



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:

ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Τίτλος εργασίας

**Έλεγχος συμμόρφωσης πλοίου Bulk Carrier με τους Κοινούς Κανονισμούς
της Διεθνούς Ένωσης Νηογνομόνων.**

Συγγραφέας

Άγγελος Ν. Πιλάτης

ΑΜ: MScna1816

Επιβλέπων:

Δρ. Αλέξανδρος Θεοδουλίδης (επίκουρος καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.)

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE

TITLE OF POSTGRADUATE PROGRAM (MSc/MBA)

**MSC IN ADVANCED TECHNOLOGIES IN NAVAL ARCHITECTURE AND
MARINE ENGINEERING**

Master Thesis

Title

**Checking the compliance of Bulk Carrier ship with the Common Structural
Rules of the International Association of Classification Societies.**

Student name and surname:

Aggelos N. Pilatis

Registration Number:

MScna1816

Supervisor name and surname:

Dr. Alexandros Theodoulidis

Athens, February 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:

ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ

Τίτλος εργασίας

**Έλεγχος συμμόρφωσης πλοίου Bulk Carrier με τους Κοινούς Κανονισμούς της
Διεθνούς Ένωσης Νηογνομόνων.**

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/a	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΘΕΟΔΟΥΛΙΔΗΣ	Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.	
2	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΟΛΙΤΗΣ	Καθηγητής/Πρόεδρος τμήματος Ναυπηγών Μηχανικών ΠΑ.Δ.Α.	
3	ΣΩΤΗΡΙΑ ΔΗΜΗΤΡΕΛΟΥ	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΠΑ.Δ.Α.	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Άγγελος Πιλάτης του Νικολάου, με αριθμό μητρώου MSca1816 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών « ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ» του Τμήματος ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής 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

Άγγελος Ν. Πιλάτης

* **Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα



(Υπογραφή)

*Αφιερώνεται η παρούσα διπλωματική εργασία, εις
μνήμην*

Χαρίλαου Στασινόπουλου.

Καθηγητή, συμφοιτητή και φίλου.

*Η υπέροχη προσωπικότητα, η αγάπη για τους φοιτητές
του, το ήθος και η ευγένεια του, είναι σταθμός προς
μίμηση, την εποχή που επικρατεί πρωτοφανή ισοπέδωση
αξιών*

Ευχαριστίες Συγγραφέα

Θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, του τμήματος Ναυπηγών Μηχανικών της σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για τις γνώσεις που μου προσέφεραν και που πολλές από αυτές εφαρμόστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Ιδιαίτερη μνεία στον επιβλέποντα επίκουρο καθηγητή του πανεπιστημίου Δρ. Αλέξανδρο Θεοδουλίδη, όπου εκφράζω ολόψυχα την ευχαριστία μου και την εκτίμηση μου, από την επιλογή του θέματος της διδακτορικής εργασίας, ως την καθοδήγηση του και τις πολύτιμες συμβουλές του μέχρι το πέρας της ολοκλήρωσης της παρούσας εργασίας.

Επιπρόσθετα για την επίτευξη των στόχων του Μεταπτυχιακού Προγράμματος σπουδών θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ακόλουθους:

- Τον φίλο, συνάδελφο και συνεργάτη Ναυπηγό Μηχανικό Τ.Ε.Ι. και Ε.Μ.Π. Ελευθέριο Τρυφονόπουλο για την υποστήριξη του στο πρόγραμμα SOLIDWORKS που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Επίσης για την συμβολή του σε όλη τη διάρκεια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών.
- Τον Ναυπηγό Μηχανικό, υποψήφιο Διδάκτορα ΠΑ.Δ.Α. Αντώνιο Χατζηγεωργίου για την πολύτιμη βοήθεια του, στο πρόγραμμα MARS2000 που χρησιμοποιήθηκε επίσης για την μελέτη.
- Τον φίλο και συνάδελφο Ναυπηγό Μηχανικό Ιωάννη Βάρσαμο,
- Την φίλη και συνάδελφο Ναυπηγό Μηχανικό Ευγενία Μπουζαλά,
- Τον συνάδελφο Ναυπηγό Μηχανικό Σαράντο Σαραντίδη,
- Τους καθηγητές ΠΑ.Δ.Α. Γεώργιο Χατζηκωνσταντή και Αναστάσιο Μισθό.

Σημαντικοί Όροι

Αντοχή, Διαμήκη Αντοχή, Πλοίο, Φορηγό μεταφοράς χύδην φορτίο, Κοινοί Κατασκευαστικοί Κανονισμοί, Διεθνή Ένωση Νηογνομώνων, Ανάλυση Πεπερασμένων στοιχείων, MARS2000 πρόγραμμα, IACS CSR πρόγραμμα, SOLIDWORKS πρόγραμμα.

Περίληψη

Η εργασία περιλαμβάνει περιγραφή των Κοινών Κατασκευαστικών Κανονισμών της Διεθνούς Ένωσης Νηογνομώνων και ανάλυση της λογικής σχεδίασης που εισάγουν.

Πραγματοποιείται εφαρμογή των κανονισμών, για τον προσδιορισμό της διαστασιολόγησης των κατασκευαστικών στοιχείων, της Μέσης Τομής υπάρχοντος χαλύβδινου πλοίου μεταφοράς Φορτίου χύδην (Bulk Carrier), με χωρητικότητα νεκρού βάρους (deadweight capacity) περίπου 58.000 Μ.Τ..

Η διαμήκη αντοχή του πλοίου υπολογίστηκε με δύο διαφορετικά προγράμματα που χρησιμοποιούνται ευρέως και είναι δωρεάν, το MARS 2000 του Γαλλικού Νηογνώμονα (Bureau Veritas) και το πρόγραμμα CSR Prescriptive Analysis v2 που έχουν αναπτύξει από κοινού ο Αμερικάνικος (American Bureau of Shipping) και ο Βρετανικός Νηογνώμονας (Lloyd's Register of Shipping).

Αφού μοντελοποιήθηκαν οι δύο εγκάρσιες τομές του πλοίου (No.3 και No.4 αμπάρια) καθώς και οι καταστάσεις φορτώσεων των δεξαμενών και χώρων φορτίου και στα δύο ανωτέρω προγράμματα, τα αποτελέσματα τους συγκρίθηκαν και από αυτά ελήφθησαν τα καθαρά πάχη (Net Scantlings) των τμημάτων της σιδηροκατασκευής, για να εισαχθούν στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων SOLIDWORKS.

Επίσης σχεδιάστηκαν τρισδιάστατα στο ανωτέρω πρόγραμμα το μεσαίο τμήμα του πλοίου, με τους τρεις χώρους φορτίων (αμπάρια) (No.2, No.3 και No.4), με τα καθαρά πάχη των αποτελεσμάτων από τα προηγούμενα προγράμματα. Εφαρμόστηκαν οι κοινοί κατασκευαστικοί κανονισμοί, υπολογίζοντας και εισάγοντας στο λογισμικό SOLIDWORKS τις στατικές και τις δυναμικές φορτίσεις και πιέσεις.

Keywords:

Strength, Longitudinal Strength, Vessel, Bulk Carrier, Common Structural Rules, International Association of Classification Societies, Finite Element Analysis, MARS software, IACS CSR software, SOLIDWORKS software.

Abstract

The purpose of this diploma thesis includes a description of the Common Structural Rules of the International Association of Classification Societies and an analysis of the logical design they introduce.

Implementation of the Regulations, to determine the scantlings, of the Midship Section of an existing steel Bulk Carrier, with a Deadweight capacity of approximately 58,000 M.T.

The longitudinal strength of the ship was calculated by two different programs that are widely used and are free of charge, the MARS 2000 developed by BV (Bureau Veritas) and the CSR Prescriptive Analysis v2 software developed in common by ABS (American Bureau of Shipping) and Lloyd's (Lloyd's Register of Shipping).

After modeling the two cross-sections of the ship (No.3 and No.4 Cargo Holds) as well as the loading conditions of the tanks and Cargo Holds in both of the above programs, their results were compared and the Net Scantlings of the steel structure was introduced in the finite element program SOLIDWORKS.

Also, the three Cargo Holds (No.2, No.3, and No.4) were designed in three dimensions in the above software, with the net thicknesses of the results from the previous programs and the common construction regulations were applied, calculating and entering in the SOLIDWORKS software the loads and pressures both static and dynamic.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Κεφάλαιο 1: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	3
1.1 Νηογνώμονες	3
1.2 Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων IACS.....	3
Κεφάλαιο 2: ΚΟΙΝΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ IACS	5
2.1 Ιστορικό των Κοινών Κατασκευαστικών Κανονισμών της Διεθνούς Ένωσης Νηογνώμωνων	5
2.2 Ανάλυση και ορισμοί των Κοινών Κατασκευαστικών Κανονισμών της Διεθνούς Ένωσης Νηογνώμωνων (IACS Common Structural Rules) 01 Ιανουαρίου 2021	6
2.3 Ανάλυση κανονισμών που χρησιμοποιήθηκαν	7
2.4 Σενάρια φορτίων σχεδιασμού (μελέτης) του πλοίου	11
2.5 Εκτίμηση καθαρής διαστασιολόγησης (Net scantling).....	12
2.6 Βασικές διαστάσεις πλοίου	12
2.7 Ναυπηγικοί Χαλυβες και Μηχανικές Ιδιότητες	16
2.8 Καθαρή διαστασιολόγηση πάχους (Net scantling).....	17
2.9 Ενεργό άνοιγμα (ανυποστήριχτο μήκος)	18
Κεφάλαιο 3: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ (κεφ. 4 κανονισμών CSR)	20
3.1 Στατικά και Δυναμικά φορτία	20
3.2 Κινήσεις πλοίου	20
3.3 Καθορισμός φοράς για τα φορτία γάστρας ως δοκός	21
3.4 Καθορισμός καταστάσεων Δυναμικών φορτίων	22
Κεφάλαιο 4: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΣΗΣ ΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ MARS 2000 ΤΟΥ B.V.	25
4.1 Λογισμικό MARS2000	25
4.2 Περιβάλλον προγράμματος και εισαγωγή δεδομένων	27
4.3 Αποτελέσματα αρχικών βασικών υπολογισμών	32
4.4 Δημιουργία και διόρθωση των διαμήκη στοιχείων (Create).....	33
4.5 Νηογνώμονες Αποτελέσματα υπολογισμών του προγράμματος MARS2000	44

Κεφάλαιο 5: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΣΗΣ ΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ CSR Prescriptive Analysis	47
5.1 Λογισμικό CSR Prescriptive Analysis	47
5.2 Περιβάλλον προγράμματος και εισαγωγή δεδομένων	49
Κεφάλαιο 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ	64
6.1 Διαμήκη Αντοχή	64
6.2 Διαμήκη Αντοχή Εγκάρσιων Τομών	66
6.2.1 Αμπάρι Νο.3	66
6.2.2 Αμπάρια Νο.4 και 2	67
6.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων Διαμήκους Αντοχής	68
6.3.1 Σύγκριση κατανομής φορτίων γάστρας ως δοκός	68
6.3.2 Σύγκριση Ροπής Αντίστασης και Αδράνειας στη Μέση Τομή	68
6.4 Αποτελέσματα αντοχής Εγκάρσιας Τομής	69
6.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων Εγκάρσιας Αντοχής	76
6.6 Ελάσματα	76
6.6.1 Keel plate (έλασμα τρόπιδας) - KPL1	76
6.6.2 Bilge plate (έλασμα κυρτού γάστρας) - BLG1	76
6.6.3 Shear Strake (σειρά ελασμάτων ζωστήρα) - WSS1	77
6.6.4 Stringer plate (έλασμα κρουζέτου) - MDK1	77
6.6.5 Hatch Coaming (έλασμα κουβούσι αμπαριού) - HCO1	78
6.6.6 Inner Bottom (έλασμα διπτυθμένου) - INB1	79
6.6.7 Watertight Bottom Girder (έλασμα στεγανής σταθμίδας διπτυθμένου) -WBG1	80
6.7 Ενισχυτικά	81
6.7.1 Απαιτούμενη Ροπή Αντίστασης των ενισχυτικών	81
6.7.2 Απαιτούμενο πάχος ενισχυτικών καταστρώματος	83
Κεφάλαιο 7: ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	84
7.1 Αναλογία διαστάσεων	86
7.2 Συνθήκη φόρτωσης φορτίου για πλοία τύπου BC-A	87
7.3 Εναλλακτικές καταστάσεις φόρτωσης μόνο για πλοία τύπου BC-A	88
7.4 Φορτία Σχεδιασμού	89
7.5 Συνδυασμοί φορτίων FE	90
7.6 Εφαρμογή φόρτωσης	90

7.7 Υπολογισμός ύψους φορτίου στο αμπάρι Νο. 3	92
7.8 Υπολογισμός Στατικής Πίεσης Ξηρού Φορτίου (Dry bulk cargo static pressure)	95
7.9 Υπολογισμός Στατικής Πίεσης Ξηρού Φορτίου (Dry bulk cargo static pressure)	96
7.10 Υπολογισμός Στατικού Φορτίου Διάτμησης στο κεκλιμένο έλασμα του Διτυθμένου και των φρακτών (hopper tank and lower stool).....	98
7.11 Περιγραφή των δυναμικών περιπτώσεων φορτίου	99
7.12 Συντελεστές συνδυασμών φορτίων	99
7.13 Υπολογισμοί επιταχύνσεων	101
7.14 Προσδιορισμός Δυναμικών Επιταχύνσεων σε κάθε σημείο για καταστάσεις φορτώσεων	104
7.15 Υπολογισμός Δυναμικού φορτίου Διάτμησης στο κεκλιμένο έλασμα του Διτυθμένου και των φρακτών (hopper tank and lower stool).....	105
7.16 Ανάλυση εξωτερικών φορτίων	106
7.17 Εξωτερικές δυναμικές πιέσεις για ανάλυση αντοχής	107
7.18 Εξωτερική πίεση σε εκτεθειμένο καταστρώματα (Upper Deck)	111
Κεφάλαιο 8: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΡΙΩΝ ΑΜΠΑΡΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SOLIDWORKS.....	113
8.1 Λογισμικό SOLIDWORKS	117
8.2 Σχεδίαση των 3 χώρων φορτίου	118
8.3 Λεπτομέρειες 3Δ σχεδίασης των 3 χώρων φορτίου	123
8.4 Εξωτερικές και εσωτερικές πιέσεις	126
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	132
10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ	135
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ	137
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ	144
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ - ΣΧΕΔΙΑ ΠΛΟΙΟΥ.....	148
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV - ΒΑΣΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΛΟΙΟΥ – MARS2000	162
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V - ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ MARS2000	172
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ - MARS2000	208
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII - ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ CSR SOFTWARE.....	312
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VIII - ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ CSR SOFTWARE	318

Εισαγωγή

Η τελευταία γενιά κανονισμών των Νηογνωμόνων για την κατασκευή πλοίων, έχει γίνει ιδιαίτερα πολύπλοκη και πιο ακριβής ως προς την εκτίμηση της αντοχής των πλοίων και του περιβάλλοντος που λειτουργούν. Έτσι έγινε αναγκαία η ανάπτυξη και χρήση εξειδικευμένων λογισμικών, ώστε να επιτευχθεί η βελτιστοποίηση των κατασκευαστικών παραμέτρων (scantlings), με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους κατασκευής, το χαμηλότερο βάρος, άρα αύξηση του Νεκρού Βάρους (D.W.), την ποιοτικότερη κατασκευή, με πάντα κυρίαρχο γνώμονα την δημιουργία ασφαλέστερων πλοίων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν σκοπό, την σχεδίαση τρισδιάστατου μοντέλου ενός Φορτηγού πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου, με το λογισμικό παραμετρικού σχεδιασμού SOLIDWORKS. Σε αυτό εισάγονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία καθαρής διαστασιολόγησης των κατασκευαστικών μελών του πλοίου. Παράλληλα με την επιλογή μιας κατάστασης εναλλακτικής (ανομοιογενείς) φόρτωσης του, από το εγχειρίδιο φόρτωσης και ευστάθειας και ύστερα από τους απαραίτητους υπολογισμούς δυνάμεων και πιέσεων, εφαρμόζοντας τους κοινούς κατασκευαστικούς κανονισμούς IACS, πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή τους στο λογισμικό SOLIDWORKS. Ο έλεγχος και η αξιολόγηση, με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων προτείνεται να πραγματοποιηθεί σε άλλη Διπλωματική εργασία, ως συνέχεια την παρούσας Διπλωματικής εργασίας.

Για την εύρεση του καθαρού πάχους των ελασμάτων και των ενισχυτικών, χρησιμοποιήθηκαν δύο εξειδικευμένα διαφορετικά λογισμικά, το MARS 2000 και το CSR Prescriptive Analysis v2. Με αυτά τα προγράμματα πραγματοποιείται η εφαρμογή των κανονισμών IACS, τα οποία είναι διαμορφωμένα έτσι ώστε να διευκολύνουν τον χρήστη τους, στην εισαγωγή των κατασκευαστικών στοιχείων των πλοίων, αλλά και των καταστάσεων φόρτωσης τους.

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από τα ακόλουθα κύρια κεφάλαια:

1. Βασικές έννοιες και ορισμοί

Γίνεται περιληπτική αναφορά στους Νηογνώμονες και στην Διεθνή Ένωση Νηογνωμόνων.

2. Κοινός Κατασκευαστικός Κανονισμός IACS

Περιγράφονται οι ορισμοί, η ανάλυση, καθώς και το ιστορικό, των CSR. Συμπεριλαμβάνει την καθαρή διαστασιολόγηση, τις βασικές διαστάσεις του πλοίου, τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν.

3. Προσδιορισμός Φορτίων – Πιέσεων

Περιγράφονται οι κινήσεις του πλοίου, οι καταστάσεις δυναμικών φορτίων κυματισμού.

4. Μοντελοποίηση μέσης τομής και μελέτης αντοχής με το λογισμικό MARS2000

Γίνεται αναφορά στο ανωτέρω λογισμικό, το περιβάλλον εργασίας του, περιγραφή της μεθοδολογίας εισαγωγής των δεδομένων για την μοντελοποίηση εγκάρσιας τομής πλοίου. Περιληπτική ανάλυση των αποτελεσμάτων αρχικών βασικών υπολογισμών, καθώς και των τελικών αποτελεσμάτων.

5. Μοντελοποίηση μέσης τομής και μελέτης αντοχής με το λογισμικό CSR Prescriptive Analysis

Γίνεται αναφορά στο ανωτέρω λογισμικό, το περιβάλλον εργασίας του, περιγραφή της μεθοδολογίας εισαγωγής των δεδομένων για την μοντελοποίηση εγκάρσιας τομής πλοίου.

6. Αποτελέσματα αντοχής και συγκρίσεις

Παρατίθενται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των υπολογισμών και των δύο προγραμμάτων, τόσο για την διαμήκη αντοχή, όσο και την τοπική σε μορφή πίνακα και αναλύονται οι αιτίες των εμφανιζόμενων διαφορών τους.

7. Άμεση ανάλυση αντοχής με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται εφαρμογή του αντίστοιχου κεφαλαίου του κανονισμού CSR, υπολογίζοντας τις πιέσεις – δυνάμεις για την δυσμενέστερη κατάσταση φόρτωσης του πλοίου. Προσδιορίζονται οι επιταχύνσεις και τα εξωτερικά φορτία, όπως και τα εσωτερικά μέσα στο αμπάρι, λόγω του φορτίου.

8. Μοντελοποίηση τριών αμπαριών με το λογισμικό SOLIDWORKS

Περιγράφεται ο τρόπος μοντελοποίησης των τριών αμπαριών του μέσου τμήματος του πλοίου. Λεπτομέρειες της 3D σχεδίασης, αλλά και ο τρόπος εισαγωγής των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων, όπως υπολογίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Επίσης την εισαγωγή των Συνοριακών Συνθηκών.

9. Συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις

Σε αυτό το κεφάλαιο εμφανίζονται γενικά συμπεράσματα από την χρήση και των τριών λογισμικών, καθώς και οι μελλοντικές προτάσεις για συνέχιση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 1: Βασικές έννοιες και ορισμοί.

1.1 Νηογνώμονες

Είναι ανεξάρτητοι, ιδιωτικοί, μη κυβερνητικοί, τεχνικοί Ναυτιλιακοί οργανισμοί, που συντάσσουν και εκδίδουν κανονισμούς, σχετικά με την ασφάλεια των πλοίων. Εκτελούν ελέγχους αξιοπλοΐας, κατασκευής και συντήρησης των πλοίων. Εκδίδουν πιστοποιητικά και ταξινομούν (classification) τα πλοία.

Η εμφάνιση του πρώτου Νηογνώμονα έγινε στην δεκαετία του 1760, που ουσιαστικά ήταν η ασφαλιστική εταιρεία Lloyd's, συντάσσοντας κανονισμούς και επιθεωρήσεις στα πλοία της εποχής.

1.2 Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων IACS (International Association of Classification Societies)

Η Δ.Ε.Ν. (IACS) είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός ένωσης των ακόλουθων Νηογνώμωνων [1]:

- American Bureau of Shipping (ABS) [*Αμερικάνικος Νηογνώμονας*]
- Bureau Veritas (BV) [*Γαλλικός Νηογνώμονας*]
- China Classification Society (CCS) [*Κινέζικος Νηογνώμονας*]
- CROATIAN REGISTER OF SHIPPING (CRS) [*Κροατικός Νηογνώμονας*]
- DNV GL becomes DNV Det Norske Veritas (Norway) and Germanischer Lloyd (Germany). [*Νορβηγικός και Γερμανικός Νηογνώμονας*]
- Indian Register of Shipping (IRClass) [*Ινδικός Νηογνώμονας*]
- Korean Register (KR) [*Κορεάτικος Νηογνώμονας*]
- LLOYD'S REGISTER (LR) [*Βρετανικός Νηογνώμονας*]
- NIPPON KAIJI KYOKAI (ClassNK) [*Ιαπωνικός Νηογνώμονας*]
- PRS (Polish Register of Shipping) [*Πολωνικός Νηογνώμονας*]
- RINA [*Ιταλικός Νηογνώμονας*]
- RUSSIAN MARITIME REGISTER OF SHIPPING [*Ρωσικός Νηογνώμονας*]

Η δραστηριότητα του είναι στην θέσπιση των ελαχίστων τεχνικών πρότυπων και απαιτήσεων, που αφορούν την ασφάλεια στη θάλασσα και την προστασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον διασφαλίζει τη συνεπή εφαρμογή τους, παρέχοντας ένα Σύστημα Πιστοποίησης Συστήματος Ποιότητας (QSCS) που υποχρεούνται να συμμορφώνονται τα

μέλη του, διαβεβαιώνοντας την επαγγελματική ακεραιότητα και την διατήρησης υψηλών επαγγελματικών προτύπων.

Επίσης η Δ.Ε.Ν. είναι αναγνωρισμένη ως ο κύριος τεχνικός σύμβουλος του IMO.

Με πρωταρχικό στόχο τα ασφαλέστερα πλοία και τις καθαρότερες θάλασσες, ο IACS συμβάλλει μοναδικά στη θαλάσσια ασφάλεια και στους ρυθμιστικούς κανόνες, μέσω τεχνικής υποστήριξης, επαλήθευσης της συμμόρφωσης, της έρευνας και της ανάπτυξης.

Περισσότερο από το 90% [1] της παγκόσμιας χωρητικότητας μεταφοράς φορτίου, καλύπτεται από τους κανόνες και τα πρότυπα σχεδιασμού, κατασκευής και συμμόρφωσης δια βίου που έχουν καθοριστεί από τις δώδεκα εταιρείες - μέλη του IACS.

Κεφάλαιο 2: Κοινοί Κατασκευαστικοί Κανονισμοί IACS

2.1 Ιστορικό των Κοινών Κατασκευαστικών Κανονισμών της Διεθνούς Ένωσης Νηογνώμωνων (IACS Common Structural Rules).

Παλαιότερα, οι κατασκευές των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου και των πετρελαιοφόρων σχεδιάζονταν σύμφωνα με τους κανόνες των αντίστοιχων νηογνώμωνων. Όμως, με τα χρόνια, έγινε αισθητή η ανάγκη να αναπτυχθεί ένα ενιαίο σύνολο κατασκευαστικών κανόνων, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τους σχεδιαστές/μελετητές, ανεξάρτητα από τον εφαρμοζόμενο νηογνώμονα.

Έτσι δύο ξεχωριστές ερευνητικές ομάδες αναπτύχθηκαν, για τη συλλογή στατιστικών δεδομένων που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη μοντελοποίηση σεναρίων δυνάμεων – πιέσεων στη θάλασσα, και αυτές οι πληροφορίες θα βοηθούσαν αργότερα στη διαμόρφωση εμπειρικών μεθόδων για την εκτίμηση ασφαλών κατασκευαστικών παραμέτρων.

Τον Δεκέμβριο του 2005, η Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων (Δ.Ε.Ν. / IACS) ενέκρινε δύο Κοινούς Κατασκευαστικούς Κανόνες για πλοία μεταφοράς Χύδην Bulk Carriers (CSR-BC) και για Διπλού τοιχώματος Πετρελαιοφόρα Double Hull Oil Tankers (CSR-OT). Όλοι οι Νηογνώμονες που ήταν μέλη του IACS, ήταν υποχρεωμένοι να εφαρμόσουν τις απαιτήσεις CSR-BC και CSR-OT όταν τέθηκαν επίσημα σε ισχύ την 1η Απριλίου 2006.

Το Συμβούλιο της Δ.Ε.Ν. πλέον ήταν σίγουρο ότι αυτοί οι κανόνες βασίστηκαν σε υγιείς τεχνικές βάσης, πετυχαίνοντας τον στόχο, για πιο ισχυρά και ασφαλή πλοία.

Επειδή αυτοί οι δύο κανονισμοί αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα και προκειμένου να αφαιρεθούν οι παραλλαγές και να επιτευχθεί συνέπεια, η Δ.Ε.Ν. αποφάσισε να εναρμονίσει αυτούς τους κανόνες.

Την 1^η Ιουλίου 2015 εφαρμόστηκε ένα ενιαίο σύνολο Κανόνων οι «Κοινοί Εναρμονισμένοι Κατασκευαστικοί Κανόνες» για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και τα πετρελαιοφόρα" (CSR BC & OT) που αποτελείται από δύο μέρη.

Το Μέρος Πρώτο παρέχει όλες τις κοινές κατασκευαστικές απαιτήσεις, τόσο για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, όσο και για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς πετρελαίου διπλού κύτους Το Δεύτερο Μέρος παρέχει πρόσθετες εξειδικευμένες απαιτήσεις, ειδικά για τα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην ή για τα δεξαμενόπλοια πετρελαίου διπλού κύτους.

Μέχρι σήμερα έχουν γίνει 12 αναθεωρήσεις, που παρουσιάζονται ακολούθως:

	Τύπος τροποποίησης / No.	Ημερομηνία υιοθέτησης	Ημερομηνία έκδοσης	Ημερομηνία ισχύος
1	Rule Change Notice 1	22 DEC 2014	01 JAN 2014	01 JUL 2015
2	Urgent Rule Change Notice 1	22 DEC 2014	01 JAN 2014	01 JUL 2015
3	Corrigenda 1	20 JAN 2016	01 JAN 2015	01 JUL 2015
4	Urgent Rule Change Notice 1	09 DEC 2016	01 JAN 2015	01 JUL 2017
5	Corrigenda 1 (2017)	26 APR 2017	01 JAN 2017	01 JUL 2017
6	Rule Change Notice 1 (2017)	10 JAN 2018	01 JAN 2017	01 JUL 2018
7	Rule Change Notice 1 (2018)	17 DEC 2018	01 JAN 2018	01 JUL 2019
8	Corrigenda 1 (2018)	17 DEC 2018	01 JAN 2018	01 JUL 2018
9	Corrigenda 2 (2018)	17 JAN 2019	01 JAN 2018	01 JUL 2018
10	Rule Change Notice 1 (2019)	15 JAN 2020	01 JAN 2019	01 JUL 2020
11	Rule Change Notice 1 (2020)	24 DEC 2020	01 JAN 2020	01 JUL 2021
12	Urgent Rule Change Notice 1	09 AUG 2021	01 JAN 2021	01 JAN 2022

Πίνακας 1. Περίληψη των αλλαγών στους κανονισμούς CSR από την 01 Ιανουαρίου 2014

2.2 Ανάλυση και ορισμοί των Κοινών Κατασκευαστικών Κανονισμών της Διεθνούς Ένωσης Νηογνομόνων (IACS Common Structural Rules) 01 Ιανουαρίου 2021

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία βασίστηκε στην πιο πρόσφατη έκδοση των κανονισμών του IACS:



“Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers”

01 JAN 2021

Αυτοί οι κανονισμοί τέθηκαν σε ισχύ από την 1^η Ιουλίου 2021.

Όπως προαναφέρθηκε στο Κεφ. 1.2 οι κανονισμοί είναι χωρισμένοι σε δύο τμήματα, ένα κοινό και για τους δύο τύπους πλοίων και ένα για κάθε τύπο ξεχωριστά.

Έτσι για το 1^ο μέρος υπάρχουν τα ακόλουθα Κεφάλαια:

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΥΤΟΥΣ

- Κεφάλαιο 1: Γενικές Αρχές Κανονισμών.
- Κεφάλαιο 2: Σχεδιασμός Γενικής Διάταξης.
- Κεφάλαιο 3: Αρχές Κατασκευαστικού Σχεδιασμού.

- Κεφάλαιο 4: Φορτία.
- Κεφάλαιο 5: Αντοχή Κύτους (γάστρας) ως Δοκός (διαμήκη αντοχή).
- Κεφάλαιο 6: Τοπική Διαστασιολόγηση Κύτους (τοπική αντοχή / εγκάρσια αντοχή).
- Κεφάλαιο 7: Άμεση Ανάλυση Αντοχής.
- Κεφάλαιο 8: Λυγισμός.
- Κεφάλαιο 9: Κόπωση.
- Κεφάλαιο 10: Άλλες Κατασκευαστικές δομές.
- Κεφάλαιο 11: Υπερκατασκευή, Καταστρώματα και Εξοπλισμός Γάστρας.
- Κεφάλαιο 12: Κατασκευή.
- Κεφάλαιο 13: Πλοίο σε λειτουργία - Κριτήρια ανανέωσης (Renewal).

Οι διατάξεις των Κεφ. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 13 και Κεφ. 10, Παραγρ. 4 εφαρμόζονται σε όλο το μήκος του πλοίου.

Τα Κεφ. 7, 9, 10 και 11 ορίζουν το δικό τους πεδίο εφαρμογής.

Για το 2^ο μέρος υπάρχουν τα ακόλουθα κεφάλαια:

ΤΥΠΟΙ ΠΛΟΙΩΝ

- Κεφάλαιο 1: Πλοία Μεταφοράς Χύδην Φορτίου (Bulk Carriers).
- Κεφάλαιο 2: Δεξαμενόπλοια Μεταφοράς Πετρελαίου (Oil Tankers).

Ολόκληρη η δομή εφαρμογής των κανονισμών παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

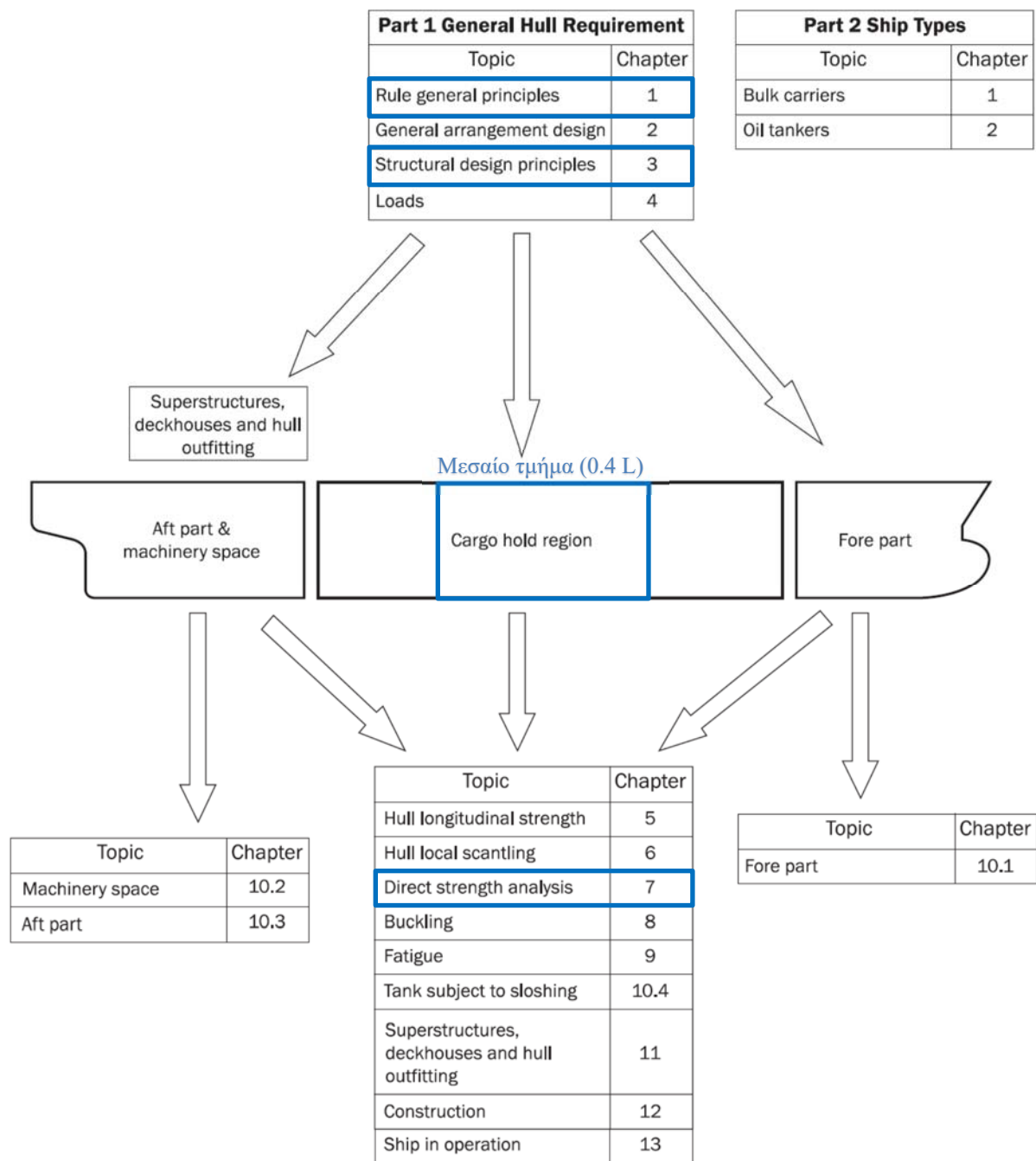
Τα κεφάλαια που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία είναι όσα περιβάλλονται από το μπλε παραλληλόγραμμο, δηλαδή: Κεφ. 1 , 4 και 7 που αφορούν το μεσαίο τμήμα του πλοίου, αμπάρια Νο.2 – 4 (Σχήμα 2).

Τα σημαντικότερα μέρη από το κεφάλαιο 1 είναι τα ακόλουθα:

Αυτοί οι κανόνες ισχύουν για τα Φορτηγά, αυτοκινούμενα πλοία με απεριόριστους πλόες, και συμβόλαιο για κατασκευή την 1η Ιουλίου 2015 ή μετά.

Σημείωση 1: Οι «Απεριόριστοι πλόες», σημαίνουν ότι το πλοίο δεν υπόκειται σε γεωγραφικούς περιορισμούς (δηλαδή θα πλέει σε ωκεανούς, οποιοσδήποτε εποχής), εκτός από αυτούς που περιορίζουν την ικανότητα του πλοίου να λειτουργεί σε πάγο.

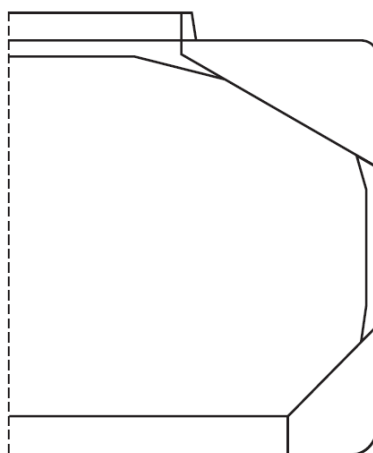
Σημείωση 2: Η «σύμβαση κατασκευής» σημαίνει την ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης για την κατασκευή του πλοίου μεταξύ του μελλοντικού ιδιοκτήτη και του ναυπηγείου.



Σχήμα 1 : Εφαρμογή των Κανονισμών (μέρος 1 και 2).

Τα αμπάρια a, b Μπορούν να είναι άδεια.

Επιπρόσθετα αφορά τα χαλύβδινα συγκολλητά πλοία, μήκους από 90 μ και άνω, κατασκευασμένα από ελάσματα και η δομή τους πλαισιώνεται με διαμήκη ή εγκάρσια ενισχυτικά, καθώς και πλήρης εγκάρσιες φρακτές και ενδιάμεσα με ενισχυμένους νομείς, με τυπική διάταξη όπως Σχήμα 2.



Σχήμα 2 : Τυπική διάταξη εγκάρσιας τομής του πλοίου που μελετήθηκε..

