον έλεγχο των ελασμάτων οι οποίοι είναι:

1. Έλεγχος απαιτούμενου πάχους ελάσματος για φορτωμένη κατάσταση (Load Thickness)
2. Έλεγχος απαιτούμενου πάχους ελάσματος σε κατάσταση υδροστατικής δοκιμής (Testing Thickness)
3. Ελάχιστο πάχος ελάσματος (Minimum Thickness)
4. Τάση λόγω λυγισμού (Buckling Normal Stress)
5. Διατμητική τάση λυγισμού ( Buckling Shear Stress)

Στην δεξιά στήλη του προγράμματος περιέχονται οι προαναφερθείσα επιλογές, όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα:

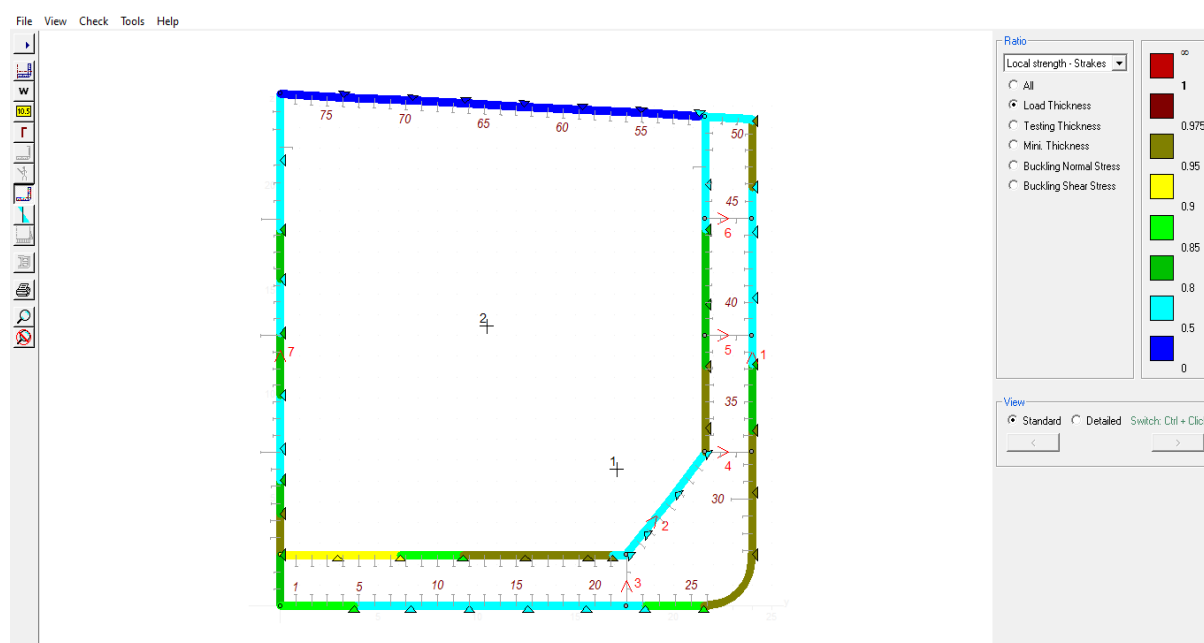


Εικόνα 37: Επιλογή ελέγχου ελασμάτων

### 5.2.1. Έλεγχος απαιτούμενου πάχους ελάσματος για φορτωμένη κατάσταση ( Load Thickness )

Επιλέγοντας την πρώτη επιλογή ( Load Thickness ), το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν τα πάχη των ελασμάτων πληρούν τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς, για φορτωμένη κατάσταση.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε με μία πρώτη βλέψη (σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα) ότι όλα τα πάχη των ελασμάτων πληρούν τις προϋποθέσεις των κανονισμών.



Εικόνα 38: Αποτελέσματα πάχους ελασμάτων (Load Thickness)

Τα αναλυτικά αποτελέσματα όλων των ελασμάτων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

<b>HULL</b>				
	Αρχικό πάχος (Gross Thickness) mm		Πραγματικό πάχος (Net Thickness) mm	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 1	17.50	17.50	14.50	12.50
Strake 2	19.50	15.50	16.50	12.00
Strake 3	22.00	15.50	19.00	12.00
Strake 4	22.00	15.50	19.00	12.00
Strake 5	19.50	15.50	16.50	12.00
Strake 6	19.50	16.00	16.50	13.00
Strake 7	17.00	15.50	14.00	12.50
Strake 8	18.00	31.00	15.00	14.50
Strake 9	16.00	31.00	13.00	12.50
Strake 10	16.00	16.00	12.50	12.00
Strake 11	17.00	16.00	13.50	11.00
Strake 12	17.00	16.00	13.50	10.00
Strake 13	17.00	16.00	13.50	9.50
Strake 14	16.00	16.00	12.50	9.00
Strake 15	16.50	21.00	12.50	12.00
Strake 16	19.50	21.00	15.50	12.00
Strake 17	20.50	14.00	16.50	6.50
Strake 18	20.50	14.00	16.50	6.00
Strake 19	20.50	14.00	16.50	6.00
Strake 20	20.50	14.00	16.50	5.50
Strake 21	20.50	14.00	16.50	5.50
Strake 22	20.50	14.00	16.50	5.50
Strake 23	20.50	14.00	16.50	5.50

Πίνακας 1: Αποτελέσματα ελασμάτων (Hull)

<b>INNER HULL</b>				
	Αρχικό πάχος (Gross Thickness) mm		Πραγματικό πάχος (Net Thickness) mm	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 24	18.00	17.00	14.00	13.00
Strake 25	18.00	17.00	14.00	13.00
Strake 26	18.00	16.50	14.00	12.50
Strake 27	17.50	17.00	13.50	13.00
Strake 28	17.50	17.00	13.50	13.00
Strake 29	17.50	17.00	13.50	13.00
Strake 30	21.50	17.50	17.50	13.50
Strake 31	20.50	16.50	17.50	13.50
Strake 32	19.00	15.50	16.00	12.50
Strake 33	18.00	15.00	15.00	12.00
Strake 34	15.00	14.50	12.00	11.50
Strake 35	15.00	14.50	12.00	11.50
Strake 36	15.50	13.50	12.50	10.50
Strake 37	14.50	13.00	11.50	9.50
Strake 38	14.00	13.00	11.00	8.50
Strake 39	16.00	14.00	12.00	8.00

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ελασμάτων (Inner Hull)



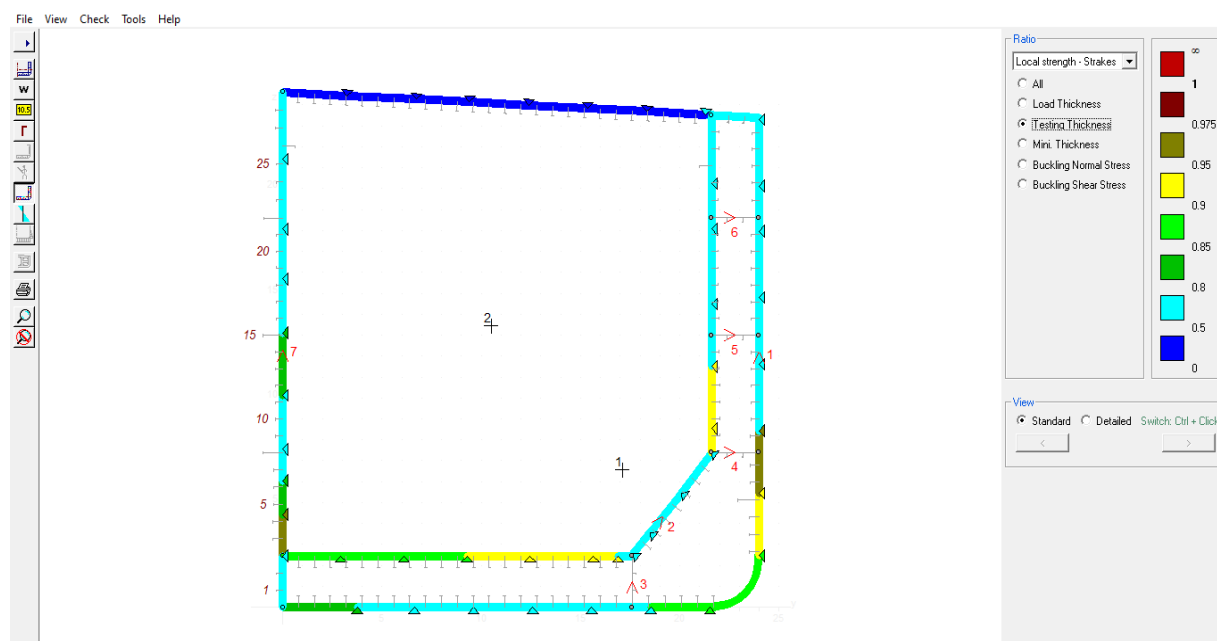
<b>CENTER LINE</b>				
	Αρχικό πάχος (Gross Thickness) mm		Πραγματικό πάχος (Net Thickness) mm	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 44	18.00	15.50	15.00	12.50
Strake 45	15.50	15.00	13.00	12.50
Strake 46	17.50	15.00	15.00	12.50
Strake 47	17.50	15.00	15.00	12.00
Strake 48	17.00	15.00	14.50	11.00
Strake 49	15.50	15.00	13.00	10.50
Strake 50	15.50	15.00	13.00	10.00
Strake 51	14.00	15.00	11.50	9.50
Strake 52	14.50	15.00	12.00	9.50
Strake 53	17.50	16.50	13.50	8.50

Πίνακας 3: Αποτελέσματα ελασμάτων (Center Line)

### 5.2.2. Έλεγχος απαιτούμενου πάχους ελάσματος σε κατάσταση υδροστατικής δοκιμής ( Testing Thickness )

Επιλέγοντας την δεύτερη επιλογή ( Testing Thickness ), το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν τα πάχη των ελασμάτων πληρούν τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς, για κατάσταση υδροστατικής δοκιμής.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε (με χρωματικά αποτελέσματα) ότι όλα τα πάχη της μέσης τομής πληρούν του κανονισμούς.



Πίνακας 4: Αποτελέσματα πάχους ελασμάτων (Testing Thickness)

Τα αναλυτικά αποτελέσματα όλων των ελασμάτων για αυτήν την επιλογή, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

<b>HULL</b>				
	Αρχικό πάχος (Gross Thickness) mm		Πραγματικό πάχος (Net Thickness) mm	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 1	17.50	17.50	14.50	12.00
Strake 2	19.50	15.50	16.50	12.00
Strake 3	22.00	15.50	19.00	12.00
Strake 4	22.00	15.50	19.00	12.00
Strake 5	19.50	15.50	16.50	12.00
Strake 6	19.50	16.00	16.50	12.50
Strake 7	17.00	15.50	14.00	12.50
Strake 8	18.00	31.00	15.00	13.50
Strake 9	16.00	31.00	13.00	12.00
Strake 10	16.00	16.00	12.50	12.00
Strake 11	17.00	16.00	13.50	10.50
Strake 12	17.00	16.00	13.50	9.50
Strake 13	17.00	16.00	13.50	8.50
Strake 14	16.00	16.00	12.50	7.50
Strake 15	16.50	21.00	12.50	9.00
Strake 16	19.50	21.00	15.50	9.00
Strake 17	20.50	14.00	16.50	5.00
Strake 18	20.50	14.00	16.50	5.00
Strake 19	20.50	14.00	16.50	5.00
Strake 20	20.50	14.00	16.50	4.50
Strake 21	20.50	14.00	16.50	4.50
Strake 22	20.50	14.00	16.50	4.50
Strake 23	20.50	14.00	16.50	4.50

Πίνακας 5: Αποτελέσματα ελασμάτων (Hull)

<b>INNER HULL</b>				
	Αρχικό πάχος (Gross Thickness) mm		Πραγματικό πάχος (Net Thickness) mm	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 24	18.00	17.00	14.00	12.50
Strake 25	18.00	17.00	14.00	12.50
Strake 26	18.00	16.50	14.00	12.50
Strake 27	17.50	17.00	13.50	12.50
Strake 28	17.50	17.00	13.50	12.50
Strake 29	17.50	17.00	13.50	12.50
Strake 30	21.50	17.50	17.50	13.50
Strake 31	20.50	16.50	17.50	13.50
Strake 32	19.00	15.50	16.00	12.00
Strake 33	18.00	15.00	15.00	11.50
Strake 34	15.00	14.50	12.00	11.00
Strake 35	15.00	14.50	12.00	11.00
Strake 36	15.50	13.50	12.50	10.00
Strake 37	14.50	13.00	11.50	9.00
Strake 38	14.00	13.00	11.00	8.00
Strake 39	16.00	14.00	12.00	7.50

**Πίνακας 6: Αποτελέσματα ελασμάτων (Inner Hull)**

<b>CENTER LINE</b>				
	Αρχικό πάχος (Gross Thickness) mm		Πραγματικό πάχος (Net Thickness) mm	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 44	18.00	15.50	15.00	12.00
Strake 45	15.50	15.00	13.00	12.50
Strake 46	17.50	15.00	15.00	12.50
Strake 47	17.50	15.00	15.00	12.00
Strake 48	17.00	15.00	14.50	11.00
Strake 49	15.50	15.00	13.00	10.50
Strake 50	15.50	15.00	13.00	9.50
Strake 51	14.00	15.00	11.50	8.50
Strake 52	14.50	15.00	12.00	8.00
Strake 53	17.50	16.50	13.50	7.00

Πίνακας 7: Αποτελέσματα ελασμάτων (Center Line)

### 5.2.3. Ελάχιστο πάχος ελάσματος ( Minimum Thickness )

Επιλέγοντας την τρίτη επιλογή ( Minimum Thickness ), το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα για το ελάχιστο πάχος που πρέπει να έχουν τα ελάσματα σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε (με χρωματικά αποτελέσματα) τα αποτελέσματα της μέσης τομής του πλοίου μας.



Εικόνα 39: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους ελάσματος (Minimum Thickness)

Τα αναλυτικά αποτελέσματα όλων των ελασμάτων για αυτήν την επιλογή, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

<b>HULL</b>				
	Αρχικό πάχος (Gross Thickness) mm		Πραγματικό πάχος (Net Thickness) mm	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 1	17.50	17.50	14.50	14.50
Strake 2	19.50	15.50	16.50	12.50
Strake 3	22.00	15.50	19.00	12.50
Strake 4	22.00	15.50	19.00	12.50
Strake 5	19.50	15.50	16.50	12.50
Strake 6	19.50	16.00	16.50	12.50
Strake 7	17.00	15.50	14.00	12.50
Strake 8	18.00	31.00	15.00	28.00
Strake 9	16.00	31.00	13.00	28.00
Strake 10	16.00	16.00	12.50	12.50
Strake 11	17.00	16.00	13.50	12.50
Strake 12	17.00	16.00	13.50	12.50
Strake 13	17.00	16.00	13.50	12.50
Strake 14	16.00	16.00	12.50	12.50
Strake 15	16.50	21.00	12.50	17.00
Strake 16	19.50	21.00	15.50	17.00
Strake 17	20.50	14.00	16.50	10.00
Strake 18	20.50	14.00	16.50	10.00
Strake 19	20.50	14.00	16.50	10.00
Strake 20	20.50	14.00	16.50	10.00
Strake 21	20.50	14.00	16.50	10.00
Strake 22	20.50	14.00	16.50	10.00
Strake 23	20.50	14.00	16.50	10.00

Πίνακας 8: Αποτελέσματα ελασμάτων (Hull)

<b>INNER HULL</b>				
	Αρχικό πάχος (Gross Thickness) mm		Πραγματικό πάχος (Net Thickness) mm	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 24	18.00	17.00	14.00	10.00
Strake 25	18.00	17.00	14.00	10.00
Strake 26	18.00	16.50	14.00	10.00
Strake 27	17.50	17.00	13.50	10.00
Strake 28	17.50	17.00	13.50	10.00
Strake 29	17.50	17.00	13.50	10.00
Strake 30	21.50	17.50	17.50	10.00
Strake 31	20.50	16.50	17.50	10.00
Strake 32	19.00	15.50	16.00	10.00
Strake 33	18.00	15.00	15.00	10.00
Strake 34	15.00	14.50	12.00	10.00
Strake 35	15.00	14.50	12.00	10.00
Strake 36	15.50	13.50	12.50	10.00
Strake 37	14.50	13.00	11.50	10.00
Strake 38	14.00	13.00	11.00	10.00
Strake 39	16.00	14.00	12.00	10.00

**Πίνακας 9: Αποτελέσματα ελασμάτων (Inner Hull)**



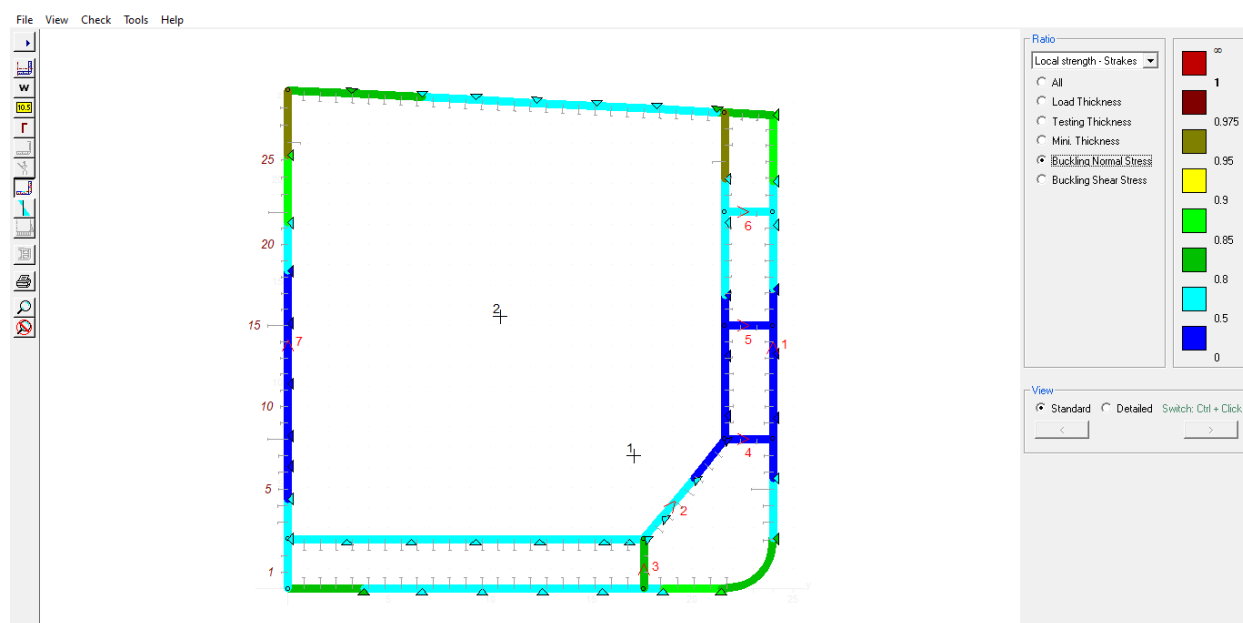
<b>CENTER LINE</b>				
	Αρχικό πάχος (Gross Thickness) mm		Πραγματικό πάχος (Net Thickness) mm	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 44	18.00	15.50	15.00	13.50
Strake 45	15.50	15.00	13.00	13.00
Strake 46	17.50	15.00	15.00	12.50
Strake 47	17.50	15.00	15.00	12.00
Strake 48	17.00	15.00	14.50	11.00
Strake 49	15.50	15.00	13.00	10.50
Strake 50	15.50	15.00	13.00	9.50
Strake 51	14.00	15.00	11.50	8.50
Strake 52	14.50	15.00	12.00	8.00
Strake 53	17.50	16.50	13.50	7.00

**Πίνακας 10: Αποτελέσματα ελασμάτων (Center Line)**

## 5.2.4. Τάση λόγω λυγισμού και κάμψης ( Buckling Normal Stress )

Επιλέγοντας την τέταρτη επιλογή ( Buckling Normal Stress ), το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν οι τάσεις λυγισμού των ελασμάτων πληρούν τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε (με χρωματικά αποτελέσματα) ότι τα ελάσματα της μέσης τομής πληρούν του κανονισμούς.