Για τα πλοία από 150 μ και άνω, χαρακτηρίζεται ως πρόσθετη υπηρεσία λειτουργίας κατηγορίας BC-A, τα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην, με ειδικό βάρος από 1.0 T/m^3 και περισσότερο, με όλα τα αμπάρια γεμάτα, καθώς και με συγκεκριμένα αμπάρια άδεια στο μέγιστο βύθισμα. Επιπρόσθετα για την κατηγορία BC-A, το μέγιστο ειδικό βάρος φορτίου, θα είναι από και κάτω από 3.0 T/m^3

Χωρίς MP για όλες τις πρόσθετες λειτουργίες εξυπηρέτησης, όταν το πλοίο δεν έχει σχεδιαστεί για φόρτωση και εκφόρτωση σε πολλαπλά λιμάνια.

Για πλοία κάτω των 200μ. σε μήκος, όπως το πλοίο προς μελέτη, η απαίτηση για αρπάγες (Grab) είναι 20T.

Στην υποενότητα 3 των κανονισμών, καθορίζονται οι παράμετροι σχεδίασης και οι παραδοχές, σχετικά με την λειτουργία του πλοίου.

Οι υπολογισμοί αντοχής, πρέπει να περιλαμβάνουν την θεώρηση του πλοίου ως δοκού, ώστε να αντέχει όλες τις δυνάμεις και τις πιέσεις της διαμήκουσ αντοχής, αλλά και της τοπικής αντοχής των ελασμάτων και ενισχυτικών.

Γενικά τα πλοία πρέπει να είναι σχεδιασμένα για να αντέχουν, στην άθικτη κατάσταση, τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως ορίζονται στον κανονισμό CSR, αλλά και τις καταστάσεις φόρτωσης, όπως μελετιούνται από τον Ναυπηγό. Κατασκευαστικά η αντοχή πρέπει να προσδιορίζεται έναντι λυγισμού και διαρροής.

Επιπρόσθετα για τα πλοία μήκους άνω των L 150 m, πρέπει:

- να είναι σχεδιασμένα ώστε να έχουν περίσσια αντοχή, για να αντέχουν τα φορτία σε συνθήκες καταστροφής, π.χ. σενάρια σύγκρουσης, προσάραξης ή σενάρια κατάκλισης. Οι υπολογισμοί υπολειμματικής αντοχής, πρέπει να λαμβάνουν υπόψη, την τελική εφεδρική χωρητικότητα αντοχής της γάστρας ως δοκού, λαμβάνοντας υπόψη τη μόνιμη παραμόρφωση και συμπεριφορά μετά το λυγισμό.
- Η διαστασιολόγηση των κατασκευαστικών μερών του πλοίου, εντός της περιοχής των χώρων φορτίου, πρέπει να αξιολογηθούν με ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων.
- Η διάρκεια ζωής του πλοίου, πρέπει να αξιολογείται σύμφωνα με την σχεδιασμένη ζωή σε κόπωση.

Οι κανονισμοί ισχύουν για γάστρες πλοίων με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά κυρίων διαστάσεων:

- $L < 500$ m
- $C_B > 0,6$
- $L / B > 5$
- $B / D < 2,5$

Για πλοία μήκους άνω των 350 μέτρων, ιδιαίτερη προσοχή από τον Νηογνώμονα πρέπει να ληφθεί για τα φορτία κυμάτων.

Θεωρείται ως διάρκεια ζωής του πλοίου τα 25 έτη για την επιλογή των σχεδιαστικών παραμέτρων.

Οι απαιτήσεις των κανονισμών βασίζονται στην λειτουργία του πλοίου σε περιβάλλον κυματισμού Βόρειου Ατλαντικού.

Δεν λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις του ανέμου και των θαλάσσιων ρευμάτων, όσον αφορά την αντοχή της κατασκευής.

Οι επιπτώσεις της ύπαρξης πάγου δεν λαμβάνονται υπόψη από τους κανονισμούς.

Η αξιολόγηση της αντοχής των κατασκευαστικών μερών της γάστρας του πλοίου, σύμφωνα με τους κανονισμούς, υποθέτουν ότι σχεδιάζεται για θερμοκρασίες:

- Η χαμηλότερη ημερήσια μέση θερμοκρασία στον αέρα είναι -10 ° C.
- Η χαμηλότερη ημερήσια μέση θερμοκρασία στο θαλασσινό νερό είναι 0 ° C.

Στην περίπτωση που το πλοίο προορίζεται να λειτουργήσει σε περιοχές με χαμηλότερη ημερήσια μέση θερμοκρασία, υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις από τους κανονισμούς.

Οι επιπτώσεις των θερμικών φορτίων και των υπολειμματικών τάσεων δεν λαμβάνονται υπόψη στους κανονισμούς.

Ειδική μνεία γίνεται στους κανονισμούς για τις συνθήκες φόρτωσης, του θαλάσσιου έρματος και άλλων δεξαμενών για την λειτουργία του πλοίου, με χαρακτηρισμό των αντίστοιχων βυθισμάτων, λόγω ερματισμού.

2.4 Σενάρια φορτίων σχεδιασμού (μελέτης) του πλοίου.

Η δομική αξιολόγηση της κατασκευής βασίζεται στα σενάρια φορτίων - πιέσεων σχεδιασμού που συναντά το πλοίο.

Τα σενάρια φορτίων σχεδιασμού βασίζονται σε στατικά και δυναμικά φορτία όπως περιγράφονται παρακάτω:

- Σενάριο σχεδίασης στατικών φορτίων (S):
Καλύπτει την εφαρμογή σχετικών στατικών φορτίων και συνήθως καλύπτει σενάρια φορτίων σε λιμάνι, προστατευμένες περιοχές ή δεξαμενής δοκιμών.
- Σενάριο σχεδίασης στατικών συν δυναμικών φορτίων [Static plus Dynamic design (S+D)]:
Καλύπτει την εφαρμογή σχετικών στατικών φορτίων και ταυτόχρονων συνιστωσών δυναμικών φορτίων, για πλόες σε ανοιχτή θάλασσα χωρίς περιορισμούς.
- Σενάριο σχεδίασης κρουστικών φορτίων (I):
- Καλύπτει την εφαρμογή κρουστικών φορτίων κυματισμού, όπως κρούση του πυθμένα (bottom slamming) και πρόσκρουση στην πλώρη που συναντώνται κατά τη διάρκεια των θαλάσσιων δραστηριοτήτων του πλοίου.
- Σενάριο χτυπήματος υγρών φορτίων σε δεξαμενές sloshing (SL):
Καλύπτει την εφαρμογή φορτίων sloshing που συναντώνται κατά τις θαλάσσιες δραστηριότητες.
- Σενάριο φόρτισης σχεδίασης κόπωσης (F):
Καλύπτει την εφαρμογή σχετικών δυναμικών φορτίων κόπωσης.
- Σενάριο τυχαίας φόρτισης σχεδιασμού (A):
Καλύπτει την εφαρμογή ορισμένων φορτίων που δεν εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας του πλοίου.

Επιπρόσθετα, απαιτείται να παρέχεται μια μέθοδο αξιολόγησης κόπωσης, για τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες, έναντι της αστοχίας τους λόγω κόπωσης.

Η δομή ενός πλοίου, έχει σχεδιαστεί για να αντέχει στα στατικά και δυναμικά φορτία, που είναι πιθανό να υπάρξουν στο θαλάσσιο περιβάλλον που βιώνει το πλοίο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του.

Τα φορτία που επιδρούν στη κατασκευαστική δομή του κύτους, όταν ένα πλοίο επιπλέει σε ακίνητα νερά είναι στατικά φορτία.

Αυτά τα φορτία εμφανίζονται από:

- Το ενεργό βάρος της δομής, του εξοπλισμού και των μηχανημάτων του πλοίου.
- Φορτία που κουβαλά το πλοίο (βάρος).
- Πετρέλαια - Νερά και άλλα αναλώσιμα φορτία (βάρος).
- Φορτίο έρματος (βάρος).
- Υδροστατική πίεση (πίεση θαλασσινού νερού που δρα στη γάστρα).

Δυναμικά φορτία είναι εκείνα τα πρόσθετα φορτία που ασκούνται στη δομή του κύτους του πλοίου μέσω της δράσης των κυμάτων και τα αποτελέσματα των κινήσεων του πλοίου που προκύπτουν (δηλαδή δυνάμεις επιτάχυνσης, σύγκρουσης και εκτόνωσης φορτίων). Στην εσωτερική δομή του πλοίου μπορεί να προκληθούν φορτία sloshing, μέσω της κίνησης των ρευστών σε δεξαμενές/αμπάρια, σε βαριά θάλασσα (φουρτούνα), όπως και η εμφάνιση χτυπημάτων, από τα κύματα, στο πρωραίο τμήμα του πλοίου, λόγω της ανάδυσης του.

2.5 Εκτίμηση καθαρής διαστασιολόγησης (Net scantling).

Ο στόχος της εκτίμησης της καθαρής διαστασιολόγησης είναι:

- Να παρέχετε μια σχέση, μεταξύ του πάχους που χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς αντοχής, κατά τη διάρκεια του σταδίου της νέας κατασκευής πλοίου και στο ελάχιστο πάχος που γίνεται αποδεκτό κατά τη φάση λειτουργίας του πλοίου.
- Να επιτρέπει τη σαφή εξακρίβωση της κατάστασης της κατασκευής, σε σχέση με τη διάβρωση, καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του πλοίου.

Η εκτίμησης της καθαρής διαστασιολόγησης κάνει διάκριση μεταξύ της τοπικής και της συνολικής διάβρωσης. Ως τοπική διάβρωση ορίζεται η ομοιόμορφη διάβρωση τοπικών δομικών στοιχείων, όπως ένα μεμονωμένο έλασμα ή ένα ενισχυτικό. Ως συνολική διάβρωση, ορίζεται η συνολική μέση διάβρωση μεγαλύτερων περιοχών, όπως τα κύρια κατασκευαστικά μέλη στήριξης (primary supporting members) και η γάστρα του πλοίου που λαμβάνεται ως δοκός. Και τα δυο, η τοπική και η συνολική (global) διάβρωση, χρησιμοποιούνται ως βάσεις

για την ανασκόπηση της νέας κατασκευής και πρόκειται να αξιολογηθούν κατά τη διάρκεια της λειτουργία του πλοίου.

Δεν δίνεται καμία έκπτωση – μείωση στα πάχη, κατά την αξιολόγηση της δομικής ικανότητας, με την παρουσία επικαλύψεων – βαφής ή παρόμοιων συστημάτων αντιδιαβρωτικής προστασίας.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις καθορίζουν τη διαστασιολόγηση που πρέπει να εφαρμόζεται ανεξάρτητα από όλες τις άλλες απαιτήσεις, επομένως δεν επιτρέπεται πάχος κάτω από το ελάχιστο για τις ακόλουθες μορφές:

- Ελάχιστο πάχος, το οποίο είναι ανεξάρτητο από την καθορισμένη ελάχιστη τάση διαρροής.
- Ελάχιστη ακαμψία και αναλογία, που βασίζονται σε τρόπους αστοχίας λυγισμού.

2.6 Βασικές διαστάσεις πλοίου

Μήκος κανονισμού L

Το μήκος κανονισμού είναι το σημαντικότερο δεδομένο για τους υπολογισμούς αντοχής και είναι αλληλένδετο με το βύθισμα υπολογισμών, επειδή μετρείται στην ίσαλο του βύθισματος υπολογισμών T_{sc} (scantling draught). Έτσι το μήκος υπολογισμού (Rule length) L είναι η απόσταση από την εμπροσθεν πλευρά της πλώρης, μέχρι το κέντρο του άξονα του πηδαλίου, αλλά όχι μικρότερο από το 96% και δεν χρειάζεται να περνά το 97% του εξωτερικού (extreme) μήκους της ισάλου στο βύθισμα υπολογισμών.

Από τον ανωτέρω κανονισμό απορρέει ότι στα περισσότερα πλοία που διαθέτουν άξονα πηδαλίου, το μήκος κανονισμού βρίσκεται μεταξύ του 96% του μήκους μεταξύ καθέτων L_{BP} μέχρι το 97% του μήκους της ισάλου.

Για το εξεταζόμενο πλοίο έχουμε:

Length Water Line: 188.21 m \Rightarrow 97% x 188.21 = 182.56 m

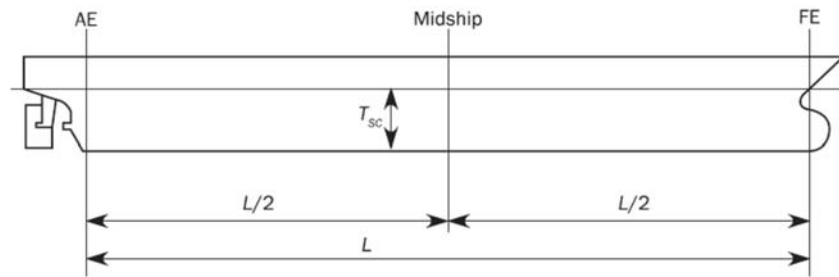
Length Between Perpendiculars: 185.00 m \Rightarrow 96% x 185.00 = 177.60 m

Συνεπώς το μήκος κανονισμού ή υπολογισμών λαμβάνεται ως:

Length S_c : 182.56 m

Διευκρινίζεται ότι μεταξύ του μήκους κανονισμού, με το μήκος μεταξύ καθέτων υπάρχει μια διαφορά: $182.56 - 185.00 = -2.44$ m μικρότερο. Αυτή η διαφορά στο μήκος, εισάγεται και στα δύο προγράμματα που μοντελοποιήθηκε το πλοίο (MARS2000 & CSR software), τα οποία λαμβάνουν αυτή την θέση ως το πρυμναίο άκρο A.E. (After End), ενώ το προωαίο άκρο F.E.

βρίσκεται στην θέση τομής της ισάλου υπολογισμών με την προραία κάθετο και που εφάπτονται με την πλώρη του πλοίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3 : Άκρα του πλοίου και το μέσον του.

Μεσαίο τμήμα

Λαμβάνοντας ως το μέσο (midship) του πλοίου το $L/2$, το μεσαίο τμήμα του πλοίου εκτείνεται σε απόσταση $0.4 L$ στο μέσο, δηλαδή $0.2 L$ πλώρα από το μέσο και αντίστοιχα $0.2 L$ πρίμα.

Σύστημα συντεταγμένων

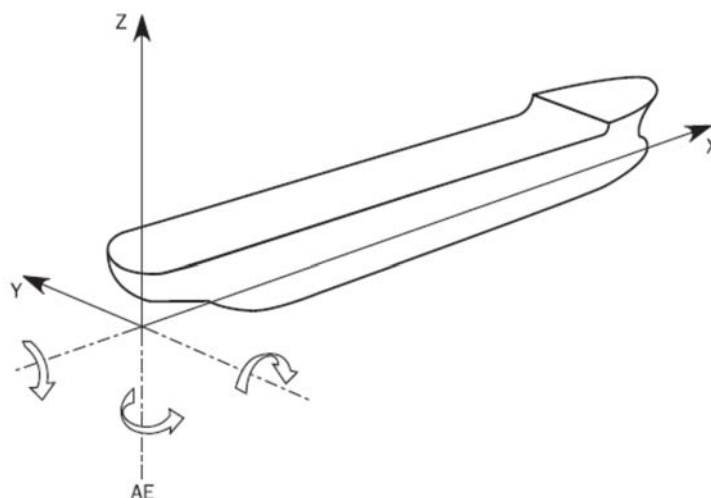
Το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται στους κανονισμούς για την γεωμετρία, τις κινήσεις, τις επιταχύνσεις και τα φορτία του πλοίου, ορίζονται σε σχέση με το παρακάτω δεξιόστροφο σύστημα συντεταγμένων, στο Σχήμα 4.

Σημείο αναφοράς: στη τομή μεταξύ του διαμήκους επιπέδου συμμετρίας του πλοίου (CL), το πίσω άκρο του L (AE) και της βασικής γραμμής (BL).

Άξονας X : Διαμήκης άξονας, θετικά εμπρός.

Άξονας Y : Εγκάρσιος άξονας, θετικός προς την αριστερή πλευρά.

Άξονας Z : Κάθετος άξονας, θετικός προς τα πάνω.

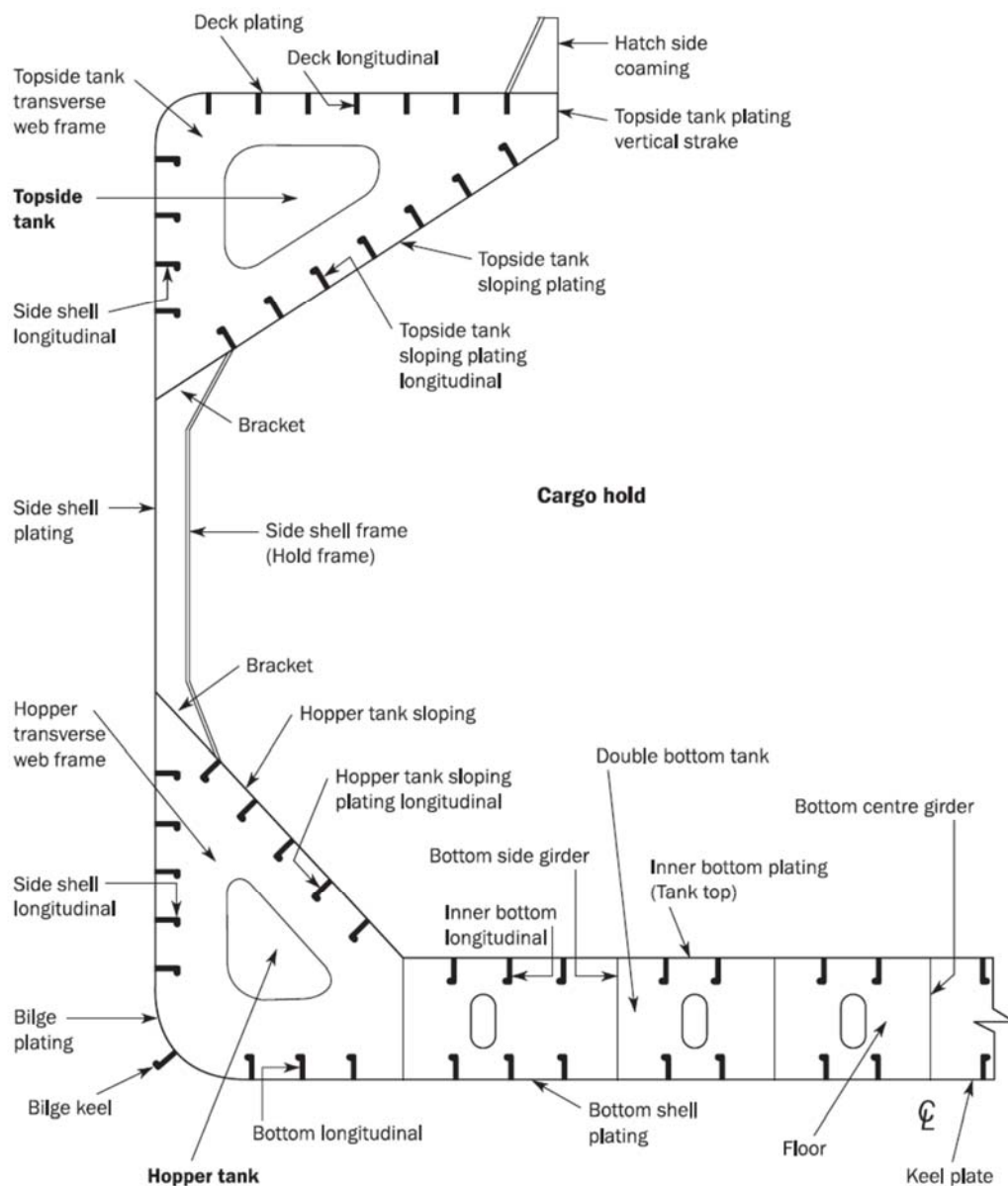


Σχήμα 4 : Σύστημα συντεταγμένων.

Ονοματολογία κατασκευαστικών στοιχείων

Η τυποποίηση της κατασκευαστικής ονοματολογίας των διάφορων μελών της εγκάρσια τομής του πλοίου, είναι εξαιρετικά σημαντική, ώστε να μην δημιουργούνται παρερμηνείες στους κανονισμούς, οι οποίοι επεξηγούν με κάθε λεπτομέρεια όλα τα μέρη των πλοίων.

Για το πλοίο που εξετάζεται σε αυτή τη μεταπτυχιακή εργασία η αντίστοιχη αγγλική ονοματολογία παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5 : Ονοματολογία Κατασκευαστικών μελών Bulk Carrier.

2.7 Ναυπηγικοί Χαλύβες και Μηχανικές Ιδιότητες

Οι Ναυπηγικοί χάλυβες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη και οι μηχανικές τους ιδιότητες παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Τμήμα του Πίνακα 2 υπάρχει στους κανονισμούς στο τμήμα 1, κεφ. 3 παράγραφος 2.1.2 Πίνακας 1 και στον Πίνακα 2, της παραγράφου 2.2.2 δίνεται ο συντελεστής υλικού « κ » για διαφορετικής αντοχής χάλυβες.

Where k is the material factor: k	Min. Yield Stress ReH [N/mm ²]	Steel Grades	Ultimate Tensile Strength [N/mm ²]	Temperature (deg C)		Young's Modulus [N/mm ²]
				Grade A	Grade D	
1	235	A	400	20	-20	206000
0.78	315	AH 32	440	0	-20	206000
0.72	355	AH 36	490	0	-20	206000

Πίνακας 2. Μηχανικές ιδιότητες για χάλυβες κατηγορίας A, AH32 & AH36

Όπου:

κ : ο συντελεστής υλικού,

Min. Yield Stress : Ελάχιστη τάση διαρροής ReH σε N/mm²,

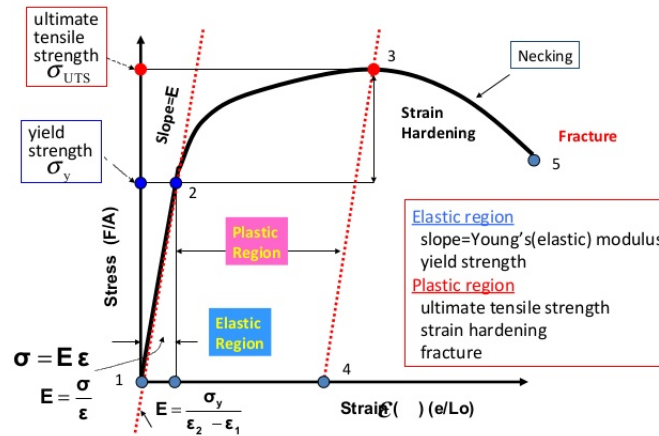
Ultimate Tensile Strength: όριο αντοχή σε εφελκυσμό σε N/mm²,

Young's Modulus: το μέτρο ελαστικότητας Young σε N/mm², το οποίο είναι σταθερό σε όλες τις ποιότητες χάλυβα.

Οι χάλυβες κατηγορίας D (Grade D) είναι σχεδιασμένοι για χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας (-20 βαθμούς C), ενώ ο απλός χάλυβας (mild steel) κατηγορίας A στους 20 βαθμούς C και οι χάλυβες υψηλότερης αντοχής AH στους 0 βαθμούς C.

Οι ανωτέρω μηχανικές ιδιότητες, για καλύτερη κατανόηση τους, παρουσιάζονται στο διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων του Σχήματος 6.

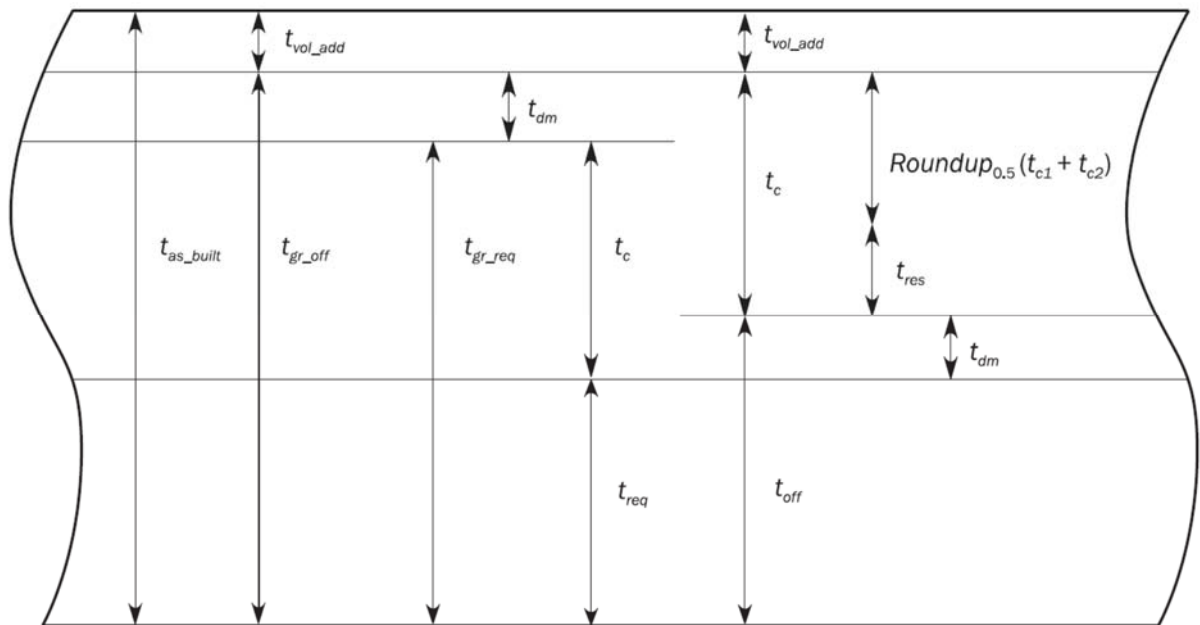
Οι κατηγορίες των Ναυπηγικών χαλύβων που απαιτούνται από τους κανονισμούς, για κάθε κατασκευαστικό μέλος του πλοίου, δίνονται στο κεφ. 2.3 στους πίνακες 3,4,5 και 6 των κανονισμών, ανάλογα με το μήκος του πλοίου, την θέση του μέλους, την ιδιότητα αν είναι κύριο κατασκευαστικό στοιχείο ή δευτερεύων.



Σχήμα 6 : Διάγραμμα τάσεων με παραμόρφωση (σχέση μηχανικών ιδιοτήτων αντοχής).

2.8 Καθαρή διαστασιολόγηση πάχους (Net scantling)

Τα μοντέλα των αμπαριών για τις αναλύσεις πεπερασμένων στοιχείων, της τοπικής ανάλυσης με λεπτομερές πλέγμα, καθώς και την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων με πάρα πολύ λεπτής ανάλυσης πλέγμα, πρέπει να πραγματοποιηθεί με βάση την προσέγγιση καθαρής διαστασιολόγησης, εφαρμόζοντας μια προσθήκη διάβρωσης όπως ορίζεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7 : Προσδιορισμός καθαρού πάχους.

Το μικτό απαιτούμενο πάχος, t_{gr_req} , είναι το πάχος που προκύπτει με την προσθήκη της διάβρωσης, στο καθαρό απαιτούμενο πάχος, ως εξής:

$$t_{gr_req} = t_{req} + t_c$$

Το μικτό προσφερόμενο πάχος, t_{gr_off} , είναι το μικτό πάχος που παρέχεται στο στάδιο της νέας κατασκευής, το οποίο λαμβάνεται αφαιρώντας οποιοδήποτε πάχος για εθελοντική/επιπρόσθετη προσθήκη από το πάχος που έχει κατασκευαστεί, ως εξής:

$$t_{gr_off} = t_{as_built} - t_{vol_add}$$

Το καθαρό προσφερόμενο πάχος, t_{off} , προκύπτει αφαιρώντας την προσθήκη διάβρωσης από το μικτό προσφερόμενο πάχος, ως εξής:

$$t_{off} = t_{gr_off} - t_c = t_{as_built} - t_{vol_add} - t_c$$

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι, το καθαρό απαιτούμενο πάχος, t_{req} , προκύπτει με στρογγυλοποίηση του καθαρού πάχους που υπολογίζεται σύμφωνα με τους κανονισμούς στο πλησιέστερο μισό χιλιοστό. Για παράδειγμα:

- Για $10,75 \leq t < 11,25$ mm, το απαιτούμενο καθαρό πάχος του κανονισμού είναι 11,0 mm.
- Για $11,25 \leq t < 11,75$ mm, το απαιτούμενο καθαρό πάχος του κανονισμού είναι 11,5 mm.

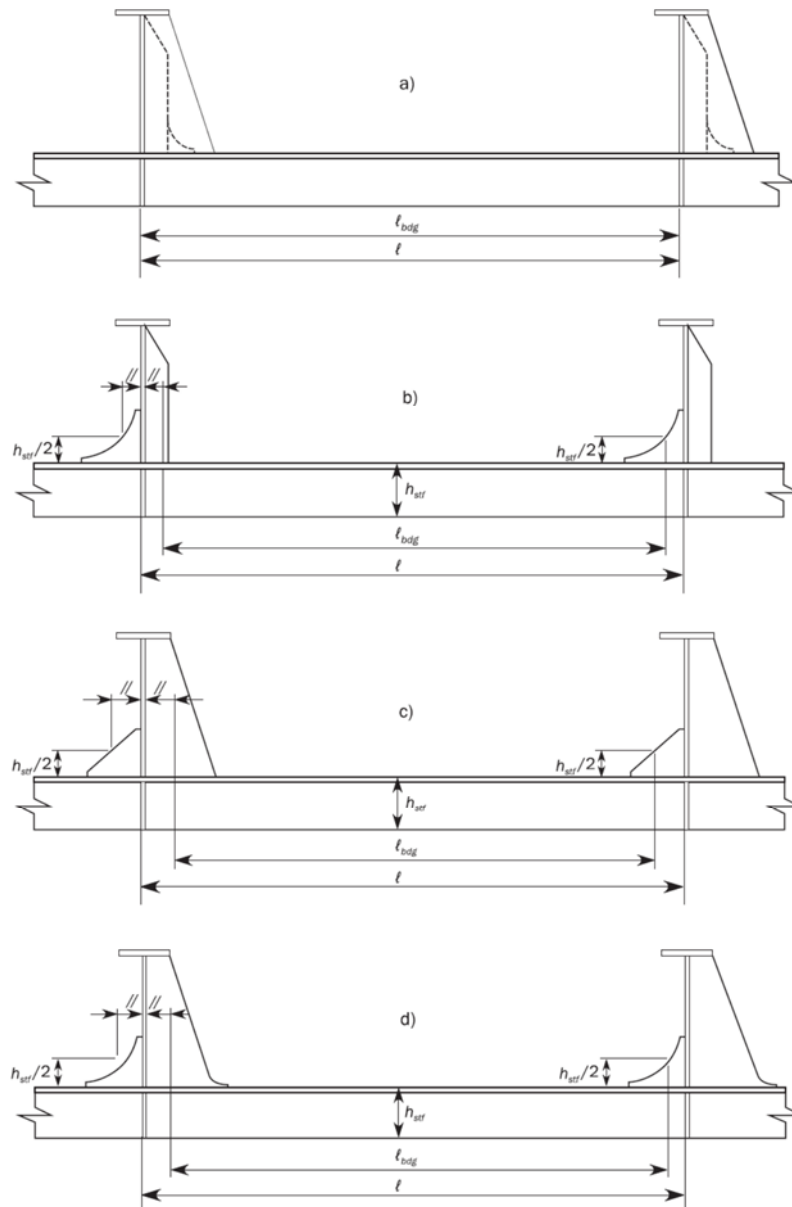
Στην παρούσα διπλωματική εργασία, ως βάση πλοίου ελήφθη ένα υπάρχον πλοίο, όπου ήταν δυνατό να αντληθούν πληροφορίες μόνο για τα πάχη των ελασμάτων και των ενισχυτικών, από τα υπάρχοντα κατασκευαστικά σχέδια. Έτσι τα πάχη των κατασκευαστικών μερών του πλοίου θα μπορούσαν να εμπεριέχουν προσαυξήσεις που προσέδωσε ο πλοιοκτήτης ή και ο ναυπηγός, για τους δικούς τους λόγους, δηλαδή το t_{vol_add} . Για αυτό το λόγο, σε ένα υπάρχον πλοίο, η εκτίμηση του καθαρού πάχους (net scantling), προτιμάται να βρίσκεται σε σχέση με το καθαρό απαιτούμενο πάχος t_{req} , το οποίο είναι το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος που θα πρέπει να έχουν τα κατασκευαστικά μέλη του πλοίου, χωρίς την προσαύξηση πάχους λόγω διάβρωσης.

Για να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τα τρία συνολικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν, χρησιμοποιήθηκε το καθαρό απαιτούμενο πάχος. Έτσι για τα μοντέλα στο MARS2000 και στο CSR software χρησιμοποιήθηκαν τα πάχη όπως κατασκευάστηκε το πλοίο (αυτά που αναφέρονται στα σχέδια as built) και για το μοντέλο στο SOLIDWORKS τα καθαρά πάχη όπως υπολογίστηκαν από το MARS2000 και συγκρίθηκαν με το CSR software.

2.9 Ενεργό άνοιγμα (ανυποστήριχτο μήκος)

Σημαντικό στοιχείο που είναι απαραίτητο να επισημανθεί, για τους ορθούς υπολογισμούς της διαστασιολόγησης των ελασμάτων και ενισχυτικών, είναι το ενεργό άνοιγμα ή ανυποστήριχτο μήκος των ενισχυτικών. Το ονομαζόμενο effective span ή unsupported span, συνηθίζεται να υπολογίζεται στη μελέτη αντοχής με το τετράγωνο του δηλαδή: l^2 , που

σημαίνει ότι ακόμα και για μικρές μεταβολές αυτού του μήκους, υπάρχει άμεση μεταβολή της αντοχής. Επειδή το ανυποστηρίχτο μήκος μειώνεται με την τοποθέτηση ενεργών αγκώνων (μπρακέτων), στο τμήμα 7.1 (section 7.1) των κανονισμών, παρατίθεται πλήρη ανάλυση με σχήματα και αναφορές για τον ακριβή υπολογισμό του μήκους l_{bdg} (effective bending span). Ένα παράδειγμα προσδιορισμού του l_{bdg} παρατίθεται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8 : Ενεργό υποστηριζόμενο μήκος κάμψης ενισχυτικών, που υποστηρίζονται από ενισχυμένα ενισχυτικά - web stiffeners (κατασκευή μονού πετώματος).

Σε όλα τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη διπλωματική εργασία, ελήφθησαν υπόψη τα ενεργά υποστηριζόμενα μήκη, που προκύπτουν μετά την αφαίρεση των αγκώνων.

Κεφάλαιο 3: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ (κ. 4 κανονισμών)

3.1 Στατικά και Δυναμικά φορτία

Τα φορτία – πιέσεις που αφορούν την εκτίμηση αντοχής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα στατικά και δυναμικά, τα οποία κατατάσσονται σε τρία τμήματα ως ακολούθως:

1. ΣΤΑΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

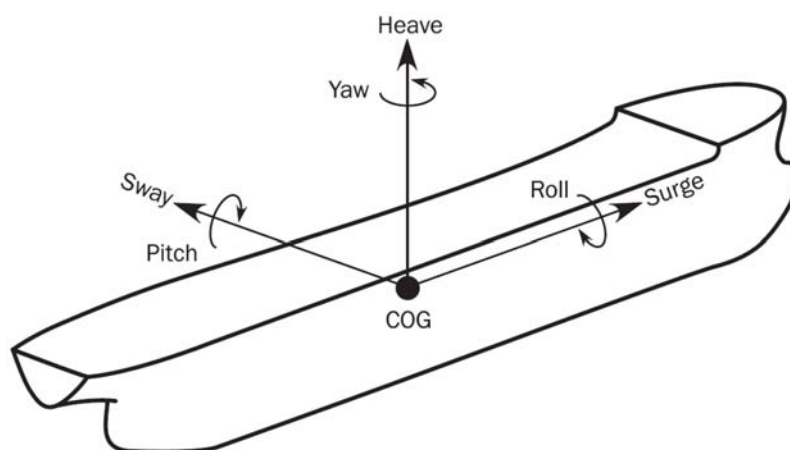
- Φορτία γάστρας ως δοκός ακίνητου νερού (Still water hull girder).
- Εξωτερικά φορτία.
- Εσωτερικά φορτία.

2. ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

- Δυναμικά φορτία γάστρας ως δοκός (Dynamic hull girder load components).
- Εξωτερικά φορτία.
- Εσωτερικά φορτία.

Επιπρόσθετα υπάρχουν και τα φορτία κόπωσης που για την εκτίμηση της, χωρίζονται και αυτά ως ανωτέρω σε στατικά και δυναμικά φορτία.

3.2 Κινήσεις πλοίου



Σχήμα 9 : οι κινήσεις ενός πλοίου με τους 6 βαθμούς ελευθερίας.

Οι δυναμικές κινήσεις ενός πλοίου θεωρούνται ως μία κίνηση μεταφοράς και μια κίνηση περιστροφής ανά άξονα (X, Y, Z), έχοντας τις ακόλουθες επιταχύνσεις και θετικές φορές:

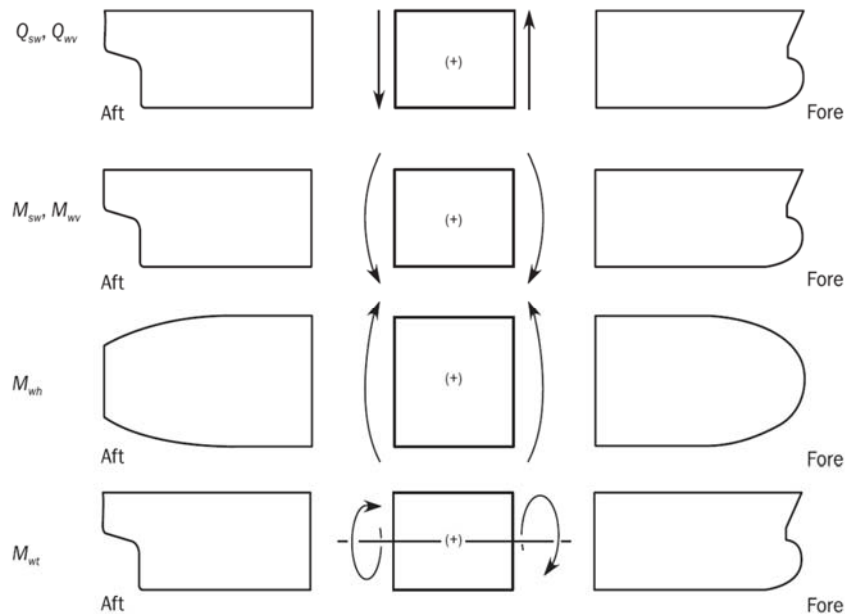
1. SURGE: διαμήκη επιτάχυνση κατά τον άξονα X (προς την πλώρη του πλοίου λαμβάνεται θετική), εμφανίζεται από την επίδραση του κυματισμού στην πλώρη ή στην πρύμνη.

2. **ROLL**: περιστροφική επιτάχυνση κατά τον άξονα X (διατοιχισμός), στην οποία προσμετράτε η περίοδος και η εγκάρσια γωνία (Heel) (λαμβάνεται θετική δεξιόστροφα).
3. **SWAY**: εγκάρσια επιτάχυνση κατά τον άξονα Y (λαμβάνεται θετική προς την αριστερή πλευρά του πλοίου).
4. **PITCH**: περιστροφική επιτάχυνση κατά τον άξονα Y (προνευστασμός), στην οποία προσμετράτε η περίοδος και η διαμήκη γωνία (Trim), (λαμβάνεται θετική δεξιόστροφα).
5. **HEAVE**: κατακόρυφη επιτάχυνση (εμβάπτιση) κατά τον άξονα Z (λαμβάνεται θετική προς τα πάνω).
6. **YAW**: περιστροφική επιτάχυνση κατά τον άξονα Z (ανέμισμα πλώρης), (λαμβάνεται θετική δεξιόστροφα).

3.3 Καθορισμός φοράς για τα φορτία γάστρας ως δοκός.

Η καθιέρωση στους κανονισμούς της φοράς των κάθετων ροπών κάμψης, των κατακόρυφων διατμητικών δυνάμεων, των οριζόντιων ροπών κάμψης και των στρεπτικών ροπών σε οποιοδήποτε εγκάρσιο τμήμα του πλοίου, αναλύονται ακολούθως και εμφανίζονται στο σχ.10.

- Οι κάθετες ροπές κάμψης M_{sw} και M_{wv} είναι θετικές, όταν προκαλούν τάσεις εφελκυσμού στο κατάστρωμα αντοχής (hogging bending moment) και αρνητικές όταν προκαλούν τάσεις εφελκυσμού στον πυθμένα (sagging bending moment).
- Η κατακόρυφη διατμητική τάση Q_{sw} και Q_{wv} είναι θετική στην περίπτωση των προς τα κάτω δυνάμεων που προκύπτουν και ενεργούν όπισθεν της εγκάρσιας τομής και άνω των δυνάμεων που ενεργούν πρόραθεν της εγκάρσιας τομής που λαμβάνεται υπόψη.
- Η οριζόντια ροπή κάμψης M_{wh} είναι θετική όταν προκαλεί τάση εφελκυσμού στην δεξιά πλευρά και αρνητική όταν προκαλεί τάση εφελκυσμού στην αριστερή πλευρά.
- Η στρεπτική ροπή M_{wt} είναι θετική στην περίπτωση της προκύπτουσας ροπής που ενεργεί προς τα πίσω της εγκάρσιας τομής, ακολουθώντας αρνητική περιστροφή γύρω από τον άξονα X και της προκύπτουσας ροπής που ενεργεί προς τα εμπρός της εγκάρσιας τομής, ακολουθώντας θετική περιστροφή γύρω από τον άξονα X.



Σχήμα 10: Θεώρηση φοράς διατμητικής τάσης Q_{sw} , Q_{wv} - ροπών κάμψης M_{sw} , M_{wv} , M_{wh} , M_w .

3.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Για την έννοια των Κυματικών Ισοδύναμων Σχεδιασμού (EDW), ο IACS ανέπτυξε μια πρακτική μέθοδο εκτίμησης, για τη χρήση τους στους υπολογισμούς αντοχής, τα οποία είναι τα κανονικά κύματα, που μπορούν να δημιουργήσουν τιμές απόκρισης τάσεων ισοδύναμες με τις μακροπρόθεσμες τιμές πρόβλεψης τάσεων.

Στους εναρμονισμένους κανονισμούς CSR, η μέθοδος EDW χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των φορτίων σχεδιασμού, που περιλαμβάνουν πλευρικά φορτία (εξωτερικές και εσωτερικές πιέσεις) και φορτία δοκού κύτους σε κύματα.

Το HSM και το HSA είναι καταστάσεις κεφαλής θάλασσας με μεγιστοποίηση της ροπής κάμψης δοκού κύτους και επιτάχυνσης αντίστοιχα.

Το OST και το OSA είναι λοξές καταστάσεις θάλασσας, που μεγιστοποιούν τη στρεπτική ροπή και την επιτάχυνση της δοκού του κύτους αντίστοιχα.

Το BSP και το BSR είναι οι εγκάρσιες καταστάσεις θάλασσας, που μεγιστοποιούν την πίεση της θάλασσας και την εγκάρσια κίνηση αντίστοιχα και τέλος,

το FSM που είναι η κατάσταση θαλάσσιων κυματικών ακολουθιών, που μεγιστοποιεί τη ροπή κάμψης της δοκού κύτους.

Το κυματικό ισοδύναμο σχεδιασμού φαίνονται στο σχήμα 11.

Η ανάπτυξη των EDW βασίστηκε στα ακόλουθα τέσσερα βήματα:

- Οι κυρίαρχες συνιστώσες φορτίου που είναι οι πιο κρίσιμες για την αντοχή της κατασκευής πλοίων, προσδιορίστηκαν με βάση τις λεπτομερείς δομικές αναλύσεις των συνολικών μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων FE, όπου υποβάλλονται σε απευθείας φορτία κυματισμών.
- Τα ισοδύναμα κύματα σχεδίασης καθορίστηκαν μαζί με τις κανονικές συνθήκες κύματος σχεδιασμού, όπως γωνίες συνάντησης κυμάτων, μήκη κύματος και ύψη κύματος.
- Αναπτύχθηκαν οι κατανομές υδροδυναμικής πίεσης κάτω από κάθε EDW.
- Αναπτύχθηκαν οι συντελεστές συνδυασμού φορτίου για τα φορτία δοκών κύτους, τις κινήσεις του πλοίου και την επιτάχυνση λόγω των κινήσεων του πλοίου σε κάθε EDW.

Για τη δημιουργία και την εισαγωγή στο πρόγραμμα υπολογισμού πεπερασμένων στοιχείων SOLIDWORKS, των καταστάσεων δυναμικής φόρτισης για την αξιολόγηση της κατασκευαστικής δομής του πλοίου της διπλωματικής εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα κυματικά ισοδύναμα σχεδίασης (EDW):

• **Καταστάσεις φόρτωσης HSM:**

HSM-1 και HSM-2: πρωραίοι κυματισμοί θάλασσας EDWs που ελαχιστοποιούν και μεγιστοποιούν τη κάθετη ροπή κάμψης κύματος στο μέσο του πλοίου αντίστοιχα.

• **Καταστάσεις φόρτωσης HSA:**

HSA-1 και HSA-2: πρωραίοι κυματισμοί θάλασσας EDWs που μεγιστοποιούν και ελαχιστοποιούν τη κάθετη επιτάχυνση θαλάσσιας κεφαλής, στην πρωραία κάθετο του πλοίου αντίστοιχα.

• **Καταστάσεις φόρτωσης FSM:**

FSM-1 και FSM-2: θαλάσσιες κυματικές ακολουθίες (Following sea EDWs) που ελαχιστοποιούν και μεγιστοποιούν τη κάθετη ροπή κάμψης κύματος στο μέσο του πλοίου αντίστοιχα.

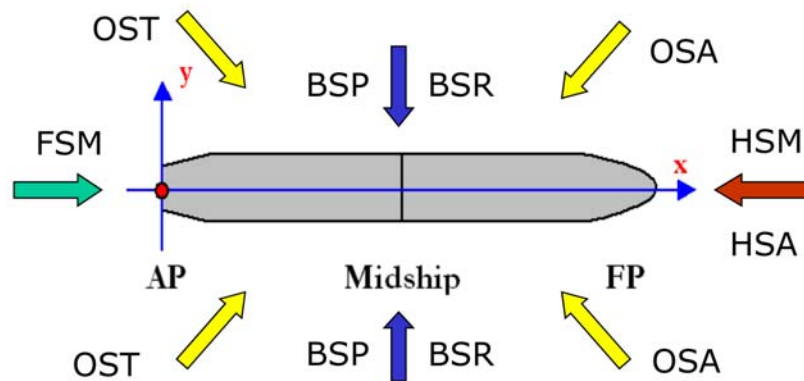
• **Καταστάσεις φόρτωσης BSP:**

BSP-1P και BSP-2P: εγκάρσια κατεύθυνση θάλασσας EDWs που μεγιστοποιούν και ελαχιστοποιούν, την υδροδυναμική πίεση στην ίσαλο γραμμή στο μέσο του πλοίου στην αριστερή πλευρά αντίστοιχα.

BSP-1S και BSP-2S: εγκάρσια κατεύθυνση θάλασσας EDWs, που μεγιστοποιούν και ελαχιστοποιούν την υδροδυναμική πίεση, στην ίσαλο γραμμή στο μέσο του πλοίου στη δεξιά πλευρά αντίστοιχα.

• **Καταστάσεις φόρτωσης OST:**

OST-1P και OST-2P: πλάγια κατεύθυνση θάλασσας EDWs που ελαχιστοποιούν και μεγιστοποιούν τη ροπή στρέψης στα 0,25L από το AE με κύματα από την αριστερή πλευρά αντίστοιχα.



Σχήμα 11: Διάταξη και φορά των ισοδύναμων κομάτων σχεδιασμού EDW.

Περαιτέρω ανάλυση ακολουθεί ακολούθως, στο Κεφάλαιο 7 των υπολογισμών τάσεων και πιέσεων για την μοντελοποίηση των τριών αμπαριών με το λογισμικό SOLIDWORKS.

Κεφάλαιο 4: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΣΗΣ ΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ MARS 2000 - B.V.

4.1 Λογισμικό MARS 2000

Το αρχικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, για τον προσδιορισμό της διαστασιολόγησης της γάστρας του πλοίου και την εύρεση των καθαρών παχών (net scantlings), των ελασμάτων και ενισχυτικών, είναι το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε από τον Γαλλικό Νηογνώμονα (Bureau Veritas), το MARS 2000, στη πιο τελευταία του έκδοση:



Το λογισμικό Mars2000 παρέχεται δωρεάν, στην ιστοσελίδα του B.V. εφόσον γίνει εγγραφή μέλους, στέλνοντας αυτοματοποιημένα έναν ηλεκτρονικό σύνδεσμο, για το κατέβασμα του λογισμικού.

Το Mars2000 είναι σχεδιασμένο για δισδιάστατη 2 Δ δομική ανάλυση, για όλα τα διαμήκη ενισχυτικά ενός πλοίου, που συναντάμε σε μία εγκάρσια διατομή, όπως η Μέση Τομή ενός πλοίου.

Γενικά η οικογένεια MARS είναι μια ομάδα πολλών λογισμικών, για την εκτέλεση της αξιολόγησης των 2Δ κανονιστικών απαιτήσεων για πάνω από είκοσι διαφορετικούς τύπους πλοίων.

Πιο συγκεκριμένα το Mars2000 είναι διαθέσιμο και προσαρμοσμένο με τους κατασκευαστικούς κανόνες του BV για πλοία, Offshore μονάδες, Polar Class & παγοθραυστικά Icebreakers και πλοία που εφαρμόζονται οι κοινοί κανονισμοί του IACS για φορτηγά μεταφοράς χύδην φορτίων και για Δεξαμενόπλοια πετρελαίου κλπ.

Το λογισμικό της οικογένειας MARS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση των ακόλουθων αξιολογήσεων:

- Υπολογισμός γεωμετρικών ιδιοτήτων,
- Κριτήρια αντοχής γάστρας ως δοκός και τελικής αντοχής,

- Τοπικά κριτήρια αντοχής ελασμάτων και συνηθισμένων ενισχυτικών:
 - Αντοχή στο όριο διαρροής,
 - Λυγισμός,
 - Κόπωση,
 - Ελάχιστο πάχος.
- Εκτίμηση εγκάρσιων διατομών και εγκάρσιων διαφραγμάτων σε όλο το μήκος του πλοίου.

Τα πλεονεκτήματα και τα βασικά χαρακτηριστικά του λογισμικού MARS 2000, που το καθιστούν ένα από τα σημαντικότερα ελεύθερου λογισμικού πρόγραμμα στην Ναυπηγική σχεδίαση και μελέτη, παρουσιάζονται ακολούθως:

- Εύκολη μοντελοποίηση,
- Ισχυρή συνέπεια και έλεγχος σφαλμάτων,
- Γρήγοροι υπολογισμοί,
- Πρόσβαση με ένα κλικ σε λεπτομερή αποτελέσματα για βαθύτερη ανάλυση,
- Φιλική προς το χρήστη και εύχρηστη συνεργασία με άλλα προγράμματα,

Το MARS 2000 είναι διαθέσιμο για την πιο πρόσφατη έκδοση των παρακάτω συνόλων κανόνων:

- BV NR 467 – Κανόνες για την ταξινόμηση των πλοίων από χάλυβα
- BV NR 445 – Κανόνες για την ταξινόμηση των υπεράκτιων μονάδων
- BV NR 542 – Κανόνες για την ταξινόμηση των πλωτών μονάδων αερίου
- BV NR 569 – Κανόνες για την ταξινόμηση των γεωτρήσεων
- BV NR 527 – Κανόνες για την ταξινόμηση πλοίων πολικής κλάσης και παγοθραυστικών
- IACS CSR - IACS Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers

Επιπρόσθετα των ανωτέρω, στην πράξη πολλά Ναυπηγικά – τεχνικά γραφεία το χρησιμοποιούν, για γρήγορο και ποιοτικό υπολογισμό της Ροπής Αντίστασης και των υπόλοιπων χαρακτηριστικών για την διαμήκη αντοχή, οποιουδήποτε πλοίου. Δύναται να προσδιορίσει πολύ γρήγορα, την απαιτούμενη Ροπή Αντίστασης και γενικότερα τις απαιτήσεις για την διαμήκη αντοχή, σε οποιοδήποτε τύπου πλοίου. Επίσης με τον καθορισμό των διαμερισμάτων (compartments), υπολογίζει την τοπική αντοχή, των ελασμάτων και ενισχυτικών.

Ουσιαστικά υπολογίζει τις μέγιστες πιέσεις και δυνάμεις σε κάθε κατασκευαστικό τμήμα του πλοίου, που δημιουργούνται τόσο από την φόρτωση των χώρων φορτίου και δεξαμενών, όσο και των αντίστοιχων λόγω κυματισμού, σε κάθε σενάριο φόρτωσης.

Με τα αποτελέσματα που παραθέτει, διευκολύνει τον μελετητή, να έχει μια πολύ γρήγορη και αξιόπιστη εκτίμηση, της απαιτούμενης διαστασιολόγησης ενός πλοίου, με δυνατότητα εξαιρετικά εύκολης και γρήγορης μεταβολής της, πετυχαίνοντας έτσι την βέλτιστη σχεδίαση, τόσο από πλευράς μείωσης κόστους, όσο και από πλευράς μέγιστης αντοχής. Επειδή τα αποτελέσματα του λογισμικού υπολογίζονται με τους κανονισμούς από μέλος του IACS, διασφαλίζουν την χρήση τους σε πλοία που βρίσκονται σε κλάση διαφορετικού Νηογνώμονα, αντίστοιχου μέλους IACS.

Το λογισμικό MARS 2000, παρόλο των ανωτέρων πλεονεκτημάτων, έχει μερικές ελλείψεις, όπως ότι δεν είναι δυνατή η μελέτη εγκάρσιας αντοχής, ενισχυμένων κατασκευαστικών μελών των πλοίου που τοποθετούνται εγκάρσια αυτού, όπως έδρες, εγκάρσια ενισχυμένα ενισχυτικά π.χ. Transverse web in T.S.T. κλπ.

Έχει όμως την δυνατότητα να εισαχθούν στο μοντέλο του πλοίου οι νομείς και άλλα απλά εγκάρσια ενισχυτικά, καθώς και εγκάρσιες φρακτές, σε όλο το μήκος του πλοίου και να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς αντοχής.

Τέλος το πρόγραμμα δεν δύναται να κάνει αναλύσεις πεπερασμένων στοιχείων FEM analysis, έτσι ουσιαστικά είναι κατάλληλο μόνο για την πρώτη φάση υπολογισμών, όπως ορίζουν οι κανονισμοί CSR, καθώς και του BV για άλλα πλοία που δεν εμπίπτουν στα CSR.

4.2 Περιβάλλον προγράμματος και εισαγωγή δεδομένων

Η αρχική οθόνη του προγράμματος, εμφανίζεται στο σχήμα 3, όπου δίνονται 3 βασικές

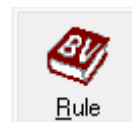


επιλογές:

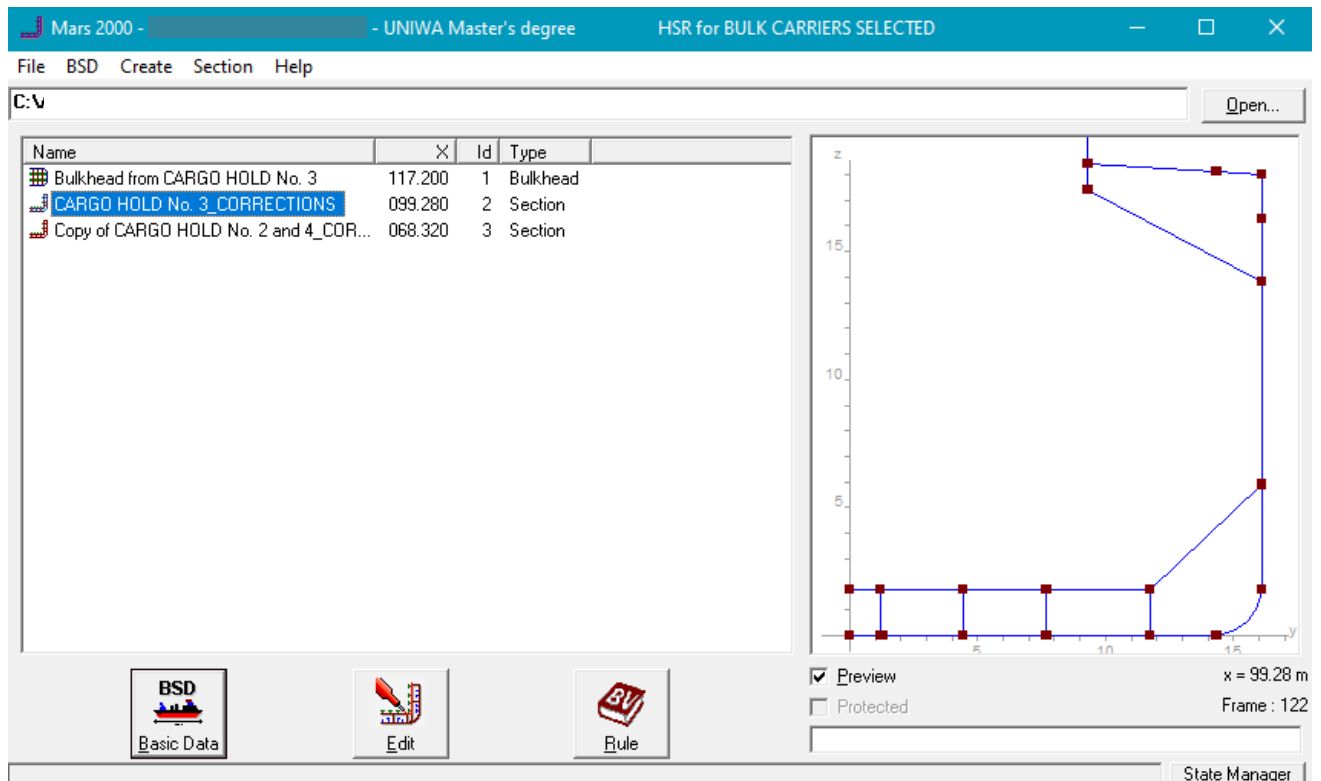
η πρώτη αναφέρεται ως BSD – Basic Data και αφορά την εισαγωγή των κύριων δεδομένων του πλοίου προς μελέτη αντοχής,



η δεύτερη αναφέρεται ως Edit και αφορά την εισαγωγή - δημιουργία και διόρθωση των διαμήκη στοιχείων της εγκάρσιας διατομής προς εξέταση,



η τρίτη επιλογή αναφέρεται ως Rule και αφορά την ρύθμιση των αποτελεσμάτων που χρειαζόμαστε να υπολογίσει και να εμφανίσει το πρόγραμμα.



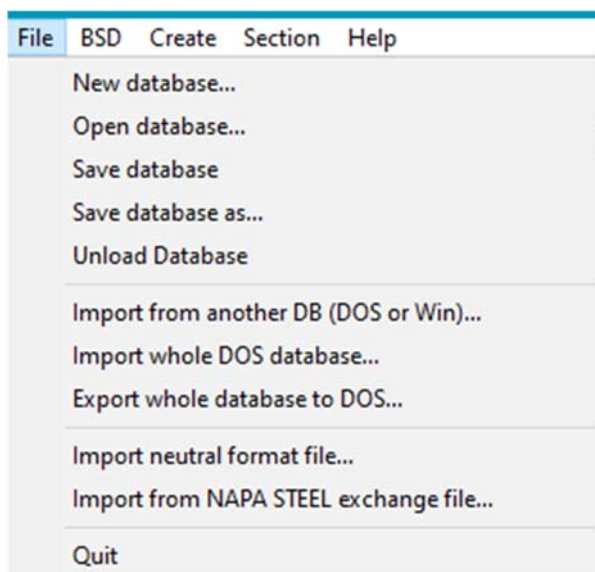
Σχήμα 12 : Αρχική οθόνη MARS 2000.

Στην άνω πλευρά υπάρχουν 5 επιλογές που εμφανίζουν τα ακόλουθα:

File BSD Create Section Help

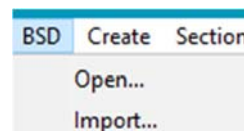
Μπάρα File:

Δίνει την δυνατότητα δημιουργίας, διόρθωση ανοίγματος και διάφορες επιλογές καθώς εισόδου ενός αρχείου.



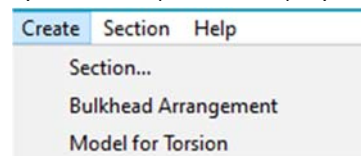
Μπάρα BSD:

Επιλογή στο άνοιγμα (προσθήκη, των κύριων δεδομένων του πλοίου, και την εισαγωγή τους από άλλο αρχείο.



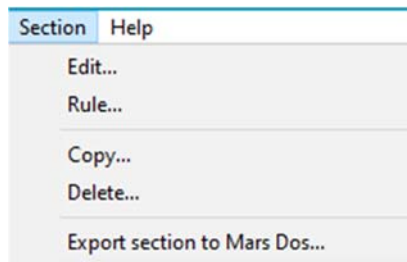
Μπάρα Create:

Δημιουργία Τομής, Φρακτής και μοντέλου για υπολογισμό στρέψης.



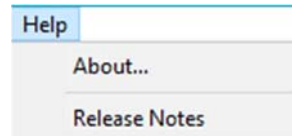
Μπάρα Section:

Δίνει την δυνατότητα διαχείρισης μιας διατομής και διάφορες άλλες επιλογές.



Μπάρα Help:

Δίνει πληροφορίες για την έκδοση του λογισμικού, καθώς και τις τελευταίες τροποποιήσεις που έχουν γίνει σε αυτό.



1. BSD – Basic Data (κύρια δεδομένα του πλοίου)

Ξεκινώντας την είσοδο, των βασικών δεδομένων του εξεταζόμενου πλοίου, στο λογισμικό Mars2000, συμπληρώνεται η γενική φόρμα, με στοιχεία όπως ορίζουν οι κανονισμοί IACS, θεωρώντας όριο σχεδιαστικής ζωής του πλοίου τα 25 χρόνια:

Στην συνέχεια στην οθόνη: Notations & Main Deck Data, εισάγονται οι κύριες διαστάσεις του πλοίου και επιλέγεται στο Notations τους κανονισμούς που υπάγεται το πλοίο και θα υπολογίσει το πρόγραμμα. Συμπληρώνεται επίσης η θέση της πρυμναίας φρακτής και της φρακτής συγκρούσεως, καθώς και στοιχεία για το μήκος εξάλων (Freeboard Length), επειδή δεν υπήρχε αυτή η πληροφορία ετέθη όσο το μήκος Μεταξύ καθέτων LBP (συνήθως είναι το μήκος LBP ή λίγο μεγαλύτερο).

Στις 3 οθόνες που ακολουθούν συμπληρώνονται τα στοιχεία που αντλούνται από το Loading Manual του πλοίου και αφορούν τα βυθίσματα υπολογισμών (Scantling draught), σε κατάσταση ερματισμού και βαρύ ερματισμού (Heavy Ballast).

General	<input checked="" type="radio"/> Scantling <input type="radio"/> Ballast <input type="radio"/> Heavy Ballast	
Notations & Main Data	Still Water Bending Moments Hogging condition: <input type="text" value="1750000"/> kN.m Sagging condition: <input type="text" value="1170000"/> kN.m	
Moments & Draughts	Ship Ship behavior: <input type="text" value="Both Hogging / Sagging"/>	
Materials	Min S.W.B.M. in Hogging condition: <input type="text" value="0"/> kN.m	
Frame Locations	Draughts Scantling draught: <input type="text" value="12.950"/> m	
Calculations & Print	GM transverse metacentre: <input type="text" value="3.017"/> m Roll radius of giration (delta): <input type="text" value="11.290"/> m	

<input type="radio"/> Scantling <input checked="" type="radio"/> Ballast <input type="radio"/> Heavy Ballast	
Still Water Bending Moments Hogging condition: <input type="text" value="1750000"/> kN.m Sagging condition: <input type="text" value="1170000"/> kN.m	
Ship Ship behavior: <input type="text" value="Both Hogging / Sagging"/>	
Min S.W.B.M. in Hogging condition: <input type="text" value="0"/> kN.m	
Draughts Minimum ballast draught: <input type="text" value="5.846"/> m Minimum empty draught at FP: <input type="text" value="5.220"/> m ⓘ Minimum full draught at FP: <input type="text" value="0.000"/> m ⓘ	
GM transverse metacentre: <input type="text" value="9.129"/> m Roll radius of giration (delta): <input type="text" value="14.520"/> m	

<input type="radio"/> Scantling <input type="radio"/> Ballast <input checked="" type="radio"/> Heavy Ballast	
Still Water Bending Moments Hogging condition: <input type="text" value="1750000"/> kN.m Sagging condition: <input type="text" value="1170000"/> kN.m	
Ship Ship behavior: <input type="text" value="Both Hogging / Sagging"/>	
Min S.W.B.M. in Hogging condition: <input type="text" value="0"/> kN.m	
Draughts Heavy Ballast draught: <input type="text" value="8.901"/> m	
GM transverse metacentre: <input type="text" value="5.680"/> m Roll radius of giration (delta): <input type="text" value="12.900"/> m	

Στην επόμενη οθόνη επιλέγεται η ποιότητα και τα χαρακτηριστικά της χαλύβδινης κατασκευής, χωρίζοντας το πλοίο σε 3 βασικές ζώνες, του πυθμένα και καταστρώματος καθώς και του ουδέτερου άξονα, έτσι ώστε αυτά να προστίθενται αυτόματα, κατά την εισαγωγή των κατασκευαστικών στοιχείων του πλοίου.

General	Main material							
Notations & Main Data	Ship built in Steel		Reference Young Modulus 206000 N/mm ²					
Moments & Draughts	Materials							
Materials		Material Type	Yield Stress (N/mm ²)	Young Modulus (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Bottom zone	Neutral axis	Deck zone
Frame Locations	1	Steel	355.0	206000.0				
	2	Steel	315.0	206000.0				
	3							
	4							
	5							
	6							
Calculations & Print	FOR ALUMINIUM, WELDED CONDITION TO BE CONSIDERED					Drag and drop zone icon to the relevant line		

Στην συνέχεια προστίθενται οι αποστάσεις από την πρυμναία κάθετο και τον νομέα 0, καθώς και η ισαπόσταση των νομέων σε όλο το μήκος του πλοίου, για την διευκόλυνση του μελετητή, ώστε να πραγματοποιείται αυτόματα ο υπολογισμός του μήκους εισάγοντας μονάχα τον αριθμό του νομέα που εξετάζεται.

General	General frame data	
Notations & Main Data	Distance with sign from AE to Frame Nb. 0:	-2.440 m
Moments & Draughts	First frame number. Must be less or equal 0:	-5
Materials	Frame spacing definition	
Frame Locations	From frame n° -5 to frame n° 11 spacing 0.700 m From frame n° 11 to frame n° 35 spacing 0.800 m From frame n° 35 to frame n° 208 spacing 0.860 m From frame n° 208 to frame n° 225 spacing 0.700 m	From frame Nb.: 208 To frame Nb.: 225 Frame spacing: 0.700 m
Calculations & Print	<input type="button" value="Validate"/> <input type="button" value="Delete"/>	

Η τελευταία θόνη των βασικών δεδομένων του πλοίου είναι οι υπολογισμοί Calculations & Print, όπου υπάρχουν οι ακόλουθες επιλογές:

Basic Ship Data 2000 - UNIWA Master's degree - MIDSHIP CSR HARMONIZED SELECTED

File About Mars...

General	Basic calculations		Still water, wave moments, shear force	
Notations & Main Data	<input checked="" type="checkbox"/> Rule coefficients	<input checked="" type="checkbox"/> Ship motions	<input checked="" type="checkbox"/> Rule strength distributions	<input checked="" type="radio"/> User's proposed value of S.W.B.M
Moments & Draughts	<input type="checkbox"/> Rule modulj	<input type="checkbox"/> Resultant acceleration	<input type="radio"/> Rule standard value	
Materials	<input type="button" value="Coordinates of gravity center..."/>		<input type="button" value="Calculation points..."/>	
Frame Locations				
Calculations & Print	<input type="button" value="View Results..."/>		<input type="button" value="Print Results..."/>	

4.3 Αποτελέσματα αρχικών βασικών υπολογισμών

Τα αποτελέσματα σε αυτό το αρχικό στάδιο μελέτη, παρουσιάζονται στο παράρτημα IV. Αρχικά έχει υπολογιστεί ο συντελεστής k που έχει σχέση με τα μηχανικά χαρακτηριστικά του χάλυβα που εξετάζεται, ο απλός χάλυβας Grade A (mild steel) έχει συντελεστή 1 και όσο πιο ενισχυμένος είναι ο χάλυβας τόσο αυτός ο αριθμός μειώνεται.

Η τάξη (Grade) του χάλυβα που χρησιμοποιείται στο πλοίο της διπλωματικής εργασίας είναι:

AH36 & DH36

AH32 & DH32

A

Όπου:

R_Y Nominal yield stress : είναι η ονομαστική τάση διαρροής, που ισούται με $235/k$ σε N/mm^2 .

Στην συνέχεια ακολουθούν αποτελέσματα των επιταχύνσεων κατά τις κινήσεις του πλοίου (Ship Motions (Αξιολόγηση αντοχής - Strength assesment 10-8)).

Το πρόγραμμα υπολογίζει για τα 3 βυθίσματα που του δόθηκαν δεδομένα, τις επιταχύνσεις Surge, Sway, Heave, Roll & Pitch, τις γωνίες Roll & Pitch και τις αντίστοιχες περιόδους. Επιπρόσθετα δίνονται τα αποτελέσματα για ομοιογενή και εναλλακτική βαριά φόρτωση, εναλλακτική ελαφριά φόρτωση και κατάκλιση από ατύχημα, στο μέγιστο βύθισμα υπολογισμών.

Έχουμε επίσης, ανταλλαγή κανονικού και βαριού ερματισμού με θαλάσσιο νερό (Normal & Heavy Water Ballast Exchange).

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των επιταχύνσεων κατά τις κινήσεις του πλοίου (Ship Motions (αξιολόγηση κόπωσης - fatigue assesment 10-2)). Επειδή όμως δεν έχουν εισαχθεί δεδομένα, τα σχετικά αποτελέσματα είναι μηδενικά.

Τέλος το πρόγραμμα υπολογίζει στοιχεία της διαμήκου αντοχής:

Εμφανίζει σε πίνακες και σε διαγράμματα, την κατανομή φορτίων, ως δοκός στη γάστρα του πλοίου, κατά το μήκος του πάνω στις φρακτές των αμπαριών και στην μέση τους.

(SWBM με βάση την πρόταση του κατασκευαστή):

Κατακόρυφες Ροπές Κάμψης - Κατάσταση Vertical Bending Moments Hogging & Sagging

Στα ίδια σημεία δίνονται οι δυνάμεις διάτμησης κύματος και οριζόντιες ροπές κάμψης κυμάτων (Wave Shear Forces and Horizontal Wave Bending Moments).

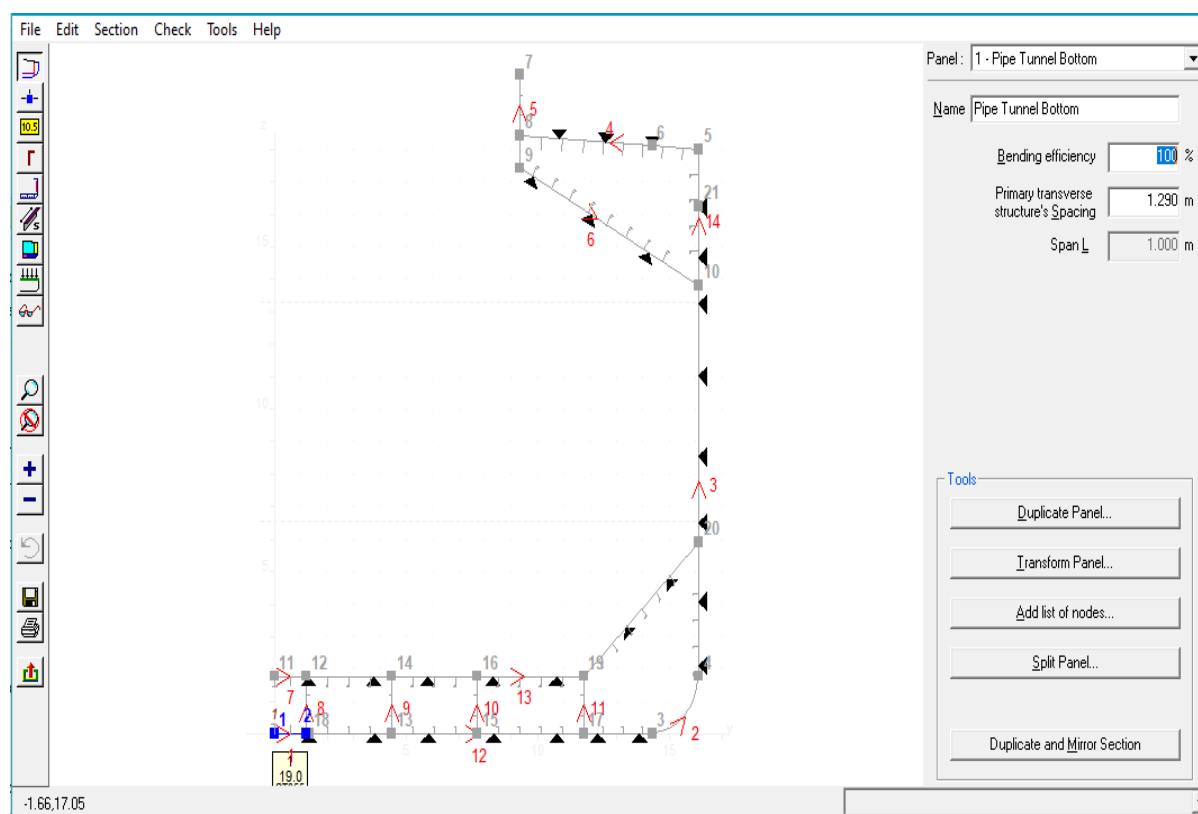
4.4 Δημιουργία και διόρθωση των διαμήκη στοιχείων (Create)

Για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας, μετά την συμπλήρωση των απαραίτητων κύριων δεδομένων του πλοίου, δημιουργήθηκαν δύο εγκάρσιες τομές, μία στο μεσαίο αμπάρι Νο. 3 και μία στον Νο. 4, θεωρώντας ότι και για τον Νο. 2 θα έχουμε αντίστοιχα αποτελέσματα, παρόλο που βρίσκεται μπροστά από το μέσο του πλοίου.