Πίνακας 11: Αποτελέσματα τάσεων λυγισμού (Buckling Normal Stress)

Τα αναλυτικά αποτελέσματα όλων των ελασμάτων για αυτήν την επιλογή, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

<b>HULL</b>				
Ορθές Τάσεις Λυγισμού (Sig. Buckling) N/mm <sup>2</sup>			Συντελεστής λυγισμού ελασμάτων	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 1	-252.472	-227.225	0.74	0.90
Strake 2	-277.790	-250.011	0.67	0.90
Strake 3	-306.196	-275.576	0.61	0.90
Strake 4	-306.196	-275.576	0.61	0.90
Strake 5	-277.790	-250.001	0.67	0.90
Strake 6	-268.118	-241.306	0.70	0.90
Strake 7	-241.131	-217.018	0.77	0.90
Strake 8	-254.242	-228.818	0.73	0.90
Strake 9	-233.732	-210.359	0.61	0.90
Strake 10	-230.079	-207.071	0.43	0.90
Strake 11	-266.975	-240.277	0.15	0.90
Strake 12	-250.582	-250.582	0.32	1.00
Strake 13	-245.924	-245.924	0.53	1.00
Strake 14	-219.758	-219.758	0.72	1.00
Strake 15	-240.690	-240.690	0.86	1.00
Strake 16	-249.202	-249.202	0.84	1.00
Strake 17	-277.773	-277.773	0.76	1.00
Strake 18	-277.771	-277.771	0.77	1.00
Strake 19	-277.768	-277.768	0.78	1.00
Strake 20	-277.766	-277.766	0.79	1.00
Strake 21	-277.763	-277.763	0.79	1.00
Strake 22	-277.759	-277.759	0.80	1.00
Strake 23	-277.743	-277.743	0.81	1.00

Πίνακας 12: Αποτελέσματα ορθών τάσεων λυγισμού και συντελεστή λυγισμού (Hull)

INNER HULL				
Ορθές Τάσεις Λυγισμού (Sig. Buckling) N/mm <sup>2</sup>			Συντελεστής λυγισμού ελασμάτων	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 24	-245.783	-221.204	0.58	0.90
Strake 25	-245.782	-221.204	0.58	0.90
Strake 26	-245.782	-221.204	0.58	0.90
Strake 27	-238.949	-215.054	0.60	0.90
Strake 28	-238.949	-215.054	0.60	0.90
Strake 29	-238.949	-215.054	0.60	0.90
Strake 30	-283.894	-255.504	0.50	0.90
Strake 31	-283.894	-255.504	0.50	0.90
Strake 32	-281.905	-253.715	0.46	0.90
Strake 33	-271.218	-244.096	0.36	0.90
Strake 34	-263.271	-212.644	0.23	0.90
Strake 35	-243.825	-219.443	0.16	0.90
Strake 36	-238.217	-238.217	0.28	1.00
Strake 37	-216.512	-216.512	0.60	1.00
Strake 38	-197.816	-197.816	0.80	1.00
Strake 39	-217.329	-217.329	0.96	1.00

Πίνακας 13: Αποτελέσματα ορθών τάσεων λυγισμού και συντελεστή λυγισμού (Inner Hull)

<b>CENTER LINE</b>				
Ορθές Τάσεις Λυγισμού (Sig. Buckling) N/mm <sup>2</sup>			Συντελεστής λυγισμού ελασμάτων	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 44	-261.260	-235.134	0.71	0.90
Strake 45	-233.524	-210.172	0.61	0.90
Strake 46	-262.903	-236.612	0.43	0.90
Strake 47	-266.553	-239.898	0.31	0.90
Strake 48	-273.193	-245.874	0.20	0.90
Strake 49	-249.071	-249.071	0.22	1.00
Strake 50	-241.733	-241.733	0.38	1.00
Strake 51	-216.514	-216.514	0.60	1.00
Strake 52	-209.774	-209.774	0.88	1.00
Strake 53	-234.026	-234.026	0.96	1.00

**Πίνακας 14: Αποτελέσματα ορθών τάσεων λυγισμού και συντελεστή λυγισμού (Center Line)**

<b>HULL</b>		
	Ορθές τάσεις κάμψης (HGS Bend.) N/mm <sup>2</sup>	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 1	186.95	243.59
Strake 2	186.95	243.59
Strake 3	186.95	243.59
Strake 4	186.95	243.59
Strake 5	186.95	243.59
Strake 6	186.95	243.59
Strake 7	186.95	243.59
Strake 8	186.95	243.59
Strake 9	142.48	243.59
Strake 10	88.90	243.59
Strake 11	35.32	243.59
Strake 12	79.02	243.59
Strake 13	136.02	243.59
Strake 14	174.85	243.59
Strake 15	233.79	243.59
Strake 16	236.17	243.59
Strake 17	238.85	243.59
Strake 18	241.52	243.59
Strake 19	244.20	243.59
Strake 20	246.87	243.59
Strake 21	249.28	243.59
Strake 22	252.41	243.59
Strake 23	255.34	243.59

Πίνακας 15: Αποτελέσματα ορθών τάσεων κάμψης (Hull)

<b>INNER HULL</b>		
	Ορθές τάσεις κάμψης (HGS Bend.) N/mm <sup>2</sup>	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 24	142.90	243.59
Strake 25	142.90	243.59
Strake 26	142.90	243.59
Strake 27	142.90	243.59
Strake 28	142.90	243.59
Strake 29	142.90	243.59
Strake 30	142.90	243.59
Strake 31	141.07	243.59
Strake 32	123.06	243.59
Strake 33	88.58	243.59
Strake 34	53.90	243.59
Strake 35	33.58	243.59
Strake 36	73.57	243.59
Strake 37	137.76	243.59
Strake 38	176.95	243.59
Strake 39	235.92	243.59

Πίνακας 16: Αποτελέσματα ορθών τάσεων κάμψης (Inner Hull)

<b>CENTER LINE</b>		
	Ορθές τάσεις κάμψης (HGS Bend.) N/mm <sup>2</sup>	
Ελάσματα	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
Strake 44	186.95	243.59
Strake 45	142.90	243.59
Strake 46	107.30	243.59
Strake 47	78.18	243.59
Strake 48	51.21	243.59
Strake 49	48.76	243.59
Strake 50	95.14	243.59
Strake 51	137.75	243.59
Strake 52	197.98	243.59
Strake 53	255.34	243.59

**Πίνακας 17: Αποτελέσματα ορθών τάσεων κάμψης (Center Line)**



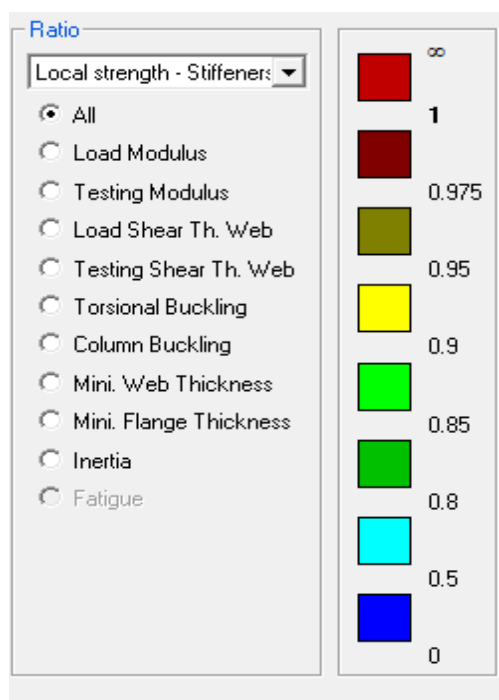
### 5.3. Έλεγχος ενισχυτικών

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει ο έλεγχος των ενισχυτικών της μέσης τομής του πλοίου μας σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Όπως είπαμε και στην ενότητα 5.2., αντίστοιχα και για τον έλεγχο των ενισχυτικών υπάρχουν εννέα διαφορετικοί έλεγχοι, οι οποίοι είναι οι εξής:

1. Ροπή αντίστασης ενισχυτικών για φορτωμένη κατάσταση (Load Modulus)
2. Ροπή αντίστασης ενισχυτικών για κατάσταση υδροστατικής δοκιμής (Testing Modulus)
3. Έλεγχος σε διάτμηση του κορμού των ενισχυτικών για φορτωμένη κατάσταση (Load Shear Th. Web)
4. Έλεγχος σε διάτμηση του κορμού των ενισχυτικών για κατάσταση υδροστατικής δοκιμής (Testing Shear Th. Web)
5. Στρεπτικός λυγισμός (Torsional Buckling)
6. Λυγισμός κολώνας (Column Buckling)
7. Ελάχιστο πάχος κορμού (Minimum Web Thickness)
8. Ελάχιστο πάχος φλάτζας (Minimum Flange Thickness)
9. Ροπή αδράνειας του ενισχυτικού (Inertia)

Στην δεξιά στήλη του προγράμματος περιέχονται οι προαναφερθείσα επιλογές, όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα:

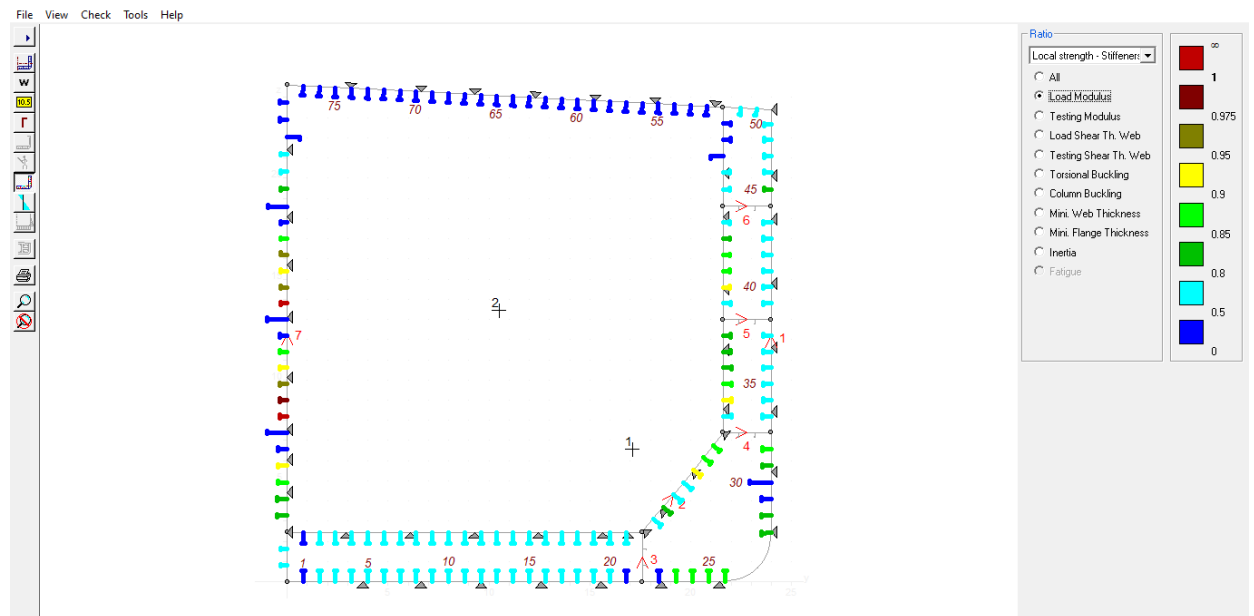


Εικόνα 40: Επιλογή ελέγχου ενισχυτικών

### 5.3.1. Ροπή αντίστασης ενισχυτικών για φορτωμένη κατάσταση (Load Modulus)

Επιλέγοντας την πρώτη επιλογή ( Load Modulus ), το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν οι ροπές αντίστασης των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς, για φορτωμένη κατάσταση.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε με μία πρώτη βλέψη (σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα) ότι όλες οι ροπές αντίστασης των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις των κανονισμών. Παρατηρούμε επίσης και δύο λανθασμένα (κόκκινα) ενισχυτικά. Ο λόγος που βγήκαν λανθασμένα αποτελέσματα θα σχολασθεί στο τέλος της παραγράφου.



Εικόνα 41: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Load Modulus)

Τα αναλυτικά αποτελέσματα των ενισχυτικών, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

PPER DECK							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
DL1	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.88	1827.66	396.43
DL2	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.08	1827.66	395.81
DL3	T bar	450×12	170×22	2369.14	512.28	1827.66	395.20
DL4	T bar	450×12	170×22	2369.14	511.49	1827.66	394.58
DL5	T bar	450×12	170×22	2369.14	510.70	1827.66	393.97
DL6	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.91	1827.66	393.36
DL7	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.12	1827.66	392.76
DL8	T bar	450×12	170×22	2369.14	508.33	1827.66	392.15
DL9	T bar	450×12	170×22	2369.14	507.55	1827.66	391.54
DL10	T bar	450×12	170×22	2369.14	506.77	1827.66	390.94
DL11	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.99	1827.66	390.34
DL12	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.21	1827.66	389.74
DL13	T bar	450×12	170×22	2369.14	504.44	1827.66	389.15
DL14	T bar	450×12	170×22	2369.14	515.09	1827.66	397.36
DL15	T bar	450×12	170×22	2369.14	525.99	1827.66	405.77
DL16	T bar	450×12	170×22	2369.14	536.86	1827.66	414.16
DL17	T bar	450×12	170×22	2369.14	547.70	1827.66	422.52
DL18	T bar	450×12	170×22	2369.14	558.50	1827.66	430.85
DL19	T bar	450×12	170×22	2369.14	569.27	1827.66	439.16
DL20	T bar	450×12	170×22	2369.14	580.01	1827.66	447.44
DL21	T bar	450×12	170×22	2369.14	590.71	1827.66	455.70
DL22	T bar	450×12	170×22	2369.14	601.38	1827.66	463.93
DL23	T bar	450×12	170×22	2369.14	612.03	1827.66	472.14
DL24	T bar	450×12	170×22	2369.14	622.63	1827.66	480.33
DL25	T bar	450×12	170×22	2369.14	633.21	1827.66	488.49
DL26	T bar	450×12	170×22	2369.14	643.76	1827.66	496.62
DL28	Bulb	340×14	-	1059.82	643.76	886.74	538.62
DL29	Bulb	340×14	-	1054.17	598.77	882.51	501.26

Πίνακας 18: Αποτελέσματα ροής αντίστασης ενισχυτικών (Upper Deck)

SIDE SHELL							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
SL2	T bar	500×11	150×25	2615.66	2220.08	2173.76	1845.01
SL3	T bar	500×11	150×25	2588.42	2071.41	2149.79	1720.40
SL4	T bar	500×11	150×23	2452.30	489.95	2013.97	402.37
SL5	T bar	1080×12	150×16	6182.09	484.67	4810.14	377.11
SL6	T bar	450×10.5	150×23	2122.79	1718.23	1740.49	1408.79
SL7	T bar	450×10.5	150×20	1936.53	1685.21	1554.97	1353.16
SL9	T bar	450×10.5	150×23	2118.64	1350.57	1737.38	1107.53
SL10	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1315.65	1433.86	1059.50
SL11	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1256.00	1433.86	1011.47
SL12	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1214.85	1433.86	978.32
SL13	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1183.27	1433.86	952.89
SL14	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1151.68	1433.86	927.45
SL16	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1088.54	1433.86	876.61
SL17	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1065.17	1433.86	857.79
SL18	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1057.42	1433.86	851.54
SL19	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1049.30	1433.86	845.01
SL20	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1040.79	1433.86	838.15
SL21	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1015.77	1433.86	818.01
SL23	T bar	360×10.5	150×16	1264.75	1046.14	984.69	814.49
SL24	T bar	360×10.5	150×16	1265.99	978.79	984.16	760.90
SL25	T bar	360×12	150×12	1314.98	984.50	947.30	709.23
SL26	T bar	360×12	150×12	1312.48	912.84	945.72	657.76
SL27	T bar	360×12	150×12	1309.85	844.18	944.06	608.43

Πίνακας 19: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Side Shell)

### INNER BOTTOM

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IBL1	T bar	550×12	170×22	3020.13	538.29	2476.95	441.48
IBL2	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL3	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL4	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL5	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL6	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL7	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL8	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL9	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL10	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL11	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1930.10
IBL12	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10
IBL13	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10
IBL14	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10
IBL15	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10
IBL16	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10
IBL17	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10
IBL18	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10
IBL19	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10
IBL20	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10
IBL21	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1930.10

Πίνακας 20: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Inner Bottom)

**INNER HULL L.BHD.**

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IL1	T bar	500×11.5	150×28	2882.39	2282.11	2437.00	1929.48
IL2	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	2077.08	2072.51	1713.06
IL3	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1943.78	2072.51	1603.12
IL4	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1863.83	2072.51	1537.18
IL5	T bar	450×11	150×20	1975.91	1826.14	1597.16	1476.10
IL6	T bar	450×11	150×20	1975.91	1767.97	1597.16	1429.08
IL7	T bar	450×11	150×20	1977.43	1741.82	1598.24	1407.81
IL9	T bar	400×11	150×23	1841.42	1467.00	1522.62	1213.02
IL10	T bar	400×11	150×18	1566.47	1458.14	1248.36	1162.03
IL11	T bar	400×11	150×18	1566.47	1394.16	1248.36	1111.04
IL12	T bar	400×11	150×18	1566.47	1330.17	1248.36	1060.05
IL13	T bar	360×11	150×20	1470.53	1241.84	1194.88	1009.06
IL14	T bar	360×11	150×20	1474.71	1180.34	1198.54	959.29
IL16	T bar	360×11	150×18	1374.60	1083.63	1098.63	866.08
IL17	T bar	340×11	150×18	1096.27	1032.96	869.70	819.47
IL18	T bar	340×11	150×18	1096.27	984.72	869.70	781.20
IL19	T bar	340×11	150×18	1096.27	942.40	869.70	747.63
IL20	T bar	340×11	150×18	1096.27	898.49	869.70	712.80
IL21	T bar	340×11	150×18	1096.27	852.91	869.70	676.64
IL23	T bar	340×11	150×18	1096.83	800.70	869.62	634.83
IL24	T bar	340×11	150×18	1107.63	722.92	875.53	571.44
IL25	Angle	640×14	160×18	3202.29	770.46	2392.07	575.53
IL26	T bar	360×12	150×16	1311.33	648.70	944.40	467.19
IL27	T bar	360×12	150×16	1312.31	591.78	945.03	426.16

Πίνακας 21: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Inner Hull L. BHD.)