Επειδή το αμπάρι Νο. 3 γεμίζει με θαλάσσιο έρμα, ορισμένα κατασκευαστικά τμήματα έχουν διαφορετικές διαστάσεις ελασμάτων και ενισχυτικών.

Στο πρόγραμμα σχεδιάζεται η εγκάρσια τομή, μόνο από την μία πλευρά, θεωρώντας ότι το πλοίο είναι συμμετρικό, έτσι στους υπολογισμούς λαμβάνεται ολόκληρο το πλοίο.

Η αρχική οθόνη μοντελοποίησης μιας εγκάρσιας τομής παρουσιάζεται στο ακόλουθο Σχήμα 13.

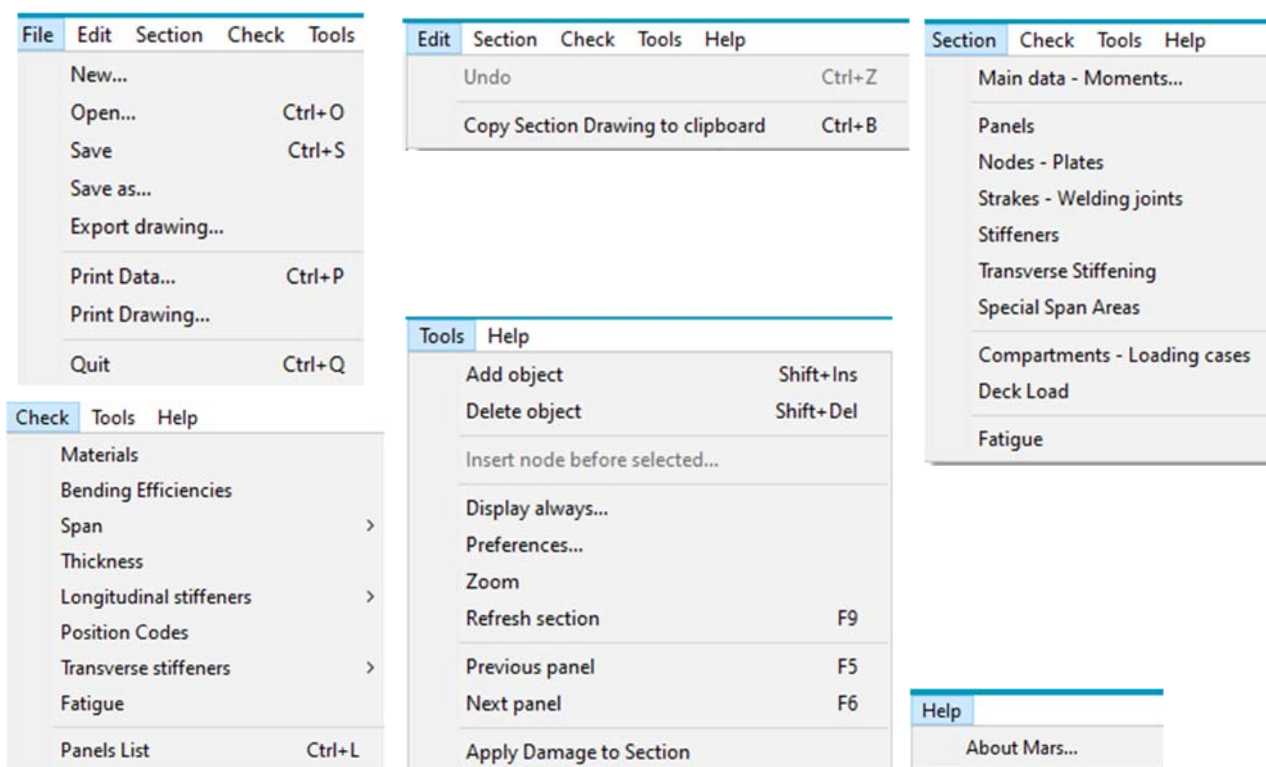


Σχήμα 13: Οθόνη μοντελοποίησης Εγκάρσιας Τομής λογισμικού MARS2000 .

Στην άνω αριστερή μπάρα υπάρχουν οι ακόλουθες επιλογές:

File Edit Section Check Tools Help

Και σε κάθε μία από αυτές υπάρχουν οι βασικές εντολές του προγράμματος, ως ακολούθως:



Οι σημαντικότερες επιλογές για την μοντελοποίηση βρίσκονται στο Section, όπου είναι ίδιες και με την αριστερή κατακόρυφη μπάρα, με δυνατότητα εισαγωγής όλων των απαραίτητων δεδομένων της εγκάρσιας τομής. Επίσης σημαντικό είναι το Check, όπου εμφανίζονται σχηματικά τα δεδομένα του μοντέλου, ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι έλεγχοι ορθότητας του.

Αρχικά θα πρέπει να συμπληρωθεί το Main Section Data (υπάρχει η δυνατότητα να συμπληρωθεί και αργότερα, αλλά αν ξεχαστεί, το πρόγραμμα θα εμφανίσει λάθος αποτελέσματα).

Main Section Data					
Main	SW	Hold	Wave	Floo./Har. conds.	Flooding
Name Location Dimensions					
Name: CARGO HOLD No. 3					
Longitudinal Location (from AE): 99.280 m					
Breadth moulded: 32.260 m					
Depth moulded: 18.000 m					
Depth at top of continuous member: 18.000 m					
Materials					
ST315 in neutral axis Extension heights:					
ST355 in deck 4.700 m					
ST355 in bottom 6.530 m					
Input of: Half section Default (BSD)					

Main Section Data					
Main	SW	Hold	Wave	Floo./Har. conds.	Flooding
Still Water Bending Moments (SWBM) at X					
<input checked="" type="checkbox"/> SWBM as in Basic Ship Data + Rule distribution					
Hogging condition: [] kN.m					
Sagging condition: [] kN.m					
Ship behaviour: Both Hogging / Sagging					
Min SWBM in Hogging condition: [] kN.m					
Still water shear force					
+ [] 0 kN					

Main Section Data					
Main	SW	Hold	Wave	Floo./Har. conds.	Flooding
Dimensions					
Hold volume excluding hatch coaming Vh: 14114.300 (m3)					
Volume enclosed by the hatch coaming: 690.400 (m3)					
Transverse stool volume: 1183.780 (m3)					
Hold is:					
<input checked="" type="radio"/> Ballast hold					
<input type="radio"/> Adjacent aftward to ballast hold					
<input type="radio"/> Adjacent forward to ballast hold					
<input type="radio"/> Other					
Does the hold have a cylindrical shape? <input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No					


Main Section Data					
Main	SW	Hold	Wave	Floo./Har. conds.	Flooding
<input checked="" type="checkbox"/> Rule Vertical Wave Bending Moments					
Hogging condition: [] kN.m					
Sagging condition: [] kN.m					

Main Section Data					
Main	SW	Hold	Wave	Floo./Har. conds.	Flooding
Still Water Bending Moments at X in Flooded Conditions					
Hogging condition: 2240000 kN.m					
Sagging condition: 2210000 kN.m					
Still water Shear Force in Flooded Conditions					
- [] 79364 kN					
Still Water Bending Moments at X in Harbour Conditions					
Hogging condition: 0 kN.m					
Sagging condition: 0 kN.m					
Still water Shear Force in Harbour Conditions					
+ [] 0 kN					

Main Section Data					
Main	SW	Hold	Wave	Floo./Har. conds.	Flooding
Damage Stability Calculations available?					
<input type="radio"/> Yes					
≥ deepest equilibrium waterline [] m					
<input checked="" type="radio"/> No (freeboard deck reference)					

Οι ανωτέρω πληροφορίες πρέπει να συμπληρωθούν, ώστε να ληφθούν υπόψη από το πρόγραμμα, στους υπολογισμούς πίεσεων και αντοχής, για την εγκάρσια τομή και το αντίστοιχο αμπάρι που εξετάζεται.



Για την σχεδίαση του μοντέλου της διατομής, χρησιμοποιείται η εντολή  Panel (ελάσματα). Ουσιαστικά προσδιορίζεται το ανυποστήριχτο μήκος των διαμήκη ενισχυτικών, θέτοντας την ισαπόσταση των κύριων εγκάρσιων ενισχυτικών, καθώς και το Bending efficiency (απόδοση Κάμψης), όπου αν είναι 0 το έλασμα δεν συμμετέχει στην διαμήκη αντοχή.

Ενδεικτικά Panel, για διάφορα κατασκευαστικά τμήματα του πλοίου παρουσιάζονται ακολούθως:


Panel: 1 - Pipe Tunnel Bottom	Panel: 2 - Bilge
Name: Pipe Tunnel Bottom	Name: Bilge
Bending efficiency: 100 %	Bending efficiency: 100 %
Primary transverse structure's Spacing: 1.290 m	Primary transverse structure's Spacing: 1.290 m
Span L: 1.000 m	Span L: 1.000 m

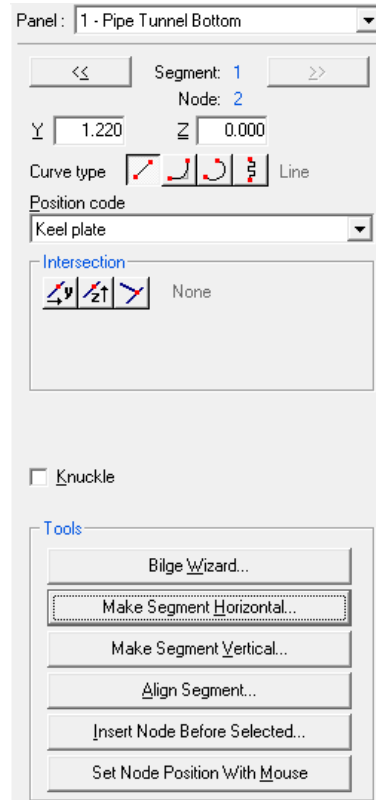
Panel: 4 - Main Deck
Name: Main Deck
Bending efficiency: 100 %
Primary transverse structure's Spacing: 5.160 m
Span L: 1.000 m

Panel: 5 - Hatch Coaming	Panel: 6 - Topside slop plate
Name: Hatch Coaming	Name: Topside slop plate
Bending efficiency: 0 %	Bending efficiency: 100 %
Primary transverse structure's Spacing: 1.290 m	Primary transverse structure's Spacing: 5.160 m
Span L: 1.000 m	Span L: 1.000 m

Panel: 8 - DB Duct plate - Keelson
Name: DB Duct plate - Keelson
Bending efficiency: 100 %
Primary transverse structure's Spacing: 2.580 m
Span L: 1.000 m

Παρατηρείται ότι το Hatch Coaming δεν μετέχει στην διαμήκη αντοχή, επειδή είναι διακοπόμενο ενισχυτικό, δηλαδή δεν έχει συνέχεια μέσα στο μεσαίο τμήμα του πλοίου, έτσι έχει Bending efficiency = 0, επίσης την διαφοροποίηση της ισαπόστασης των κύριων εγκάρσιων ενισχυτικών, στα διάφορα ελάσματα, δηλαδή το σχετικό ανυποστήριχτο μήκος.


Στην συνέχεια προστίθενται οι κόμβοι  Nodes σε κάθε έλασμα που ήδη έχει προετοιμαστεί σύμφωνα με τα προηγούμενα.

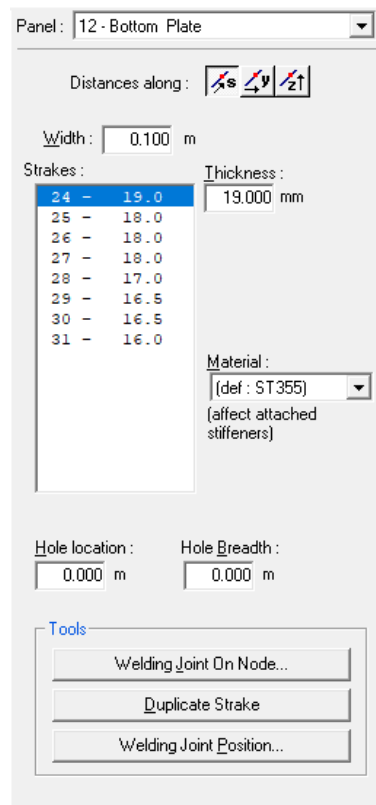


Εμφανίζεται το αριστερό μενού επιλογών, όπου οι κόμβοι προσδιορίζονται με συντεταγμένες Y / Z ή με σημείο τομής (Intersection).

Για τους ορθούς υπολογισμούς που θα πραγματοποιήσει το πρόγραμμα είναι σημαντικό να προσδιοριστεί σωστά το Position code και κάθε σημείο τομής με τα υπόλοιπα ελάσματα.

Η σειρά που προστίθενται οι κόμβοι είναι από το κέντρο του πλοίου προς τα πλευρά, επειδή είναι πιο εύχρηστο για οποιαδήποτε μετατροπή του μοντέλου, για τομές έξω από το μεσαίο τμήμα του πλοίου.


Μετά επιλέγεται η σειρά ελασμάτων με τα πάχη τους  Strakes.

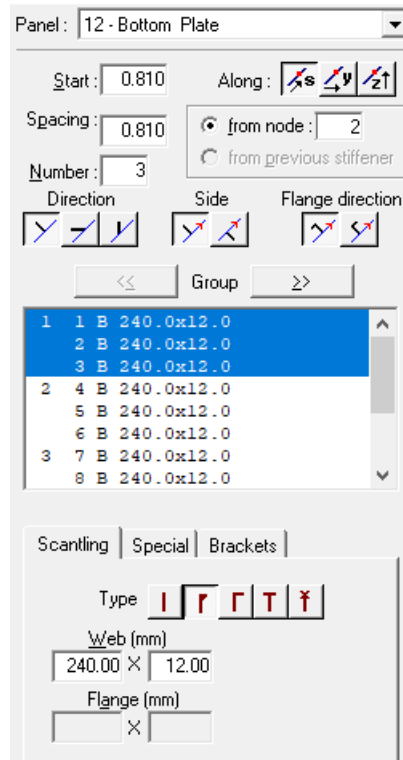


Εμφανίζεται το αριστερό μενού επιλογών, όπου συμπληρώνεται το πλάτος του ελάσματος, το πάχος το υλικό και αν υπάρχει οπή.


Πατώντας το “ + ” προστίθεται ένα έλασμα ενώ με το “ - ” αφαιρείται.

Με αυτό τον τρόπο, μοντελοποιείται όλη η τομή που εξετάζεται.

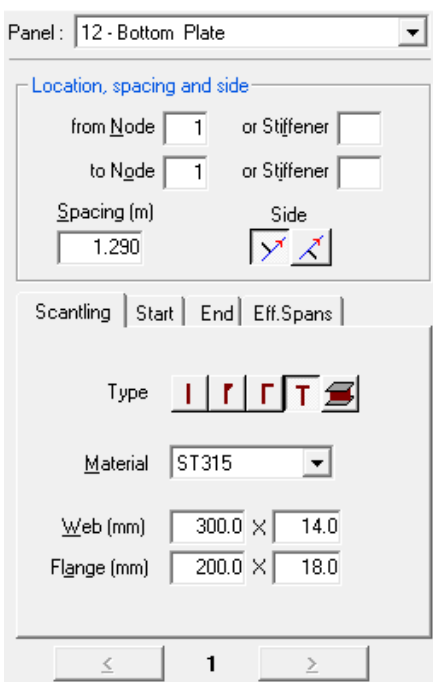
Με παρόμοια μεθοδολογία πραγματοποιείται η προσθήκη των διαμήκη ενισχυτικών, για κάθε έλασμα, με την εντολή Longitudinal  Stiffeners .



Στο αριστερό μενού επιλέγουμε το έλασμα και με την συμπλήρωση των στοιχείων που φαίνονται, μοντελοποιείται το κάθε ένα ή το σύνολο από τα διαμήκη ενισχυτικά.

Το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα να εισαχθούν στο μοντέλο και εγκάρσια  ενισχυτικά Transverse Stiffening.

Το αριστερό μενού που εμφανίζεται δεν είναι τόσο εύχρηστο, για την μοντελοποίηση των εγκάρσιων ενισχυτικών. Για αυτό το MARS2000 δεν συνηθίζεται να χρησιμοποιείται για εγκάρσια κατασκευαστικά στοιχεία, αλλά μονάχα για τα διαμήκη. Παρόλα αυτά, σε περιπτώσεις, όπως οι νομείς και άλλα αντίστοιχα ενισχυτικά, δύναται να εισαχθούν και να ληφθούν υπόψη στην μελέτη αντοχής,



Μία ακόμα δυνατότητα του προγράμματος είναι η δημιουργία ιδιαίτερων ζωνών ανυποστήρικτου μήκους Special Span Zones.



Panel : 1 - Pipe Tunnel Bottom

Start
Node : or Stiffener No :


End
Node : or Stiffener No :

Leave blank to keep panel values :

Local spacing of primary transverse structure :
 m Panel value : 1.29

Reduced span by subdivision of the plate (strakes only) :
 m

Αυτό χρησιμοποιείται όταν έχουμε μείωση του ανυποστήρικτου μήκους του κατασκευαστικού μέλους, με την υποδιαίρεση του ελάσματος, εισάγοντας ένα ενδιάμεσο ενισχυτικό.

Για την πραγματοποίηση των υπολογισμών, θα πρέπει να εισαχθούν στο μοντέλο τα διαμερίσματα Compartments – Loading cases  και οι καταστάσεις φόρτωσης, για την εγκάρσια τομή που εξετάζεται.

Compartments

- 1 - Cargo Hold No.3
- 2 - Topside Tank
- 3 - Double Bottom Pipe Tunnel
- 4 - Double Bottom Stbd only

Name :
Cargo Hold No.3

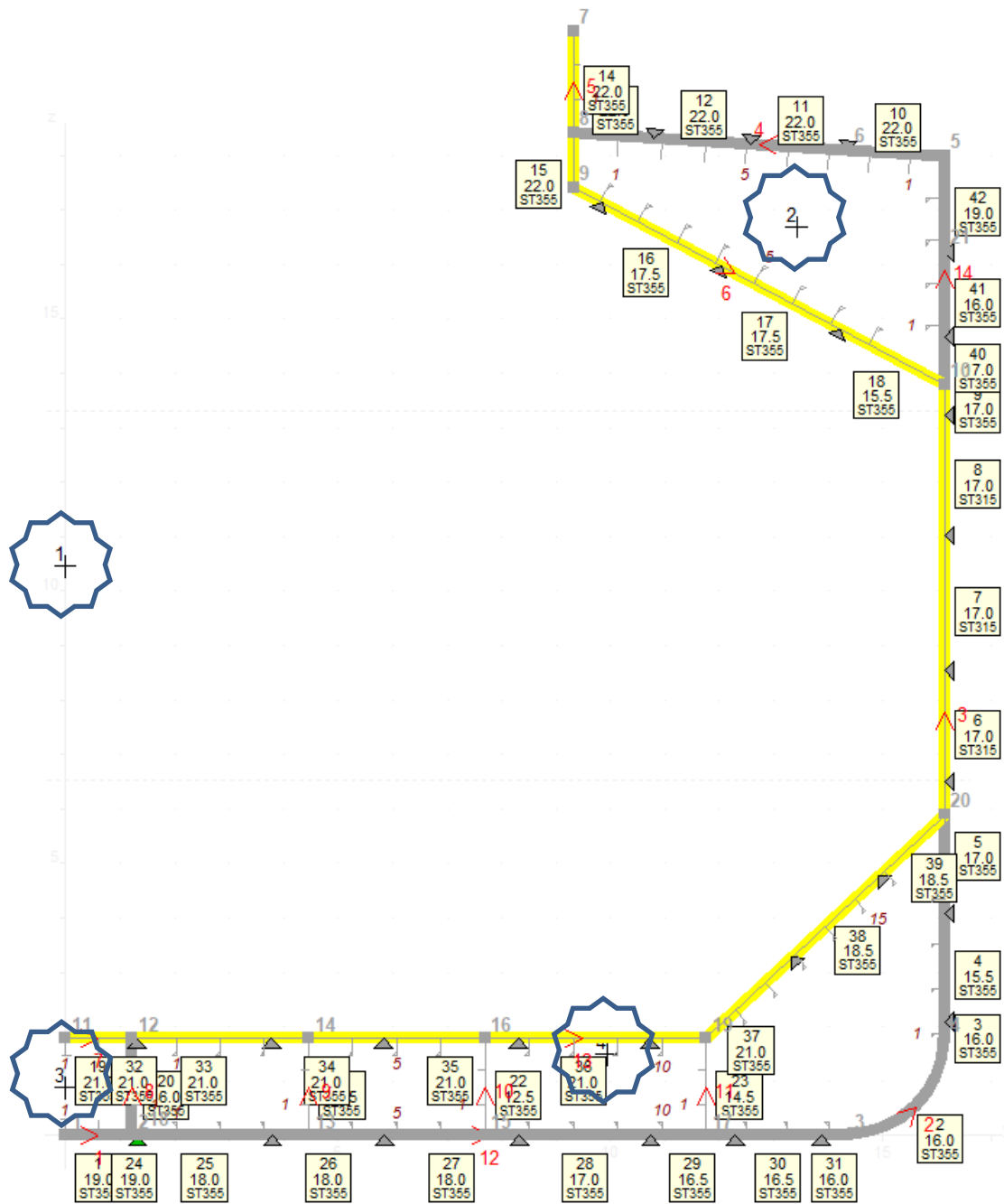
Main destination :
Dry bulk

Type :
Dry compartment

Description by node circuit 1(space is separator) :
11 12 14 16 19 20 10 9 8 7

Πρέπει να συμπληρωθούν όλες οι δεξαμενές και οι χώροι της τομής, με την περιγραφή στο Description by node circuit.

Το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα να υπολογίζει το κέντρο του κάθε διαμερίσματος, όπως παρουσιάζεται στο ακόλουθο μοντέλο (1-4 compartments), Σχήμα 14.



Σχήμα 14: Σχέδιο διαμερίσματος χώρου φορτίου.

Επιπρόσθετα της προηγούμενης περιγραφής του κάθε διαμερίσματος, είναι απαραίτητο να δοθούν τα γεωμετρικά στοιχεία του, την αρχή και το πέρας, δηλαδή την έκταση του, το πλάτος, το ύψος, καθώς και αν πρόκειται για δεξαμενή το ύψος του εξαεριστικού από την τρόπιδα κλπ.

Ακολουθούν τα παράθυρα που συμπληρώθηκαν για τα αμπάρια Νο2 & 4, καθώς και για το Νο.3.

Compartment 'Cargo Hold No.2 and 4' Dimensions

Length X start from AE

Breadth Xg from AE

Height

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

Length of hatch coaming

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

Compartment 'Cargo Hold No.3' Dimensions

Length X start from AE

Breadth Xg from AE

Height

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

Length of hatch coaming

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

Compartment 'Cargo Hold No.2 and 4' Load

Type

Ballast Not loaded Bulk

Liquid cargo Bulk and Ballast

Liquid gas Spoil

Empty in alternate Loaded in alternate

Load test height (m/BL) Liquid density

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

BC - A Bulk Notation

Homogeneous

Mh (t)

Dmax (t/m3)

Associated angle of repose (deg)

DFull (MFull / VFull) (t/m3)

Associated angle of repose (deg)

Alternate

Mhd (t)

Dmax (t/m3)

Associated angle of repose (deg)

Check with Dmin

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

Associated angle of repose (deg)

Compartment 'Cargo Hold No.3' Load

Type

Ballast Not loaded Bulk

Liquid cargo Bulk and Ballast

Liquid gas Spoil

Empty in alternate Loaded in alternate

Load test height (m/BL) Liquid density

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

Filling type Sequential Flow through

BC - A Bulk Notation

Homogeneous

Mh (t)

Dmax (t/m3)

Associated angle of repose (deg)

DFull (MFull / VFull) (t/m3)

Associated angle of repose (deg)

Alternate

Mhd (t)

Dmax (t/m3)

Associated angle of repose (deg)

Check with Dmin

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

Associated angle of repose (deg)

Ακολούθως παρουσιάζονται τα παράθυρα που συμπληρώθηκαν για τα Topside Tank, Διπύθμενο και το κεντρικό τούνελ.

Compartments

1 - Cargo Hold No.3

2 - TopsideTank

3 - Double Bottom Pipe Tunnel

4 - Double Bottom Stbd only

Name :

Main destination :

Type :

Description by node circuit 1(space is separator) :

Compartment 'TopsideTank' Dimensions

Length X start from AE

Breadth Xg from AE

Height

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

Length of hatch coaming

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

Compartment 'TopsideTank' Load

Type

Ballast Not loaded Bulk
 Liquid cargo Bulk and Ballast
 Liquid gas Spoil

Empty in alternate Loaded in alternate

Load test height <input type="text" value="20.950"/> (m/BL)	Liquid density <input type="text" value="1.025"/>
Top of air pipe <input type="text" value="19.170"/> (m/BL)	Setting pressure <input type="text" value="0.000"/> (bar)

Filling type

Sequential Flow through

BC - A Bulk Notation

Homogeneous	Alternate
Mh <input type="text"/> (t)	Mhd <input type="text"/> (t)
Dmax <input type="text"/> (t/m3)	Dmax <input type="text"/> (t/m3)
Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value="↻"/>	Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value="↻"/>
<input type="checkbox"/> Check with Dmin	<input type="checkbox"/> Check with Dmin
DFull (MFull / VFull) <input type="text"/> (t/m3)	Dmin ([Mhd + 01Mh]/VFull) <input type="text"/> (t/m3)
Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value="↻"/>	Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value="↻"/>

Compartments

- 1 - Cargo Hold No.3
- 2 - Topside Tank
- 3 - Double Bottom Pipe Tunnel**
- 4 - Double Bottom Stbd only

Name :

Main destination :

Type :

Description by node circuit 1(space is separator):

Compartment 'Double Bottom Pipe Tunnel' Dimensions

Length X start from AE

Breadth Xg from AE

Height

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

Length of hatch coaming

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

Compartment 'Double Bottom Pipe Tunnel' Load

Type

Ballast Not loaded Bulk
 Liquid cargo Bulk and Ballast
 Liquid gas Spoil

Empty in alternate Loaded in alternate

Load test height <input type="text"/> (m/BL)	Liquid density <input type="text"/>
Top of air pipe <input type="text"/> (m/BL)	Setting pressure <input type="text"/> (bar)

BC - A Bulk Notation

Homogeneous	Alternate
Mh <input type="text"/> (t)	Mhd <input type="text"/> (t)
Dmax <input type="text"/> (t/m3)	Dmax <input type="text"/> (t/m3)
Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value="↻"/>	Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value="↻"/>
<input type="checkbox"/> Check with Dmin	<input type="checkbox"/> Check with Dmin
DFull (MFull / VFull) <input type="text"/> (t/m3)	Dmin ([Mhd + 01Mh]/VFull) <input type="text"/> (t/m3)
Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value="↻"/>	Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value="↻"/>

Compartments		Compartment 'Double Bottom Stbd only' Dimensions	
1 - Cargo Hold No.3		Length	30.960
2 - Topside Tank		Breadth	14.910
3 - Double Bottom Pipe Tunnel		Height	5.900
4 - Double Bottom Stbd only		X start from AE	83.800
		Xg from AE	101.720
Name :	Double Bottom Stbd only		
Main destination :	Ballast		
Type :	Tank		
Description by node circuit 1(space is separator) :	2 13 3 4 20 19 12 2		
<input type="checkbox"/> Do computations with user defined values:		Zmin/BL	0.000
		Yg	9.947
		Ztop/BL	5.900
		Zg	1.505
Is there a hatch coaming in the compartment?		<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	
Half breadth of hatch coaming		<input type="text"/>	
Length of hatch coaming		<input type="text"/>	
Note: Top of hatch coaming is taken at Ztop/BL			

Compartment 'Double Bottom Stbd only' Load

Type	
<input checked="" type="radio"/> Ballast <input type="radio"/> Not loaded	<input type="radio"/> Bulk
<input type="radio"/> Liquid cargo	<input type="radio"/> Bulk and Ballast
<input type="radio"/> Liquid gas	<input type="radio"/> Spoil
<input type="radio"/> Empty in alternate <input checked="" type="radio"/> Loaded in alternate	
Load test height <input type="text"/> 20.920 (m/BL)	Liquid density <input type="text"/> 1.025
Top of air pipe <input type="text"/> 19.170 (m/BL)	Settling pressure <input type="text"/> 0.000 (bar)
Filling type <input checked="" type="radio"/> Sequential <input type="radio"/> Flow through	
BC - A Bulk Notation <input type="button" value="Fill Hold Data"/>	
Homogeneous Mhd <input type="text"/> (t)	Alternate Mhd <input type="text"/> (t)
Dmax <input type="text"/> (t/m3)	Dmax <input type="text"/> (t/m3)
Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value=""/>	Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value=""/>
<input type="checkbox"/> Check with Dmin Dmin [(Mhd + 01Mh)/VFull] <input type="text"/> (t/m3)	<input type="checkbox"/> Check with Dmin Dmin [(Mhd + 01Mh)/VFull] <input type="text"/> (t/m3)
DFull (MFull / VFull) <input type="text"/> (t/m3)	Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value=""/>
Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value=""/>	Associated angle of repose <input type="text"/> (deg) <input type="button" value=""/>

4.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ MARS2000

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για το αμπάρι No. 3 και για τον No.4 & No.2 παρουσιάζονται στο παράρτημα VI.

Αρχικά εμφανίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής που εξετάζεται, σε συνολική διαστασιολόγηση (Cross Section Characteristics - Gross scantling).

Τα σημαντικότερα στοιχεία που ενδιαφέρουν είναι, η θέση του άξονα αδρανείας N (neutral axis), η Ροπή Αντίστασης στο κατάστρωμα Z_{AD} και στον πυθμένα Z_{AB}.

Ακολουθούν οι ίδιοι υπολογισμοί για την καθαρή διαστασιολόγηση (Net scantling).

Στην συνέχεια εμφανίζονται τα φορτία της γάστρας ως δοκός (Hull Girder Loads).

Η κάθετη Ροπή Κάμψης στην κορυφή και στο κοίλο του κύματος (Hogging και Sagging), τόσο αυτή που παρέχει η διατομή του πλοίου, όσο και αυτή που απαιτείται από τους κανονισμούς.

Εμφανίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού της διατομής, σε ανοιχτή θάλασσα, στο λιμάνι και σε κατάκλιση, καθώς και οι επιτρεπόμενες Κατακόρυφες Διατμητικές Δυνάμεις (Vertical Shear Forces).

Παρουσιάζεται η Ροπή Αντίστασης και Αδράνειας, τόσο της απαιτούμενης από τους κανονισμούς, όσο και της παρεχόμενης από την διατομή, στο κατάστρωμα και στον πυθμένα, στην κορυφή και στο κοίλο του κύματος, καθώς και σε ανοιχτή θάλασσα, στο λιμάνι και σε κατάκλιση.

Στην συνέχεια υπολογίστηκαν η τοπική αντοχή, με τις απαιτήσεις των κανονισμών για κάθε έλασμα της κατασκευής του πλοίου (Local Rule Requirements – Strake)

Ενδεικτικά παρατίθεται ακολούθως το No.1 έλασμα του μοντέλου για το πλοίο που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική:

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.			
CAdd	tNetActu.	tLoad	ps	Case	Tau1	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck			
		tTest	s _N Actu.					pw	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck
		tMini	s _N Rule					t _N Rule		

1 - Pipe Tunnel Bottom

1	19.00	16.00	0.00	ST355	0.610	1.290	100
3.00	16.00	6.93	-161.22	130.22	SEA-FSM2	0.00	
		0.00	165.40	263.89		0.00	0.00
		12.98	7.10	166.67		0.00	0.00

Ο πρώτος πίνακας αναφέρει τα στοιχεία που εμφανίζονται στον δεύτερο πίνακα, αυτός ο τρόπος εμφάνισης γίνεται για όλα τα ελάσματα.

Από τον πίνακα της προηγούμενης σελίδας, ενδιαφέρουν τα ακόλουθα:

tGActu. = 19.0 mm (αρχικό πάχος ελάσματος, όπως κατασκευάστηκε),

tNetActu.= 16.0 mm (αρχικό καθαρό πάχος ελάσματος)

Τα οποία συγκρίνονται με τα ακόλουθα (και θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα):

tGRule = 16.0 mm (απαιτούμενο πάχος ελάσματος, όπως κατασκευάστηκε),

tMini = 12.98 mm (απαιτούμενο καθαρό πάχος ελάσματος)

Ισχύουν: tGActu. > tGRule και tGRule > tMini

Για την μοντελοποίηση του πλοίου στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων SOLIDWORKS λήφθηκε υπόψη το απαιτούμενο καθαρό πάχος ελάσματος (tMini).

Αντίστοιχα εμφανίζεται σε πίνακα η τοπική αντοχή, με τις απαιτήσεις των κανονισμών για κάθε ενισχυτικό της κατασκευής του πλοίου (Local Rule Requirements – Stiffener)

Ενδεικτικά παρατίθεται ακολούθως το No.1 ενισχυτικό για το έλασμα No.3 (εξωτερικό περίβλημα) του μοντέλου για το πλοίο που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική:

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
CAAdd	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule SigU	ps	pw		Case			
	DFatActu.	DFatRule	ps	pw		Case		sigApBu sigCritBu	

3 - Side Shell

1	402.77	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.820	2.500	100
	340.41	305.00	-118.91	111.31	57.29	SEA-FSM2			
	9.00	4.24		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
		355.00	0.00	111.31	40.93	SEA-OST2			
1.20						HSM		0.00	0.00

Από τον ανωτέρω πίνακα, ενδιαφέρουν τα ακόλουθα:

WGActu. = 402.77 cm³ (αρχική ροπή αντίστασης ενισχυτικού, όπως κατασκευάστηκε),

WNetActu.= 340.41 cm³ (αρχική καθαρή ροπή αντίστασης ενισχυτικού)

ANetActu. = 9.0 mm (αρχικό καθαρό πάχος ενισχυτικού)

Τα ανώτερα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα ακόλουθα (θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα):

WNetRule = 305.00 cm³ (απαιτούμενη καθαρή ροπή αντίστασης ενισχυτικού),

ANetRule = 4.24 mm (απαιτούμενο καθαρό πάχος ενισχυτικού)

Ισχύουν: WNetActu. > WNetRule και ANetActu. > ANetRule

Για την μοντελοποίηση του πλοίου στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων SOLIDWORKS λήφθηκε υπόψη το απαιτούμενο καθαρό πάχος ενισχυτικού (ANetRule).

Στην συνέχεια εμφανίζονται οι επιταχύνσεις σε διάφορα σενάρια συνθήκων πλοήγησης (Acceleration navigation condition).

Κεφάλαιο 5: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΣΗΣ ΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ CSR Prescriptive Analysis

5.1 Λογισμικό CSR Prescriptive Analysis

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για να επαληθευτούν και να συγκριθούν τα αποτελέσματα από το λογισμικό MARS2000 είναι το CSR Prescriptive Analysis, το οποίο διανέμεται ελεύθερα, μετά την εγγραφή και την αίτηση άδειας χρήσης, η οποία ισχύει για 3 μήνες.



Οι άδειες δίδονται ξεχωριστά για το κάθε λογισμικό:

CSR Prescriptive Analysis

CSR FE Analysis

CSR Stage 1

CSR Spreadsheets

CSR TankCheck Stage 2

CSR BulkCheck Stage 2

Τα ανωτέρω προγράμματα αναπτύχθηκαν από κοινού από τους American Bureau of Shipping (ABS) και Lloyd's Register (LR).

Ένα αντίστοιχο λογισμικό έχει αναπτύξει και ο Ιαπωνικός Νηογνώμονας NKK (Nippon Kaiji Kyokai) το οποίο περιλαμβάνει τα ακόλουθα προγράμματα:

PrimeShip-HULL(Rules)/CSR Bulk Carrier ; (Rule calculation program for CSR Bulk Carriers).

PrimeShip-HULL(Rules)/CSR Tanker ; (Rule calculation program for CSR Tankers).

PrimeShip-HULL(DSA)/CSR (Direct Strength Assessment program for CSR Bulker and Tankers).

Η έκδοση του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε είναι η τελευταία λαμβάνοντας υπόψη τους εναρμονισμένους κανονισμούς με τις ακόλουθες εκδόσεις:

- Ιανουάριος 2015, με ισχύ από 1 Ιουλίου 2015
- Ιανουάριος 2017, με ισχύ από 01 Ιουλίου 2017

- Ιανουάριος 2018, με ισχύ από 01 Ιουλίου 2018
- Ιανουάριος 2019, με ισχύ από 01 Ιουλίου 2019
- Ιανουάριος 2020, με ισχύ από 01 Ιουλίου 2020
- Ιανουάριος 2021, με ισχύ από 1 Ιουλίου 2021

Το λογισμικό CSR Prescriptive Analysis (Περιγραφική Ανάλυση CSR) βασίζεται στους Κοινούς Κατασκευαστικούς Κανονισμούς Νηογνομένων του IACS και επιτρέπει την ταχεία αξιολόγηση των σχεδίων σε σχέση με τους κανονιστικούς κανόνες για:

- Φορτηγά μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier)
- Δεξαμενόπλοια πετρελαίου διπλού κύτους (Double Hull Oil Tankers)

Το πρόγραμμα συνίσταται επειδή παρέχει υψηλά οφέλη όπως:

1. Η δημιουργία της βασικής δομής του πλοίου είναι πολύ γρήγορη και η ταχεία μοντελοποίηση μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη στο προκαταρκτικό στάδιο (preliminary design), παρέχοντας την αρχική εκτίμηση των συνολικών διαστάσεων της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου.
2. Η βασική διαστασιολόγηση προετοιμάζεται από το CSR Prescriptive Analysis και παρέχει την ευελιξία για προσθήκες στην προσδιορισμένη εκτίμηση φθοράς των ελάσματος και των ενισχυτικών.
3. Οι αρχικοί υπολογισμοί συγκρίνονται με τους κανόνες CSR, δίνοντας έγκαιρη βεβαιότητα ότι ο σχεδιασμός συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της κατηγορίας του πλοίου.
4. Στη συνέχεια, δύναται πολύ γρήγορα, να υπολογιστεί το βάρος των κατασκευαστικών τμημάτων, για να εισαχθεί σε αλγόριθμους εκτίμησης βάρους, για την κοστολόγηση του πλοίου.
5. Η τροποποίηση της σχεδίασης είναι γρήγορη και απλή, χρησιμοποιώντας τη συνεργασία με σχεδιαστικά προγράμματα τύπου CAD και τα βελτιωμένα εργαλεία CSR Prescriptive Analysis διευκολύνουν την εκτέλεση επαναλήψεων και σχεδιαστικών μεταβολών.