CENTER LONGI. BULCKHEAD							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
CL1	T bar	300×10.5	120×20	1008.54	661.28	813.81	533.60
CL2	T bar	300×10.5	120×20	1008.68	580.24	813.91	468.20
CL3	T bar	500×10.5	150×25	2551.86	2112.84	2186.36	1810.22
CL4	T bar	500×10.5	150×23	2415.58	1994.55	2050.31	1692.95
CL5	T bar	450×10	150×23	2113.75	1862.97	1795.84	1582.78
CL6	T bar	450×10	150×20	1925.36	1771.86	1607.56	1479.40
CL7	T bar	450×10	150×20	1925.36	426.05	1607.56	355.72
CL8	T bar	990×11	150×16	5245.33	416.53	4236.54	336.42
<b>CL9</b>	<b>T bar</b>	<b>360×10</b>	<b>150×20</b>	<b>1453.30</b>	<b>1514.06</b>	<b>1220.81</b>	<b>1271.85</b>
CL10	T bar	360×10	150×20	1453.30	1450.80	1220.81	1218.71
CL11	T bar	360×10	150×20	1453.30	1387.55	1220.81	1165.58
CL12	T bar	360×10	150×20	1442.41	1324.55	1211.43	1112.45
CL13	T bar	360×10	150×20	1442.41	1261.28	1211.43	1059.31
CL14	T bar	360×10	150×20	1442.41	299.50	1211.43	251.55
CL15	T bar	990×11	150×16	5161.52	295.38	4163.44	238.26
<b>CL16</b>	<b>T bar</b>	<b>340×10</b>	<b>120×18</b>	<b>1072.39</b>	<b>1094.27</b>	<b>881.92</b>	<b>899.91</b>
CL17	T bar	340×10	120×18	1072.39	1037.67	881.92	853.36
CL18	T bar	340×10	120×18	1072.39	995.21	881.92	818.45
CL19	T bar	340×10	120×18	1063.34	951.12	874.13	781.87
CL20	T bar	340×10	120×18	1063.34	904.45	874.13	743.51
CL21	T bar	340×10	120×18	1063.34	213.86	874.13	175.80
CL22	T bar	940×11	150×16	4762.84	212.60	3840.06	171.41
CL23	T bar	300×10	120×18	961.05	789.54	801.90	658.79
CL24	T bar	300×10	120×18	961.05	730.53	801.90	609.56
CL25	T bar	300×10	120×18	961.05	673.48	801.90	561.95
CL26	Angle	640×14	160×18	3255.59	729.36	2435.71	545.68
CL27	T bar	360×12	150×20	1529.43	607.99	1157.51	460.14
CL28	T bar	360×12	150×20	1528.45	529.65	1156.87	400.89

Πίνακας 22: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Center Longi. Bulckhead)

**BOTTOM SHELL**

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
BL1	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	570.24	2614.34	473.92
BL2	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2488.98	2614.34	2068.56
BL3	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2484.93	2614.34	2065.20
BL4	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2480.88	2614.34	2061.84
BL5	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2475.66	2641.75	2058.48
BL6	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2471.62	2641.75	2055.11
BL7	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2467.57	2641.75	2051.75
BL8	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2463.53	2641.75	2048.39
BL9	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2459.11	2670.86	2045.03
BL10	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2455.07	2670.86	2041.66
BL11	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2451.02	2670.86	2038.30
BL12	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2446.98	2670.86	2034.94
BL13	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2442.94	2670.86	2031.58
BL14	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2438.89	2670.86	2028.21
BL15	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2434.85	2670.86	2024.85
BL16	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2431.18	2641.74	2021.49
BL17	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2427.13	2641.74	2018.13
BL18	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2423.09	2641.74	2014.76
BL19	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2419.04	2641.74	2011.40
BL20	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2415.00	2641.74	2008.04
BL21	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	551.47	2641.74	458.54
BL23	T bar	550×11.5	170×26	3184.99	683.28	2647.54	567.98
BL24	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2706.77	2611.07	2248.76
BL25	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2711.85	2611.07	2252.98
BL26	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2716.94	2611.07	2257.21
BL27	T bar	550×11.5	170×26	3159.46	2721.10	2625.75	2261.44

Πίνακας 23: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Bottom Shell)



Όπως μπορούμε να δούμε στον πίνακα «*CENTER LONGI. BULCKHEAD*» , υπάρχουν δύο υπογραμμισμένα ενισχυτικά τα οποία δηλώνουν ότι υπάρχει μια αστοχία. Το πρόγραμμα βγάζει αποτέλεσμα ότι η ροπή αδράνειας των ενισχυτικών αυτών, είναι χαμηλότερη των κανονισμών. Στην πραγματικότητα, αυτές οι δύο αστοχίες είναι αποδεκτές διότι σύμφωνα με τους κανονισμούς του IACS στο ***Part 1/Chapter 6/Section 5/ 1.1.3***, όταν έχουμε μια ομάδα ενισχυτικών (όπως στην προκειμένη περίπτωση) που είναι τοποθετημένα σε ένα έλασμα, τότε:

### **1.1.3 Group of stiffeners**

Scantlings of stiffeners based on requirements in [1.1.1] and [1.1.2] may be decided based on the concept of grouping designated sequentially placed stiffeners of equal scantlings on a single stiffened panel between primary supporting members. The scantling of the group is to be taken as the greater of the following:

- The average of the required scantling of all stiffeners within a group.
- 90% of the maximum scantling required for any one stiffener within the group.

01 JAN 2020

COMMON STRUCTURAL RULES

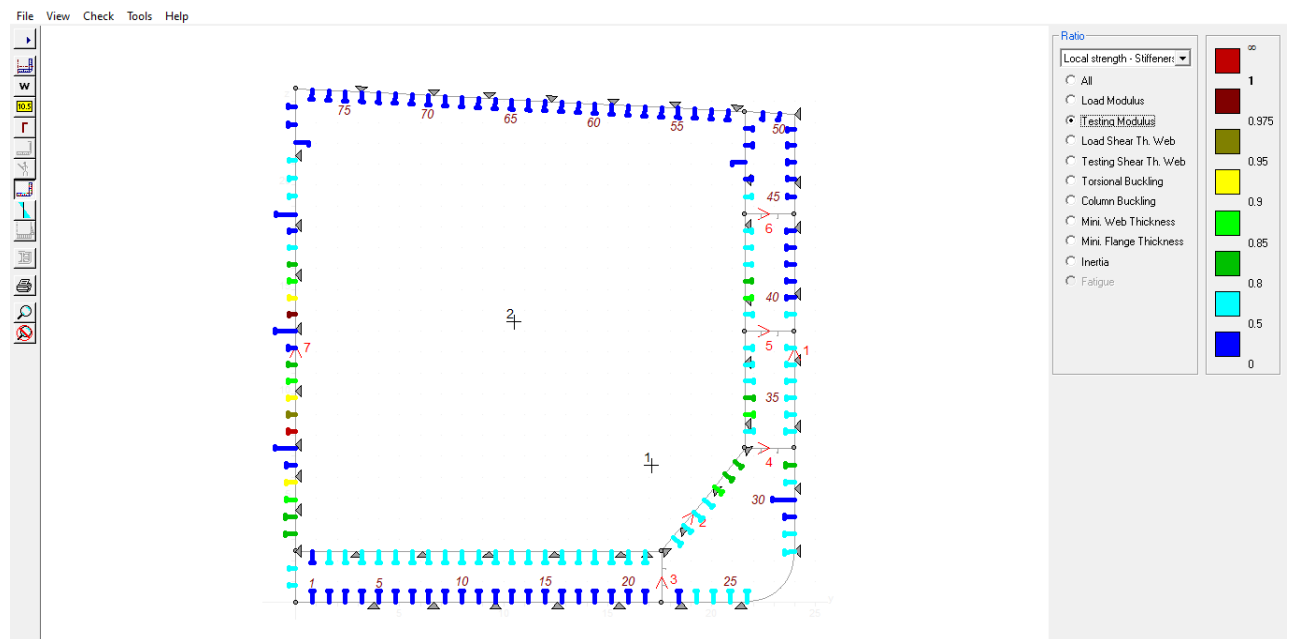
**Εικόνα 42: Common Structural Rules**

Συνεπώς, τα λανθασμένα αποτελέσματα είναι αποδεκτά.

### 5.3.2. Ροπή αντίστασης ενισχυτικών για κατάσταση υδροστατικής δικομής (Testing Modulus)

Επιλέγοντας την δεύτερη επιλογή ( Testing Modulus ), το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν οι ροπές αντίστασης των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς, για κατάσταση υδροστατικής δοκιμής.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε με μία πρώτη βλέψη (σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα) ότι όλες οι ροπές αντίστασης των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις των κανονισμών. Παρατηρούμε επίσης και ένα λανθασμένο (κόκκινο) ενισχυτικό. Ο λόγος που βγήκε λανθασμένο αποτέλεσμα θα σχολασθεί στο τέλος της παραγράφου.



Εικόνα 43: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Testing Modulus)

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα των ενισχυτικών για αυτήν την επιλογή.

UPPER DECK							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
DL1	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.88	1827.66	165.36
DL2	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.08	1827.66	167.98
DL3	T bar	450×12	170×22	2369.14	512.28	1827.66	170.60
DL4	T bar	450×12	170×22	2369.14	511.49	1827.66	173.22
DL5	T bar	450×12	170×22	2369.14	510.70	1827.66	175.83
DL6	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.91	1827.66	178.45
DL7	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.12	1827.66	181.07
DL8	T bar	450×12	170×22	2369.14	508.33	1827.66	183.69
DL9	T bar	450×12	170×22	2369.14	507.55	1827.66	186.31
DL10	T bar	450×12	170×22	2369.14	506.77	1827.66	188.93
DL11	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.99	1827.66	191.54
DL12	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.21	1827.66	194.16
DL13	T bar	450×12	170×22	2369.14	504.44	1827.66	196.78
DL14	T bar	450×12	170×22	2369.14	515.09	1827.66	199.40
DL15	T bar	450×12	170×22	2369.14	525.99	1827.66	202.02
DL16	T bar	450×12	170×22	2369.14	536.86	1827.66	204.63
DL17	T bar	450×12	170×22	2369.14	547.70	1827.66	207.25
DL18	T bar	450×12	170×22	2369.14	558.50	1827.66	209.87
DL19	T bar	450×12	170×22	2369.14	569.27	1827.66	212.49
DL20	T bar	450×12	170×22	2369.14	580.01	1827.66	215.11
DL21	T bar	450×12	170×22	2369.14	590.71	1827.66	217.73
DL22	T bar	450×12	170×22	2369.14	601.38	1827.66	220.34
DL23	T bar	450×12	170×22	2369.14	612.03	1827.66	222.96
DL24	T bar	450×12	170×22	2369.14	622.63	1827.66	225.58
DL25	T bar	450×12	170×22	2369.14	633.21	1827.66	228.20
DL26	T bar	450×12	170×22	2369.14	643.76	1827.66	230.82
DL28	Bulb	340×14	-	1059.82	643.76	886.74	166.93
DL29	Bulb	340×14	-	1054.17	598.77	882.51	155.46

Πίνακας 24: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Upper Deck)

### INNER BOTTOM

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IBL1	T bar	550×12	170×22	3020.13	538.29	2476.95	338.34
IBL2	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL3	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL4	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL5	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL6	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL7	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL8	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL9	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL10	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL11	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	2476.95	1479.18
IBL12	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18
IBL13	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18
IBL14	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18
IBL15	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18
IBL16	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18
IBL17	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18
IBL18	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18
IBL19	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18
IBL20	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18
IBL21	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	2469.13	1479.18

Πίνακας 25: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Inner Bottom)

SIDE SHELL							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
SL2	T bar	500×11	150×25	2615.66	2220.08	2173.76	1458.42
SL3	T bar	500×11	150×25	2588.42	2071.41	2149.79	1458.42
SL4	T bar	500×11	150×23	2452.30	489.95	2013.97	364.61
SL5	T bar	1080×12	150×16	6182.09	484.67	4810.14	353.86
SL6	T bar	450×10.5	150×23	2122.79	1718.23	1740.49	1359.82
SL7	T bar	450×10.5	150×20	1936.53	1685.21	1554.97	1304.20
SL9	T bar	450×10.5	150×23	2118.64	1350.57	1737.38	1063.92
SL10	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1315.65	1433.86	1015.89
SL11	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1256.00	1433.86	967.86
SL12	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1214.85	1433.86	919.83
SL13	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1183.27	1433.86	871.79
SL14	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1151.68	1433.86	823.75
SL16	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1088.54	1433.86	727.70
SL17	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1065.17	1433.86	679.66
SL18	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1057.42	1433.86	631.63
SL19	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1049.30	1433.86	583.59
SL20	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1040.79	1433.86	535.56
SL21	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1015.77	1433.86	487.53
SL23	T bar	360×10.5	150×16	1264.75	1046.14	984.69	412.74
SL24	T bar	360×10.5	150×16	1265.99	978.79	984.16	347.97
SL25	T bar	360×12	150×12	1314.98	984.50	947.30	289.40
SL26	T bar	360×12	150×12	1312.48	912.84	945.72	233.82
SL27	T bar	360×12	150×12	1309.85	844.18	944.06	184.06

Πίνακας 26: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Side Shell)

**INNER HULL L.BHD.**

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IL1	T bar	500×11.5	150×28	2882.39	2282.11	2437.00	1602.07
IL2	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	2077.08	2072.51	1499.59
IL3	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1943.78	2072.51	1460.82
IL4	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1863.83	2072.51	1422.05
IL5	T bar	450×11	150×20	1975.91	1826.14	1597.16	1382.91
IL6	T bar	450×11	150×20	1975.91	1767.97	1597.16	1343.23
IL7	T bar	450×11	150×20	1977.43	1741.82	1598.24	1319.98
IL9	T bar	400×11	150×23	1841.42	1467.00	1522.62	1133.94
IL10	T bar	400×11	150×18	1566.47	1458.14	1248.36	1085.91
IL11	T bar	400×11	150×18	1566.47	1394.16	1248.36	1037.88
IL12	T bar	400×11	150×18	1566.47	1330.17	1248.36	989.85
IL13	T bar	360×11	150×20	1470.53	1241.84	1194.88	941.81
IL14	T bar	360×11	150×20	1474.71	1180.34	1198.54	893.78
IL16	T bar	360×11	150×18	1374.60	1083.63	1098.63	797.71
IL17	T bar	340×11	150×18	1096.27	1032.96	869.70	749.68
IL18	T bar	340×11	150×18	1096.27	984.72	869.70	701.65
IL19	T bar	340×11	150×18	1096.27	942.40	869.70	653.62
IL20	T bar	340×11	150×18	1096.27	898.49	869.70	605.59
IL21	T bar	340×11	150×18	1096.27	852.91	869.70	557.56
IL23	T bar	340×11	150×18	1096.83	800.70	869.62	487.14
IL24	T bar	340×11	150×18	1107.63	722.92	875.53	420.18
IL25	Angle	640×14	160×18	3202.29	770.46	2392.07	391.35
IL26	T bar	360×12	150×16	1311.33	648.70	944.40	311.39
IL27	T bar	360×12	150×16	1312.31	591.78	945.03	266.65

Πίνακας 27: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Inner Hull L. BHD.)

CENTER LONGI. BULCKHEAD							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
CL1	T bar	300×10.5	120×20	1008.54	661.28	813.81	458.32
CL2	T bar	300×10.5	120×20	1008.68	580.24	813.91	429.67
CL3	T bar	500×10.5	150×25	2551.86	2112.84	2186.36	1810.22
CL4	T bar	500×10.5	150×23	2415.58	1994.55	2050.31	1692.95
CL5	T bar	450×10	150×23	2113.75	1862.97	1795.84	1582.78
CL6	T bar	450×10	150×20	1925.36	1771.86	1607.56	1479.08
CL7	T bar	450×10	150×20	1925.36	426.05	1607.56	345.71
CL8	T bar	990×11	150×16	5245.33	416.53	4236.54	326.77
<b>CL9</b>	<b>T bar</b>	<b>360×10</b>	<b>150×20</b>	<b>1453.30</b>	<b>1514.06</b>	<b>1220.81</b>	<b>1234.69</b>
CL10	T bar	360×10	150×20	1453.30	1450.80	1220.81	1182.39
CL11	T bar	360×10	150×20	1453.30	1387.55	1220.81	1130.09
CL12	T bar	360×10	150×20	1442.41	1324.55	1211.43	1077.79
CL13	T bar	360×10	150×20	1442.41	1261.28	1211.43	1025.49
CL14	T bar	360×10	150×20	1442.41	299.50	1211.43	243.30
CL15	T bar	990×11	150×16	5161.52	295.38	4163.44	230.22
CL16	T bar	340×10	120×18	1072.39	1094.27	881.92	868.59
CL17	T bar	340×10	120×18	1072.39	1037.67	881.92	816.29
CL18	T bar	340×10	120×18	1072.39	995.21	881.92	763.99
CL19	T bar	340×10	120×18	1063.34	951.12	874.13	723.82
CL20	T bar	340×10	120×18	1063.34	904.45	874.13	685.03
CL21	T bar	340×10	120×18	1063.34	213.86	874.13	161.14
CL22	T bar	940×11	150×16	4762.84	212.60	3840.06	156.20
CL23	T bar	300×10	120×18	961.05	789.54	801.90	596.18
CL24	T bar	300×10	120×18	961.05	730.53	801.90	542.36
CL25	T bar	300×10	120×18	961.05	673.48	801.90	485.74
CL26	Angle	640×14	160×18	3255.59	729.36	2435.71	354.64
CL27	T bar	360×12	150×20	1529.43	607.99	1157.51	363.17
CL28	T bar	360×12	150×20	1528.45	529.65	1156.87	293.26

Πίνακας 28: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Center Longi. Bulckhead)

**BOTTOM SHELL**

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Ροπή αντίστασης (net modulus) cm <sup>3</sup>	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
BL1	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	570.24	2614.34	297.09
BL2	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2488.98	2614.34	1298.83
BL3	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2484.93	2614.34	1298.83
BL4	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2480.88	2614.34	1298.83
BL5	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2475.66	2641.75	1298.83
BL6	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2471.62	2641.75	1298.83
BL7	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2467.57	2641.75	1298.83
BL8	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2463.53	2641.75	1298.83
BL9	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2459.11	2670.86	1298.83
BL10	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2455.07	2670.86	1298.83
BL11	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2451.02	2670.86	1298.83
BL12	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2446.98	2670.86	1298.83
BL13	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2442.94	2670.86	1298.83
BL14	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2438.89	2670.86	1298.83
BL15	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2434.85	2670.86	1298.83
BL16	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2431.18	2641.74	1298.83
BL17	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2427.13	2641.74	1298.83
BL18	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2423.09	2641.74	1298.83
BL19	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2419.04	2641.74	1298.83
BL20	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2415.00	2641.74	1298.83
BL21	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	551.47	2641.74	297.09
BL23	T bar	550×11.5	170×26	3184.99	683.28	2647.54	366.82
BL24	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2706.77	2611.07	1449.58
BL25	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2711.85	2611.07	1449.58
BL26	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2716.94	2611.07	1449.58
BL27	T bar	550×11.5	170×26	3159.46	2721.10	2625.75	1449.58

Πίνακας 29: Αποτελέσματα ροπής αντίστασης ενισχυτικών (Bottom Shell)

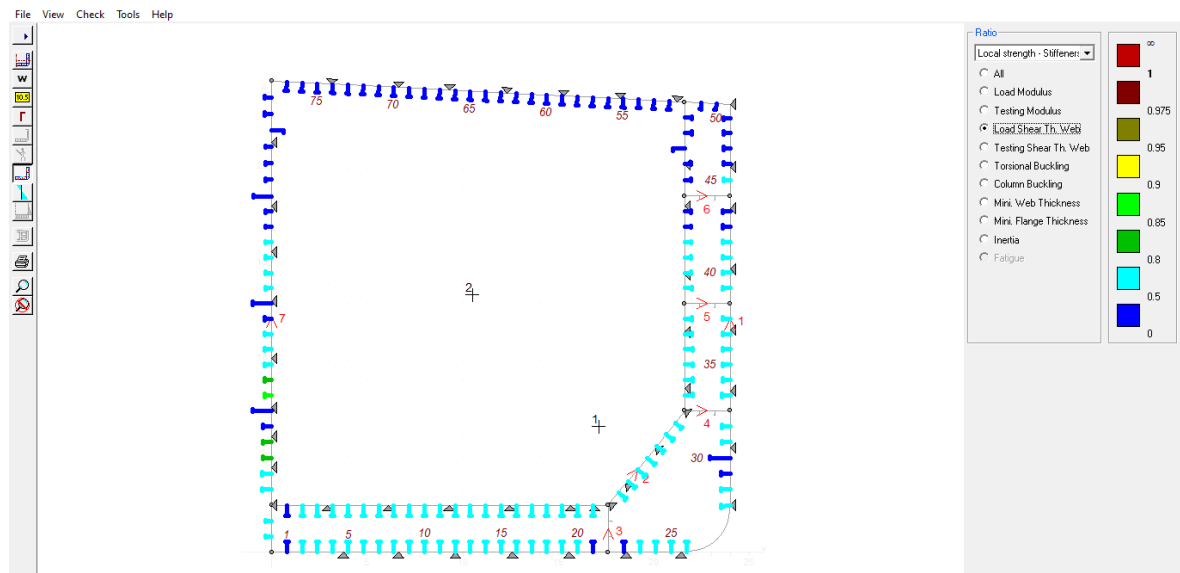


Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και σε αυτόν τον έλεγχο, στον πίνακα «*CENTER LONGI. BULCKHEAD*», έχουμε ένα λανθασμένο ενισχυτικό. Ο λόγος είναι επειδή η ροπή αδράνειας του ενισχυτικού αυτού στον συγκεκριμένο έλεγχο είναι μικρότερη από την ροπή αδράνειας σύμφωνα με τους κανονισμούς. Αυτή η αστοχία όμως είναι αποδεκτή, για τον ίδιο λόγο που αναφερθήκαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο 5.3.2.

### 5.3.3. Έλεγχος σε διάτμηση του κορμού των ενισχυτικών για φορτωμένη κατάσταση (Load Shear Th. Web)

Επιλέγοντας την τρίτη επιλογή (Load Shear Th. Web), το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν η διάτμηση του κορμού των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς, για φορτωμένη κατάσταση.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε με μία πρώτη βλέψη (σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα) ότι ο έλεγχος αυτός των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις των κανονισμών.



Εικόνα 44: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Load Shear Th. Web)

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα από τον έλεγχο.

UPPER DECK							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
DL1	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.88	8.00	1.17
DL2	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.08	8.00	1.17
DL3	T bar	450×12	170×22	2369.14	512.28	8.00	1.17
DL4	T bar	450×12	170×22	2369.14	511.49	8.00	1.17
DL5	T bar	450×12	170×22	2369.14	510.70	8.00	1.17
DL6	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.91	8.00	1.17
DL7	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.12	8.00	1.17
DL8	T bar	450×12	170×22	2369.14	508.33	8.00	1.17
DL9	T bar	450×12	170×22	2369.14	507.55	8.00	1.17
DL10	T bar	450×12	170×22	2369.14	506.77	8.00	1.17
DL11	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.99	8.00	1.17
DL12	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.21	8.00	1.17
DL13	T bar	450×12	170×22	2369.14	504.44	8.00	1.17
DL14	T bar	450×12	170×22	2369.14	515.09	8.00	1.19
DL15	T bar	450×12	170×22	2369.14	525.99	8.00	1.22
DL16	T bar	450×12	170×22	2369.14	536.86	8.00	1.25
DL17	T bar	450×12	170×22	2369.14	547.70	8.00	1.27
DL18	T bar	450×12	170×22	2369.14	558.50	8.00	1.30
DL19	T bar	450×12	170×22	2369.14	569.27	8.00	1.33
DL20	T bar	450×12	170×22	2369.14	580.01	8.00	1.36
DL21	T bar	450×12	170×22	2369.14	590.71	8.00	1.38
DL22	T bar	450×12	170×22	2369.14	601.38	8.00	1.41
DL23	T bar	450×12	170×22	2369.14	612.03	8.00	1.44
DL24	T bar	450×12	170×22	2369.14	622.63	8.00	1.46
DL25	T bar	450×12	170×22	2369.14	633.21	8.00	1.49
DL26	T bar	450×12	170×22	2369.14	643.76	8.00	1.52
DL28	Bulb	340×14	-	1059.82	643.76	10.00	2.25
DL29	Bulb	340×14	-	1054.17	598.77	10.00	2.11

Πίνακας 30: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Upper Deck)

### INNER BOTTOM

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IBL1	T bar	550×12	170×22	3020.13	538.29	9.00	2.61
IBL2	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.72
IBL3	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.68
IBL4	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.65
IBL5	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.62
IBL6	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.58
IBL7	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.55
IBL8	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.51
IBL9	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.48
IBL10	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.50
IBL11	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.52
IBL12	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.54
IBL13	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.56
IBL14	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.58
IBL15	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.60
IBL16	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.62
IBL17	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.64
IBL18	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.66
IBL19	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.68
IBL20	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.70
IBL21	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.72

Πίνακας 31: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Inner Bottom)

SIDE SHELL							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
SL2	T bar	500×11	150×25	2615.66	2220.08	8.00	5.52
SL3	T bar	500×11	150×25	2588.42	2071.41	8.00	5.54
SL4	T bar	500×11	150×23	2452.30	489.95	8.00	2.52
SL5	T bar	1080×12	150×16	6182.09	484.67	9.00	1.18
SL6	T bar	450×10.5	150×23	2122.79	1718.23	7.50	5.74
SL7	T bar	450×10.5	150×20	1936.53	1685.21	7.50	5.55
SL9	T bar	450×10.5	150×23	2118.64	1350.57	7.50	4.93
SL10	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1315.65	7.50	5.05
SL11	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1256.00	7.50	4.82
SL12	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1214.85	7.50	4.66
SL13	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1183.27	7.50	4.54
SL14	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1151.68	7.50	4.42
SL16	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1088.54	7.50	4.18
SL17	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1065.17	7.50	4.06
SL18	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1057.42	7.50	3.93
SL19	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1049.30	7.50	3.81
SL20	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1040.79	7.50	3.69
SL21	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1015.77	7.50	3.52
SL23	T bar	360×10.5	150×16	1264.75	1046.14	7.50	3.85
SL24	T bar	360×10.5	150×16	1265.99	978.79	7.50	3.51
SL25	T bar	360×12	150×12	1314.98	984.50	8.00	3.19
SL26	T bar	360×12	150×12	1312.48	912.84	8.00	2.88
SL27	T bar	360×12	150×12	1309.85	844.18	8.00	2.60

Πίνακας 32: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Side Shell)

**INNER HULL L.BHD.**

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IL1	T bar	500×11.5	150×28	2882.39	2282.11	8.50	6.12
IL2	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	2077.08	8.50	5.83
IL3	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1943.78	8.50	5.69
IL4	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1863.83	8.50	5.55
IL5	T bar	450×11	150×20	1975.91	1826.14	8.00	6.02
IL6	T bar	450×11	150×20	1975.91	1767.97	8.00	5.86
IL7	T bar	450×11	150×20	1977.43	1741.82	8.00	5.76
IL9	T bar	400×11	150×23	1841.42	1467.00	8.00	6.03
IL10	T bar	400×11	150×18	1566.47	1458.14	8.00	5.84
IL11	T bar	400×11	150×18	1566.47	1394.16	8.00	5.58
IL12	T bar	400×11	150×18	1566.47	1330.17	8.00	5.33
IL13	T bar	360×11	150×20	1470.53	1241.84	8.00	5.56
IL14	T bar	360×11	150×20	1474.71	1180.34	8.00	5.28
IL16	T bar	360×11	150×18	1374.60	1083.63	8.00	4.79
IL17	T bar	340×11	150×18	1096.27	1032.96	8.00	4.79
IL18	T bar	340×11	150×18	1096.27	984.72	8.00	4.52
IL19	T bar	340×11	150×18	1096.27	942.40	8.00	4.25
IL20	T bar	340×11	150×18	1096.27	898.49	8.00	3.97
IL21	T bar	340×11	150×18	1096.27	852.91	8.00	3.70
IL23	T bar	340×11	150×18	1096.83	800.70	8.00	3.32
IL24	T bar	340×11	150×18	1107.63	722.92	8.00	2.93
IL25	Angle	640×14	160×18	3202.29	770.46	10.00	1.46
IL26	T bar	360×12	150×16	1311.33	648.70	8.00	2.20
IL27	T bar	360×12	150×16	1312.31	591.78	8.00	1.96

Πίνακας 33: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Inner Hull L. BHD.)

CENTER LONGI. BULCKHEAD							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
CL1	T bar	300×10.5	120×20	1008.54	661.28	7.50	4.96
CL2	T bar	300×10.5	120×20	1008.68	580.24	7.50	4.83
CL3	T bar	500×10.5	150×25	2551.86	2112.84	8.00	6.07
CL4	T bar	500×10.5	150×23	2415.58	1994.55	8.00	5.88
CL5	T bar	450×10	150×23	2113.75	1862.97	7.50	6.10
CL6	T bar	450×10	150×20	1925.36	1771.86	7.50	6.04
CL7	T bar	450×10	150×20	1925.36	426.05	7.50	2.63
CL8	T bar	990×11	150×16	5245.33	416.53	8.50	1.13
CL9	T bar	360×10	150×20	1453.30	1514.06	7.50	6.40
CL10	T bar	360×10	150×20	1453.30	1450.80	7.50	6.13
CL11	T bar	360×10	150×20	1453.30	1387.55	7.50	5.86
CL12	T bar	360×10	150×20	1442.41	1324.55	7.50	5.49
CL13	T bar	360×10	150×20	1442.41	1261.28	7.50	5.35
CL14	T bar	360×10	150×20	1442.41	299.50	7.50	2.31
CL15	T bar	990×11	150×16	5161.52	295.38	8.50	0.80
CL16	T bar	340×10	120×18	1072.39	1094.27	7.50	4.81
CL17	T bar	340×10	120×18	1072.39	1037.67	7.50	4.53
CL18	T bar	340×10	120×18	1072.39	995.21	7.50	4.25
CL19	T bar	340×10	120×18	1063.34	951.12	7.50	3.89
CL20	T bar	340×10	120×18	1063.34	904.45	7.50	3.73
CL21	T bar	340×10	120×18	1063.34	213.86	7.50	1.58
CL22	T bar	940×11	150×16	4762.84	212.60	8.50	0.55
CL23	T bar	300×10	120×18	961.05	789.54	9.50	3.55
CL24	T bar	300×10	120×18	961.05	730.53	9.50	3.24
CL25	T bar	300×10	120×18	961.05	673.48	9.50	2.86
CL26	Angle	640×14	160×18	3255.59	729.36	10.00	1.31
CL27	T bar	360×12	150×20	1529.43	607.99	8.00	1.92
CL28	T bar	360×12	150×20	1528.45	529.65	8.00	1.63

Πίνακας 34: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Center Longi. Bulckhead)

**BOTTOM SHELL**

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
BL1	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	570.24	8.50	2.24
BL2	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2488.98	8.50	4.93
BL3	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2484.93	8.50	4.93
BL4	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2480.88	8.50	4.93
BL5	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2475.66	8.50	4.91
BL6	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2471.62	8.50	4.91
BL7	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2467.57	8.50	4.91
BL8	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2463.53	8.50	4.91
BL9	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2459.11	8.50	4.89
BL10	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2455.07	8.50	4.89
BL11	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2451.02	8.50	4.89
BL12	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2446.98	8.50	4.89
BL13	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2442.94	8.50	4.89
BL14	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2438.89	8.50	4.89
BL15	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2434.85	8.50	4.89
BL16	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2431.18	8.50	4.91
BL17	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2427.13	8.50	4.91
BL18	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2423.09	8.50	4.91
BL19	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2419.04	8.50	4.91
BL20	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2415.00	8.50	4.91
BL21	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	551.47	8.50	2.23
BL23	T bar	550×11.5	170×26	3184.99	683.28	8.50	2.30
BL24	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2706.77	8.50	5.05
BL25	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2711.85	8.50	5.05
BL26	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2716.94	8.50	5.05
BL27	T bar	550×11.5	170×26	3159.46	2721.10	8.50	5.04

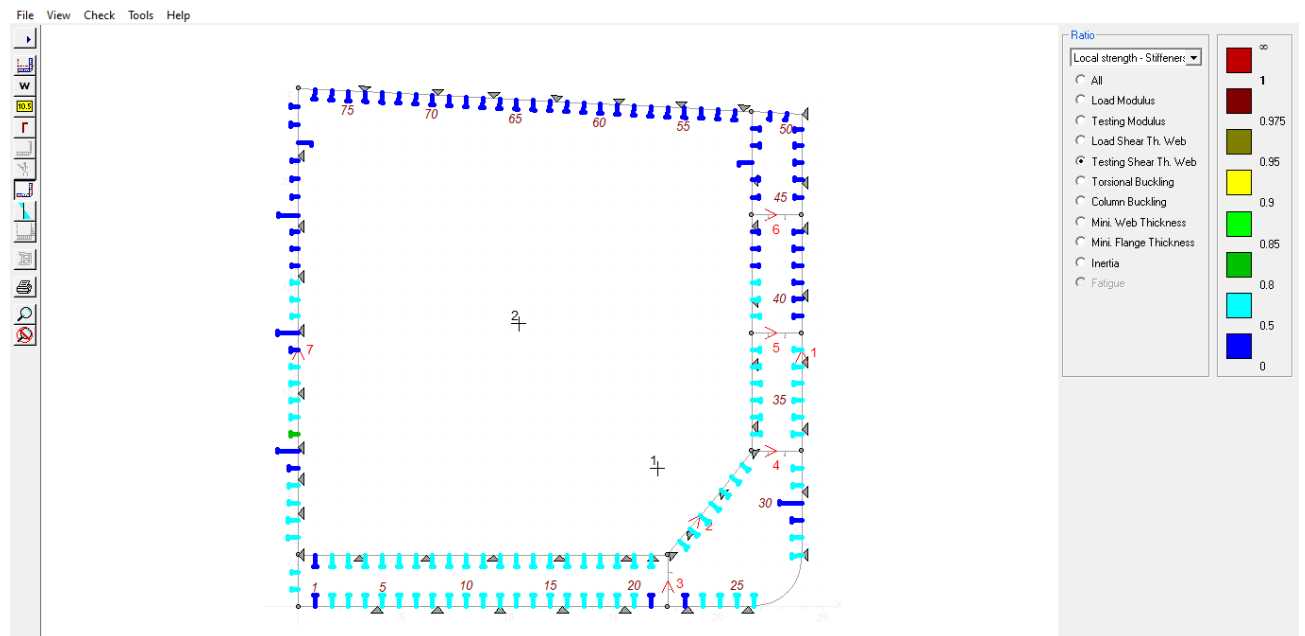
Πίνακας 35: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Bottom Shell)



### 5.3.4. Έλεγχος σε διάτμηση του κορμού των ενισχυτικών για κατάσταση υδροστατικής δοκιμής (Testing Shear Th. Web)

Επιλέγοντας την τέταρτη επιλογή (Load Shear Th. Web), το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν η διάτμηση του κορμού των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς, για κατάσταση υδροστατικής δοκιμής..