Το CSR Prescriptive Analysis βοηθά στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας σχεδιασμού, ενσωματώνοντας την αξιολόγηση σχεδιασμού πλοίου με τη γνώση και την εμπειρία ταξινόμησης, οδηγώντας σε σημαντική εξοικονόμηση χρόνου και κόστους στο αρχικό στάδιο του σχεδιασμού.

Το CSR Prescriptive Analysis είναι πιο άρτιο από το πρόγραμμα του BV το MARS2000, παρέχει πολλές δυνατότητες ότι αφορά την σχεδίαση των εγκάρσιων ενισχυτικών, είναι όμως βαρύτερο, πιο αργό και πιο σύνθετο στην μοντελοποίηση των πλοίων. Απευθύνεται μονάχα σε πλοία που εφαρμόζονται οι κανονισμοί CSR, ενώ το MARS2000 δύναται να εκτιμήσει την αντοχή σε όλους τους τύπους πλοίων, σύμφωνα βέβαια με τους κανονισμούς του BV.

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων είναι πιο αργό από το αντίστοιχο πρόγραμμα του BV, έχει την δυνατότητα όπως και το MARS2000 να ετοιμάζει ολοκληρωμένες αναφορές τόσο σε αρχεία pdf, όσο και σε Microsoft excel, για επιπλέον επεξεργασία.

Η δωρεάν άδεια χρήσης του που δίνεται, ύστερα από αίτηση διαρκεί για 3 μήνες, ενώ στο MARS2000 δεν λήγει.

5.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

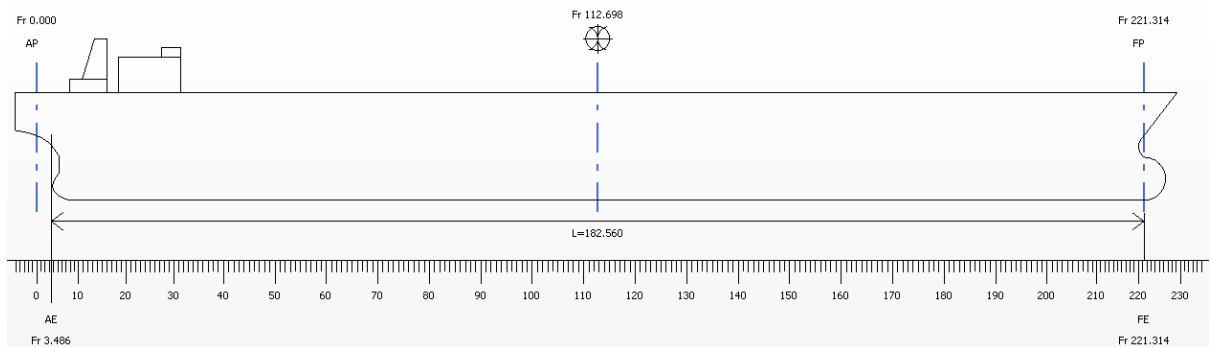
Η αρχική του οθόνη είναι η ακόλουθη, όπου συμπληρώνονται διάφορα γενικά στοιχεία του πλοίου και γίνεται η επιλογή του τύπου του πλοίου και η ημερομηνία εφαρμοζόμενων κανονισμών.

Project name	UNIWA Master's degree
Project folder	/
Ship type	Bulk Carrier
Contract date	01 Jul. 2021
Rule Version to be Applied	2021 Version - effective 01 Jul. 2021
Name of the yard	
Hull number	
User name	Aggelos Pilalis
Classification society	BUREAU VERITAS
Class notation	CSR BC-A (holds 2, 4 may be empty), ESP, GRAB [20], Unrestricted navigation
Classification society reference number	

Στην επόμενη οθόνη εισάγονται οι κύριες διαστάσεις του πλοίου, και σημαντικά δεδομένα για τους υπολογισμούς.

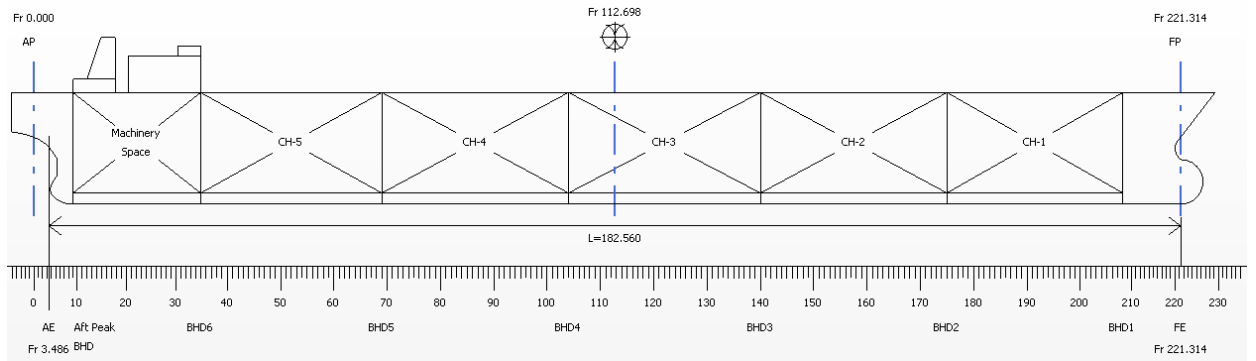
Principal Dimensions		Ship Data	
Length between perpendiculars, L_{PP}	<input type="text" value="185.000"/> m	Moulded displacement at scantling draught, Δ	<input type="text" value="68715.150"/> tonnes
Extreme length on the waterline at scantling draught, L_{WL}	<input type="text" value="188.209"/> m	Block coefficient at scantling draught (based on Rule length), C_B	<input type="text" value="0.8790"/>
Is ship fitted with rudder stock?	<input type="text" value="Yes"/>	Maximum service speed, V	<input type="text" value="14.300"/> knots
Distance from FP to FE (positive fwd)	<input type="text" value="0.000"/> m	Deadweight, DWT	<input type="text" value="57981.000"/> tonnes
Rule length, L	<input type="text" value="182.560"/> m	Design fatigue life, T_{DF}	<input type="text" value="25"/> years
Distance from AP to AE (positive fwd)	<input type="text" value="2.440"/> m	Is ship fitted with bilge keel?	<input type="text" value="Yes"/>
Freeboard length, L_{LL}	<input type="text" value="185.000"/> m	Freeboard type	<input type="text" value="B-60"/>
Distance from FP to FE of freeboard length (positive fwd)	<input type="text" value="0.000"/> m	Notation	
Moulded breadth, B	<input type="text" value="32.260"/> m	BC notation	<input type="text" value="BC-A"/>
Moulded depth, D	<input type="text" value="18.000"/> m	Additional class notation GRAB [X]	<input type="text" value="Yes"/>
Scantling draught, T_{SC}	<input type="text" value="12.950"/> m	Mass of unladen grab, M_{GR}	<input type="text" value="20.0"/> tonnes
Normal ballast draught, T_{BAL-N}	<input type="text" value="5.846"/> m		
Heavy ballast draught, T_{BAL-H}	<input type="text" value="8.901"/> m		

Ακολουθεί η εισαγωγή της ισαπόστασης των νομέων και η διάταξη των νομέων στο προφίλ του πλοίου.



Frame Spacing (Input)		Frame Location (Output)	
Distance from AP to FR0 (positive fwd)	<input type="text" value="0"/> mm		
	Spacing (mm)	Start Frame No.	End Frame No.
1	700	-5	11
2	800	11	35
3	860	35	208
4	700	208	235

Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται η οθόνη εισαγωγή των στοιχείων της θέσης των αμπαριών και του μηχανοστασίου.

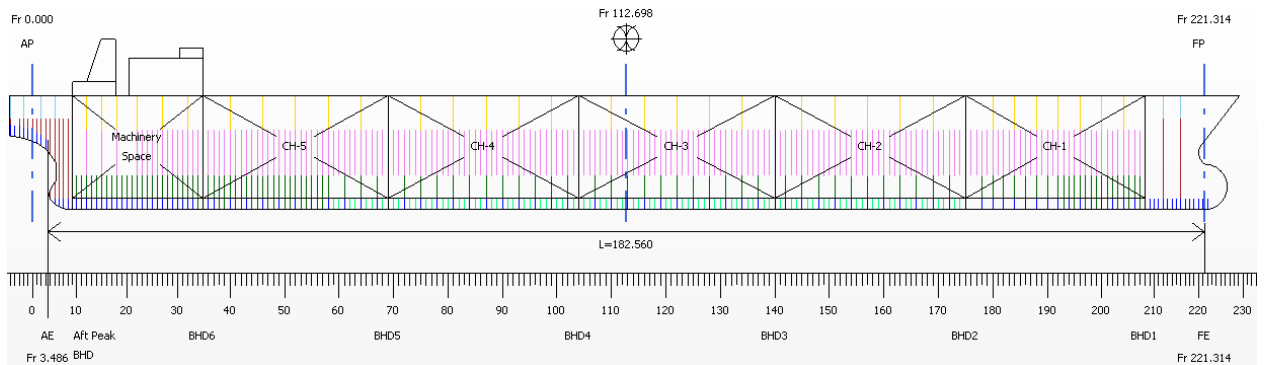


No. of cargo holds

Bulkhead	Aft Peak BHD	BHD6	BHD5	BHD4	BHD3	BHD2	BHD1
Frame No.	9	35	69	104	140	175	208

Cargo Hold	Machinery Space	CH-5	CH-4	CH-3	CH-2	CH-1
Start Frame No.	9	35	69	104	140	175
End Frame No.	35	69	104	140	175	208

Στην επόμενη οθόνη παρουσιάζεται η εισαγωγή των δεδομένων για την θέση των εδρών, του Hopper, των νομέων, των εγκάρσιων ενισχυτικών στο Topside και του καταστρώματος, των εγκάρσιων ενισχυτικών στο προωαίο και πρυμναίο τμήμα του πλοίου.



Floor	Hopper	Side	Deck/Topside	Duct Keel	Aft/Fore Part
	Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames		
1	-5	11	1.0		
2	11	33	1.0		
3	36	37	1.0		
4	37	67	3.0		
5	72	102	3.0		
6	107	137	3.0		
7	142	172	3.0		
8	178	206	2.0		
9	208	222	1.0		

Floor	Hopper	Side	Deck/Topside	Duct Keel	Aft/Fore Part
	Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames		
1	9	36	1.0		
2	36	58	1.0		
3	58	67	3.0		
4	67	69	2.0		
5	69	102	3.0		
6	102	104	2.0		
7	104	140	3.0		
8	140	142	2.0		
9	142	178	3.0		
10	178	192	2.0		
11	192	208	1.0		

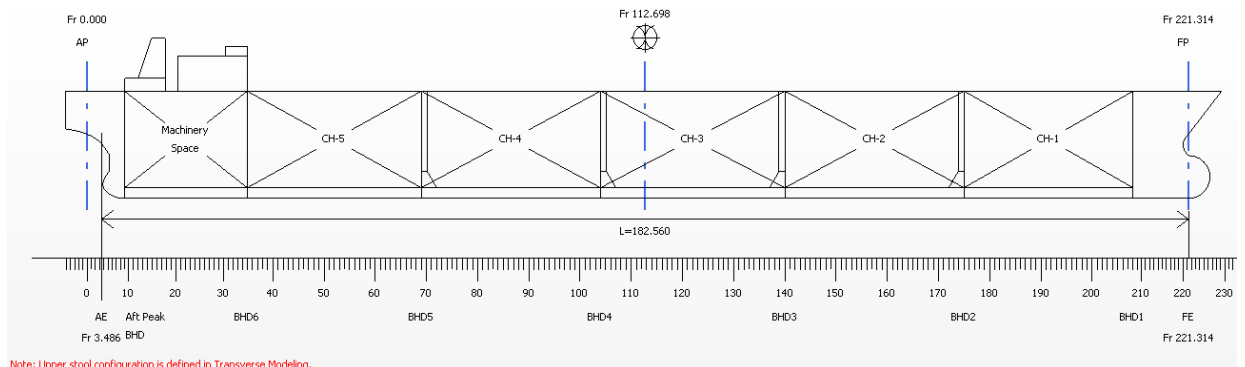
Floor	Hopper	Side	Deck/Topside	Duct Keel	Aft/Fore Part
Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames			
1	9	18	3.0		
2	18	22	4.0		
3	22	35	5.0		
4	35	40	5.0		
5	40	64	6.0		
6	64	75	11.0		
7	75	99	6.0		
8	99	110	11.0		
9	110	140	6.0		
10	140	145	5.0		
11	145	175	6.0		
12	175	180	5.0		
13	180	208	4.0		

Floor	Hopper	Side	Deck/Topside	Duct Keel	Aft/Fore Part
Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames			
1	9	18	3.0		
2	18	22	4.0		
3	22	35	1.0		
4	35	208	1.0		

Floor	Hopper	Side	Deck/Topside	Duct Keel	Aft/Fore Part
Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames			
1	33	175	1.0		

Floor	Hopper	Side	Deck/Topside	Duct Keel	Aft/Fore Part
Deck					
Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames			
1	-5	-2	3.0		
2	-2	2	4.0		
3	2	5	3.0		
4	5	9	0.0		
5	208	216	4.0		
Side					
Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames			
1	-5	-2	2.0		
2	-2	9	1.0		
3	208	216	4.0		

Ακολουθεί η εισαγωγή των δεδομένων για τις εγκάρσιες στεγανές φρακτές:



Bulkhead Information	BHD6	BHD5	BHD4	BHD3	BHD2	BHD1
Frame number	35	69	104	140	175	208
Corrugated bulkhead		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Depth of corrugation, d_{c3} (mm)		860	860	860	860	
Direction of corrugation		Fore	Fore	Aft	Aft	
Upper stool		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Lower stool		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Aft stool height from INB (mm)		4960	4960	4960	4960	
Fwd stool height from INB (mm)		4960	4960	4960	4960	
Aft frame number		69	104	137	172	
Fwd frame number		72	107	140	175	

Τα δεδομένα για τα διαμερίσματα, τον τύπο τους, ειδικό βάρος κλπ στοιχεία που είναι απαραίτητα για τους υπολογισμούς.

	Compartment			Content Type	Max. Density (t/m ³)	Frame Location		Center Of Gravity			z top of Air Pipe (m)	P _{avg} (kN/m ²)	BWE Method	Open Ratio for Sloshing	Cellular Tank
	Type	ID	Name			Start	End	X _{G, AP} (m)	Y _G (m)	Z _G (m)					
1	Cargo hold	CH-1	CH-1	Cargo	3.000	175	208	160.666	0.000	10.322					
2	Cargo hold	CH-2	CH-2	Cargo	3.000	140	175	131.780	0.000	10.299					
3	Cargo hold	CH-3	CH-3	Cargo & ballast	3.000	104	140	101.720	0.000	10.470	20.290	25.000			
4	Cargo hold	CH-4	CH-4	Cargo	3.000	69	104	68.750	0.000	10.470					
5	Cargo hold	CH-5	CH-5	Cargo	3.000	35	69	42.419	0.000	10.688					
6	Duct keel		Duct Keel	Void	0.000	33	175	83.060	0.000	0.890					
7	Fore and aft peak		F.P.T. (W.B.)	Ballast	1.025	208	224	179.822	0.000	7.792	19.170	25.000	Sequential	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Topside tanks		TST-2,4,5	Ballast	1.025	69	104	71.190	13.423	16.703	19.170	25.000	Sequential	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Topside tanks		TST-mid	Ballast	1.025	104	140	101.720	13.423	16.703	19.170	25.000	Sequential	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Double bottom tanks		DBT mid	Ballast	1.025	104	140	101.720	9.947	1.505	19.170	25.000	Sequential	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Double bottom tanks		DBT-4	Ballast	1.025	69	104	71.190	9.947	1.505	19.170	25.000	Sequential	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Από την λίστα της βιβλιοθήκης κατηγορίας των υλικών, επιλέγονται αυτά που αφορούν το πλοίο προς μελέτη:

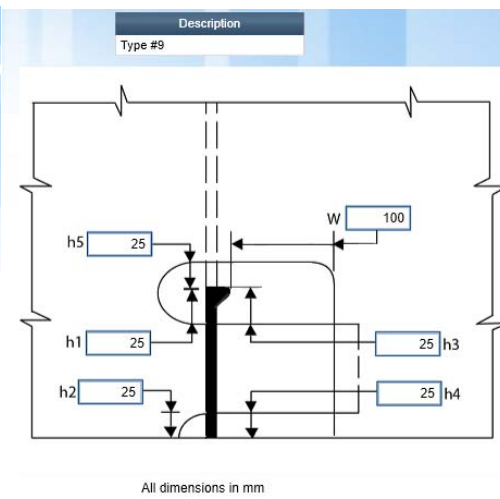
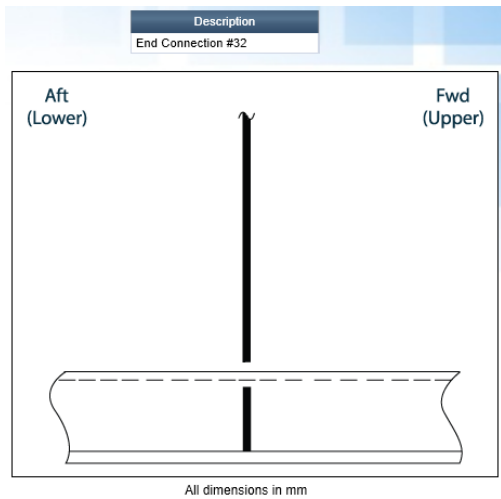
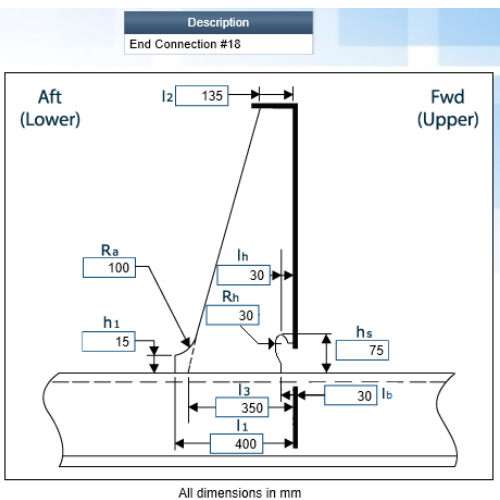
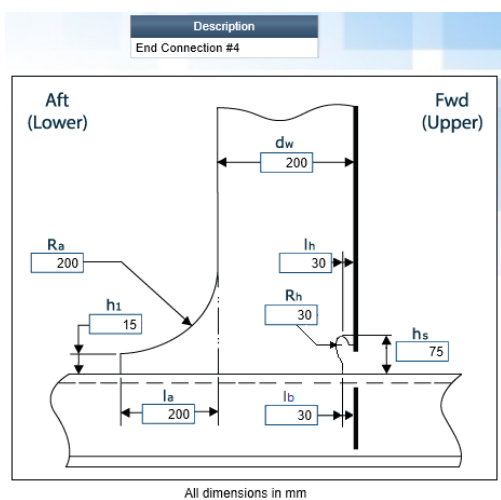
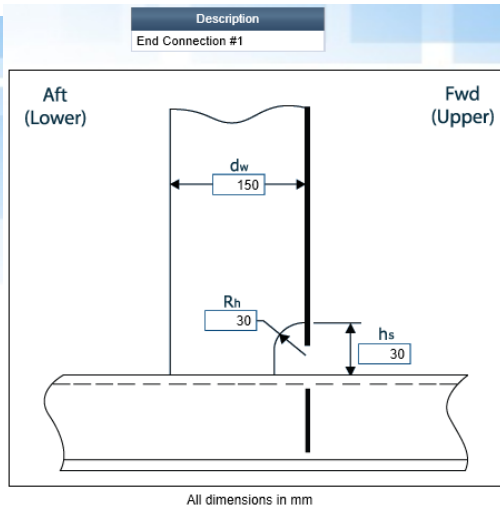
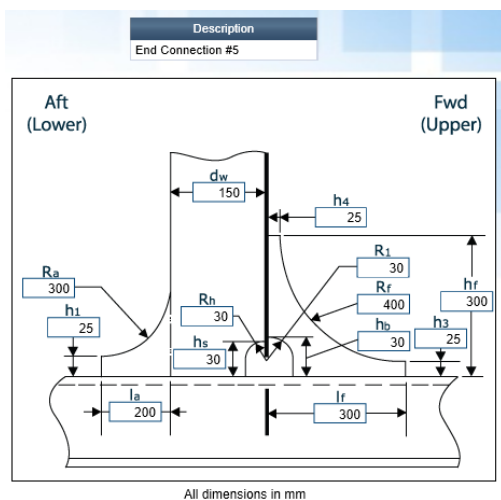
Project Library	
Material Grade	
1	AH32
2	DH32
3	AH36
4	DH36
5	A

Επιπρόσθετα επιλέγονται και τα ενισχυτικά που έχει όλο το πλοίο, ώστε αργότερα στην μοντελοποίηση του να πραγματοποιηθεί η επιλογή τους:

Project Library			
	Type	Description	Standard
1	Bulb Profile	240x12 BP	Chinese
2	Bulb Profile	300x11 BP	Chinese
3	Bulb Profile	340x12 BP	Chinese
4	Bulb Profile	370x15 BP	Chinese
5	Flat Bar	300x14 FB	User Defined
6	Built Up Balanced Tee	300x14+200x18 T	User Defined
7	Flat Bar	150x11 FB	User Defined
8	Built Up Balanced Tee	450x14+160x16 T	User Defined
9	Built Up Balanced Tee	650x16+180x20 T	User Defined
10	Flat Bar	400x22 FB	User Defined
11	Flat Bar	150x12 FB	User Defined
12	Flat Bar	200x12 FB	User Defined
13	Built Up Offset Face	700x18+200x14 L3	User Defined

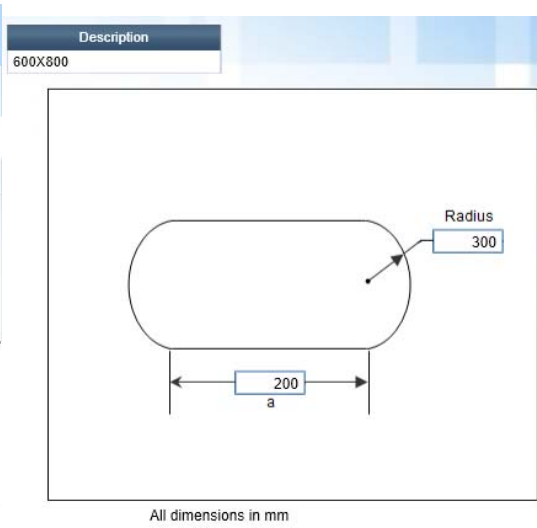
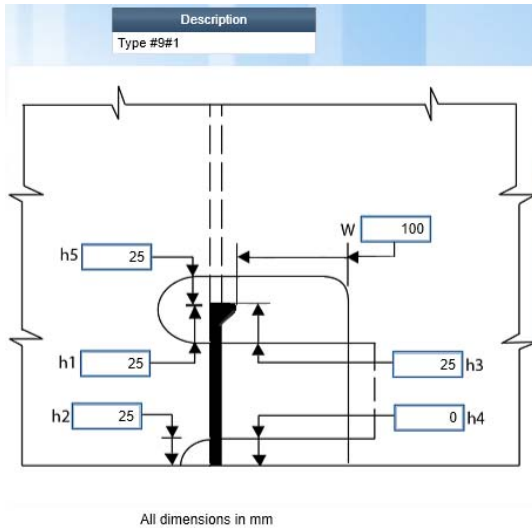
Μια επιπρόσθετη επιλογή που διαθέτει το πρόγραμμα είναι ο τύπος σύνδεσης των ενισχυτικών, καθώς και η διαστασιολόγηση των αγκώνων, τις οπές κλπ στοιχεία, ενσωματώνοντας τις απαιτήσεις των κανονισμών. Ακολουθούν ενδεικτικές λεπτομέρειες συνδέσεων.

Project Library		
	Rule ID	Description
1	5	End Connection #5
2	1	End Connection #1
3	4	End Connection #4
4	18	End Connection #18
5	32	End Connection #32



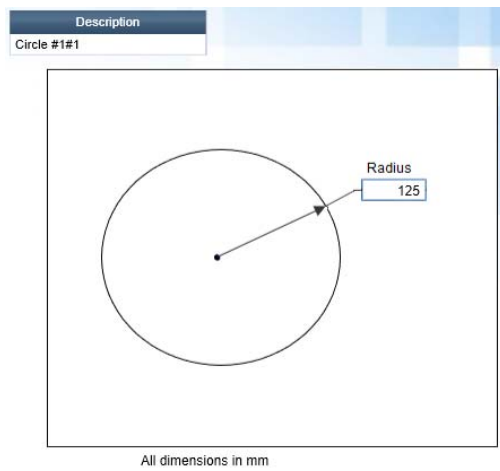
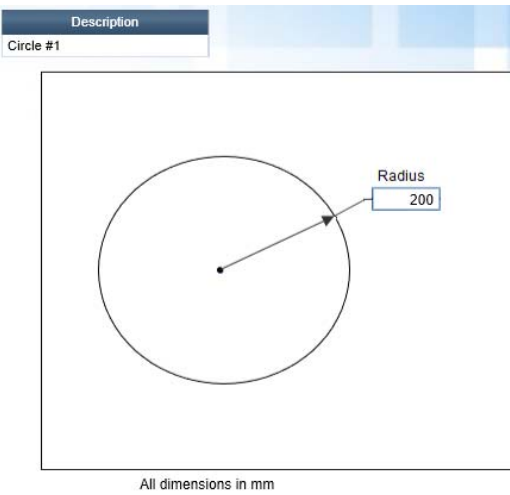
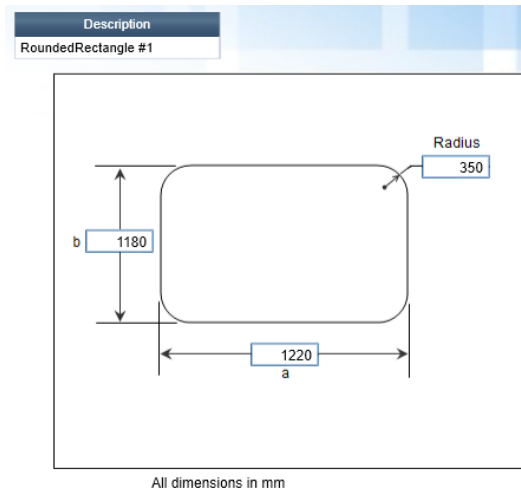
Εκτός των ανωτέρω, δύναται να εισαχθούν στοιχεία για ανθρωποθυρίδες, με διαφορετικές διαστάσεις και μορφές.

Project Library		
Type		Description
1	9	Type #9
2	9	Type #9#1



Project Library

	Shape	Description
1	Capsule	600X800
2	Rounded Rectangle	RoundedRectangle #1
3	Circle	Circle #1
4	Circle	Circle #1#1



Μετά από όλες τις ανωτέρω επιλογές, πρέπει να δημιουργηθεί η θέση της εγκάρσια τομής κατά το διάμηκες που θα μελετηθεί, να προστεθούν οι ζώνες της ποιότητας των υλικών της κατασκευής.

Section Info

Location at Frame No:

Offset from Frame: mm

Section Name:

Multi Section Input:

Material Zone

Zone	Material
1 Deck	AH36
2 Bottom	AH36

No. of Tripping Brackets between the Hopper and Top Wing Tank (This is only effective for single hull bulk carrier):

Comment

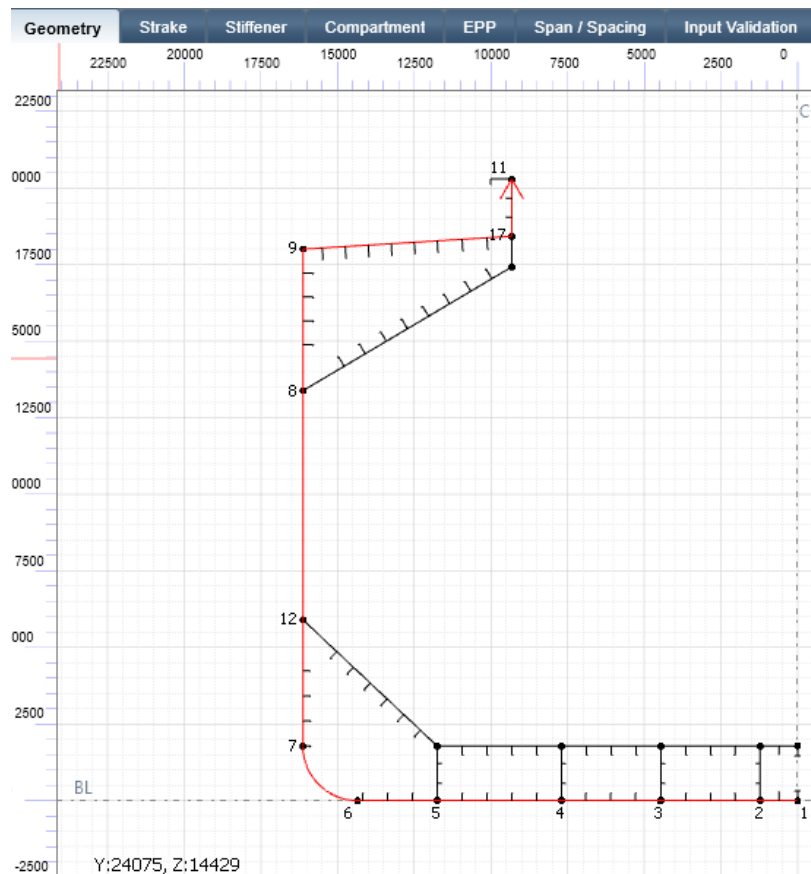
Longitudinal Modeling <<

- ▶ Fr.112+600mm
- ▶ Fr.86+430mm

Longitudinal Modeling <<

- ▶ Fr.112+600mm
- Geometry
- Tank Top and Hopper
- Topside Sloping
- Side Girder 2
- Side Girder 6
- Side Girder 10
- Side Girder 15

Στην συνέχεια μοντελοποιείται στο παράθυρο Geometry, η εγκάρσια τομή προς εξέταση.



Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι κόμβοι, που απαιτούνται για την γεωμετρία.

	Node ID	Node Type	Y (mm)	Z (mm)	Connection Type	Radius (mm)	Intersection Geometry
1	1	Free Form	0	0	Start		
2	2	Free Form	1220	0	Line		
3	3	Free Form	4480	0	Line		
4	4	Free Form	7700	0	Line		
5	5	Free Form	11750	0	Line		
6	6	Free Form	14350	0	Line		
7	7	Free Form	16130	1780	Arc	1780	
8	12	Free Form	16130	5900	Line		
9	8	Free Form	16130	13380	Line		
10	9	Free Form	16130	18000	Line		

Ακολουθεί η εισαγωγή των στοιχείων των ελασμάτων (πλάτος, πάχος, υλικό κλπ).

	Input Method	Width (mm)	End Y (mm)	End Z (mm)	Member Type	Thickness (mm)	Material	Bending Efficiency (%)	Shear Efficiency (%)	Strake Name
1	Girth	1320	1320	0	Keel	19.0	AH36	100	100	KPL1
2	Girth	2480	3800	0	Bottom	18.0	AH36	100	100	BTM1
3	Girth	2050	5850	0	Bottom	18.0	AH36	100	100	BTM2
4	Girth	2480	8330	0	Bottom	18.0	AH36	100	100	BTM3
5	Girth	2410	10740	0	Bottom	17.0	AH36	100	100	BTM4
6	Girth	1550	12290	0	Bottom	16.5	AH36	100	100	BTM5
7	Girth	1580	13870	0	Bottom	16.5	AH36	100	100	BTM6
8	Vertical from BL	3596	16130	2100	Bilge	16.0	AH36	100	100	BLG1
9	Girth	1980	16130	4080	Side Shell	15.5	AH36	100	100	SHL1

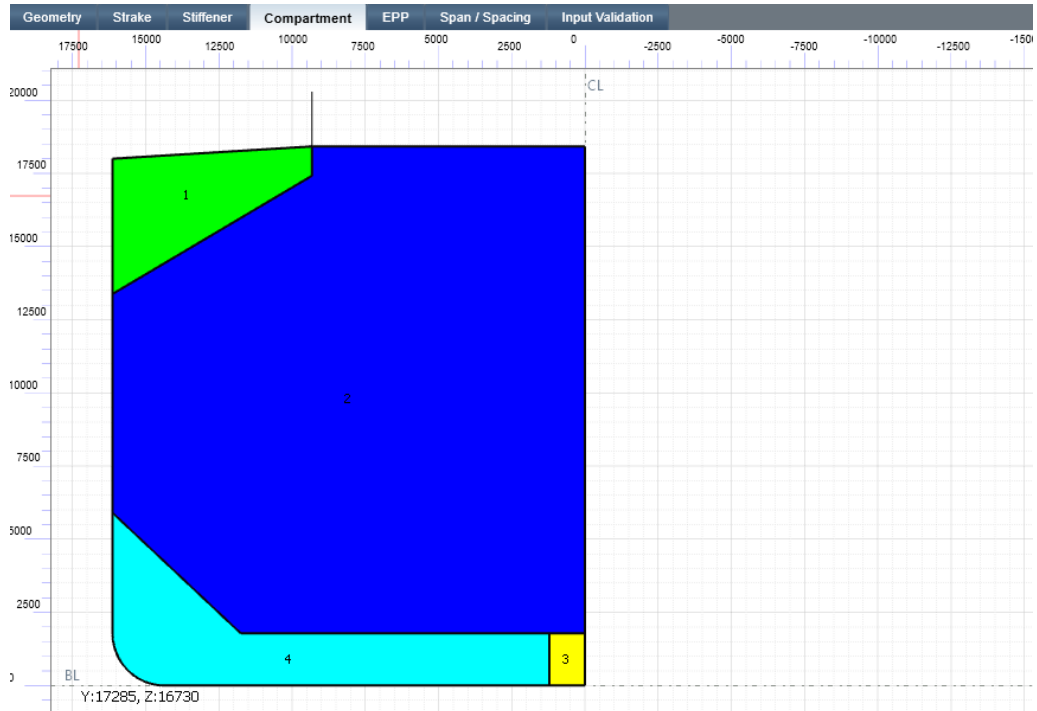
Αντίστοιχη διαδικασία πραγματοποιείται και με τα ενισχυτικά, που επιπρόσθετα επιλέγεται η φορά τους, η ποσότητα τους και η ισαπόσταση τους.

Stiffener Location		Stiffener Property										
ID	Offset from	Node ID	Input Method	Offset (mm)	No. of Stiffener	Spacing (mm)	Orientation	Web Direction	Flange Direction	Stiffener Name	Order	Skip
1	1 Node	1	Vertical	0	1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CL	Increase	<input type="checkbox"/>
2	Last Stiffener		Girth	610	1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	L1	Increase	<input type="checkbox"/>
3	3 Node	2	Girth	810	1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	L3	Increase	<input type="checkbox"/>
4	Last Stiffener		Girth	810	2	810	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	L4	Increase	<input type="checkbox"/>
5	5 Node	3	Girth	810	3	810	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	L7	Increase	<input type="checkbox"/>
6	6 Node	4	Girth	810	4	810	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	L11	Increase	<input type="checkbox"/>

Μέσα από το παράθυρο Stiffeners Property, για κάθε ενισχυτικό επιλέγεται η διάσταση του (από την ήδη πραγματοποιούμενη προεπιλογή από την βιβλιοθήκη του προγράμματος). Επιλέγεται το υλικό και το είδος σύνδεση των άκρων.