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε με μία πρώτη βλέψη (σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα) ότι ο έλεγχος αυτός των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις των κανονισμών.



Εικόνα 45: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Testing Shear Th. Web)

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα από τον έλεγχο.

UPPER DECK							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
DL1	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.88	8.00	0.67
DL2	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.08	8.00	0.68
DL3	T bar	450×12	170×22	2369.14	512.28	8.00	0.69
DL4	T bar	450×12	170×22	2369.14	511.49	8.00	0.70
DL5	T bar	450×12	170×22	2369.14	510.70	8.00	0.71
DL6	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.91	8.00	0.72
DL7	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.12	8.00	0.74
DL8	T bar	450×12	170×22	2369.14	508.33	8.00	0.75
DL9	T bar	450×12	170×22	2369.14	507.55	8.00	0.76
DL10	T bar	450×12	170×22	2369.14	506.77	8.00	0.77
DL11	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.99	8.00	0.78
DL12	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.21	8.00	0.79
DL13	T bar	450×12	170×22	2369.14	504.44	8.00	0.80
DL14	T bar	450×12	170×22	2369.14	515.09	8.00	0.81
DL15	T bar	450×12	170×22	2369.14	525.99	8.00	0.82
DL16	T bar	450×12	170×22	2369.14	536.86	8.00	0.83
DL17	T bar	450×12	170×22	2369.14	547.70	8.00	0.84
DL18	T bar	450×12	170×22	2369.14	558.50	8.00	0.85
DL19	T bar	450×12	170×22	2369.14	569.27	8.00	0.86
DL20	T bar	450×12	170×22	2369.14	580.01	8.00	0.87
DL21	T bar	450×12	170×22	2369.14	590.71	8.00	0.88
DL22	T bar	450×12	170×22	2369.14	601.38	8.00	0.90
DL23	T bar	450×12	170×22	2369.14	612.03	8.00	0.91
DL24	T bar	450×12	170×22	2369.14	622.63	8.00	0.92
DL25	T bar	450×12	170×22	2369.14	633.21	8.00	0.93
DL26	T bar	450×12	170×22	2369.14	643.76	8.00	0.94
DL28	Bulb	340×14	-	1059.82	643.76	10.00	0.93
DL29	Bulb	340×14	-	1054.17	598.77	10.00	0.87

Πίνακας 36: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Upper Deck)

### INNER BOTTOM

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IBL1	T bar	550×12	170×22	3020.13	538.29	9.00	2.48
IBL2	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL3	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL4	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL5	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL6	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL7	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL8	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL9	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL10	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL11	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	9.00	5.45
IBL12	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46
IBL13	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46
IBL14	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46
IBL15	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46
IBL16	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46
IBL17	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46
IBL18	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46
IBL19	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46
IBL20	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46
IBL21	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	9.00	5.46

Πίνακας 37: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Inner Bottom)

SIDE SHELL							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
SL2	T bar	500×11	150×25	2615.66	2220.08	8.00	5.34
SL3	T bar	500×11	150×25	2588.42	2071.41	8.00	5.36
SL4	T bar	500×11	150×23	2452.30	489.95	8.00	2.44
SL5	T bar	1080×12	150×16	6182.09	484.67	9.00	1.14
SL6	T bar	450×10.5	150×23	2122.79	1718.23	7.50	5.54
SL7	T bar	450×10.5	150×20	1936.53	1685.21	7.50	5.35
SL9	T bar	450×10.5	150×23	2118.64	1350.57	7.50	4.74
SL10	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1315.65	7.50	4,84
SL11	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1256.00	7.50	4,61
SL12	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1214.85	7.50	4,38
SL13	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1183.27	7.50	4,15
SL14	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1151.68	7.50	3,93
SL16	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1088.54	7.50	3,47
SL17	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1065.17	7.50	3,24
SL18	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1057.42	7.50	3,01
SL19	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1049.30	7.50	2,78
SL20	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1040.79	7.50	2,55
SL21	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1015.77	7.50	2,32
SL23	T bar	360×10.5	150×16	1264.75	1046.14	7.50	2,28
SL24	T bar	360×10.5	150×16	1265.99	978.79	7.50	1,93
SL25	T bar	360×12	150×12	1314.98	984.50	8.00	1,61
SL26	T bar	360×12	150×12	1312.48	912.84	8.00	1,30
SL27	T bar	360×12	150×12	1309.85	844.18	8.00	1,03

Πίνακας 38: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Side Shell)

**INNER HULL L.BHD.**

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IL1	T bar	500×11.5	150×28	2882.39	2282.11	8.50	5,82
IL2	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	2077.08	8.50	5,53
IL3	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1943.78	8.50	5,39
IL4	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1863.83	8.50	5,25
IL5	T bar	450×11	150×20	1975.91	1826.14	8.00	5,67
IL6	T bar	450×11	150×20	1975.91	1767.97	8.00	5,51
IL7	T bar	450×11	150×20	1977.43	1741.82	8.00	5,40
IL9	T bar	400×11	150×23	1841.42	1467.00	8.00	5,63
IL10	T bar	400×11	150×18	1566.47	1458.14	8.00	5,46
IL11	T bar	400×11	150×18	1566.47	1394.16	8.00	5,22
IL12	T bar	400×11	150×18	1566.47	1330.17	8.00	4,97
IL13	T bar	360×11	150×20	1470.53	1241.84	8.00	5,19
IL14	T bar	360×11	150×20	1474.71	1180.34	8.00	4,92
IL16	T bar	360×11	150×18	1374.60	1083.63	8.00	4,41
IL17	T bar	340×11	150×18	1096.27	1032.96	8.00	4,38
IL18	T bar	340×11	150×18	1096.27	984.72	8.00	4,10
IL19	T bar	340×11	150×18	1096.27	942.40	8.00	3,82
IL20	T bar	340×11	150×18	1096.27	898.49	8.00	3,54
IL21	T bar	340×11	150×18	1096.27	852.91	8.00	3,26
IL23	T bar	340×11	150×18	1096.83	800.70	8.00	2,84
IL24	T bar	340×11	150×18	1107.63	722.92	8.00	2,45
IL25	Angle	640×14	160×18	3202.29	770.46	10.00	1,19
IL26	T bar	360×12	150×16	1311.33	648.70	8.00	1,73
IL27	T bar	360×12	150×16	1312.31	591.78	8.00	1,48

Πίνακας 39: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Inner Hull L. BHD.)

CENTER LONGI. BULCKHEAD							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
CL1	T bar	300×10.5	120×20	1008.54	661.28	7.50	4,49
CL2	T bar	300×10.5	120×20	1008.68	580.24	7.50	4,35
CL3	T bar	500×10.5	150×25	2551.86	2112.84	8.00	5,91
CL4	T bar	500×10.5	150×23	2415.58	1994.55	8.00	5,72
CL5	T bar	450×10	150×23	2113.75	1862.97	7.50	5,93
CL6	T bar	450×10	150×20	1925.36	1771.86	7.50	5,7
CL7	T bar	450×10	150×20	1925.36	426.05	7.50	2,56
CL8	T bar	990×11	150×16	5245.33	416.53	8.50	1,10
CL9	T bar	360×10	150×20	1453.30	1514.06	7.50	6,21
CL10	T bar	360×10	150×20	1453.30	1450.80	7.50	5,95
CL11	T bar	360×10	150×20	1453.30	1387.55	7.50	5,69
CL12	T bar	360×10	150×20	1442.41	1324.55	7.50	5,32
CL13	T bar	360×10	150×20	1442.41	1261.28	7.50	5,18
CL14	T bar	360×10	150×20	1442.41	299.50	7.50	2,23
CL15	T bar	990×11	150×16	5161.52	295.38	8.50	0,77
CL16	T bar	340×10	120×18	1072.39	1094.27	7.50	4,65
CL17	T bar	340×10	120×18	1072.39	1037.67	7.50	4,37
CL18	T bar	340×10	120×18	1072.39	995.21	7.50	4,09
CL19	T bar	340×10	120×18	1063.34	951.12	7.50	3,74
CL20	T bar	340×10	120×18	1063.34	904.45	7.50	3,54
CL21	T bar	340×10	120×18	1063.34	213.86	7.50	1,48
CL22	T bar	940×11	150×16	4762.84	212.60	8.50	0,51
CL23	T bar	300×10	120×18	961.05	789.54	9.50	3,20
CL24	T bar	300×10	120×18	961.05	730.53	9.50	2,84
CL25	T bar	300×10	120×18	961.05	673.48	9.50	2,43
CL26	Angle	640×14	160×18	3255.59	729.36	10.00	1,07
CL27	T bar	360×12	150×20	1529.43	607.99	8.00	1,47
CL28	T bar	360×12	150×20	1528.45	529.65	8.00	1,16

Πίνακας 40: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Center Longi. Bulckhead)

**BOTTOM SHELL**

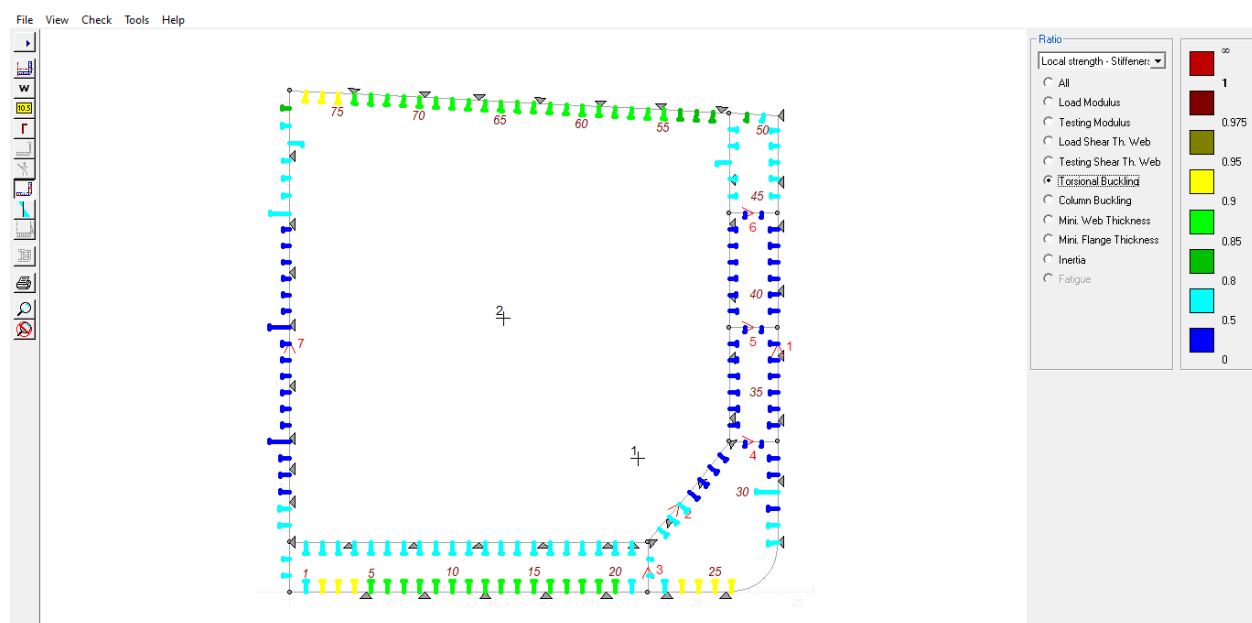
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Διάτμηση κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
BL1	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	570.24	8.50	2,17
BL2	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2488.98	8.50	4,77
BL3	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2484.93	8.50	4,77
BL4	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2480.88	8.50	4,77
BL5	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2475.66	8.50	4,75
BL6	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2471.62	8.50	4,75
BL7	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2467.57	8.50	4,75
BL8	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2463.53	8.50	4,75
BL9	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2459.11	8.50	4,73
BL10	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2455.07	8.50	4,73
BL11	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2451.02	8.50	4,73
BL12	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2446.98	8.50	4,73
BL13	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2442.94	8.50	4,73
BL14	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2438.89	8.50	4,73
BL15	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2434.85	8.50	4,73
BL16	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2431.18	8.50	4,75
BL17	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2427.13	8.50	4,75
BL18	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2423.09	8.50	4,75
BL19	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2419.04	8.50	4,75
BL20	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2415.00	8.50	4,75
BL21	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	551.47	8.50	2,16
BL23	T bar	550×11.5	170×26	3184.99	683.28	8.50	2,22
BL24	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2706.77	8.50	4,88
BL25	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2711.85	8.50	4,88
BL26	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2716.94	8.50	4,88
BL27	T bar	550×11.5	170×26	3159.46	2721.10	8.50	4,87

Πίνακας 41: Αποτελέσματα διάτμησης κορμού (Bottom Shell)

### 5.3.5 Στρεπτικός Λυγισμός (Torsional Buckling)

Επιλέγοντας την πέμπτη επιλογή (Torsional Buckling) το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν ο στρεπτικός λυγισμός των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε με μία πρώτη βλέψη (σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα) ότι ο έλεγχος αυτός των ενισχυτικών πληρούν τις προϋποθέσεις των κανονισμών.



Εικόνα 46: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Torsional Buckling)

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα από τον έλεγχο.



UPPER DECK							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Στρεπτικός λυγισμός (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
DL1	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.88	0.907	1.000
DL2	T bar	450×12	170×22	2369.14	513.08	0.905	1.000
DL3	T bar	450×12	170×22	2369.14	512.28	0.902	1.000
DL4	T bar	450×12	170×22	2369.14	511.49	0.900	1.000
DL5	T bar	450×12	170×22	2369.14	510.70	0.897	1.000
DL6	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.91	0.894	1.000
DL7	T bar	450×12	170×22	2369.14	509.12	0.892	1.000
DL8	T bar	450×12	170×22	2369.14	508.33	0.889	1.000
DL9	T bar	450×12	170×22	2369.14	507.55	0.887	1.000
DL10	T bar	450×12	170×22	2369.14	506.77	0.884	1.000
DL11	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.99	0.882	1.000
DL12	T bar	450×12	170×22	2369.14	505.21	0.879	1.000
DL13	T bar	450×12	170×22	2369.14	504.44	0.876	1.000
DL14	T bar	450×12	170×22	2369.14	515.09	0.874	1.000
DL15	T bar	450×12	170×22	2369.14	525.99	0.871	1.000
DL16	T bar	450×12	170×22	2369.14	536.86	0.869	1.000
DL17	T bar	450×12	170×22	2369.14	547.70	0.866	1.000
DL18	T bar	450×12	170×22	2369.14	558.50	0.864	1.000
DL19	T bar	450×12	170×22	2369.14	569.27	0.861	1.000
DL20	T bar	450×12	170×22	2369.14	580.01	0.859	1.000
DL21	T bar	450×12	170×22	2369.14	590.71	0.856	1.000
DL22	T bar	450×12	170×22	2369.14	601.38	0.853	1.000
DL23	T bar	450×12	170×22	2369.14	612.03	0.851	1.000
DL24	T bar	450×12	170×22	2369.14	622.63	0.848	1.000
DL25	T bar	450×12	170×22	2369.14	633.21	0.846	1.000
DL26	T bar	450×12	170×22	2369.14	643.76	0.843	1.000
DL28	Bulb	340×14	-	1059.82	643.76	0.802	1.000
DL29	Bulb	340×14	-	1054.17	598.77	0.798	1.000

Πίνακας 42: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Upper Deck)

### INNER BOTTOM

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Στρεπτικός λυγισμός (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IBL1	T bar	550×12	170×22	3020.13	538.29	0.514	0.900
IBL2	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL3	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL4	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL5	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL6	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL7	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL8	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL9	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL10	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL11	T bar	550×12	170×22	3020.13	2353.35	0.621	0.900
IBL12	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900
IBL13	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900
IBL14	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900
IBL15	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900
IBL16	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900
IBL17	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900
IBL18	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900
IBL19	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900
IBL20	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900
IBL21	T bar	550×12	170×22	3012.02	2354.47	0.623	0.900

Πίνακας 43: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Inner Bottom)

SIDE SHELL							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Στρεπτικός λυγισμός (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
SL2	T bar	500×11	150×25	2615.66	2220.08	0.638	0.900
SL3	T bar	500×11	150×25	2588.42	2071.41	0.578	0.900
SL4	T bar	500×11	150×23	2452.30	489.95	0.418	0.900
SL5	T bar	1080×12	150×16	6182.09	484.67	0.474	0.900
SL6	T bar	450×10.5	150×23	2122.79	1718.23	0.364	0.900
SL7	T bar	450×10.5	150×20	1936.53	1685.21	0.301	0.900
SL9	T bar	450×10.5	150×23	2118.64	1350.57	0.172	0.900
SL10	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1315.65	0.162	0.900
SL11	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1256.00	0.162	0.900
SL12	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1214.85	0.162	0.900
SL13	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1183.27	0.162	0.900
SL14	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1151.68	0.162	1.000
SL16	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1088.54	0.228	1.000
SL17	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1065.17	0.281	1.000
SL18	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1057.42	0.335	1.000
SL19	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1049.30	0.388	1.000
SL20	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1040.79	0.442	1.000
SL21	T bar	420×10.5	150×20	1780.52	1015.77	0.495	1.000
SL23	T bar	360×10.5	150×16	1264.75	1046.14	0.572	1.000
SL24	T bar	360×10.5	150×16	1265.99	978.79	0.626	1.000
SL25	T bar	360×12	150×12	1314.98	984.50	0.670	1.000
SL26	T bar	360×12	150×12	1312.48	912.84	0.719	1.000
SL27	T bar	360×12	150×12	1309.85	844.18	0.765	1.000

Πίνακας 44: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Upper Deck)

**INNER HULL L.BHD.**

Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Στρεπτικός λυγισμός (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IL1	T bar	500×11.5	150×28	2882.39	2282.11	0.569	0.900
IL2	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	2077.08	0.530	0.900
IL3	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1943.78	0.482	0.900
IL4	T bar	500×11.5	150×23	2512.91	1863.83	0.434	0.900
IL5	T bar	450×11	150×20	1975.91	1826.14	0.373	0.900
IL6	T bar	450×11	150×20	1975.91	1767.97	0.326	0.900
IL7	T bar	450×11	150×20	1977.43	1741.82	0.278	0.900
IL9	T bar	400×11	150×23	1841.42	1467.00	0.161	0.900
IL10	T bar	400×11	150×18	1566.47	1458.14	0.158	0.900
IL11	T bar	400×11	150×18	1566.47	1394.16	0.158	0.900
IL12	T bar	400×11	150×18	1566.47	1330.17	0.158	0.900
IL13	T bar	360×11	150×20	1470.53	1241.84	0.152	0.900
IL14	T bar	360×11	150×20	1474.71	1180.34	0.151	1.000
IL16	T bar	360×11	150×18	1374.60	1083.63	0.213	1.000
IL17	T bar	340×11	150×18	1096.27	1032.96	0.278	1.000
IL18	T bar	340×11	150×18	1096.27	984.72	0.331	1.000
IL19	T bar	340×11	150×18	1096.27	942.40	0.383	1.000
IL20	T bar	340×11	150×18	1096.27	898.49	0.436	1.000
IL21	T bar	340×11	150×18	1096.27	852.91	0.489	1.000
IL23	T bar	340×11	150×18	1096.83	800.70	0.604	1.000
IL24	T bar	340×11	150×18	1107.63	722.92	0.651	1.000
IL25	Angle	640×14	160×18	3202.29	770.46	0.683	1.000
IL26	T bar	360×12	150×16	1311.33	648.70	0.723	1.000
IL27	T bar	360×12	150×16	1312.31	591.78	0.273	1.000

Πίνακας 45: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Inner Hull L. BHD.)

CENTER LONGI. BULCKHEAD							
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Στρεπτικός λυγισμός (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
CL1	T bar	300×10.5	120×20	1008.54	661.28	0.624	0.900
CL2	T bar	300×10.5	120×20	1008.68	580.24	0.571	0.900
CL3	T bar	500×10.5	150×25	2551.86	2112.84	0.577	0.900
CL4	T bar	500×10.5	150×23	2415.58	1994.55	0.513	0.900
CL5	T bar	450×10	150×23	2113.75	1862.97	0.423	0.900
CL6	T bar	450×10	150×20	1925.36	1771.86	0.361	0.900
CL7	T bar	450×10	150×20	1925.36	426.05	0.251	0.900
CL8	T bar	990×11	150×16	5245.33	416.53	0.244	0.900
CL9	T bar	360×10	150×20	1453.30	1514.06	0.155	0.900
CL10	T bar	360×10	150×20	1453.30	1450.80	0.151	0.900
CL11	T bar	360×10	150×20	1453.30	1387.55	0.151	0.900
CL12	T bar	360×10	150×20	1442.41	1324.55	0.152	0.900
CL13	T bar	360×10	150×20	1442.41	1261.28	0.152	0.900
CL14	T bar	360×10	150×20	1442.41	299.50	0.137	1.000
CL15	T bar	990×11	150×16	5161.52	295.38	0.188	1.000
CL16	T bar	340×10	120×18	1072.39	1094.27	0.224	1.000
CL17	T bar	340×10	120×18	1072.39	1037.67	0.277	1.000
CL18	T bar	340×10	120×18	1072.39	995.21	0.329	1.000
CL19	T bar	340×10	120×18	1063.34	951.12	0.387	1.000
CL20	T bar	340×10	120×18	1063.34	904.45	0.441	1.000
CL21	T bar	340×10	120×18	1063.34	213.86	0.441	1.000
CL22	T bar	940×11	150×16	4762.84	212.60	0.582	1.000
CL23	T bar	300×10	120×18	961.05	789.54	0.555	1.000
CL24	T bar	300×10	120×18	961.05	730.53	0.607	1.000
CL25	T bar	300×10	120×18	961.05	673.48	0.660	1.000
CL26	Angle	640×14	160×18	3255.59	729.36	0.737	1.000
CL27	T bar	360×12	150×20	1529.43	607.99	0.778	1.000
CL28	T bar	360×12	150×20	1528.45	529.65	0.831	1.000

Πίνακας 46: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Center Longi. Bulckhead)

**BOTTOM SHELL**

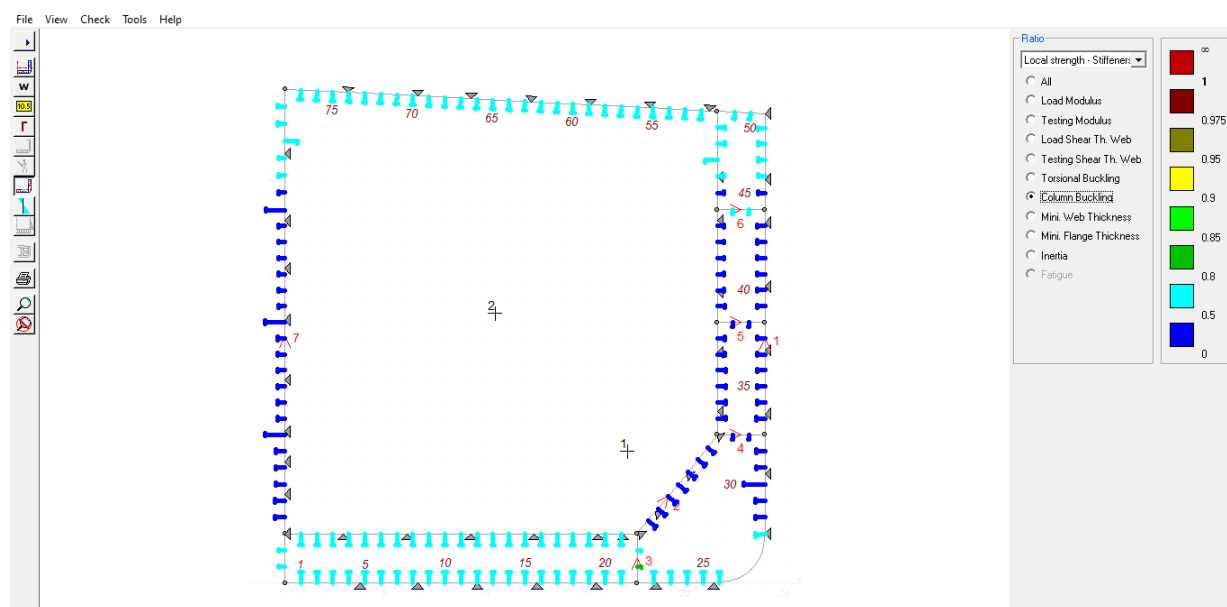
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αντίστασης (gross modulus) cm <sup>3</sup>		Στρεπτικός λυγισμός (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
BL1	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	570.24	0.671	0.900
BL2	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2488.98	0.814	0.900
BL3	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2484.93	0.814	0.900
BL4	T bar	550×11.5	170×24	3145.67	2480.88	0.814	0.900
BL5	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2475.66	0.808	0.900
BL6	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2471.62	0.808	0.900
BL7	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2467.57	0.808	0.900
BL8	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2463.53	0.808	0.900
BL9	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2459.11	0.804	0.900
BL10	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2455.07	0.804	0.900
BL11	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2451.02	0.804	0.900
BL12	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2446.98	0.804	0.900
BL13	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2442.94	0.804	0.900
BL14	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2438.89	0.804	0.900
BL15	T bar	550×11.5	170×24	3211.66	2434.85	0.804	0.900
BL16	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2431.18	0.808	0.900
BL17	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2427.13	0.808	0.900
BL18	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2423.09	0.808	0.900
BL19	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2419.04	0.808	0.900
BL20	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	2415.00	0.808	0.900
BL21	T bar	550×11.5	170×24	3177.14	551.47	0.670	0.900
BL23	T bar	550×11.5	170×26	3184.99	683.28	0.670	0.900
BL24	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2706.77	0.816	0.900
BL25	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2711.85	0.816	0.900
BL26	T bar	550×11.5	170×26	3142.87	2716.94	0.816	0.900
BL27	T bar	550×11.5	170×26	3159.46	2721.10	0.813	0.900

Πίνακας 47: Αποτελέσματα στρεπτικού λυγισμού (Bottom Shell)

### 5.3.6 Λυγισμός κορμού (Column Buckling)

Επιλέγοντας την έκτη επιλογή (Column Buckling) το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν ο λυγισμός του κορμού των ενισχυτικών πληρεί τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε με μία πρώτη βλέψη (σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα) ότι ο έλεγχος αυτός των ενισχυτικών πληρεί τις προϋποθέσεις των κανονισμών



Εικόνα 47: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Column Buckling)

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα από τον έλεγχο.

UPPER DECK					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Λυγισμός κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
DL1	T bar	450×12	170×22	0.741	1.000
DL2	T bar	450×12	170×22	0.739	1.000
DL3	T bar	450×12	170×22	0.737	1.000
DL4	T bar	450×12	170×22	0.735	1.000
DL5	T bar	450×12	170×22	0.733	1.000
DL6	T bar	450×12	170×22	0.731	1.000
DL7	T bar	450×12	170×22	0.729	1.000
DL8	T bar	450×12	170×22	0.727	1.000
DL9	T bar	450×12	170×22	0.724	1.000
DL10	T bar	450×12	170×22	0.722	1.000
DL11	T bar	450×12	170×22	0.720	1.000
DL12	T bar	450×12	170×22	0.718	1.000
DL13	T bar	450×12	170×22	0.716	1.000
DL14	T bar	450×12	170×22	0.714	1.000
DL15	T bar	450×12	170×22	0.712	1.000
DL16	T bar	450×12	170×22	0.710	1.000
DL17	T bar	450×12	170×22	0.708	1.000
DL18	T bar	450×12	170×22	0.706	1.000
DL19	T bar	450×12	170×22	0.703	1.000
DL20	T bar	450×12	170×22	0.701	1.000
DL21	T bar	450×12	170×22	0.699	1.000
DL22	T bar	450×12	170×22	0.697	1.000
DL23	T bar	450×12	170×22	0.695	1.000
DL24	T bar	450×12	170×22	0.693	1.000
DL25	T bar	450×12	170×22	0.691	1.000
DL26	T bar	450×12	170×22	0.689	1.000
DL28	Bulb	340×14	-	0.714	1.000
DL29	Bulb	340×14	-	0.704	1.000

Πίνακας 48: Αποτελέσματα λυγισμού κορμού (Upper Deck)



INNER BOTTOM					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Λυγισμός κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IBL1	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL2	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL3	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL4	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL5	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL6	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL7	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL8	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL9	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL10	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL11	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL12	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL13	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL14	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL15	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL16	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL17	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL18	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL19	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL20	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900
IBL21	T bar	550×12	170×22	0.465	0.900

Πίνακας 49: Αποτελέσματα λυγισμού κορμού (Inner Bottom)

SIDE SHELL					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Λογισμός κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
SL2	T bar	500×11	150×25	0.468	0.900
SL3	T bar	500×11	150×25	0.418	0.900
SL4	T bar	500×11	150×23	0.370	0.900
SL5	T bar	1080×12	150×16	0.317	0.900
SL6	T bar	450×10.5	150×23	0.274	0.900
SL7	T bar	450×10.5	150×20	0.226	0.900
SL9	T bar	450×10.5	150×23	0.129	0.900
SL10	T bar	420×10.5	150×20	0.127	0.900
SL11	T bar	420×10.5	150×20	0.127	0.900
SL12	T bar	420×10.5	150×20	0.127	0.900
SL13	T bar	420×10.5	150×20	0.127	0.900
SL14	T bar	420×10.5	150×20	0.127	1.000
SL16	T bar	420×10.5	150×20	0.178	1.000
SL17	T bar	420×10.5	150×20	0.220	1.000
SL18	T bar	420×10.5	150×20	0.262	1.000
SL19	T bar	420×10.5	150×20	0.304	1.000
SL20	T bar	420×10.5	150×20	0.346	1.000
SL21	T bar	420×10.5	150×20	0.388	1.000
SL23	T bar	360×10.5	150×16	0.484	1.000
SL24	T bar	360×10.5	150×16	0.528	1.000
SL25	T bar	360×12	150×12	0.570	1.000
SL26	T bar	360×12	150×12	0.611	1.000
SL27	T bar	360×12	150×12	0.650	1.000

Πίνακας 50: Αποτελέσματα λογισμού κορμού (Side Shell)

INNER HULL L.BHD.					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Λυγισμός κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IL1	T bar	500×11.5	150×28	0.429	0.900
IL2	T bar	500×11.5	150×23	0.393	0.900
IL3	T bar	500×11.5	150×23	0.358	0.900
IL4	T bar	500×11.5	150×23	0.322	0.900
IL5	T bar	450×11	150×20	0.288	0.900
IL6	T bar	450×11	150×20	0.251	0.900
IL7	T bar	450×11	150×20	0.215	0.900
IL9	T bar	400×11	150×23	0.129	0.900
IL10	T bar	400×11	150×18	0.127	0.900
IL11	T bar	400×11	150×18	0.127	0.900
IL12	T bar	400×11	150×18	0.127	0.900
IL13	T bar	360×11	150×20	0.127	0.900
IL14	T bar	360×11	150×20	0.127	1.000
IL16	T bar	360×11	150×18	0.180	1.000
IL17	T bar	340×11	150×18	0.224	1.000
IL18	T bar	340×11	150×18	0.266	1.000
IL19	T bar	340×11	150×18	0.309	1.000
IL20	T bar	340×11	150×18	0.352	1.000
IL21	T bar	340×11	150×18	0.394	1.000
IL23	T bar	340×11	150×18	0.485	1.000
IL24	T bar	340×11	150×18	0.531	1.000
IL25	Angle	640×14	160×18	0.554	1.000
IL26	T bar	360×12	150×16	0.612	1.000
IL27	T bar	360×12	150×16	0.656	1.000

Πίνακας 51: Αποτελέσματα λυγισμού κορμού (Inner Hull L. BHD.)