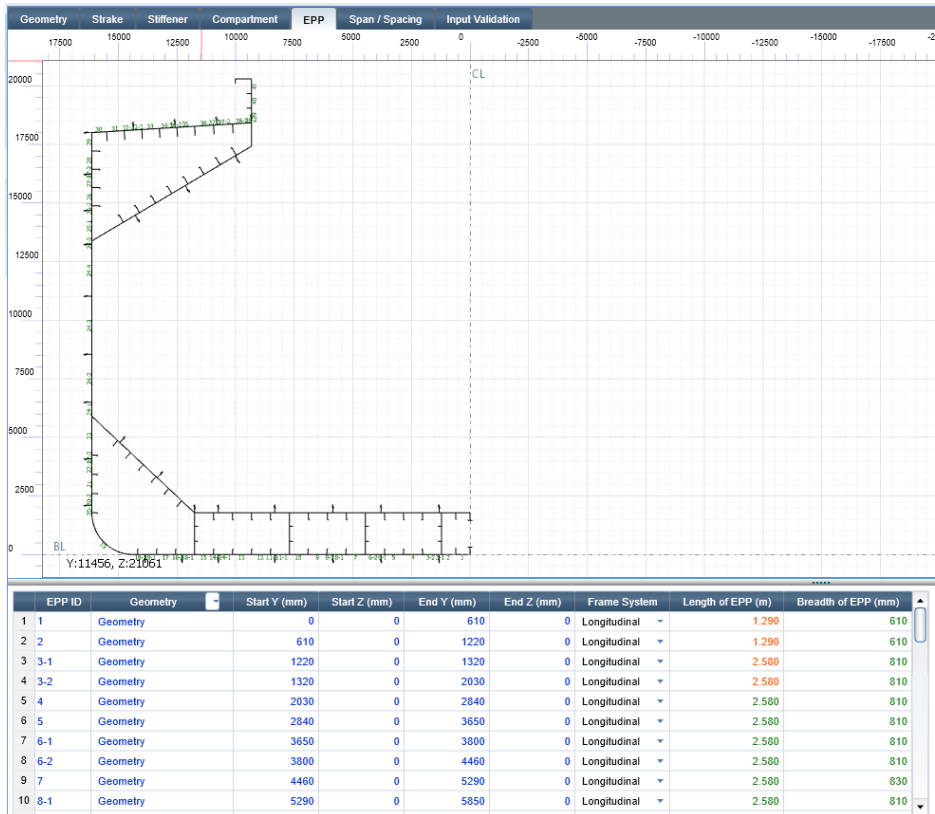
Stiffener Location		Stiffener Property										
Stiffener Name	Y (mm)	Z (mm)	Profile	Material	End Connection at		End Connection Type	Bending Efficiency (%)	Shear Efficiency (%)	Angle (deg)		
					PSM	PSM+1						
1 CL1	0	0	300x14+200x18 T	AH36	End Connection #32		Double Skin	100	100	90.00		
2 L1	610	0	300x14 FB	AH36	End Connection #4		Double Skin	100	100	90.00		
3 L3	2030	0	240x12 BP	AH36	End Connection #4		Double Skin	100	100	90.00		
4 L4	2840	0	240x12 BP	AH36	End Connection #4		Double Skin	100	100	90.00		
5 L5	3650	0	240x12 BP	AH36	End Connection #4		Double Skin	100	100	90.00		
6 L7	5290	0	240x12 BP	AH36	End Connection #4		Double Skin	100	100	90.00		
7 L8	6100	0	240x12 BP	AH36	End Connection #4		Double Skin	100	100	90.00		
8 L9	6910	0	240x12 BP	AH36	End Connection #18		Single Skin	100	100	90.00		

Στην επόμενη οθόνη επιλέγεται το κάθε διαμέρισμα, ώστε το πρόγραμμα να αντλήσει τις απαραίτητες πληροφορίες για κάθε ένα από αυτά.

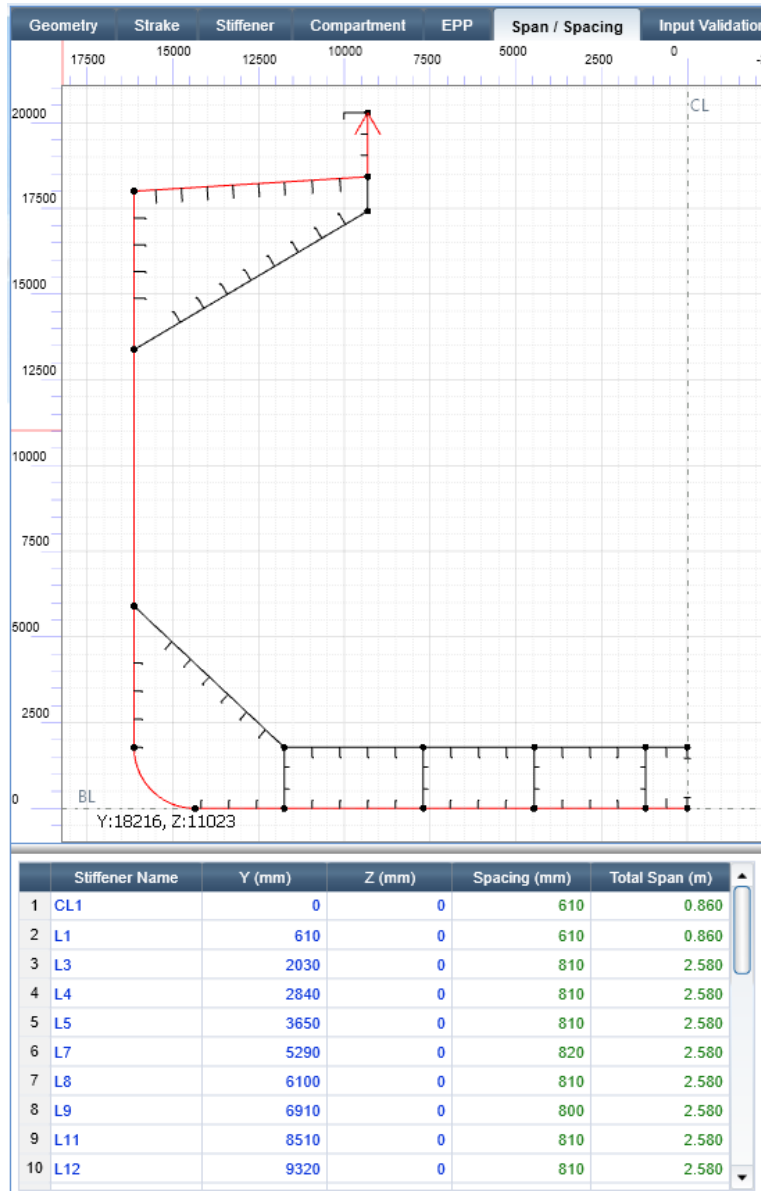


ID	2D Space			Area (m ²)	Reference Compartment Name	Centre of Gravity		
	Y _G (m)	Z _G (m)				X _{G,AP} (m)	Y _G (m)	Z _G (m)
1	13.456	16.566	19.136	TST-mid	101.720	13.423	16.703	
2	0.000	9.795	238.814	CH-3	101.720	0.000	10.470	
3	0.000	0.890	2.172	Duct Keel	83.060	0.000	0.890	
4	10.088	1.485	34.883	DBT mid	101.720	9.947	1.505	

Στην οθόνη που ακολουθεί παρουσιάζεται ο πίνακας στοιχειώδους ελάσματος EPP



Εδώ εμφανίζονται τα ενεργά ανυποστήριχτα μήκη των ενισχυτικών και η ισαπόσταση τους.



Ακολουθεί η μοντελοποίηση των νομέων, καθώς και οι διαστάσεις των συνεργαζόμενων αγκώνων τους.

Transverse Modeling <<

- ▲ Fr.112+0mm
Side Frame
- ▲ Fr.86+0mm
Side Frame

Section Info

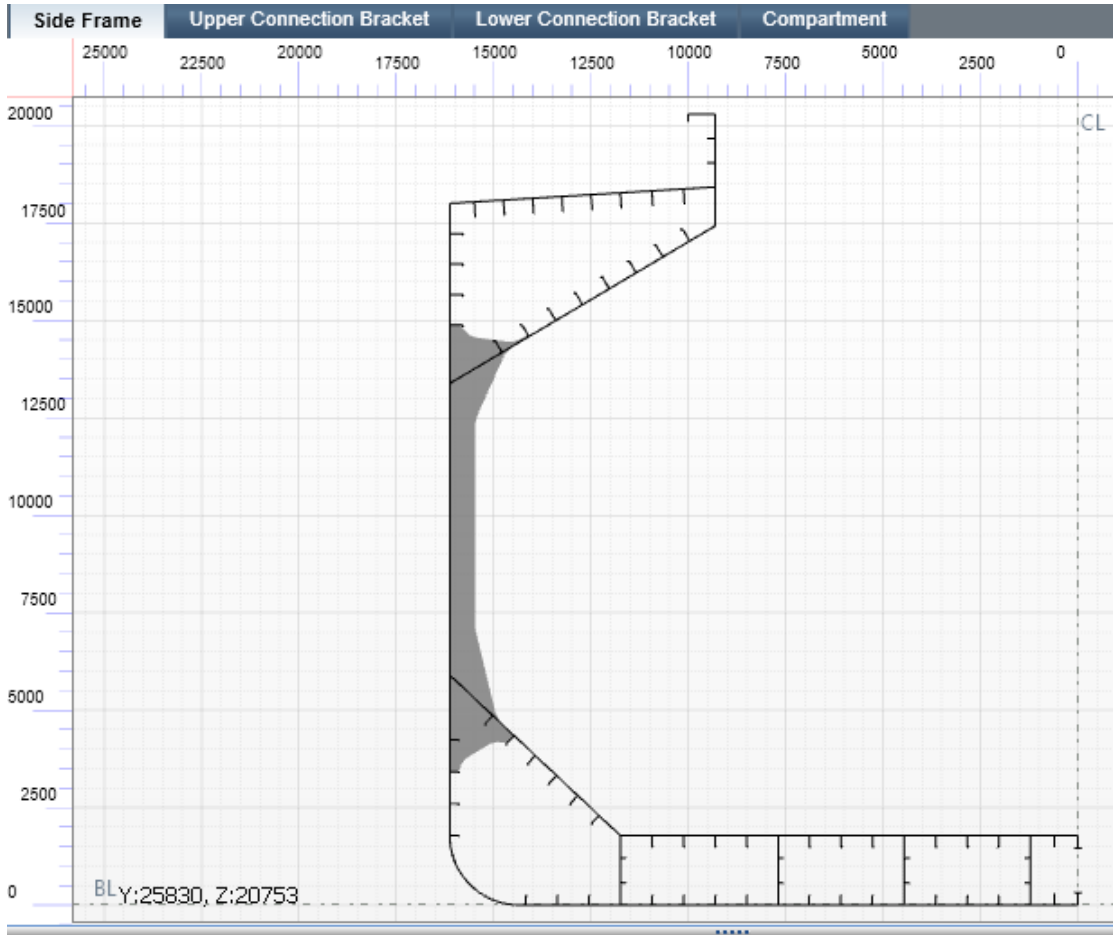
Location at Frame No:

Offset from Frame: mm

Section Name:

Referenced Longitudinal Section:

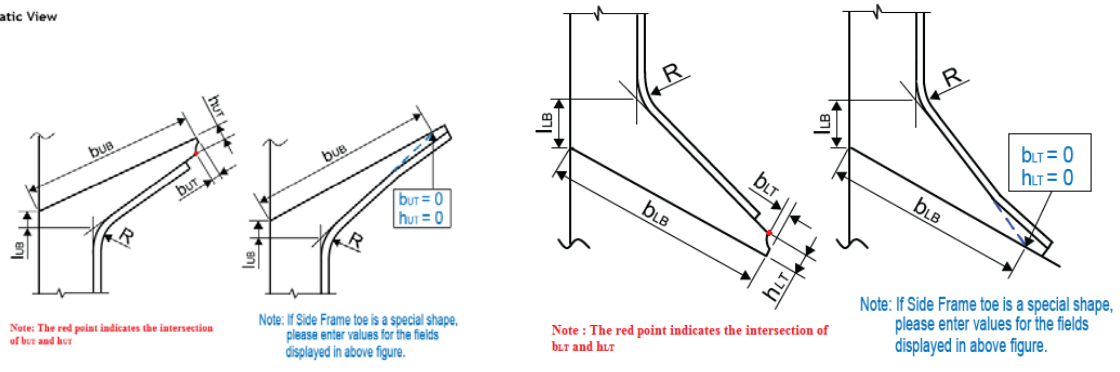
Comment:



Middle Part	Upper Bracket	Lower Bracket	
	Profile	Material	Angle with Side Shell (deg)
1	650x16+180x20 T	AH32	90.00

Schematic View

Schematic View



Middle Part	Upper Bracket	Lower Bracket	Bracket Extended over the Knuckle <input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No						
	Length, l _{uB} (mm)	Breadth, b _{uB} (mm)	Radius R (mm)	Toe		Web thickness (mm)	Flange		Material
				Height, h _{uT} (mm)	Breadth, b _{uT} (mm)		Breadth (mm)	Thickness (mm)	
1	950	1763	1000	100	200	16.0	180	20.0	AH32

Middle Part	Upper Bracket	Lower Bracket	Bracket Extended over the Knuckle <input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No						
	Length, l _{LB} (mm)	Breadth, b _{LB} (mm)	Radius R (mm)	Toe		Web thickness (mm)	Flange		Material
				Height, h _{LT} (mm)	Breadth, b _{LT} (mm)		Breadth (mm)	Thickness (mm)	
1	1200	1713	1000	100	200	18.0	180	24.0	DH32

Side Frame	Upper Connection Bracket	Lower Connection Bracket	Compartment																		
<p>Schematic View</p>																					
<p>Bracket Properties Cut-out</p> <table border="1"> <tr> <td>Thickness (mm)</td> <td></td> <td>14.0</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>A</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>No. of Longitudinal Stiffeners on Side Shell</td> <td>2</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>No. of Longitudinal Stiffeners on Hopper</td> <td>2</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Welded Height of Bracket on Side Stiffener, h_1 (mm)</td> <td></td> <td>240</td> </tr> <tr> <td>Welded Height of Bracket on Hopper Stiffener, h_2 (mm)</td> <td></td> <td>300</td> </tr> </table>				Thickness (mm)		14.0	Material	A	-	No. of Longitudinal Stiffeners on Side Shell	2	-	No. of Longitudinal Stiffeners on Hopper	2	-	Welded Height of Bracket on Side Stiffener, h_1 (mm)		240	Welded Height of Bracket on Hopper Stiffener, h_2 (mm)		300
Thickness (mm)		14.0																			
Material	A	-																			
No. of Longitudinal Stiffeners on Side Shell	2	-																			
No. of Longitudinal Stiffeners on Hopper	2	-																			
Welded Height of Bracket on Side Stiffener, h_1 (mm)		240																			
Welded Height of Bracket on Hopper Stiffener, h_2 (mm)		300																			

Side Frame	Upper Connection Bracket	Lower Connection Bracket	Compartment																		
<p>Schematic View</p>																					
<p>Bracket Properties Cut-out</p> <table border="1"> <tr> <td>Thickness (mm)</td> <td></td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>A</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>No. of Longitudinal Stiffeners on Side Shell</td> <td>1</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>No. of Longitudinal Stiffeners on TopSide</td> <td>2</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Welded Height of Bracket on Side Stiffener, h_1 (mm)</td> <td></td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>Welded Height of Bracket on Topside Stiffener, h_2 (mm)</td> <td></td> <td>50</td> </tr> </table>				Thickness (mm)		12.5	Material	A	-	No. of Longitudinal Stiffeners on Side Shell	1	-	No. of Longitudinal Stiffeners on TopSide	2	-	Welded Height of Bracket on Side Stiffener, h_1 (mm)		300	Welded Height of Bracket on Topside Stiffener, h_2 (mm)		50
Thickness (mm)		12.5																			
Material	A	-																			
No. of Longitudinal Stiffeners on Side Shell	1	-																			
No. of Longitudinal Stiffeners on TopSide	2	-																			
Welded Height of Bracket on Side Stiffener, h_1 (mm)		300																			
Welded Height of Bracket on Topside Stiffener, h_2 (mm)		50																			

Side Frame	Upper Connection Bracket	Lower Connection Bracket	Compartment								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Structure</th> <th>Compartment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Side Frame</td> <td>CH-3</td> </tr> <tr> <td>Upper Connection Bracket</td> <td>TST-mid</td> </tr> <tr> <td>Lower Connection Bracket</td> <td>DBT mid</td> </tr> </tbody> </table>		Structure	Compartment	Side Frame	CH-3	Upper Connection Bracket	TST-mid	Lower Connection Bracket	DBT mid		
Structure	Compartment										
Side Frame	CH-3										
Upper Connection Bracket	TST-mid										
Lower Connection Bracket	DBT mid										

Middle Part	Upper Bracket	Lower Bracket	
Profile	Material	Angle with Side Shell (deg)	
1	450x14+160x16 T	AH32	90.00

Middle Part	Upper Bracket	Lower Bracket	Bracket Extended over the Knuckle <input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No						
	Length, l _{UB} (mm)	Breadth, b _{UB} (mm)	Radius R (mm)	Toe		Web thickness (mm)	Flange		Material
				Height, h _{UT} (mm)	Breadth, b _{UT} (mm)		Breadth (mm)	Thickness (mm)	
1	950	1763	1000	100	200	14.0	160	16.0	AH32

Middle Part	Upper Bracket	Lower Bracket	Bracket Extended over the Knuckle <input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No						
	Length, l _{LB} (mm)	Breadth, b _{LB} (mm)	Radius R (mm)	Toe		Web thickness (mm)	Flange		Material
				Height, h _{LT} (mm)	Breadth, b _{LT} (mm)		Breadth (mm)	Thickness (mm)	
1	1200	1713	1000	100	200	14.0	160	16.0	DH32

Bracket Properties	Cut-out
Thickness (mm)	12.5
Material	A
No. of Longitudinal Stiffeners on Side Shell	1
No. of Longitudinal Stiffeners on TopSide	2
Welded Height of Bracket on Side Stiffener, h ₁ (mm)	300
Welded Height of Bracket on Topside Stiffener, h ₂ (mm)	50

Bracket Properties	Cut-out
Thickness (mm)	14.0
Material	A
No. of Longitudinal Stiffeners on Side Shell	2
No. of Longitudinal Stiffeners on Hopper	2
Welded Height of Bracket on Side Stiffener, h ₁ (mm)	240
Welded Height of Bracket on Hopper Stiffener, h ₂ (mm)	300

Structure	Compartment
Side Frame	CH-4
Upper Connection Bracket	TST-2,4,5
Lower Connection Bracket	DBT-4

Rule Defined	Additional	Hold Mass Curve			
Hold ID	CH-5	CH-4	CH-3	CH-2	CH-1
Hold Name	CH-5	CH-4	CH-3	CH-2	CH-1
Non Prismatic	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Volume of cargo hold, V _{CH} (m ³)	13017.800	14200.700	14114.300	14200.700	12730.300
Volume of hatch coaming, V _{HC} (m ³)	690.400	690.400	690.400	690.400	523.900
Total volume of lower bulkhead stools, V _{TS} (m ³)	352.417	352.417	352.417	352.417	352.417
Actual cargo mass, M _{CH} (tonnes)	10450	11750	11750	11750	11000
Maximum allowable cargo mass, M _{HD} (tonnes)	18600		20000		17900
Cargo Type					
Homogenous fully filled	General	General	General	General	General
Homogenous partially filled	General	General	General	General	General
Alternate fully filled	General	Empty	General	Empty	General
Alternate partially filled	General	Empty	General	Empty	General
Mid Hold Information					
Breadth of the cargo hold, B _{CH} (m)	32.260	32.260	32.260	32.260	32.260
Breadth of inner bottom, B _{IB} (m)	23.500	23.500	23.500	23.500	23.500
Vertical distance from the inner bottom at centreline to the upper intersection of hopper tank, h _{HPL} (m)	4.120	4.120	4.120	4.120	4.120

Number of Steel coil Loading Conditions (Max 10 Loading Conditions)

Hold ID	CH-5	CH-4	CH-3	CH-2	CH-1
Hold Name	CH-5	CH-4	CH-3	CH-2	CH-1
Steel Coil	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Loading Condition 1					
Length of a steel coil, l_{sc} (m)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Diameter of a steel coil, d_{sc} (m)	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
Height from inner bottom to top of upper tier in touch (m)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Number of tiers of steel coils, n_1	2	2	2	2	2
No. of Dunnages supporting one row of steel coils, n_3	5	5	5	5	6
Loaded between inner bottom floors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Distance between outermost load point dunnages, l_{dp} (m)					
Dunnage Breadth (m)	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Mass of a steel coil, W (t)	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Key Coil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insert Coil Located from Hopper sloping or inner hull plate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εφόσον ολοκληρωθεί η μοντελοποίηση, μένει να γίνουν οι υπολογισμοί και να βγουν τα αποτελέσματα σε μορφή ολοκληρωμένης μελέτης.

Οι ακόλουθες οθόνες είναι μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών και για τα δύο αμπάρια, εμφανίζοντας στην κατάσταση ότι υπάρχουν έλλειψης:

Select	Requirement	Last Analysis Time Stamp	Status
<input checked="" type="checkbox"/>	Hull Girder	11 Feb. 2022 02:40	
<input checked="" type="checkbox"/>	Local Scantling	11 Feb. 2022 02:40	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ultimate Strength	11 Feb. 2022 02:40	
<input checked="" type="checkbox"/>	Residual Strength	11 Feb. 2022 02:40	

- Assessment Passed without Scantling Deficiency
- Assessment Passed with Scantling Deficiency
- Assessment Failed

Η οθόνη για τους νομείς εμφανίζει στην κατάσταση ότι υπάρχουν έλλειψης:

Select	Structure	Last Analysis Time Stamp	Status
1 <input checked="" type="checkbox"/>	Side Frame	16 Feb. 2022 18:01	

- Assessment Passed without Scantling Deficiency
- Assessment Passed with Scantling Deficiency
- Assessment Failed

Κεφάλαιο 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ - ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ

6.1 ΔΙΑΜΗΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Από τα δύο προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς αντοχής, ότι αφορά την διαμήκη αντοχή εμφανίζονται τα εξής αποτελέσματα:

Κατανομή φορτίων γάστρας ως δοκός (Hull Girder Loads Distribution)

Για πλόες χωρίς περιορισμούς (Seagoing)

Αποτελέσματα λογισμικού MARS2000

(SWBM based on Builder's Proposal)

Vertical Bending Moments - Hogging Condition

Frame n°	X (m)	Still Water Bending Moment (kNm)	Vertical Wave Bending Moment (kNm)	Resultant Moment (kNm)
35	24.460	515 251.1	570 024.8	1 085 276.0
52	39.080	1 110 871.0	910 734.8	2 021 605.0
69	53.700	1 706 490.0	1 251 445.0	2 957 934.0
87	69.180	1 750 000.0	1 612 196.0	3 362 196.0
104	83.800	1 750 000.0	1 701 778.0	3 451 778.0
122	99.280	1 750 000.0	1 701 778.0	3 451 778.0
140	114.760	1 750 000.0	1 701 778.0	3 451 778.0
157	129.380	1 685 304.0	1 416 373.0	3 101 677.0
175	144.860	1 054 649.0	1 004 085.0	2 058 734.0
192	159.480	459 029.8	614 702.6	1 073 732.0
208	173.240	134 010.6	248 224.6	382 235.3

Vertical Bending Moments - Sagging Condition

Frame n°	X (m)	Still Water Bending Moment (kNm)	Vertical Wave Bending Moment (kNm)	Resultant Moment (kNm)
35	24.460	344 482.2	593 902.3	938 384.5
52	39.080	742 696.3	948 884.1	1 691 580.0
69	53.700	1 140 910.0	1 303 866.0	2 444 776.0
87	69.180	1 170 000.0	1 679 729.0	2 849 729.0
104	83.800	1 170 000.0	1 773 063.0	2 943 063.0
122	99.280	1 170 000.0	1 773 063.0	2 943 063.0
140	114.760	1 170 000.0	1 773 063.0	2 943 063.0
157	129.380	1 126 746.0	1 475 702.0	2 602 449.0
175	144.860	705 108.1	1 046 145.0	1 751 253.0
192	159.480	306 894.2	640 451.6	947 345.8
208	173.240	89 595.7	258 622.4	348 218.1

Wave Shear Forces and Horizontal Wave Bending Moments

Frame n°	X (m)	Shear Force Positive (kN)	Shear Force Negative (kN)	Horizontal Wave Bending Moments (kNm)
35	24.460	15 723.7	16 382.4	406 678.3
52	39.080	23 471.2	24 454.4	649 754.1
69	53.700	23 471.2	24 454.4	892 829.9
87	69.180	19 040.3	19 247.3	1 150 204.0
104	83.800	17 858.5	17 858.5	1 214 116.0
122	99.280	17 858.5	17 858.5	1 214 116.0
140	114.760	20 354.4	20 048.6	1 214 116.0
157	129.380	26 580.8	25 512.2	1 010 496.0
175	144.860	26 580.8	25 512.2	716 354.1
192	159.480	22 403.1	21 502.4	438 553.1
208	173.240	9 046.6	8 682.9	177 093.3

Αποτελέσματα λογισμικού CSR Prescriptive Analysis.

Vertical Wave Bending Moment (VWBM)

Fr. No	Offset (mm)	x/L	Hogging				Sagging			
			M _{sw-h-min}	M _{sw-h}	M _{wv-h}	M _{total}	M _{sw-s-min}	M _{sw-s}	M _{wv-s}	M _{total}
35	0	0.133983	309011.4	975338	570024.9	1573864	-244819.5	-668803	-593902.4	-1292400
52	0	0.214067	666221.8	1349052	910734.8	2305323	-527825.7	-925064	-948884.1	-1921392
69	0	0.29415	1023432	1722766	1251445	3036782	-810831.8	-1181325	-1303866	-2550384
87	0	0.378944	1049527	1750000	1612196	3442806	-831505.5	-1200000	-1679729	-2963715
104	0	0.459027	1049527	1750000	1701778	3536867	-831505.5	-1200000	-1773063	-3061716
122	0	0.543821	1049527	1750000	1701778	3536867	-831505.5	-1200000	-1773063	-3061716
140	0	0.628615	1049527	1750000	1701778	3536867	-831505.5	-1200000	-1773063	-3061716
157	0	0.708699	1010727	1709379	1416373	3196570	-800765.9	-1172146	-1475703	-2721633
175	0	0.793493	632504.3	1313682	1004085	2367971	-501112.4	-900810	-1046145	-1999262
192	0	0.873576	275293.8	939968	614702.7	1585405	-218106.2	-644549	-640451.7	-1317023
208	0	0.948948	80370.2	588236	248224.8	848872	-63674.67	-403362	-258622.6	-674915

Vertical Wave Shear Force (VWSF)

Loading Scenario	Frame No	Offset (mm)	x/L	Positive (kN)			Negative (kN)		
				Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}	Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}
Seagoing	35	0	0.132137	47629	15298	62927	-47000	-16035	-63035
Seagoing	69	0	0.292304	75439	23156	98595	-74500	-24271	-98771
Seagoing	104	0	0.457181	62000	17618	79618	-62000	-17618	-79618
Seagoing	140	0	0.626769	60200	19964	80164	-60492	-19640	-80132
Seagoing	175	0	0.791647	79200	26382	105582	-80220	-25169	-105389
Seagoing	208	0	0.947102	26500	9303	35803	-26847	-8876	-35723

6.2 ΔΙΑΜΗΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΤΟΜΩΝ

6.2.1 ΑΜΠΡΑΡΙ Νο.3

Αποτελέσματα λογισμικού MARS2000

Cross Section Characteristics

Net scantling

Geometric Properties (For the whole cross-section)

Rule section moduli

	Deck (m ³)	Bottom (m ³)
Minimum section modulus	10.4260	10.4260

Check of section moduli and inertia

		Rule	Actual
Deck	(18.000 m k = 0.72)	13.7499	14.5037
Bottom	(0.000 m k = 0.72)	13.7499	21.9379
Inertia		79.3071	157.1622

Check of Net/Gross Moduli

	Actual Gross	Actual Net	%
Deck (18.000 m)	16.0342	14.5037	90.5
Bottom (0.000 m)	24.4165	21.9379	89.8

Αποτελέσματα λογισμικού CSR Prescriptive Analysis.

	Section Modulus (m ³)			Material	
	Min. Net, Z _R (m ³)	Z _{n50_off} (m ³)	Z _{grs_off} (m ³)	Type	Material Factor, k
Deck	10.42599824	14.42390982	15.98351651	HT36	0.72
Bottom	10.42599824	21.83529002	24.34617095	HT36	0.72

Hull Girder Moment of Inertia (m ⁴)		
Min. Net I _{yR} (m ⁴)	I _{y-n50_off} (m ⁴)	I _{ygrs_off} (m ⁴)
79.30709328	156.349412	173.6803356

6.2.2 ΑΜΠΡΑΠΙ Νο.4 και 2

Αποτελέσματα λογισμικού MARS2000

Cross Section Characteristics

Net scantling

Geometric Properties (For the whole cross-section)

Rule section moduli

	Deck (m ³)	Bottom (m ³)
Minimum section modulus	10.4260	10.4260

Check of section moduli and inertia

		Rule	Actual
Deck	(18.000 m k = 0.72)	13.4037	14.4528
Bottom	(0.000 m k = 0.72)	13.4037	21.5633
Inertia		79.3071	155.7552

Check of Net/Gross Moduli

	Actual Gross	Actual Net	%
Deck (18.000 m)	15.9865	14.4528	90.4
Bottom (0.000 m)	24.0499	21.5633	89.7

Αποτελέσματα λογισμικού CSR Prescriptive Analysis.

	Section Modulus (m ³)			Material	
	Min. Net, Z _R (m ³)	Z _{n50_off} (m ³)	Z _{grs_off} (m ³)	Type	Material Factor, k
Deck	10.42599824	14.39133542	15.95046531	HT36	0.72
Bottom	10.42599824	21.4691991	23.98240181	HT36	0.72

Hull Girder Moment of Inertia (m ⁴)		
Min. Net I _{YR} (m ⁴)	I _{Y-n50_off} (m ⁴)	I _{Ygrs_off} (m ⁴)
79.30709328	155.0860324	172.4281005

6.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

6.3.1 Σύγκριση κατανομής φορτίων γάστρας ως δοκός

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων, για την διαμήκη αντοχή, την κατανομή φορτίων γάστρας ως δοκός, θα ήταν αναμενόμενο να έχουν εξάγει τα ίδια αποτελέσματα, παρόλα αυτά παρατηρείται διαφορές στους απομακρυσμένους νομείς, από το μέσο του πλοίου, στη Ροπή κάμψης ακίνητου νερού.

Τα κόκκινα νούμερα στους αντίστοιχους προηγούμενους πίνακες δείχνουν ότι υπάρχει αρκετά μεγάλη παρέκκλιση των αποτελεσμάτων, τόσο για την κατάσταση του πλοίου σε hogging όσο και σε sagging.

Οι Ροπές Κάμψης κάθετου κύματος είναι ακριβώς ίδιες, αλλά το τελικό άθροισμα των Ροπών Κάμψης επηρεάζεται από τις διαφορές μόνο στους νομείς που προαναφέρθηκαν.

Ότι αφορά τις Κατακόρυφες Διατμητικές Δυνάμεις Κυματισμού, τα αποτελέσματα και στα δύο προγράμματα είναι αρκετά κοντινά.

Ως γενικότερο συμπέρασμα απορρέει ότι το λογισμικό Common Structural Rules Software (Prescriptive Analysis) παρουσιάζει αυξημένα αποτελέσματα σε σχέση με το MARS2000, στις απομακρυσμένες θέσεις από το μέσο του πλοίου, κάνοντας το έτσι αυστηρότερο στον σχεδιασμό του πλοίου που εξετάζεται στην παρούσα Μεταπτυχιακή εργασία.

Επειδή όμως το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην διαμήκη αντοχή ενός πλοίου, εστιάζεται στο παράλληλο τμήμα του, θα μπορούσε κάποιος να πει, ότι αυτές οι διαφορές των αποτελεσμάτων από τα δύο λογισμικά, ουσιαστικά δεν είναι σημασίας, αφού στο μεσαίο τμήμα παρουσιάζουν ίδια αποτελέσματα. Συνεπώς η εκτίμηση της διαμήκους αντοχής και με τα δύο προγράμματα είναι αποδεκτή, με την εξαγωγή ασφαλών αποτελεσμάτων.

6.3.2 Σύγκριση Ροπής Αντίστασης και Αδράνειας στη Μέση Τομή

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων, ότι αφορά τις Ροπές Αντίστασης και Αδράνειας και στις δύο εγκάρσιες τομές που εξετάστηκαν, τα αποτελέσματα είναι σχεδόν ίδια, τόσο στον υπολογισμό των απαιτήσεων, όσο και των προσφερόμενων, καθαρά και μικτά (net & gross).

Συνεπώς και τα δύο λογισμικά ανταποκρίνονται πάρα πολύ καλά στην μοντελοποίηση και στις παραμέτρους που αποδίδουν, των στοιχείων της Μέσης Τομής.

6.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΤΟΜΗΣ

Τα αποτελέσματα και των δύο προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της αντοχής των ελασμάτων και των ενισχυτικών ομαδοποιήθηκαν στους πίνακες που ακολουθούν.

Με αυτό τον τρόπο υπάρχει η δυνατότητα εύκολης και παράλληλα γρήγορης σύγκρισης των αποτελεσμάτων, έχοντας προσθέσει στους πίνακες τα ακόλουθα συγκριτικά στοιχεία:

- Με τα έντονα κόκκινα πάχη ελασμάτων και ενισχυτικών ή Ροπών Αντίστασης, ξεχωρίζει ότι το υπάρχον έλασμα ή το ενισχυτικό έχει διαστασιολόγηση μικρότερη από την απαιτούμενη.
- Όλοι οι μπλε αριθμοί, αφορούν τα αποτελέσματα από το πρόγραμμα MARS2000 (στην περίπτωση που αντιμετωπίζουν πρόβλημα αντοχής, γίνονται κόκκινοι).
- Τα μπλε πλαίσια, αναδεικνύουν το πρόβλημα έλλειψης αντοχής που εμφανίζεται από τους υπολογισμούς των δύο προγραμμάτων.
- Τα κόκκινα πλαίσια, αναδεικνύουν σημεία με υψηλές διαφορές στα αποτελέσματα αντοχής μεταξύ των δύο προγραμμάτων.

Στο επόμενο κεφάλαιο 6.5 γίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων για την εγκάρσια αντοχή ή τοπική αντοχή, όπως συνηθίζεται να ονομάζεται.

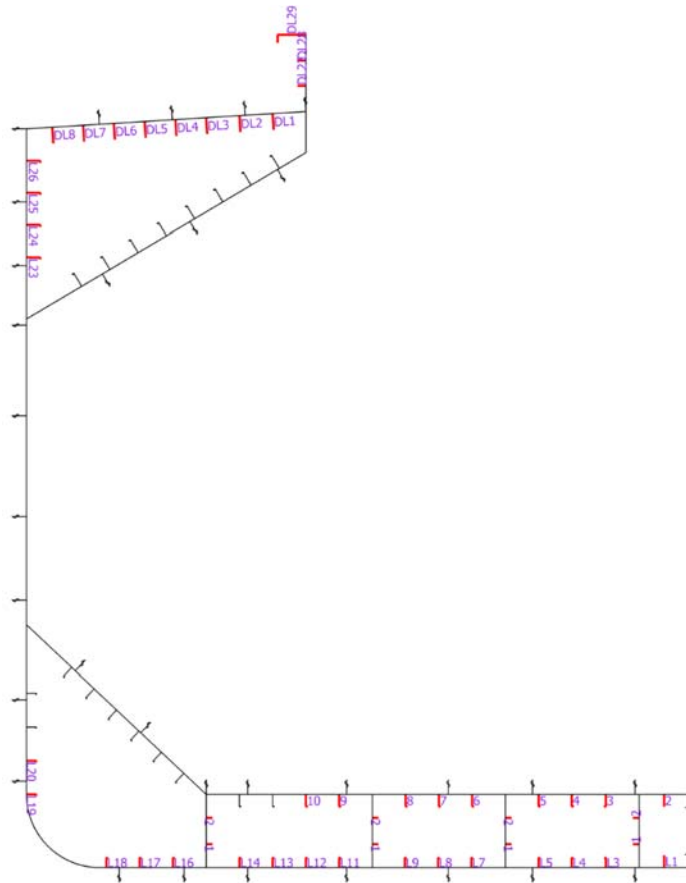
Συγκεκριμένα αναλύονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα από τους πίνακες που ακολουθούν, ερμηνεύοντας τις αποκλίσεις των αποτελεσμάτων.

ΑΜΠΙΑΡΙ No. 3 (CARGO HOLD No.3)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ (Μικτό / Καθαρό - Gross / Net), Required: CSR software Req. MARS: MARS2000.

Strake Name	Member Type	t _{net} (mm)			t _{grs} (mm)			Material Grade		Corrosion addition, t _c (mm)
		Required	Req. MARS	Offered	Required	Req. MARS	Offered	Required	Offered	
KPL1	Keel	15.0	13.0	16.0	18.0	16.0	19.00	AH	AH36	3.0
BTM1	Bottom	11.0	11.0	15.0	14.0	14.0	18.00	AH	AH36	3.0
BTM2	Bottom	11.0	11.0	15.0	14.0	14.0	18.00	AH	AH36	3.0
BTM3	Bottom	11.0	11.0	15.0	14.0	14.0	18.00	AH	AH36	3.0
BTM4	Bottom	11.0	11.0	14.0	14.0	14.0	17.00	AH	AH36	3.0
BTM5	Bottom	11.0	11.0	13.5	14.0	14.0	16.50	AH	AH36	3.0
BTM6	Bottom	11.0	11.0	13.5	14.0	14.0	16.50	AH	AH36	3.0
BLG1	Bilge	13.5	11.0	13.0	16.5	14.0	16.00	AH	AH36	3.0
SHL1	Side Shell	11.0	11.0	12.5	14.0	14.0	15.50	AH	AH36	3.0
SHL2	Side Shell	11.0	11.0	13.0	15.0	15.0	17.00	DH	DH36	4.0
SHL3	Side Shell	11.0	11.0	13.0	15.0	15.0	17.00	AH	DH32	4.0
SHL4	Side Shell	11.0	11.0	13.0	15.0	15.0	17.00	AH	AH32	4.0
SHL5	Side Shell	11.0	11.0	13.0	15.0	15.0	17.00	AH	AH32	4.0
SHL6	Side Shell	11.0	11.0	13.5	14.5	14.0	17.00	AH	AH36	3.5
SHL7	Side Shell	11.0	11.0	12.5	14.5	14.5	16.00	AH	AH36	3.5
WSS1	Welded Sheer Strake	12.5	11.0	15.5	16.0	14.5	19.00	AH	AH36	3.5
MDK1	Deck (Stringer)	18.0	9.0	18.0	22.0	12.5	22.00	DH	DH36	4.0
MDK2	Deck	9.0	9.0	18.0	13.0	13.0	22.00	AH	AH36	4.0
MDK3	Deck	10.0	10.0	18.0	14.0	14.0	22.00	AH	AH36	4.0
MDK4	Deck	10.5	10.0	18.0	14.5	14.0	22.00	AH	AH36	4.0
HCO1	Hatch Coaming	11.0	7.5	18.5	14.5	11.0	22.00		AH32	3.5
INB1	Inner Bottom	15.5	12.0	15.5	21.0	18.0	21.00	AH	AH36	5.5
INB2	Inner Bottom	15.5	16.0	15.5	21.0	21.5	21.00	AH	AH36	5.5
INB3	Inner Bottom	15.5	16.0	15.5	21.0	21.5	21.00	AH	AH36	5.5
INB4	Inner Bottom	15.5	16.0	15.5	21.0	21.5	21.00	AH	AH36	5.5
INB5	Inner Bottom	15.5	16.0	15.5	21.0	21.5	21.00	AH	AH36	5.5
INB6	Inner Bottom	15.0	16.0	15.5	20.5	21.5	21.00	AH	AH36	5.5
HPT1	Hopper	14.0	15.5	15.5	19.5	21.0	21.00	AH	AH36	5.5
HPT2	Hopper	14.0	14.0	13.0	19.5	19.0	18.50	AH	AH36	5.5
HPT3	Hopper	13.5	14.5	13.0	19.0	20.0	18.50	AH	AH36	5.5
TSP1	Topside	10.5	10.5	12.0	14.0	14.0	15.50	AH	AH36	3.5
TSP2	Topside	10.0	10.0	13.5	14.0	14.0	17.50	AH	AH36	4.0
TSP3	Topside	10.0	10.0	13.5	14.0	14.0	17.50	AH	AH36	4.0
TSP4	Topside	10.5	12.5	18.0	14.5	16.5	22.00	AH	AH36	4.0
WBG1	Watertight Bottom Girder	16.0	9.0	13.5	18.5	11.5	16.00	AH	AH36	2.5
NBG1	Nontight Bottom Girder	9.0	9.0	9.5	12.0	12.0	12.50	AH	AH36	3.0
NBG2	Nontight Bottom Girder	9.0	9.0	9.5	12.0	12.0	12.50	AH	AH36	3.0
NBG3	Nontight Bottom Girder	9.0	9.0	11.5	12.0	12.0	14.50	AH	AH36	3.0

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΑ
ΠΑΧΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ (Gross & Net), Required: CSR software Req. MARS: MARS2000.



Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)			t _{w,net} (mm)			Corrosion addition t _c (mm)
			Offered	Required	Req. MARS	Offered	Required	Req. MARS	
CL1 (Tunnel)	300x14+200x18	AH36	29.47	66.06	1107.10	6.0	6.0	12.0	2.0
	Flange					10.0	10.0	16.0	
L1	300x14 FB	AH36	29.72	66.62	303.01	17.0	17.0	12.0	2.0
L3 (Bottom)	240x12 BP	AH36	390.91	269.61	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L4	240x12 BP	AH36	390.91	289.75	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L5	240x12 BP	AH36	390.91	292.15	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L7	240x12 BP	AH36	390.91	296.96	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L8	240x12 BP	AH36	390.91	299.36	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L9	240x12 BP	AH36	386.09	301.77	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L11	240x12 BP	AH36	390.91	306.58	334.81	6.5	6.5	9.0	3.0
L12	240x12 BP	AH36	390.91	308.98	334.11	6.5	6.5	9.0	3.0
L13	240x12 BP	AH36	392.84	311.39	334.11	6.5	6.5	9.0	3.0
L14	240x12 BP	AH36	392.84	313.79	333.16	6.5	6.5	9.0	3.0
L16	240x12 BP	AH36	402.36	294.83	332.83	6.5	6.5	9.0	3.0
L17	240x12 BP	AH36	405.40	296.89	332.83	6.5	6.5	9.0	3.0
L18	240x12 BP	AH36	405.40	219.23	331.67	6.5	6.5	9.0	3.0
L19 (S. Shell)	240x12 BP	AH36	345.75	305.00	331.37	6.5	6.5	9.0	3.0
L20	240x12 BP	AH36	345.75	297.08	330.15	6.5	6.5	9.0	3.0
L21	240x12 BP	AH36	328.75	292.53	330.15	6.5	6.5	9.0	3.0
L22	240x12 BP	AH36	50.65	N/A	299.73	6.5	6.5	9.0	3.0

L23	340x12 BP	AH36	681.51	690.25	829.95	9.5	9.5	9.0	3.0
L24	340x12 BP	AH36	681.51	597.92	786.13	9.5	9.5	8.0	4.0
L25	340x12 BP	AH36	660.17	573.64	797.24	9.5	9.5	8.0	4.0
L26	340x12 BP	AH36	640.72	609.00	800.04	9.5	9.5	8.0	4.0
DL8 (M. Deck)	400x22 FB	AH36	546.25	387.32	889.19	22.5	22.5	18.0	4.0
DL7	400x22 FB	AH36	600.33	309.86	896.60	22.5	22.5	18.0	4.0
DL6	400x22 FB	AH36	606.92	338.89	896.60	22.5	22.5	18.0	4.0
DL5	400x22 FB	AH36	613.52	499.87	896.60	22.5	22.5	18.0	4.0
DL4	400x22 FB	AH36	620.12	488.32	896.60	22.5	22.5	18.0	4.0
DL3	400x22 FB	AH36	626.99	495.78	899.97	22.5	22.5	18.0	4.0
DL2	400x22 FB	AH36	626.99	501.24	903.13	22.5	22.5	18.0	4.0
DL1	400x22 FB	AH36	626.99	491.45	903.13	22.5	22.5	18.0	4.0
1 (Tank Top)	300x14+200x18	AH36	50.90	116.83	1106.83	6.0	6.0	12.0	2.0
	Flange					10.0	10.0	16.0	
2	300x14 FB	AH36	50.83	116.62	303.31	17.0	17.0	12.0	2.0
3	300x11 BP	AH36	607.49	505.20	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
4	300x11 BP	AH36	607.49	505.20	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
5	300x11 BP	AH36	607.49	505.20	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
6	300x11 BP	AH36	607.49	505.20	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
7	300x11 BP	AH36	607.49	505.20	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
8	300x11 BP	AH36	607.49	505.20	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
9	300x11 BP	AH36	576.54	497.67	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
10	300x11 BP	AH36	576.54	483.96	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
11	300x11 BP	AH36	568.99	470.25	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
12	300x11 BP	AH36	553.89	458.41	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
13 (Hopper)	300x11 BP	AH36	490.64	415.64	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
14	300x11 BP	AH36	480.60	403.51	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
15	300x11 BP	AH36	470.97	391.80	567.73	8.0	8.0	8.0	3.0
16	300x11 BP	AH36	461.72	380.49	563.40	8.0	8.0	8.0	3.0
17	300x11 BP	AH36	452.82	369.55	563.40	8.0	8.0	8.0	3.0
18	300x11 BP	AH36	65.32	N/A	505.51	8.0	8.0	8.0	3.0
1 (T.side Slop)	370x15 BP	AH36	893.11	1118.39	1139.71	10.0	10.0	12.0	3.0
2	370x15 BP	AH36	893.11	1086.88	1151.31	10.0	10.0	12.0	3.0
3	370x15 BP	AH36	893.11	1054.83	1154.69	10.0	10.0	12.0	3.0
4	370x15 BP	AH36	883.29	1022.22	1105.96	10.0	10.0	11.0	4.0
5	370x15 BP	AH36	845.47	989.04	1105.96	10.0	10.0	11.0	4.0
6	370x15 BP	AH36	806.88	955.26	1105.96	10.0	10.0	11.0	4.0
7	370x15 BP	AH36	767.48	920.89	1105.96	10.0	10.0	11.0	4.0
8	370x15 BP	AH36	750.84	747.47	1124.22	10.0	10.0	11.0	4.0
1 (Duct Side)	150x11 FB	AH36	35.22	283.45	58.57	8.5	8.0	8.0	3.0
2	150x11 FB	AH36	34.02	268.02	58.57	8.5	8.0	8.0	3.0
1	150x11 FB	AH36	16.03	N/A	60.53	8.5	8.0	8.0	3.0
2	150x11 FB	AH36	15.73	N/A	60.53	8.5	8.0	8.0	3.0
1	150x11 FB	AH36	16.03	N/A	60.53	8.5	8.0	8.0	3.0
2	150x11 FB	AH36	15.73	N/A	60.53	8.5	8.0	8.0	3.0
1	150x11 FB	AH36	16.03	N/A	62.07	8.5	8.0	8.0	3.0
2	150x11 FB	AH36	15.73	N/A	62.07	8.5	8.0	8.0	3.0
DL27	200x12 FB	AH32	97.61	31.98	127.16	10.5	8.5	9.0	3.0
DL28	200x12 FB	AH32	93.30	30.08	127.16	10.5	8.5	9.0	3.0
DL29	700x18+200x14	AH32	84.67	N/A	3358.12	11.0	-	15.0	3.0
	Flange					20.0	-	11.0	3.0

ΑΜΠΙΑΡΙ No. 4 & 2 (CARGO HOLD No.4 & 2)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΑ
ΠΛΑΧΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ (Gross & Net), Required: CSR software Req. MARS: MARS2000.

Strake Name	Member Type	t _{net} (mm)			t _{grs} (mm)			Material Grade		Corrosion addition, t _c (mm)
		Required	Req. MARS	Offered	Required	Req. MARS	Offered	Required	Offered	
KPL1	Keel	15.0	13.0	16.0	18.0	14.0	19.0	AH	AH36	3.0
BTM1	Bottom	11.0	11.0	15.0	14.0	14.0	18.0	AH	AH36	3.0
BTM2	Bottom	11.0	11.0	15.0	14.0	14.0	18.0	AH	AH36	3.0
BTM3	Bottom	11.0	11.0	14.0	14.0	14.0	17.0	AH	AH36	3.0
BTM4	Bottom	11.0	11.0	13.0	14.0	14.0	16.0	AH	AH36	3.0
BTM5	Bottom	11.0	11.0	13.0	14.0	14.0	16.0	AH	AH36	3.0
BTM6	Bottom	11.0	11.0	13.0	14.0	14.0	16.0	AH	AH36	3.0
BLG1	Bilge	13.0	11.0	13.0	16.0	14.0	16.0	AH	AH36	3.0
SHL1	Side Shell	11.0	11.0	12.5	14.0	14.0	15.5	AH	AH36	3.0
SHL2	Side Shell	11.0	11.0	12.0	15.0	15.0	16.0	DH	DH36	4.0
SHL3	Side Shell	11.0	11.0	12.5	15.0	15.0	16.5	AH	DH32	4.0
SHL4	Side Shell	11.0	11.0	12.5	15.0	15.0	16.5	AH	AH32	4.0
SHL5	Side Shell	11.0	11.0	12.5	15.0	15.0	16.5	AH	AH32	4.0
SHL6	Side Shell	11.0	11.0	13.0	14.5	14.5	16.5	AH	AH36	3.5
SHL7	Side Shell	11.0	11.0	13.0	14.5	14.5	16.5	AH	AH36	3.5
WSS1	Welded Sheer Strake	13.0	11.0	15.5	16.5	14.5	19.0	AH	AH36	3.5
MDK1	Deck (Stringer)	18.0	9.0	18.0	22.0	12.5	22.0	DH	DH36	4.0
MDK2	Deck	9.0	9.0	18.0	13.0	13.0	22.0	AH	AH36	4.0
MDK3	Deck	10.0	10.0	18.0	14.0	14.0	22.0	AH	AH36	4.0
MDK4	Deck	10.5	10.0	18.0	14.5	14.0	22.0	AH	AH36	4.0
HCO1	Hatch Coaming	11.0	7.5	18.5	14.5	11.0	22.0		AH32	3.5
INB1	Inner Bottom	15.0	13.0	15.5	20.5	20.5	21.0	AH	AH36	5.5
INB2	Inner Bottom	15.0	13.0	15.5	20.5	20.5	21.0	AH	AH36	5.5
INB3	Inner Bottom	15.0	13.0	15.5	20.5	20.5	21.0	AH	AH36	5.5
INB4	Inner Bottom	15.0	13.0	15.5	20.5	20.5	21.0	AH	AH36	5.5
INB5	Inner Bottom	15.0	13.0	15.5	20.5	20.5	21.0	AH	AH36	5.5
INB6	Inner Bottom	15.0	13.0	15.5	20.5	20.5	21.0	AH	AH36	5.5
HPT1	Hopper	14.0	13.0	15.5	19.5	19.0	21.0	AH	AH36	5.5
HPT2	Hopper	14.0	11.5	13.0	19.5	18.5	18.5	AH	AH36	5.5
HPT3	Hopper	11.5	11.5	9.5	17.0	19.0	15.0	AH	AH36	5.5
TSP1	Topside	10.5	10.5	12.0	14.0	14.0	15.5	AH	AH36	3.5
TSP2	Topside	10.0	10.0	13.5	14.0	14.0	17.5	AH	AH36	4.0
TSP3	Topside	10.0	10.0	13.5	14.0	14.0	17.5	AH	AH36	4.0
TSP4	Topside	10.5	10.5	18.0	14.5	14.5	22.0	AH	AH36	4.0
WBG1	Watertight Bottom Girder	16.0	9.0	13.5	18.5	11.0	16.0	AH	AH36	2.5
NBG1	Nontight Bottom Girder	9.0	9.0	8.5	12.0	12.0	11.5	AH	AH36	3.0
NBG2	Nontight Bottom Girder	9.0	9.0	8.5	12.0	12.0	11.5	AH	AH36	3.0
NBG3	Nontight Bottom Girder	9.0	9.0	10.0	12.0	12.0	13.0	AH	AH36	3.0

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΑ
ΠΑΧΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ (Gross & Net), Required: CSR software Req. MARS: MARS2000.**

Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)			t _{w,net} (mm)			Corrosion addition t _c (mm)
			Offered	Required	Req. MARS	Offered	Required	Req. MARS	
CL1 (Tunnel)	300x14+200x18	AH36	29.18	222.25	1107.10	6.0	6.0	12.0	2.0
	Flange					10.0	10.0	16.0	
L1	300x14 FB	AH36	29.42	224.12	303.01	17.0	17.0	12.0	2.0
L3 (Bottom)	240x12 BP	AH36	393.55	262.83	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L4	240x12 BP	AH36	393.55	286.23	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L5	240x12 BP	AH36	393.55	292.17	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L7	240x12 BP	AH36	393.55	293.41	336.57	6.5	6.5	9.0	3.0
L8	240x12 BP	AH36	393.55	295.79	334.59	6.5	6.5	9.0	3.0
L9	240x12 BP	AH36	388.69	298.16	334.11	6.5	6.5	9.0	3.0
L11	240x12 BP	AH36	393.55	302.91	332.25	6.5	6.5	9.0	3.0
L12	240x12 BP	AH36	393.55	305.29	331.51	6.5	6.5	9.0	3.0
L13	240x12 BP	AH36	393.55	307.66	331.51	6.5	6.5	9.0	3.0
L14	240x12 BP	AH36	393.55	310.04	331.51	6.5	6.5	9.0	3.0
L16	240x12 BP	AH36	396.29	291.31	331.51	6.5	6.5	9.0	3.0
L17	240x12 BP	AH36	399.28	293.35	331.51	6.5	6.5	9.0	3.0
L18	240x12 BP	AH36	399.28	216.61	331.51	6.5	6.5	9.0	3.0
L19 (S. Shell)	240x12 BP	AH36	347.50	324.69	331.37	6.5	6.5	9.0	3.0
L20	240x12 BP	AH36	347.50	302.25	330.15	6.5	6.5	9.0	3.0
L21	240x12 BP	AH36	330.24	292.53	330.15	6.5	6.5	9.0	3.0
L22	240x12 BP	AH36	50.85	279.30	296.63	6.5	6.5	9.0	3.0
L23	340x12 BP	AH36	669.21	181.58	831.40	9.5	9.5	9.0	3.0
L24	340x12 BP	AH36	669.21	141.37	788.67	9.5	9.5	8.0	4.0
L25	340x12 BP	AH36	650.09	135.50	797.72	9.5	9.5	8.0	4.0
L26	340x12 BP	AH36	620.11	159.76	800.04	9.5	9.5	8.0	4.0
DL8 (M. Deck)	400x22 FB	AH36	519.06	324.52	889.19	22.5	22.5	18.0	4.0
DL7	400x22 FB	AH36	528.65	303.24	896.60	22.5	22.5	18.0	4.0
DL6	400x22 FB	AH36	528.65	356.40	896.60	22.5	22.5	18.0	4.0
DL5	400x22 FB	AH36	527.83	494.10	896.60	22.5	22.5	18.0	4.0
DL4	400x22 FB	AH36	515.59	482.65	896.60	22.5	22.5	18.0	4.0
DL3	400x22 FB	AH36	523.43	489.99	899.97	22.5	22.5	18.0	4.0
DL2	400x22 FB	AH36	528.65	495.35	903.13	22.5	22.5	18.0	4.0
DL1	400x22 FB	AH36	522.00	485.64	903.13	22.5	22.5	18.0	4.0
1 (Tank Top)	300x14+200x18	AH36	51.20	76.98	1106.83	6.0	6.0	12.0	2.0
	Flange					10.0	10.0	16.0	
2	300x14 FB	AH36	51.13	76.84	303.31	17.0	17.0	12.0	2.0
3	300x11 BP	AH36	438.62	332.89	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
4	300x11 BP	AH36	438.62	332.89	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
5	300x11 BP	AH36	438.62	332.89	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
6	300x11 BP	AH36	438.62	332.89	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
7	300x11 BP	AH36	438.62	332.89	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
8	300x11 BP	AH36	438.62	332.89	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
9	300x11 BP	AH36	438.62	325.63	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
10	300x11 BP	AH36	438.62	320.31	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
11	300x11 BP	AH36	438.62	323.80	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
12	300x11 BP	AH36	438.62	327.30	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
13 (Hopper)	300x11 BP	AH36	491.86	293.83	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0

14	300x11 BP	AH36	481.75	283.06	573.23	8.0	8.0	8.0	3.0
15	300x11 BP	AH36	472.04	272.79	567.73	8.0	8.0	8.0	3.0
16	300x11 BP	AH36	462.72	262.98	563.40	8.0	8.0	8.0	3.0
17	300x11 BP	AH36	453.75	254.56	563.40	8.0	8.0	8.0	3.0
18	300x11 BP	AH36	49.15	250.97	486.96	8.0	8.0	8.0	3.0
1 (T.side Slop)	370x15 BP	AH36	760.54	713.55	1139.71	10.0	10.0	12.0	3.0
2	370x15 BP	AH36	760.54	872.98	1151.31	10.0	10.0	12.0	3.0
3	370x15 BP	AH36	760.54	898.83	1154.69	10.0	10.0	12.0	3.0
4	370x15 BP	AH36	760.54	923.36	1105.96	10.0	10.0	11.0	4.0
5	370x15 BP	AH36	737.46	946.68	1105.96	10.0	10.0	11.0	4.0
6	370x15 BP	AH36	706.77	968.85	1105.96	10.0	10.0	11.0	4.0
7	370x15 BP	AH36	674.29	989.98	1105.96	10.0	10.0	11.0	4.0
8	370x15 BP	AH36	639.88	1010.1	1124.22	10.0	10.0	11.0	4.0
1 (Duct Side)	150x11 FB	AH36	35.43	76.64	58.57	8.5	8.5	8.0	3.0
2	150x11 FB	AH36	34.22	69.95	58.57	8.5	8.5	8.0	3.0
1	150x11 FB	AH36	16.09	N/A	59.71	8.5	8.5	8.0	3.0
2	150x11 FB	AH36	15.78	N/A	59.71	8.5	8.5	8.0	3.0
1	150x11 FB	AH36	16.09	N/A	59.71	8.5	8.5	8.0	3.0
2	150x11 FB	AH36	15.78	N/A	59.71	8.5	8.5	8.0	3.0
1	150x11 FB	AH36	16.09	N/A	60.93	8.5	8.5	8.0	3.0
2	150x11 FB	AH36	15.78	N/A	60.93	8.5	8.5	8.0	3.0
DL27	200x12 FB	AH32	77.88	17.02	127.16	10.5	8.5	9.0	3.0
DL28	200x12 FB	AH32	78.25	17.03	127.16	10.5	8.5	9.0	3.0
DL29	700x18+200x14	AH32	79.34	N/A	3358.12	11.0	-	15.0	3.0
	Flange					20.0	-	11.0	

6.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

Ακολουθεί η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τα δύο προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν, στα σημεία που υπάρχουν διαφορές και η αξιολόγηση τους.

6.5.1 ΕΛΑΣΜΑΤΑ

6.5.1.1 Keel plate (έλασμα τρόπιδας) - KPL1

Παρατηρείται μια διαφορά της τάξης των 2 mm στα απαιτούμενα πάχη τόσο στο Net όσο και στο Gross.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του IACS απαιτείται το καθαρό πάχος του ελάσματος της τρόπιδας, να μην λαμβάνεται μικρότερο από το προσφερόμενο καθαρό πάχος (offered net thickness) του γειτονικού ελάσματος πλάτους 2 μέτρων του πυθμένα.

Συνεπώς με προσφερόμενο καθαρό πάχος 15 mm του πρώτου ελάσματος του πυθμένα (BTM1) μετά της τρόπιδας, τα αποτελέσματα του IACS software είναι ορθά και για τα δύο αμπάρια που μοντελοποιήθηκαν.

Παρόλα αυτά, ο κανονισμός δεν αναφέρει ρητά, ότι πρέπει να ισχύει το ίδιο στο μικτό πάχος του ελάσματος, όμως αυτό προσδιορίζεται αυτόματα με βάση το καθαρό πάχος συν το πάχος λόγω φθοράς.

Στην πράξη φαίνεται ότι το καράβι που εξετάζεται σε αυτή την εργασία, ότι αφορά τον πυθμένα έχει κατασκευαστεί με πάχη μεγαλύτερα των απαιτήσεων του κανονισμού IACS, δηλαδή είναι overscantlings.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του MARS2000 παρατηρείται ότι το απαιτούμενο έλασμα της τρόπιδας είναι αυξημένο σε σχέση με του πυθμένα, παρόλο που οι υπολογιζόμενες πιέσεις είναι ίδιες. Συνεπώς λαμβάνει υπόψη προσαύξηση στο έλασμα της τρόπιδας, αλλά όχι το προσφερόμενο πάχος του γειτονικού ελάσματος.

6.5.1.2 Bilge plate (έλασμα κυρτού γάστρας) - BLG1

Παρατηρείται και σε αυτό το έλασμα μια ίδια διαφορά της τάξης των 2 mm στα απαιτούμενα πάχη τόσο στο Net όσο και στο Gross, όπως και στο έλασμα της τρόπιδας προηγουμένως.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του IACS και εδώ απαιτείται το καθαρό πάχος του ελάσματος του κυρτού της γάστρας, να μην λαμβάνεται μικρότερο από το προσφερόμενο

καθαρό πάχος (offered net thickness) του γειτονικού ελάσματος του πυθμένα ή των πλευρών του εξωτερικού περιβλήματος, όποιο είναι μεγαλύτερο από τα δύο.

Συνεπώς με προσφερόμενο καθαρό πάχος 13 mm του πρώτου ελάσματος του πυθμένα (BTM6) πριν του κυρτού της γάστρας, που είναι μεγαλύτερο του πλευρικού ελάσματος, τα αποτελέσματα του CSR software συνάδουν με τους κανονισμούς IACS Common Structural Rules και για τα δύο αμπάρια που μοντελοποιήθηκαν.

6.5.1.3 Shear Strake (σειρά ελασμάτων ζωστήρα) - WSS1

Σε αυτό το έλασμα παρατηρείται η ίδια διαφορά με την ίδια αιτιολογία, ως ανωτέρω.

Δηλαδή υπάρχει μια διαφορά της τάξης των 2 mm στα απαιτούμενα πάχη τόσο στο Net όσο και στο Gross, όπως και στο έλασμα της τρόπιδας.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του IACS απαιτείται το καθαρό πάχος του ελάσματος του ζωστήρα, να μην λαμβάνεται μικρότερο από το προσφερόμενο καθαρό πάχος (offered net thickness) του γειτονικού ελάσματος πλάτους 2 μέτρων των πλευρών του εξωτερικού περιβλήματος.

Συνεπώς με προσφερόμενο καθαρό πάχος 16 και 16.5 mm του πρώτου γειτονικού ελάσματος του εξωτερικού περιβλήματος (SHL7), τα αποτελέσματα του CSR software συνάδουν με τους κανονισμούς IACS Common Structural Rules και για τα δύο αμπάρια που μοντελοποιήθηκαν.

6.5.1.4 Stringer plate (έλασμα κρουζέτου) - MDK1

Το ίδιο συμβαίνει και σε αυτό το έλασμα, που όμως η διαφορά των δύο λογισμικών είναι στο διπλάσιο, δηλαδή η διαφορά είναι της τάξης των 9 mm στα απαιτούμενα πάχη τόσο στο Net όσο και στο Gross.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του IACS απαιτείται το καθαρό πάχος του ελάσματος του κρουζέτου, να μην λαμβάνεται μικρότερο από το προσφερόμενο καθαρό πάχος (offered net thickness) του γειτονικού ελάσματος του καταστρώματος.

Συνεπώς με προσφερόμενο καθαρό πάχος 22 mm του πρώτου γειτονικού ελάσματος του καταστρώματος (MDK2), τα αποτελέσματα του CSR software συνάδουν με τους κανονισμούς IACS Common Structural Rules και για τα δύο αμπάρια που μοντελοποιήθηκαν.

6.5.1.5 Hatch Coaming (έλασμα κουβούσι αμπαριού) - HCO1.

Στο έλασμα του Hatch Coaming παρατηρείται μια μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο προγραμμάτων, το λογισμικό MARS2000 που έχει τα χαμηλότερα πάχη και για τα δύο αμπάρια, έχει υπολογίσει το ελάχιστο πάχος σε σχέση με τις πιέσεις που δέχεται το έλασμα, αλλά και από το ελάχιστο πάχος που απαιτούν οι κανονισμοί. Έτσι ως ελάχιστο πάχος θεωρούνται τα 7.5 mm που είναι και το net thickness, όπου προσθέτοντας σε αυτό 3.5 mm, πάχος για την διάβρωση καταλήγει σε 11.0 mm ως gross thickness.

Στο 2ο μέρος των κανονισμών CSR στο κεφάλαιο 6 βρίσκεται πλήρη ανάλυση για την διαστασιολόγηση των κουβουσιών. Σύμφωνα με αυτό η πλευρική πίεση του κύματος P_c λαμβάνεται:

$$P_c = 220 \text{ kN/ m}^2$$

Πάνω στο κουβούσι, εκτός του No.1 μπροστινού εγκάρσιου κουβουσιού.

Στην περίπτωση που το αμπάρι φορτώνεται με θαλασσινό έρμα, εφαρμόζεται στο κουβούσι η εσωτερική πίεση από το υγρό.

Το καθαρό πάχος του ελάσματος στο κουβούσι, δεν πρέπει να λαμβάνεται λιγότερο από την τις ακόλουθες τιμές:

$$t = 0.016b \sqrt{\frac{P_c}{0.95R_{eH}}}$$

$$t = 9.5 \text{ mm}$$

θεωρώντας τις ακόλουθες τιμές:

$$P_c = 264 \text{ kN/ m}^2 \text{ (τιμή υπολογισμένη από το MARS2000)}$$

$$b = 623 \text{ mm (πλάτος ελάσματος που ισούται με την ισαπόσταση των ενισχυτικών)}$$

$$R_{eH} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Το } t \text{ του ελάσματος κουβουσιού} = 9.0 \text{ mm}$$

$$\text{Από τα ανωτέρω λαμβάνεται } t = 9.5 \text{ mm}$$

Στο πρόγραμμα CSR software, στην intermediate ανάλυση δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα:

$$t_{\min} = 6.33 \text{ mm}$$

$$t_{\text{slosh}} = 0.00 \text{ mm}$$

$$t_{\text{spl}} = 9.50 \text{ mm} / Y = 19.666 \text{ m}$$

$t_{slend} = 7.22 \text{ mm}$ / Loading Condition: Heavy Ballast

$t_{req} = 5.07 \text{ mm}$

Ότι αφορά το πρόγραμμα CSR software θα μπορούσε κάποιος να υποθέσει ότι έχει ληφθεί ως πάχος το $t_{gross} = 14.0 \text{ mm}$ του ελάσματος του καταστρώματος (MDK4) που υπολογίστηκε από το πρόγραμμα στην περιοχή που είναι γειτονικό με το κουβούσι.

Σημείωση: το πάχος του ελάσματος κουβουσιού, στα σχέδια του πλοίου παρατηρείται διαφοροποίηση, έτσι στην Μέση Τομή εμφανίζεται 12.0 mm χωρίς προσδιορισμό ποιότητας χάλυβα, το οποίο σημαίνει απλό Ναυπηγικό Χάλυβα, ενώ στα κατασκευαστικά σχέδια του SIDE STRUCTURES IN CARGO HOLD AREA (INCLUDING UPPER WING TANK STRUCTURE) εμφανίζεται 12.0 mm AH32 και 13.0 mm AH36 , ενώ στην μοντελοποίηση το πάχος έλαβε την τιμή των $22.0 \text{ mm AH32 / AH36}$ (MARS2000), όπως είναι τα γειτονικά ελάσματα.

6.5.1.6 Inner Bottom (έλασμα διπυθμένου) - INB1

Στο πρώτο έλασμα του διπυθμένου (INB1- Inner Bottom), για το αμπάρι No.3, παρατηρείται διαφορά μεταξύ των δύο προγραμμάτων, όπου δικαιολογείται από τα δεδομένα που έχουν ληφθεί, δηλαδή το πλάτος και το ανυποστήριχτο μήκος του ελάσματος: MARS2000

7 - Pipe Tunnel Tank Top -> Spacing = 610 mm , Span = 1290 mm

13 - Tank Top -> Spacing = 810 mm , Span = 2580 mm

Επειδή τα ελάσματα 13 του Tank Top έχουν σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα, θεωρείται βάσιμο ότι η διαφορά αυτή οφείλεται στις διαστάσεις του ελάσματος.

Για περαιτέρω σύγκριση και κατανόηση των αποτελεσμάτων, προτείνεται να ελεγχθούν τα αναλυτικά αποτελέσματα που δίνονται στα παραρτήματα.

Αξίζει να παρατηρηθεί ότι για το αμπάρι No. 4 και 2, στα ελάσματα του διπυθμένου (7 - Tank Top) στο λογισμικό MARS2000, το απαιτούμενο καθαρό πάχος από τις πιέσεις υπολογίζεται γύρω στα 13.0 mm , προσθέτοντας 5.5 mm ως πάχος λόγω φθοράς, το $t_{gross} = 18.5 \text{ mm}$. Το πρόγραμμα όμως δίνει υψηλότερο πάχος ελάσματος $t_{gross} = 20.5 \text{ mm}$.

Η ανωτέρω διαφορά οφείλεται, χωρίς όμως να αναφέρεται στα αποτελέσματα, από την ελάχιστη απαίτηση πάχους λόγω της αρπάγης των $M_{GR} = 20$ τόνων που χρησιμοποιείται για το άδειασμα από τα αμπάρια του φορτίου χύδην.

Συγκεκριμένα οι κανονισμοί IACS - CSR στην ενότητα 6 ADDITIONAL CLASS NOTATION GRAB, αναφέρουν ότι το ελάχιστο καθαρό πάχος του ελάσματος του διπυθμένου t_{GR} , λαμβάνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$t_{GR} = 0.62 \sqrt{bk} \left(\frac{M_{GR}}{20} \right)^{0.25}$$

όπου:

$b = 810$ mm (ισαπόσταση ενισχυτικών ή πλάτος ελάσματος)

$k = 0.72$ (ο συντελεστής του υλικού για AH36, όπως αναλύθηκε στο κεφ. 2.7 στην παρούσα μελέτη).

$M_{GR} = 20$ t

$$\Rightarrow t_{GR} = 15.0 \text{ mm}$$

Στο ανωτέρω καθαρό πάχος, προσθέτοντας το πάχος λόγω φθοράς καταλήγουμε στο μικτό πάχος ελάσματος διπυθμένου 20.5 mm

Επιπρόσθετα σε αυτά, το λογισμικό CSR software έχει υπολογίσει αυτόματα και τα στοιχεία φόρτωσης με Steel Coil σε όλα τα αμπάρια με βάρος 20.0 τόνων.

6. 5.1.7 Watertight Bottom Girder (έλασμα στεγανής σταθμίδας) -WBG1

Στην πρώτη πλευρική σταθμίδα του διπυθμένου, ενώ είναι στεγανή και λαμβάνει πιέσεις από το διπλανό διαμέρισμα του διπυθμένου που είναι δεξαμενή θαλάσσιου έρματος, το λογισμικό MARS2000, ενώ υπολογίζει τις πιέσεις από τον ερματισμό της δεξαμενής WB, το αποτέλεσμα είναι το ίδιο με τις υπόλοιπες σταθμίδες του διπυθμένου.

Ελέγχοντας διεξοδικά τα αποτελέσματα και από τα δύο λογισμικά, παρατηρείται ότι οι πιέσεις που εξασκούνται στο έλασμα είναι $P_s = 212$ kN/ m², υπολογίζουν έτσι το ίδιο πάχος απαιτούμενου καθαρού ελάσματος τα 9.0 mm. Παρόλα αυτά το λογισμικό CSR software ανεβάζει το πάχος στα 16.0 mm και με την πρόσθεση των 2.5 mm λόγω φθοράς φτάνει τα 18.5 mm ως μικτό πάχος ελάσματος. Από την ανάλυση Intermediate Report που είναι 148 σελίδες και δεν έχει συμπεριληφθεί στην παρούσα μελέτη (για να μειωθεί ο όγκος της), εκφράζεται απαιτούμενο πάχος ελάσματος 15.86 δηλαδή 16.0 mm από την κατάσταση

φόρτωσης: Harbour/Test condition, ενώ το αντίστοιχο πάχος του λογισμικού MARS2000 είναι $t_{Test} = 8.28 \text{ mm}$.

Διευκρινίζεται ότι στο λογισμικό MARS2000 το Load Test Height δόθηκε 20.92 m/BL , ενώ το λογισμικό CSR software το υπολογίζει αυτόματα. Επίσης και στα δύο προγράμματα έχει δοθεί το ίδιο ύψος του εξαεριστικού της δεξαμενής.

6.5.2 ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ

6.5.2.1 Απαιτούμενη Ροπή Αντίστασης των ενισχυτικών.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων, ότι αφορά τα ελάσματα έχουν πολύ κοντινά αποτελέσματα, που απορρέει το συμπέρασμα τόσο οι πιέσεις όσο και οι προσαυξήσεις λόγω φθοράς είναι ορθά υπολογισμένες.

Όμως ότι αφορά τα αποτελέσματα της απαιτούμενης Ροπής Αντίστασης των ενισχυτικών εμφανίζονται μεγάλες διαφορές, ενώ τα πάχη των ενισχυτικών t_{w_net} είναι ίδια.