CENTER LONGI. BULCKHEAD					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Λυγισμός κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
CL1	T bar	300×10.5	120×20	0.585	0.900
CL2	T bar	300×10.5	120×20	0.535	0.900
CL3	T bar	500×10.5	150×25	0.418	0.900
CL4	T bar	500×10.5	150×23	0.370	0.900
CL5	T bar	450×10	150×23	0.323	0.900
CL6	T bar	450×10	150×20	0.275	0.900
CL7	T bar	450×10	150×20	0.226	0.900
CL8	T bar	990×11	150×16	0.174	0.900
CL9	T bar	360×10	150×20	0.131	0.900
CL10	T bar	360×10	150×20	0.128	0.900
CL11	T bar	360×10	150×20	0.128	0.900
CL12	T bar	360×10	150×20	0.127	0.900
CL13	T bar	360×10	150×20	0.127	0.900
CL14	T bar	360×10	150×20	0.127	1.000
CL15	T bar	990×11	150×16	0.134	1.000
CL16	T bar	340×10	120×18	0.181	1.000
CL17	T bar	340×10	120×18	0.224	1.000
CL18	T bar	340×10	120×18	0.267	1.000
CL19	T bar	340×10	120×18	0.309	1.000
CL20	T bar	340×10	120×18	0.351	1.000
CL21	T bar	340×10	120×18	0.393	1.000
CL22	T bar	940×11	150×16	0.421	1.000
CL23	T bar	300×10	120×18	0.492	1.000
CL24	T bar	300×10	120×18	0.539	1.000
CL25	T bar	300×10	120×18	0.586	1.000
CL26	Angle	640×14	160×18	0.605	1.000
CL27	T bar	360×12	150×20	0.667	1.000
CL28	T bar	360×12	150×20	0.712	1.000

Πίνακας 52: Αποτελέσματα λυγισμού κορμού (Center Longi. Bulckhead)

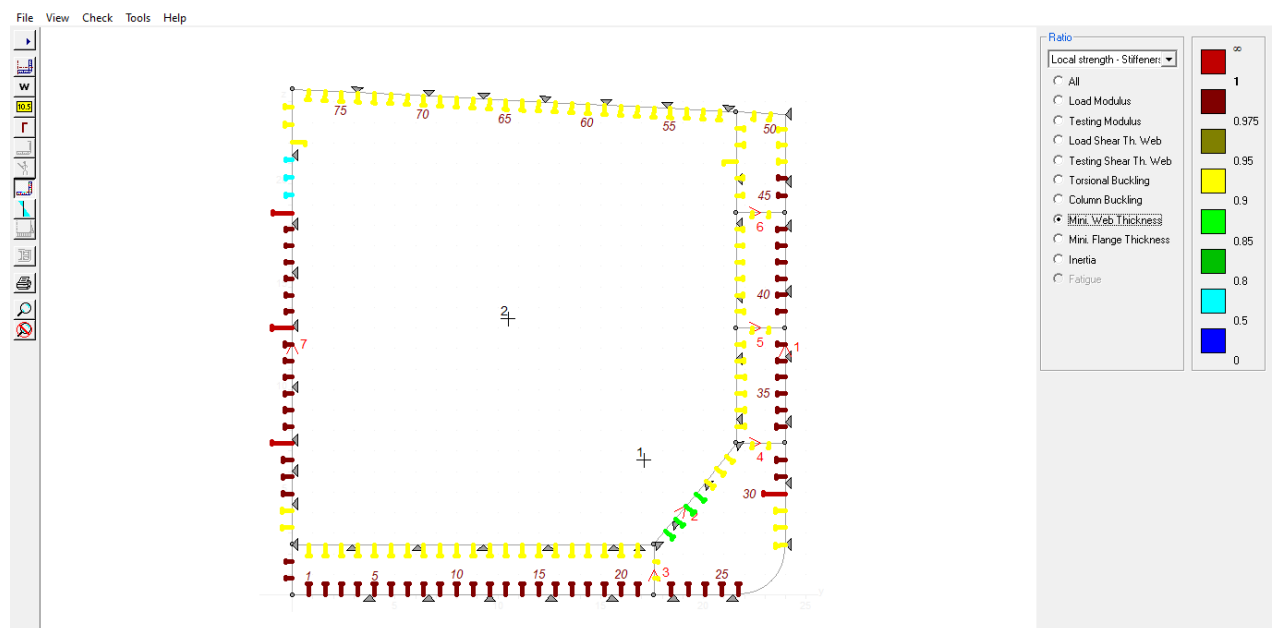
<b>BOTTOM SHELL</b>					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Λυγισμός κορμού (net) (Ratios)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
BL1	T bar	550×11.5	170×24	0.608	0.900
BL2	T bar	550×11.5	170×24	0.608	0.900
BL3	T bar	550×11.5	170×24	0.608	0.900
BL4	T bar	550×11.5	170×24	0.608	0.900
BL5	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL6	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL7	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL8	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL9	T bar	550×11.5	170×24	0.610	0.900
BL10	T bar	550×11.5	170×24	0.610	0.900
BL11	T bar	550×11.5	170×24	0.610	0.900
BL12	T bar	550×11.5	170×24	0.610	0.900
BL13	T bar	550×11.5	170×24	0.610	0.900
BL14	T bar	550×11.5	170×24	0.610	0.900
BL15	T bar	550×11.5	170×24	0.610	0.900
BL16	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL17	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL18	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL19	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL20	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL21	T bar	550×11.5	170×24	0.609	0.900
BL23	T bar	550×11.5	170×26	0.610	0.900
BL24	T bar	550×11.5	170×26	0.609	0.900
BL25	T bar	550×11.5	170×26	0.609	0.900
BL26	T bar	550×11.5	170×26	0.609	0.900
BL27	T bar	550×11.5	170×26	0.610	0.900

Πίνακας 53: Αποτελέσματα λυγισμού κορμού (Bottom Shell)

### 5.3.7. Ελάχιστο πάχος κορμού (Minimum Web Thickness)

Επιλέγοντας την έβδομη επιλογή (Minimum Web Thickness) το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν το ελάχιστο πάχος του κορμού των ενισχυτικών πληρεί τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε με μία πρώτη βλέψη (σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα) ότι ο έλεγχος αυτός των ενισχυτικών πληρεί τις προϋποθέσεις των κανονισμών (τα κόκκινα ενισχυτικά θα σχολιαστούν παρακάτω).



Εικόνα 48: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Minimum Web Thickness)

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα από τον έλεγχο.

UPPER DECK					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος κορμού (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
DL1	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL2	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL3	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL4	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL5	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL6	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL7	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL8	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL9	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL10	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL11	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL12	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL13	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL14	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL15	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL16	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL17	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL18	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL19	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL20	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL21	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL22	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL23	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL24	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL25	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL26	T bar	450×12	170×22	8.0	7.5
DL28	Bulb	340×14	-	10.0	9.5
DL29	Bulb	340×14	-	10.0	9.5

Πίνακας 54: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κορμού (Upper Deck)

INNER BOTTOM					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος κορμού (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IBL1	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL2	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL3	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL4	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL5	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL6	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL7	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL8	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL9	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL10	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL11	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL12	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL13	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL14	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL15	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL16	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL17	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL18	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL19	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL20	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5
IBL21	T bar	550×12	170×22	9.0	8.5

Πίνακας 55: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κορμού (Inner Bottom)



SIDE SHELL					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος κορμού (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
SL2	T bar	500×11	150×25	8.0	7.5
SL3	T bar	500×11	150×25	8.0	7.5
SL4	T bar	500×11	150×23	8.0	7.5
<b>SL5</b>	<b>T bar</b>	<b>1080×12</b>	<b>150×16</b>	<b>9.0</b>	<b>16.5</b>
SL6	T bar	450×10.5	150×23	7.5	7.5
SL7	T bar	450×10.5	150×20	7.5	7.5
SL9	T bar	450×10.5	150×23	7.5	7.5
SL10	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL11	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL12	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL13	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL14	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL16	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL17	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL18	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL19	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL20	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL21	T bar	420×10.5	150×20	7.5	7.5
SL23	T bar	360×10.5	150×16	7.5	7.5
SL24	T bar	360×10.5	150×16	7.5	7.5
SL25	T bar	360×12	150×12	8.0	7.5
SL26	T bar	360×12	150×12	8.0	7.5
SL27	T bar	360×12	150×12	8.0	7.5

Πίνακας 56: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κορμού (Side Shell)

INNER HULL L.BHD.					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος κορμού (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IL1	T bar	500×11.5	150×28	8.5	7.5
IL2	T bar	500×11.5	150×23	8.5	7.5
IL3	T bar	500×11.5	150×23	8.5	7.5
IL4	T bar	500×11.5	150×23	8.5	7.5
IL5	T bar	450×11	150×20	8.0	7.5
IL6	T bar	450×11	150×20	8.0	7.5
IL7	T bar	450×11	150×20	8.0	7.5
IL9	T bar	400×11	150×23	8.0	7.5
IL10	T bar	400×11	150×18	8.0	7.5
IL11	T bar	400×11	150×18	8.0	7.5
IL12	T bar	400×11	150×18	8.0	7.5
IL13	T bar	360×11	150×20	8.0	7.5
IL14	T bar	360×11	150×20	8.0	7.5
IL16	T bar	360×11	150×18	8.0	7.5
IL17	T bar	340×11	150×18	8.0	7.5
IL18	T bar	340×11	150×18	8.0	7.5
IL19	T bar	340×11	150×18	8.0	7.5
IL20	T bar	340×11	150×18	8.0	7.5
IL21	T bar	340×11	150×18	8.0	7.5
IL23	T bar	340×11	150×18	8.0	7.5
IL24	T bar	340×11	150×18	8.0	7.5
IL25	Angle	640×14	160×18	10.0	9.5
IL26	T bar	360×12	150×16	8.0	7.5
IL27	T bar	360×12	150×16	8.0	7.5

Πίνακας 57: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κορμού (Inner Hull L.BHD)

CENTER LONGI. BULCKHEAD					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος κορμού (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
CL1	T bar	300×10.5	120×20	7.5	7.5
CL2	T bar	300×10.5	120×20	7.5	7.5
CL3	T bar	500×10.5	150×25	8.0	7.5
CL4	T bar	500×10.5	150×23	8.0	7.5
CL5	T bar	450×10	150×23	7.5	7.5
CL6	T bar	450×10	150×20	7.5	7.5
CL7	T bar	450×10	150×20	7.5	7.5
<b>CL8</b>	<b>T bar</b>	<b>990×11</b>	<b>150×16</b>	<b>8.5</b>	<b>15.5</b>
CL9	T bar	360×10	150×20	7.5	7.5
CL10	T bar	360×10	150×20	7.5	7.5
CL11	T bar	360×10	150×20	7.5	7.5
CL12	T bar	360×10	150×20	7.5	7.5
CL13	T bar	360×10	150×20	7.5	7.5
CL14	T bar	360×10	150×20	7.5	7.5
<b>CL15</b>	<b>T bar</b>	<b>990×11</b>	<b>150×16</b>	<b>8.5</b>	<b>15.5</b>
CL16	T bar	340×10	120×18	7.5	7.5
CL17	T bar	340×10	120×18	7.5	7.5
CL18	T bar	340×10	120×18	7.5	7.5
CL19	T bar	340×10	120×18	7.5	7.5
CL20	T bar	340×10	120×18	7.5	7.5
CL21	T bar	340×10	120×18	7.5	7.5
<b>CL22</b>	<b>T bar</b>	<b>940×11</b>	<b>150×16</b>	<b>8.5</b>	<b>14.5</b>
CL23	T bar	300×10	120×18	9.5	7.5
CL24	T bar	300×10	120×18	9.5	7.5
CL25	T bar	300×10	120×18	9.5	7.5
CL26	Angle	640×14	160×18	10.0	9.5
CL27	T bar	360×12	150×20	8.0	7.5
CL28	T bar	360×12	150×20	8.0	7.5

Πίνακας 58: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κορμού (Center Longi. Bulckhead)

<b>BOTTOM SHELL</b>					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος κορμού (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
BL1	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL2	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL3	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL4	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL5	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL6	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL7	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL8	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL9	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL10	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL11	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL12	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL13	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL14	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL15	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL16	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL17	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL18	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL19	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL20	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL21	T bar	550×11.5	170×24	8.5	8.5
BL23	T bar	550×11.5	170×26	8.5	8.5
BL24	T bar	550×11.5	170×26	8.5	8.5
BL25	T bar	550×11.5	170×26	8.5	8.5
BL26	T bar	550×11.5	170×26	8.5	8.5
BL27	T bar	550×11.5	170×26	8.5	8.5

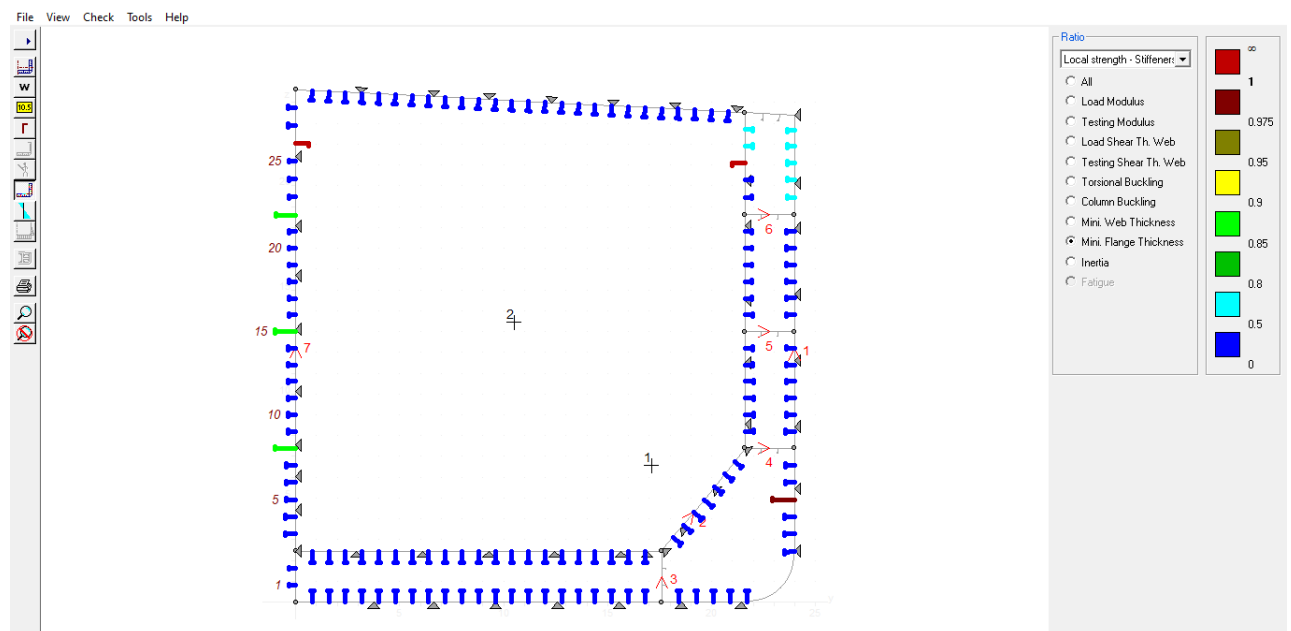
Πίνακας 59: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους κορμού (Bottom Shell)

Όπως παρατηρούμε στους πίνακες «Side Shell» και «Center Longi. Bulckhead» έχουμε ένα και τρία αντίστοιχα λανθασμένα αποτελέσματα στα ενισχυτικά. Αυτό συνέβη διότι το ελάχιστο πάχος της κολώνας των ενισχυτικών είναι μακρότερο από αυτό που απαιτούν οι κανονισμοί. Αυτό διορθώνεται με μια μικρή αύξηση του πάχους του κορμού στα συγκεκριμένα ενισχυτικά.

### 5.3.8. Ελάχιστο πάχος φλάτζας (Minimum Flange Thickness)

Επιλέγοντας την όγδοη επιλογή (Minimum Flange Thickness) το πρόγραμμα θα μας δώσει αποτελέσματα αν το ελάχιστο πάχος της φλάτζας των ενισχυτικών πληρεί τις προϋποθέσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε με μία πρώτη βλέψη (σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα) ότι ο έλεγχος αυτός των ενισχυτικών πληρεί τις προϋποθέσεις των κανονισμών (τα κόκκινα ενισχυτικά θα σχολιαστούν παρακάτω).



Εικόνα 49: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Minimum Flange Thickness)

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα από τον έλεγχο.

UPPER DECK					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος φλάτζας (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
DL1	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL2	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL3	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL4	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL5	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL6	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL7	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL8	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL9	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL10	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL11	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL12	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL13	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL14	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL15	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL16	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL17	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL18	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL19	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL20	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL21	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL22	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL23	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL24	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL25	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL26	T bar	450×12	170×22	18.0	8.0
DL28	Bulb	340×14	-	-	-
DL29	Bulb	340×14	-	-	-

Πίνακας 60: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Upper Deck)

INNER BOTTOM					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος φλάτζας (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IBL1	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL2	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL3	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL4	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL5	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL6	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL7	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL8	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL9	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL10	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL11	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL12	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL13	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL14	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL15	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL16	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL17	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL18	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL19	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL20	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0
IBL21	T bar	550×12	170×22	19.0	8.0

Πίνακας 61: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Inner Bottom)



SIDE SHELL					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος φλάτζας (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
SL2	T bar	500×11	150×25	22.0	7.5
SL3	T bar	500×11	150×25	22.0	7.5
SL4	T bar	500×11	150×23	20.0	7.5
SL5	T bar	1080×12	150×16	13.0	13.0
SL6	T bar	450×10.5	150×23	20.0	7.5
SL7	T bar	450×10.5	150×20	17.0	7.5
SL9	T bar	450×10.5	150×23	20.0	7.5
SL10	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL11	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL12	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL13	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL14	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL16	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL17	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL18	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL19	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL20	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL21	T bar	420×10.5	150×20	17.0	7.5
SL23	T bar	360×10.5	150×16	13.0	7.5
SL24	T bar	360×10.5	150×16	13.0	7.5
SL25	T bar	360×12	150×12	12.0	7.5
SL26	T bar	360×12	150×12	12.0	7.5
SL27	T bar	360×12	150×12	12.0	7.5

Πίνακας 62: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Side Shell)

INNER HULL L.BHD.					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος φλάτζας (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IL1	T bar	500×11.5	150×28	25.0	7.5
IL2	T bar	500×11.5	150×23	20.0	7.5
IL3	T bar	500×11.5	150×23	20.0	7.5
IL4	T bar	500×11.5	150×23	20.0	7.5
IL5	T bar	450×11	150×20	17.0	7.5
IL6	T bar	450×11	150×20	17.0	7.5
IL7	T bar	450×11	150×20	17.0	7.5
IL9	T bar	400×11	150×23	20.0	7.5
IL10	T bar	400×11	150×18	15.0	7.5
IL11	T bar	400×11	150×18	15.0	7.5
IL12	T bar	400×11	150×18	15.0	7.5
IL13	T bar	360×11	150×20	17.0	7.5
IL14	T bar	360×11	150×20	17.0	7.5
IL16	T bar	360×11	150×18	15.0	7.5
IL17	T bar	340×11	150×18	15.0	7.5
IL18	T bar	340×11	150×18	15.0	7.5
IL19	T bar	340×11	150×18	15.0	7.5
IL20	T bar	340×11	150×18	15.0	7.5
IL21	T bar	340×11	150×18	15.0	7.5
IL23	T bar	340×11	150×18	15.0	7.5
IL24	T bar	340×11	150×18	15.0	7.5
<b>IL25</b>	<b>Angle</b>	<b>640×14</b>	<b>160×18</b>	<b>14.0</b>	<b>15.0</b>
IL26	T bar	360×12	150×16	12.0	7.5
IL27	T bar	360×12	150×16	12.0	7.5

Πίνακας 63: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Inner Hull L. BHD)

CENTER LONGI. BULCKHEAD					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος φλάτζας (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
CL1	T bar	300×10.5	120×20	17.0	7.5
CL2	T bar	300×10.5	120×20	17.0	7.5
CL3	T bar	500×10.5	150×25	22.5	7.5
CL4	T bar	500×10.5	150×23	20.5	7.5
CL5	T bar	450×10	150×23	20.5	7.5
CL6	T bar	450×10	150×20	17.5	7.5
CL7	T bar	450×10	150×20	17.5	7.5
CL8	T bar	990×11	150×16	13.5	12.0
CL9	T bar	360×10	150×20	17.5	7.5
CL10	T bar	360×10	150×20	17.5	7.5
CL11	T bar	360×10	150×20	17.5	7.5
CL12	T bar	360×10	150×20	17.5	7.5
CL13	T bar	360×10	150×20	17.5	7.5
CL14	T bar	360×10	150×20	17.5	7.5
CL15	T bar	990×11	150×16	13.5	12.0
CL16	T bar	340×10	120×18	15.5	7.5
CL17	T bar	340×10	120×18	15.5	7.5
CL18	T bar	340×10	120×18	15.5	7.5
CL19	T bar	340×10	120×18	15.5	7.5
CL20	T bar	340×10	120×18	15.5	7.5
CL21	T bar	340×10	120×18	15.5	7.5
CL22	T bar	940×11	150×16	13.5	11.5
CL23	T bar	300×10	120×18	15.5	7.5
CL24	T bar	300×10	120×18	15.5	7.5
CL25	T bar	300×10	120×18	15.5	7.5
<b>CL26</b>	<b>Angle</b>	<b>640×14</b>	<b>160×18</b>	<b>14.0</b>	<b>15.0</b>
CL27	T bar	360×12	150×20	16.0	7.5
CL28	T bar	360×12	150×20	16.0	7.5

Πίνακας 64: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Center Longi. Bulckhead)

<b>BOTTOM SHELL</b>					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ελάχιστο πάχος φλάτζας (mm)	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
BL1	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL2	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL3	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL4	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL5	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL6	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL7	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL8	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL9	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL10	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL11	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL12	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL13	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL14	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL15	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL16	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL17	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL18	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL19	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL20	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL21	T bar	550×11.5	170×24	21.0	8.0
BL23	T bar	550×11.5	170×26	21.0	8.0
BL24	T bar	550×11.5	170×26	21.0	8.0
BL25	T bar	550×11.5	170×26	21.0	8.0
BL26	T bar	550×11.5	170×26	21.0	8.0
BL27	T bar	550×11.5	170×26	21.0	8.0

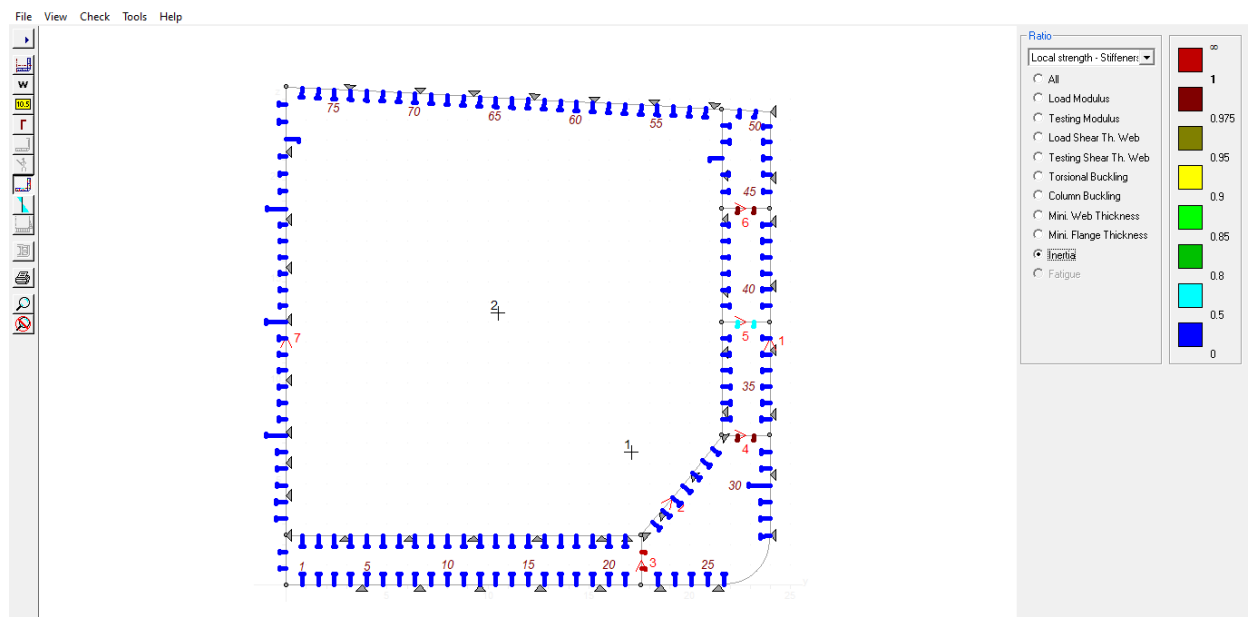
Πίνακας 65: Αποτελέσματα ελάχιστου πάχους φλάτζας (Bottom Shell)

Όπως παρατηρούμε στους πίνακες «Inner Hull L. BHD» και «Center Longi. Bulckhead» έχουμε από ένα λανθασμένο αποτέλεσμα στα ενισχυτικά. Αυτό συνέβη διότι το ελάχιστο πάχος της φλάτζας των ενισχυτικών είναι μακρότερο από αυτό που απαιτούν οι κανονισμοί. Αυτό διορθώνεται με μια μικρή αύξηση του πάχους της φλάτζας στα συγκεκριμένα ενισχυτικά.

### 5.3.9. Ροπή αδράνειας ενισχυτικών (Moment of Inertia)

Ο τελευταίος έλεγχος του προγράμματος (Inertia), μας δίνει τα αποτελέσματα της ροπής αδράνειας των ενισχυτικών για την μέση τομή του πλοίου μας.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε ότι όλα τα ενισχυτικά πληρούν τις προϋποθέσεις των κανονισμών σύμφωνα με τα χρωματικά αποτελέσματα.



Εικόνα 50: Αποτελέσματα ενισχυτικών (Inertia)

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα από τον έλεγχο.

UPPER DECK					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αδράνειας (cm <sup>4</sup> )	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
DL1	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL2	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL3	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL4	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL5	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL6	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL7	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL8	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL9	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL10	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL11	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL12	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL13	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL14	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL15	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL16	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL17	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL18	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL19	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL20	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL21	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL22	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL23	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL24	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL25	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL26	T bar	450×12	170×22	6.30e4	7.59e3
DL28	Bulb	340×14	-	2.38e4	6.83e3
DL29	Bulb	340×14	-	2.33e4	6.45e3

Πίνακας 66: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Upper Deck)

INNER BOTTOM					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αδράνειας (cm <sup>4</sup> )	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IBL1	T bar	550×12	170×22	9.53e4	1.89e3
IBL2	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL3	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL4	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL5	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL6	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL7	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL8	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL9	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL10	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL11	T bar	550×12	170×22	9.53e4	7.56e3
IBL12	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3
IBL13	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3
IBL14	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3
IBL15	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3
IBL16	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3
IBL17	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3
IBL18	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3
IBL19	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3
IBL20	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3
IBL21	T bar	550×12	170×22	9.40e4	7.42e3

Πίνακας 67: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Inner Bottom)



SIDE SHELL					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αδράνειας (cm <sup>4</sup> )	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
SL2	T bar	500×11	150×25	8.01e4	7.58e3
SL3	T bar	500×11	150×25	7.61e4	6.99e3
SL4	T bar	500×11	150×23	7.23e4	1.72e3
SL5	T bar	1080×12	150×16	3.44e5	2.23e3
SL6	T bar	450×10.5	150×23	5.67e4	6.44e3
SL7	T bar	450×10.5	150×20	5.18e4	6.25e3
SL9	T bar	450×10.5	150×23	5.62e4	6.33e3
SL10	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL11	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL12	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL13	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL14	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL16	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL17	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL18	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL19	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL20	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL21	T bar	420×10.5	150×20	4.56e4	6.32e3
SL23	T bar	360×10.5	150×16	2.81e4	5.80e3
SL24	T bar	360×10.5	150×16	2.79e4	5.69e3
SL25	T bar	360×12	150×12	2.68e4	5.59e3
SL26	T bar	360×12	150×12	2.66e4	5.48e3
SL27	T bar	360×12	150×12	2.64e4	5.37e3

Πίνακας 68: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Side Shell)

INNER HULL L.BHD.					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αδράνειας (cm <sup>4</sup> )	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
IL1	T bar	500×11.5	150×28	9.14e4	8.57e3
IL2	T bar	500×11.5	150×23	7.72e4	7.62e3
IL3	T bar	500×11.5	150×23	7.72e4	7.62e3
IL4	T bar	500×11.5	150×23	7.72e4	7.62e3
IL5	T bar	450×11	150×20	5.48e4	6.86e3
IL6	T bar	450×11	150×20	5.48e4	6.86e3
IL7	T bar	450×11	150×20	5.50e4	6.92e3
IL9	T bar	400×11	150×23	4.38e4	6.11e3
IL10	T bar	400×11	150×18	3.73e4	5.79e3
IL11	T bar	400×11	150×18	3.73e4	5.79e3
IL12	T bar	400×11	150×18	3.73e4	5.79e3
IL13	T bar	360×11	150×20	3.21e4	5.78e3
IL14	T bar	360×11	150×20	3.26e4	5.92e3
IL16	T bar	360×11	150×18	3.03e4	5.79e3
IL17	T bar	340×11	150×18	2.32e4	5.24e3
IL18	T bar	340×11	150×18	2.32e4	5.24e3
IL19	T bar	340×11	150×18	2.32e4	5.24e3
IL20	T bar	340×11	150×18	2.32e4	5.24e3
IL21	T bar	340×11	150×18	2.32e4	5.24e3
IL23	T bar	340×11	150×18	2.32e4	5.29e3
IL24	T bar	340×11	150×18	2.38e4	5.49e3
IL25	Angle	640×14	160×18	1.02e5	7.12e3
IL26	T bar	360×12	150×16	2.65e4	5.45e3
IL27	T bar	360×12	150×16	2.66e4	5.49e3

Πίνακας 69: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Inner Hull L.BHD)

CENTER LONGI. BULCKHEAD					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αδράνειας (cm <sup>4</sup> )	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
CL1	T bar	300×10.5	120×20	2.07e4	1.55e3
CL2	T bar	300×10.5	120×20	2.07e4	1.55e3
CL3	T bar	500×10.5	150×25	7.71e4	7.03e3
CL4	T bar	500×10.5	150×23	7.32e4	6.90e3
CL5	T bar	450×10	150×23	6.12e4	7.21e3
CL6	T bar	450×10	150×20	5.58e4	7.01e3
CL7	T bar	450×10	150×20	5.58e4	1.75e3
CL8	T bar	990×11	150×16	2.91e5	2.23e3
CL9	T bar	360×10	150×20	3.44e4	6.44e3
CL10	T bar	360×10	150×20	3.44e4	6.44e3
CL11	T bar	360×10	150×20	3.44e4	6.44e3
CL12	T bar	360×10	150×20	3.32e4	6.02e3
CL13	T bar	360×10	150×20	3.32e4	6.02e3
CL14	T bar	360×10	150×20	3.32e4	1.50e3
CL15	T bar	990×11	150×16	2.76e5	2.07e3
CL16	T bar	340×10	120×18	2.42e4	5.61e3
CL17	T bar	340×10	120×18	2.42e4	5.61e3
CL18	T bar	340×10	120×18	2.42e4	5.61e3
CL19	T bar	340×10	120×18	2.33e4	5.19e3
CL20	T bar	340×10	120×18	2.33e4	5.19e3
CL21	T bar	340×10	120×18	2.33e4	1.30e3
CL22	T bar	940×11	150×16	2.41e5	1.98e3
CL23	T bar	300×10	120×18	1.94e4	5.72e3
CL24	T bar	300×10	120×18	1.94e4	5.72e3
CL25	T bar	300×10	120×18	1.94e4	5.72e3
CL26	Angle	640×14	160×18	1.09e5	7.83e3
CL27	T bar	360×12	150×20	3.30e4	6.42e3
CL28	T bar	360×12	150×20	3.29e4	6.37e3

Πίνακας 70: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Center Longi. Bulckhead)

BOTTOM SHELL					
Ενισχυτικά	Τύπος ενισχυτικών	Διαστάσεις		Ροπή αδράνειας (cm <sup>4</sup> )	
		Web (mm)	Flange (mm)	Πραγματικές τιμές (Actual)	Τιμές κανονισμών (Rule)
BL1	T bar	550×11.5	170×24	1.00e5	1.93e3
BL2	T bar	550×11.5	170×24	1.00e5	7.72e3
BL3	T bar	550×11.5	170×24	1.00e5	7.72e3
BL4	T bar	550×11.5	170×24	1.00e5	7.72e3
BL5	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	8.29e3
BL6	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	8.29e3
BL7	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	8.29e3
BL8	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	8.29e3
BL9	T bar	550×11.5	170×24	1.10e5	8.99e3
BL10	T bar	550×11.5	170×24	1.10e5	8.99e3
BL11	T bar	550×11.5	170×24	1.10e5	8.99e3
BL12	T bar	550×11.5	170×24	1.10e5	8.99e3
BL13	T bar	550×11.5	170×24	1.10e5	8.99e3
BL14	T bar	550×11.5	170×24	1.10e5	8.99e3
BL15	T bar	550×11.5	170×24	1.10e5	8.99e3
BL16	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	8.29e3
BL17	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	8.29e3
BL18	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	8.29e3
BL19	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	8.29e3
BL20	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	8.29e3
BL21	T bar	550×11.5	170×24	1.05e5	2.07e3
BL23	T bar	550×11.5	170×26	1.06e5	2.12e3
BL24	T bar	550×11.5	170×26	1.00e5	7.68e3
BL25	T bar	550×11.5	170×26	1.00e5	7.68e3
BL26	T bar	550×11.5	170×26	1.00e5	7.68e3
BL27	T bar	550×11.5	170×26	1.03e5	7.97e3

Πίνακας 71: Αποτελέσματα ροπής αδράνειας (Bottom Shell)

## Συμπεράσματα

Μετά το πέρας της ολοκλήρωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων του ελέγχου της διαμήκους αντοχής πλοίου tanker με το λογισμικό πρόγραμμα Mars2000, πάρθηκαν τα εξής συμπεράσματα:

- Όλα τα ελάσματα της μέσης τομής του πλοίου μας, αποδείχθηκε μέσω του προγράμματος, ότι πληρούν όλες τις προϋποθέσεις των κανονισμών και κατ'επέκταση είναι αποδεκτά για την ναυπήγηση του πλοίου.
- Τα ενισχυτικά της μέσης τομής του πλοίου, αποδείχθηκαν και αυτά μέσω του προγράμματος ότι πληρούν όλες τις προϋποθέσεις των κανονισμών σε όλους τους ελέγχους, με εξαίρεση μερικών από αυτών όπου ο λόγος αστοχίας τους σχολιάστηκε στο κεφάλαιο 5.3.
- Όσο αναφορά το λογισμικό πρόγραμμα Mars2000, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι είναι ένα εύχρηστο εργαλείο το οποίο δίνει πολύ ακριβή αποτελέσματα. Το Mars2000 χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της συμμόρφωσης των κατασκευαστικών στοιχείων του πλοίου με βάση τις περιγραφικές απαιτήσεις (prescriptive requirements) των κανονισμών. Δεδομένου ότι οι μαθηματικές σχέσεις που περιλαμβάνονται στους Κανονισμούς CSR είναι αρκετά πολύπλοκες και οι σχετικοί υπολογισμοί αρκετά εκτενείς, θεωρούμε ότι προγράμματα σαν το Mars αποτελούν πολύτιμα βοηθήματα για τον Ναυπηγό. Βεβαίως, σύμφωνα με τους Κανονισμούς CSR, για τον ολοκληρωτικό έλεγχο της αντοχής, απαιτείται επιβεβαίωση του σχεδιασμού με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Ο τελευταίος έλεγχος δεν μπορεί να γίνει με την χρήση του Προγράμματος Mars, αλλά απαιτεί την χρήση εξειδικευμένων προγραμμάτων.



## Βιβλιογραφία

1. [https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/285/Petrovitsou\\_15077.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/285/Petrovitsou_15077.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
2. Mary G. Ramos, Oil and Texas: A Cultural History, TEXAS LMANAC, <https://texasalmanac.com/index.php?q=topics/business/oil-and-texas-cultural-history>
3. Giddens Paul, The early petroleum industry
4. Huber, Mark (2001). Tanker operations: a handbook for the person-in-charge (PIC). Cambridge, MD: Cornell Maritime Press.
5. [https://books.google.gr/books?id=3DmsQLtWq1wC&pg=PR38&dq=%2BNobel+%2Btanker+%2BZoroaster&num=100&sig=CpA2y3iTadVv\\_iihDA5mp\\_sN92M&redir\\_esc=y&hl=el#v=onepage&q=%2BNobel%20%2Btanker%20%2BZoroaster&f=false](https://books.google.gr/books?id=3DmsQLtWq1wC&pg=PR38&dq=%2BNobel+%2Btanker+%2BZoroaster&num=100&sig=CpA2y3iTadVv_iihDA5mp_sN92M&redir_esc=y&hl=el#v=onepage&q=%2BNobel%20%2Btanker%20%2BZoroaster&f=false)
6. <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/3027/Kalara.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
7. [https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/285/Petrovitsou\\_15077.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/285/Petrovitsou_15077.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
8. Ευστράτιος Ν. Μαυρούδης, «Μελέτη και σχεδίαση AFRAMAX με χρήση του προγράμματος NAPA και έλεγχος συμμόρφωσης του με τους κανονισμούς ευστάθειας κατόπιν βλάβης και εκροής πετρελαίου», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π. Αθήνα 2015
9. I.A.C.S., Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers, January 2020
10. <https://docplayer.gr/12832227-Ptyhiaki-ergasia-syghrona-dexamenoploia-tankers.html>
11. <https://www.nap.edu/read/5798/chapter/1#ii>
12. Bureau Veritas, “CSR for Bulk Carriers and Oil Tankers assessments within MARS”, 2015