Ελέγχοντας δειγματοληπτικά τα αποτελέσματα των προγραμμάτων έχουμε τα ακόλουθα:

Για το CARGO HOLD No.3 - Inner Bottom Longitudinal No. 4

MARS2000

Panel: 13 - Tank Top			
	Actual	Rule	Case
Gross			
W	687.60	594.02	
Tw Mini.	11.0	11.0	
Tfl Mini.			
BFI Mini.			
Net			
W Load	584.79	505.20	FSM2
W Test	584.79	329.89	
Shr Tw Load	8.00	5.71	BSP1
Shr Tw Test	8.00	3.53	
Eta Bu. Over.	0.04	1.00	HSM2
Eta Bu. Sti.	0.56	1.00	HSM2
Inertia Mini.	1.50e4	1.98e3	
Tw Mini.	8.0	8.0	Prop
Tfl Mini.			
BFI Mini.			
HGS Bend.	124.30	263.89	Flood
Load Modulus, W			
W	505.20	BULKAM 1 FSM2	
ps	277.30	pw	4.46 (KN/m2)
Sig hg	-127.92	Cs	0.640 (N/mm2)
Spac	0.810	Span	2.330 (m)

CSR software

Stiffener Name	Profile	Y (mm)	Z (mm)	Spacing, s (mm)	Span, l _{bdg} (mm)	Span, l _{shr} (mm)									
Loading Condition	Design Load Set	Dominant Load Case	P (kN/m ²)	Z _{req} (cm ³)	Z _{off} (cm ³)	Z _{req,steel} (cm ³)	Z _{slosh} (cm ³)	Z _{pl-req} (cm ³)	Z _{pl-off} (cm ³)						
Loading Condition	Design Load Set	Dominant Load Case	P (kN/m ²)	t _{w-req} (mm)	t _{w-impact} (mm)	t _{w-req,steel} (mm)	t _{w-min} (mm)	t _{w-max} (mm)	t _{f-min} (mm)						
Moment of Inertia I _{st} (cm ⁴)	Coefficient, C	a _{eff} (cm ²)	Length, l (m)	t _{w-slend} (mm)	t _{f-slend} (mm)	b _{f,req} (mm)	b _{f,off} (mm)	Buckling Ratio	σ _a (N/mm ²)	σ _b (N/mm ²)	σ _w (N/mm ²)	σ _x (N/mm ²)	τ (N/mm ²)		
Corrosion, t _c (mm)	t _{c1} (mm)	PSM					PSM+1								
		Fatigue life T _F (years)	D _{corr}	D _{air}	T _c	Fatigue life T _F (years)	D _{corr}	D _{air}	T _c						
t _{w-req-group} (mm)	Z _{req-group} (cm ³)														
4	300x11 BP	2,840	1,780	810	2,580	2,175									
Alternate Partially Filled	BC_8	None	257.0	607	573	429	21		650						
Alternate Partially Filled	BC_7	BSP_1P	345.2	5.78		5.28	6.24	31.00							
1,976	1.43	137.43	2,580	8.19				0.59	100.4	93.5	0.0				
3.0	1.2	577.8	0.044	0.007	10	937.2	0.027	0.003	10						
5.78	607														

Τα ανωτέρω αποτελέσματα έχουν εξαχθεί για το MARS2000 απευθείας από το λογισμικό και για το CSR software από το Intermediate Report, ακολουθούν τα αποτελέσματα που βρίσκονται στο παράρτημα:

MARS2000

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case	sigApBu	sigCritBu	
4	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	505.20	-127.92	277.30	4.46	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.74		277.30	99.68	BULKAM 1-BSP1			
		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
1.20						HSM		0.00	0.00

CSR software

Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w,net} (mm)			t _{f,net} (mm)		Breadth of Flange b _f (mm)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Fatigue life, T _F (years)		Buckling Ratio	Corrosion addition t _c (mm)	Plastic Net Section Modulus Z _{pl} (cm ³)	
			Reqd.	Offered	Reqd.	Max Allwd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	PSM	PSM+1			Reqd.	Offered
4	300x11 BP	AH36	607	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	577.8	937.2	0.59	3.0		650

Παρατηρείται μια μικρή διαφοροποίηση ως προς το ανυποστήριχτο μήκος των ενισχυτικών (κόκκινο πλαίσιο), το οποίο θα μπορούσε να δικαιολογήσει μια μικρή διαφορά στα αποτελέσματα της Ροπής Αντίστασης.

Για περαιτέρω ανάλυση προτείνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων για τα ενισχυτικά όπως αναφέρονται στα παραρτήματα.

6. 5.2.2 Απαιτούμενο πάχος ενισχυτικών καταστρώματος.

Ελέγχοντας τα αποτελέσματα και στα δύο προγράμματα, παρατηρείται ότι ενώ δεν παρουσιάζεται πρόβλημα αντοχής στην απαιτούμενη Ροπή Αντίστασης, εμφανίζεται απαιτούμενο καθαρό πάχος ενισχυτικού 22.5 mm, ενώ το προσφερόμενο είναι 18.5 mm.

Σε δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, μειώνοντας στο μοντέλο το ύψος των ενισχυτικών, μειωνόταν αντίστοιχα και το απαιτούμενο καθαρό πάχος του ενισχυτικού.

Στο τμήμα 1 κεφάλαιο 8 (Buckling) στην ενότητα 2 SLENDERNESS REQUIREMENTS των κανονισμών CSR και στην παράγραφο 3.1.1 υπάρχει αναφορά στο καθαρό πάχος σε σχέση με το ύψος του ενισχυτικού.

Συγκεκριμένα το καθαρό πάχος του ενισχυτικού πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη σχέση:

a) Stiffener web plate:

$$t_w \geq \frac{h_w}{C_w} \sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

Όπου:

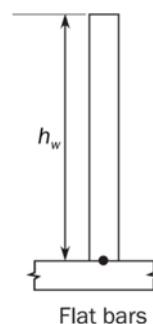
$C_w = 45$ (συντελεστής λεπτότητας για βολβολάμες)

$h_w = 400$ mm

$R_{eH} = 355$

Λύνοντας την ανωτέρω σχέση το ελάχιστο καθαρό πάχος του ενισχυτικού είναι:

$$t_w = 22.35 \text{ mm} \rightarrow 22.5 \text{ mm}$$



Συνεπώς σύμφωνα με τα ανωτέρω και τα δύο προγράμματα λαμβάνουν υπόψη τους το ελάχιστο πάχος ενισχυτικού για λυγισμό.

Κεφάλαιο 7: ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.

Στο τμήμα 1, κεφάλαιο 7, δίνονται οι απαιτήσεις των κανονισμών για την άμεση ανάλυση αντοχής, για τα πλοία μήκους L από 150 m και άνω. Συγκεκριμένα για την αξιολόγηση της διαστασιολόγησης (scantlings) της κατασκευαστικής δομής του κύτους, χρησιμοποιώντας την ανάλυση των πεπερασμένων στοιχείων.

Η ανάλυση των πεπερασμένων στοιχείων αποτελείται από τρία μέρη:

- α) Ανάλυση χώρων φορτίου (Cargo Hold) για την εκτίμηση της αντοχής των διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων, των κύριων ενισχυτικών και τα διαφραγμάτων (φρακτών).
- β) Ανάλυση λεπτού πλέγματος, για την εκτίμηση λεπτομερών τάσεων, σε τοπικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες.
- γ) Ανάλυση πολύ λεπτού πλέγματος, για την εκτίμηση της κόπωσης κατασκευαστικών λεπτομερειών.

Ο βασικός σκοπός της εκτίμησης αντοχής, που πραγματοποιείται με την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων, είναι να επαληθεύσει ότι η διαστασιολόγηση της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, συμμορφώνει με τα κριτήρια αποδοχής που καθορίζονται για:

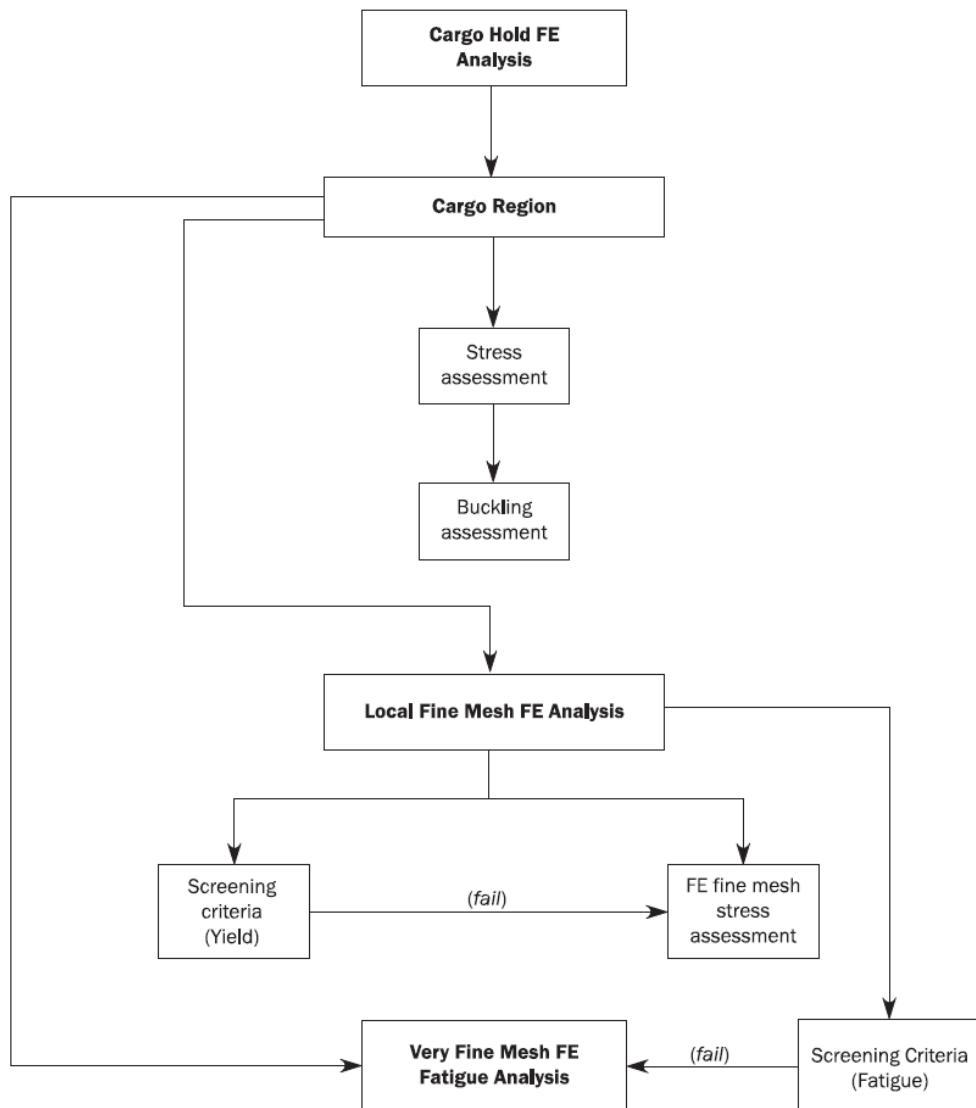
- Κατασκευαστική ανάλυση της δομής των χώρων αποθήκευσης φορτίου.
- Τοπική κατασκευαστική ανάλυση της δομής του πλοίου.

Εφαρμόζεται σε ολόκληρη την περιοχή αποθήκευσης φορτίου (αμπάρια).

Η ανάλυση πρέπει να επαληθεύσει τα ακόλουθα:

- α) Τα μεγέθη των δυνάμεων, να βρίσκονται εντός των αποδεχτών όριων αντοχής, των υλικών κατασκευής του πλοίου.
- β) Η ικανότητα λυγισμού των ελασμάτων και των ενισχυτικών, να βρίσκονται εντός των κριτηρίων αποδοχής για το κάμψη όπως ορίζονται στους κανονισμούς.
- γ) Η ικανότητα κόπωσης των δομικών λεπτομερειών, να βρίσκεται εντός των κριτηρίων αποδοχής

Το Διάγραμμα ροής της ελάχιστης απαίτηση για την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων φαίνεται στο Σχήμα 15.



Σχήμα 15: Διάγραμμα ροής της ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων.

Η δομική αξιολόγηση πρέπει να βασίζεται σε γραμμική ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων τρισδιάστατων κατασκευαστικών μοντέλων. Οι γενικοί τύποι πεπερασμένων στοιχείων που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση των πεπερασμένων στοιχείων δίνονται στον Πίνακα 3.

Τύπος πεπερασμένου στοιχείου	Περιγραφή
Στοιχείο ράβδου (ή στηρίγματος) <i>Rod (or truss) element</i>	Γραμμικό στοιχείο με μόνο αξονική ακαμψία και σταθερή διασταυρωμένη περιοχή διατομής κατά μήκος του στοιχείου.
Στοιχείο δοκού <i>Beam element</i>	Γραμμικό στοιχείο με αξονική, στρεπτική και αμφίδρομη διάτμηση και ακαμψία στη κάμψη και με σταθερές ιδιότητες κατά μήκος του στοιχείου.
Στοιχείο κελύφους (ή ελάσματος) <i>Shell (or plate) element</i>	Στοιχείο κελύφους με ακαμψία εντός επιπέδου και ακαμψία στη κάμψη εκτός επιπέδου με σταθερό πάχος.

Πίνακας 3: Τύποι πεπερασμένων στοιχείων

Γενικά θεωρούνται επαρκείς για την αναπαράσταση της δομής της γάστρας, τα γραμμικά στοιχεία (ράβδοι) με δύο κόμβους, και έλασμα με στοιχεία τεσσάρων κόμβων. Ωστόσο, στοιχεία υψηλότερης τάξης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν.

Οποιοδήποτε πρόγραμμα υπολογισμού πεπερασμένων στοιχείων, σύμφωνα με τον κανονισμό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των δυνάμεων και την παραμόρφωση της δομής του κύτους, υπό την προϋπόθεση ότι τα συνδυασμένα αποτελέσματα της κάμψης, της διάτμησης, των αξονικών και στρεπτικών παραμορφώσεις εξετάζονται.

Ο προσδιορισμός της πραγματικής κατασκευαστικής απόκρισης, από το σύστημα ενίσχυσης του πλοίου, πραγματοποιείται από την θέση του ουδέτερου άξονα του πλοίου, με την εκκεντρότητα του. Θεωρείται πραγματικό για τα ενισχυμένα ελάσματα, τόσο σε αυτά που εξασκούνται πάνω τους φορτία πλευρικής πίεσης, όσο και σε αυτά που δεν εξασκείται πλευρική πίεση.

Ο κοινός τρόπος μοντελοποίησης όλων των ενισχυτικών, ελαχιστοποιεί την εμφάνιση διαφορετικών αποτελεσμάτων, εφαρμόζοντας καλύτερα τους κανονισμούς.

Η μοντελοποίηση των ελασμάτων για τα πρωτογενή (primary) υποστηριζόμενη μέλη, κανονικά απαιτούν τη χρήση στοιχείων με λόγο διαστάσεων άνω των 3. Αυτά είναι επαρκή για να αντιπροσωπεύουν λάμες, στα πέλματα (φλάντζες) των ενισχυτικών και να μεταφέρουν κύριες αξονικές δυνάμεις.

7.1 Αναλογία διαστάσεων

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων έχουν περιορισμούς σε σχέση με το πλέγμα που χρησιμοποιούν. Στοιχεία με υψηλό λόγο διαστάσεων καθώς και παραμορφωμένα στοιχεία θα δώσουν ανακριβή αποτελέσματα και θα πρέπει να αποφεύγονται. Θεωρείται ότι τα στοιχεία με λόγο διαστάσεων που δεν υπερβαίνει τα 3 επαρκούν για να επιτευχθούν σωστά αποτελέσματα για τις αναλύσεις πεπερασμένων στοιχείων που απαιτούνται από τους κανόνες.

Η μοντελοποίηση των ελασμάτων και ενισχυτικών του πλοίου θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά με την πραγματική δομή του, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ασυμφωνία των

αποτελεσμάτων κατά την εφαρμογή των κανονισμών. Επιπλέον, το πλέγμα μοντελοποίησης των ελασμάτων όταν ακολουθεί το σύστημα των ενισχυτικών, εξαλείφει την ανάγκη προσέγγισης των ιδιοτήτων της ομάδας ενισχυτικών από ένα στοιχείο μιας γραμμής στις άκρες ενός στοιχείου πλάκας.

Οι πιέσεις που δημιουργούνται από το φορτίο μέσα στα αμπάρια, σε ένα πολύ χονδροειδές πλέγμα που δεν αναπαριστάται σωστά τη γεωμετρία του, δεν προορίζεται να καθορίσει τις πιέσεις σε δομικά στοιχεία με λεπτομέρειες και ασυνέχειες.

Αντ' αυτού, χρησιμοποιείται λεπτή ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων πλέγματος για τον προσδιορισμό τέτοιων πιέσεων.

7.2 Συνθήκη φόρτωσης φορτίου για πλοία τύπου BC-A

Δεδομένου ότι το εξεταζόμενο πλοίο είναι τύπου Φορητό χύδην κατηγορίας BC-A οι συνθήκες φόρτωσης σύμφωνα με το κεφ. 4.1 και για μη περιορισμένους πλόες ισχύουν τα κάτωθι:

- Η ομοιογενής κατάσταση φόρτωσης φορτίου, πρέπει να εμπεριέχει πυκνότητα φορτίου τέτοια που να αντιστοιχεί σε 100% γέμισμα των αμπαριών, συμπεριλαμβάνοντας και τα κουβούσια, στο μέγιστο βύθισμα υπολογισμού με τις δεξαμενές έρματος άδειες. (Απαίτηση BC-C, BC-B και BC-A).
- Επιπρόσθετα η ομοιογενής κατάσταση φόρτωσης φορτίου πρέπει να εμπεριέχει πυκνότητα φορτίου ίση με 3.0 t/m^3 και όλα τα αμπάρια φορτίου να λαμβάνονται με την ίδια αναλογία πλήρωσης (μάζα φορτίου/κυβική χωρητικότητα αμπαριού), στο μέγιστο βύθισμα υπολογισμού με τις δεξαμενές έρματος άδειες. (Απαίτηση BC-B και BC-A).
- Επίσης τουλάχιστον μία κατάσταση φόρτωση μη ομοιογενής, με καθορισμένα κενά αμπάρια, με πυκνότητα φορτίου 3.0 t/m^3 και την ίδια αναλογία πλήρωσης (μάζα φορτίου/κυβική χωρητικότητα αμπαριού) σε όλα τα φορτωμένα αμπάρια φορτίου, στο μέγιστο βύθισμα υπολογισμού με τις δεξαμενές έρματος άδειες. (Απαίτηση BC-A).

Για τους απευθείας υπολογισμούς με πεπερασμένα στοιχεία, πρέπει να εφαρμοστούν τα ακόλουθα μοτίβα φόρτωσης:

A) Οποιοδήποτε αμπάρι, μεταφέρει MFull με γεμάτες δεξαμενές πετρελαίου στην περιοχή του αμπαριού, στο βύθισμα σχεδιασμού, θα είναι 100% γεμάτο, έτσι ώστε οι δεξαμενές θαλάσσιου έρματος του διπυθμένου, που βρίσκονται στην περιοχή του αμπαριού, να είναι άδειες.

B) Οποιοδήποτε αμπάρι φορτίου, μεταφέρει τουλάχιστον 50% MH, στο βύθισμα σχεδιασμού, οι δεξαμενές θαλάσσιου έρματος του διπυθμένου, που βρίσκονται στην περιοχή του αμπαριού, να είναι άδειες.

Γ) Οποιοδήποτε αμπάρι φορτίου είναι άδειο, με όλες τις δεξαμενές διπυθμένου στο αμπάρι φορτίου να είναι άδειες, στο βαθύτερο βύθισμα έρματος. Όπου μια δεξαμενή Topside και το αντίστοιχο διπύθμενο συνδέονται μόνιμα ως μια κοινή δεξαμενή, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες συνθήκες:

- Η άνω (Topside) δεξαμενή και το διπύθμενο να είναι άδεια,
- Η άνω (Topside) δεξαμενή και το διπύθμενο να είναι γεμάτα.

7.3 Εναλλακτικές καταστάσεις φόρτωσης μόνο για πλοία τύπου BC-A.

Ισχύουν οι ακόλουθες εναλλακτικές καταστάσεις φόρτωσης:

α) Αμπάρια φορτίου που προορίζονται να είναι άδεια στο βύθισμα υπολογισμού, θα είναι άδεια με όλες τις δεξαμενές στην περιοχή του διπυθμένου να είναι επίσης κενές.

β) Αμπάρια φορτίου που προορίζονται να φορτωθούν με φορτίο υψηλής πυκνότητας, που μεταφέρουν MHD συν 10% MH, στην κατάσταση μερικής πλήρωσης (partially filled) με την υψηλότερη πυκνότητα, στο βύθισμα υπολογισμού, οι δεξαμενές πετρελαίου, εάν υπάρχουν, να είναι 100% γεμάτες και οι δεξαμενές θαλάσσιου έρματος στο διπύθμενο να είναι άδειες, που βρίσκονται στην περιοχή του αμπαριού.

γ) Αμπάρια φορτίου που προορίζονται να φορτωθούν με φορτίο υψηλής πυκνότητας, που μεταφέρουν MHD συν 10% MH σε πλήρη κατάσταση με τη χαμηλότερη πυκνότητα οι δεξαμενές πετρελαίου στο αμπάρι φορτίου, εάν υπάρχει, να είναι 100% γεμάτες και οι δεξαμενές θαλάσσιου έρματος στο διπυθμένο να είναι άδειες που βρίσκονται στην περιοχή του αμπαριού, στο βύθισμα υπολογισμού scantling.

δ) Εάν το πλοίο προορίζεται να λειτουργεί σε κατάσταση εναλλακτικού φορτίου μπλοκ, οποιαδήποτε δύο παρακείμενα αμπάρια φορτίου πρέπει να φορτωθούν με τα επόμενα αμπάρια να είναι άδεια, μεταφέροντας 10% MH σε κάθε αμπάρι επιπλέον του μέγιστου φορτίου σύμφωνα με την μελετημένη κατάσταση φόρτωσης, με τις δεξαμενές πετρελαίου στην περιοχή του αμπαριού φορτίου, εάν υπάρχουν, να είναι 100% γεμάτες και οι δεξαμενές

θαλάσσιου έρματος στο διτύθμενο στην περιοχή του αμπάρου φορτίου να είναι άδειες, στο βύθισμα υπολογισμού. Κατά τη λειτουργία η μέγιστη επιτρεπόμενη μάζα πρέπει να περιορίζεται στο μέγιστο φορτίο σύμφωνα με τις συνθήκες φόρτωσης σχεδιασμού.

7.4 ΦΟΡΤΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Οι συνδυασμοί φορτίου σχεδιασμού για ανάλυση FE δίνονται ως εξής:

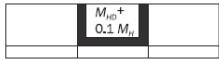

	Midship cargo hold region	Outside midship cargo hold region	Aftmost cargo hold	Foremost cargo hold
BC-A - EA	Table 12	Table 15	N/A	N/A
BC-A - FA	Table 13	Table 16	Table 18	Table 20
BC-B & BC-C	Table 14	Table 17	Table 19	Table 21

Note 1: Outside midship cargo hold region means the forward or aft cargo hold region except the foremost and aftmost cargo holds

Πίνακας 4: Συνδυασμοί φορτίου σχεδιασμού για φορηγά φορτίου χύδην (οι πίνακες αντιστοιχούν στους κανονισμούς IACS-CSR, για αυτή την εργασία ο Πίνακας 13 αντιστοιχεί στον Πίνακα 5 που ακολουθεί)

Για το πλοίο που εξετάζεται σε αυτή την διπλωματική εργασία, έχει γίνει επιλογή της εναλλακτικής φόρτωσης, που περιγράφεται στο Παράρτημα II, από το εγχειρίδιο φόρτωσης του πλοίου.

Σύμφωνα με τον πίνακα 4, για την περιοχή του μέσου τμήματος του πλοίου, επιλέγεται ο πίνακας 5, ως ακολούθως και την κατάσταση δυναμικής φόρτισης FSM-2.

No.	Description Req ^t ref	Loading pattern	Aft	Mid	Fore	Draught	C_{BM-LC} : % of perm. SWBM	C_{SF-LC} : % of perm. SWSF	Dynamic load case
10 (2)	Alternate load partial [4.2.3] items a and b	 				T_{SC}	100% (hog.)	100% (10)	FSM-2
								Max SFLC	HSM-2
								100%	OST-2P/S
								0%	100% (8)
	Max SFLC	HSM-1							
	100% (9)	FSM-1							
	Max SFLC	HSM-1							
	100%	BSP-1P/S							
		OST-1P/S							

Πίνακας 5 : Συνδυασμοί φορτίου για FE, που ισχύουν για φορτωμένο αμπάρι σε εναλλακτική κατάσταση BC-A (FA) - περιοχή μεσαίου τμήματος πλοίου.

(2) Η μέγιστη πυκνότητα φορτίου 3.0 t/m^3 όπως ορίστηκε προηγουμένως πρέπει να χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της πίεσης του φορτίου.

(8) Για το μεσαίο αμπάρι όπου $xb-aft \leq 0.5L$ και $xb-fwd \geq 0.5L$, η δύναμη διάτμησης πρέπει να τοποθετηθεί στην τιμή στόχο στο οπίσθιο διάφραγμα του μεσαίου αμπαριού.

(9) Για το ενδιάμεσο αμπάρι, όπου $xb-aft \leq 0.5L$ και $xb-fwd \geq 0.5L$, η δύναμη διάτμησης πρέπει τοποθετηθεί στην τιμή στόχο στο εμπρόσθιο διάφραγμα του μεσαίου αμπαριού.

(10) Αυτός ο συνδυασμός φορτίου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μόνο για το μεσαίο αμπάρι, όπου $xb-aft > 0.5L$ ή $xb-fwd < 0.5L$

Στους κανονισμούς IACS-CSR υπάρχει αντίστοιχος πίνακας με διευκρινήσεις, για την αξιολόγηση της κόπωσης, που σε αυτή την διπλωματική εργασία δεν αναλύεται αυτό το φαινόμενο.

7.5 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΩΝ FE

Ένας συνδυασμός φορτίου FE ορίζεται ως ένα μοτίβο φόρτωσης, ένα βύθισμα, μια τιμή κάμψης ακίνητου νερού και διατμητικής δύναμης, συνδυαζόμενα με μια δεδομένη περίπτωση δυναμικού φορτίου.

7.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΟΡΤΩΣΗΣ

Βάρος κατασκευής

Η επίδραση του βάρους της δομής του κύτους, πρέπει να περιλαμβάνεται στα στατικά φορτία, αλλά δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στα δυναμικά φορτία.

Εξωτερικά και εσωτερικά φορτία

Εξωτερική πίεση

Η εξωτερική πίεση πρέπει να υπολογίζεται για κάθε περίπτωση φορτίου.

Οι εξωτερικές πιέσεις περιλαμβάνουν την στατική θαλάσσια πίεση, την πίεση των κυμάτων και την πίεση της πράσινης θάλασσας (green sea pressure), αυτό που ονομάζεται ζωντανό κύμα.

Οι δυνάμεις που ασκούνται στο κάλυμμα του κουβουσιού (hatch cover) από την πίεση της πράσινης θάλασσας πρέπει να κατανεμηθούν κατά μήκος του άνω μέρους των αντίστοιχων κουβουσιών.

Η συνολική δύναμη πρέπει να κατανεμηθεί στο συνολικό μήκος των κουβουσιών χρησιμοποιώντας μια μέση γραμμή φορτίου. Το αποτέλεσμα του ιδίου-βάρους του καλύμματος της καταπακτής (κουβούσι) αγνοούνται στα φορτία που εφαρμόζονται στη δομή του πλοίου.

Εσωτερική πίεση

Η εσωτερική πίεση πρέπει να υπολογίζεται για κάθε περίπτωση φορτίου σύμφωνα με τα ανωτέρω (Πίνακες 4 και 5 για την παρούσα μελέτη), επίσης για το φορτίο σχεδιασμού τα σενάρια που δίνονται βρίσκονται στις επόμενες ενότητες που ακολουθούν.

Οι εσωτερικές πιέσεις περιλαμβάνουν στατικό ξηρό και υγρό φορτίο, έρμα και άλλα πίεση υγρού, πίεση ρύθμισης στη βαλβίδα εκτόνωσης και δυναμική πίεση ξηρού και υγρού φορτίου έρματος και άλλων πίεση υγρού λόγω επιτάχυνσης.

Εφαρμογή πίεσης στα πεπερασμένα στοιχεία FE

Σταθερή πίεση, υπολογισμένη στο κέντρο του στοιχείου, εφαρμόζεται στο στοιχείο κελύφους των φορτωμένων επιφανειών, π.χ. εξωτερικό κέλυφος και κατάστρωμα για εξωτερική πίεση και όρια δεξαμενής/αμπαριού για εσωτερική πίεση. Εναλλακτικά, η πίεση μπορεί να υπολογιστεί σε κόμβους στοιχείων εφαρμόζοντας γραμμική κατανομή πίεσης εντός των στοιχείων.

Φορτία κύτους ως δοκός

Κάθε συνθήκη φόρτωσης πρέπει να συσχετίζεται με τα αντίστοιχα φορτία του κύτους ως δοκός, τα οποία πρέπει να εφαρμοστούν στο μοντέλο, σύμφωνα με τις διαδικασίες που περιγράφονται στους IACS-CSR κανονισμούς κεφ. [4.4] για τη δύναμη διάτμησης και τη ροπή κάμψης και στο [4.5] για στρεπτική ροπή.

Τα φορτία κύτους ως δοκός είναι οι συνδυασμοί φορτίων σε ακίνητο νερό και επαγόμενων κυμάτων. Για κάθε συνδυασμό φορτίων που απαιτείται από τα πεπερασμένα στοιχεία FE και που προκαλείται από το κύμα στην γάστρα του πλοίου, πρέπει να υπολογίζονται με τους Συντελεστές Συνδυασμού Φορτίου (LCFs).

Κύρια σενάρια σχεδιασμού φορτίων

Τα κύρια σχεδιαστικά σενάρια φορτίων δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 6.

Design load scenario		Harbour and sheltered water and testing	Seagoing conditions with extreme sea loads	Ballast water exchange ⁽⁴⁾	Accidental flooded conditions ⁽⁴⁾		
Load components		Static (S)	Static + Dynamic (S+D)	Static + dynamic (S+D)	Static (A: S)	Static + dynamic (A: S+D)	
Hull Girder	VBM	M_{sw-p}	$M_{sw} + M_{wv-LC}$	$M_{sw} + M_{wv-LC}$	$M_{sw-f}^{(2)}$	$M_{sw-f} + M_{wv-LC}^{(3)}$	
	HBM	-	M_{wh-LC}	M_{wh-LC}	-	$M_{wh-LC}^{(3)}$	
	VSF	Q_{sw-p}	$Q_{sw} + Q_{wv-LC}$	$Q_{sw} + Q_{wv-LC}$	-	$Q_{sw-f} + Q_{wv-LC}^{(3)}$	
	TM	-	M_{wt-LC}	M_{wt-LC}	-	-	
Local Loads	P_{ex}	External deck for green sea	-	P_D	-	-	
		Hull envelope	P_S	$P_S + P_W$	$P_S + P_W$	-	-
	P_{in}	Ballast tanks ⁽¹⁾	$Max (P_{Is}, P_{St})$	$P_{Is} + P_{Id}$	$P_{Is} + P_{Id}$	-	-
		Liquid cargo tanks			-	-	
		Other tanks			-	-	
	Watertight boundaries		-	-	-	P_{fs}	$P_{fs} + P_{fd}$
	Cargo holds		P_{bs}	$P_{bs} + P_{bd}$	-		
	P_{dk}	Internal decks for dry spaces	P_{dl-s}	$P_{dl-s} + P_{dl-d}$	-	-	-
		External deck for distributed loads	P_{dl-s}	$P_{dl-s} + P_{dl-d}$	-	-	-
External deck for heavy units		F_{U-s}	$F_{U-s} + F_{U-d}$	-	-	-	
<p>(1) WB cargo hold is considered as ballast tank except for design load scenario 'ballast water exchange'.</p> <p>(2) M_{sw-f} used for hull local scantling of watertight bulkhead</p> <p>(3) Hull girder strength check is performed according to Ch 5, Sec 1 for bulk carriers having a length L of 150 m or above</p>							

Πίνακας 6 : Βασικά σενάρια φορτίων σχεδιασμού

7.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΟΥΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΟ ΑΜΠΑΡΙ Νο. 3

Τα ακόλουθα δεδομένα έχουν ληφθεί από το εγχειρίδιο φόρτωσης του πλοίου:

Ειδικό βάρος φορτίου: 3.00 t/m^3

Βάρος φορτίου στην κατάσταση φόρτωσης: 19466.80 t

Όγκος φορτίου: $19466.80 / 3.00 = 6488.93 \text{ m}^3$

Από τους πίνακες χωρητικότητας του πλοίου, εμφανίζονται τα ακόλουθα:

Για όγκο φορτίου Ύψος φορτίου (από διπύθμενο)

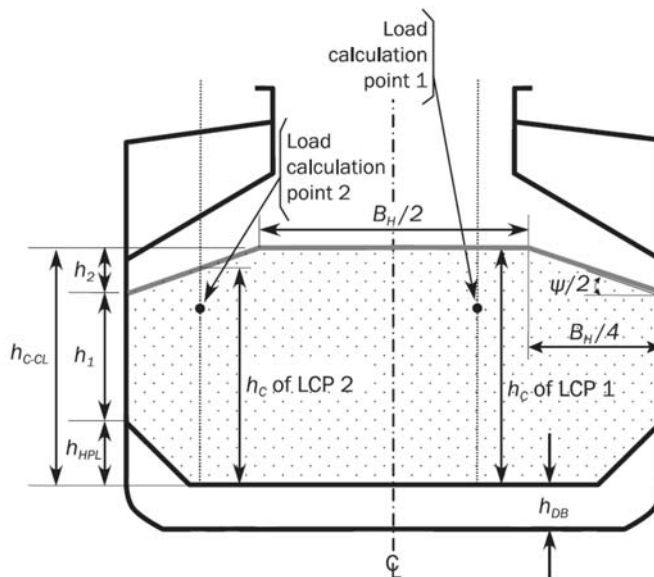
(m ³)	(m)
6423.49	7.40
6520.57	7.50
6488.93	hc

=> με γραμμική παρεμβολή hc = 7.469 m

Το ανωτέρω ύψος φορτίου hc, έχει υπολογισθεί με ειδικό βάρος φορτίου 3.00 t/m³ σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνονται από το εγχειρίδιο φόρτωσης και δεν χρησιμοποιήθηκε η προσεγγιστική μέθοδος που αναφέρεται στους κανονισμούς.

Το ύψος του διπυθμένου είναι: h_{DB} = 1.78 m

Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν, για την αξιολόγηση των χύμα πιέσεων για το αμπάρι No.3, όπως υπολογίστηκαν από το λογισμικό MARS2000, παρατίθενται στην επόμενη σελίδα και είναι προσεγγιστικές:



Σχήμα 16 : Διευκρίνιση της ενεργής ανώτερης επιφάνειας του φορτίου για ένα μερικώς γεμάτο φορτίο όταν το HI ≥ 0

Values used to evaluate bulk pressures

Bulk compartment on section is Cargo Hold No.3

Intersection between hopper tank and side shell:

y coordinate	16.130 m
z coordinate	5.900 m

Intersection between top side tank and side shell:

y coordinate	16.130 m
z coordinate	13.800 m

Upper deck level 18.420 m

Shaded area S0 110.769 m²

Trapezoidal area between inner bottom and intersection of hopper tank and side shell
114.866 m²

h_c values as computed by default at section's x = 99.28 m

h_c if fully filled hold 16.145 m

h_c homogeneous loading condition if partially filled hold 6.042 m

h_c alternate loading condition if partially filled hold with M_{HD} + 0.1 * M_H 9.422 m

h_c alternate loading condition if partially filled hold with M_{HD} 9.055 m

h_c values as used in the bulk pressure computations

h_c if fully filled hold 16.145 m

h_c homogeneous loading condition if partially filled hold 6.042 m

h_c alternate loading condition if partially filled hold with M_{HD} + 0.1 * M_H 9.422 m

h_c alternate loading condition if partially filled hold with M_{HD} 9.055 m

Εφαρμογή για πεπερασμένα στοιχεία FE

Πρέπει να εφαρμοστεί η ακόλουθη διαδικασία για τα φορτία πίεσης των χύδην φορτίων, που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση FE:

- α) Προσδιορίζεται το h_c σύμφωνα με τα ανωτέρω, για μερικώς γεμάτο φορτίο αμπαριού.
- β) Προσδιορίζεται η αντίστοιχη στατική πίεση και η στατική διάτμηση, όπως ορίζονται από τους κανονισμούς, χρησιμοποιώντας το ρ_c και αυτά εφαρμόζονται στο μοντέλο FE.
- γ) Υπολογίζεται η πραγματική μάζα φορτίου, M_{actual}, σε t.
- δ) Προσδιορίζεται η ενεργή πυκνότητα φορτίου, σε t / m³:

$$\rho_{eff} = \frac{M}{M_{actual}} \rho_c$$

- ε) Υπολογίζεται η τελική κατανομή πίεσης και το φορτίο διάτμησης χρησιμοποιώντας το ρ_{eff} αντί για το ρ_c.

7.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ (Dry bulk cargo static pressure).

Η μάζα ξηρού φορτίου και η πυκνότητα του φορτίου λαμβάνονται ως εξής:

Για την αξιολόγηση αντοχής στην άθικτη κατάσταση: οι τιμές της ορίζονται στον Πίνακα 7 που ακολουθεί.

Για την αξιολόγηση αντοχής σε κόπωση και σε κατάσταση κατάκλισης, ορίζονται από τους Πίνακες 2 και 3 των κανονισμών, που όμως δεν εξετάζονται στην παρούσα μελέτη.

Ship type	Cargo mass Cargo density	Homogeneous loading condition		Alternate loading condition	
		Fully filled hold	Partially filled hold	Fully filled hold	Partially filled hold
No BC notation	M	$M = M_{Full}$	N/A		N/A
	ρ_c	Maximum value specified in the loading manual			
BCC	M	$M = M_{Full}$	N/A		N/A
	ρ_c	$\rho_c = \frac{M_{Full}}{V_{Full}}$			
BC-B	M	$M = M_{Full}$	$M = M_H$		N/A
	ρ_c	$\rho_c = \frac{M_{Full}}{V_{Full}}$	$\rho_c = 3.0^{(1)}$		
BC-A	M	$M = M_{Full}$	$M = M_H$	$M = M_{HD} + 0.1M_H$	$M = M_{HD} + 0.1M_H$
	ρ_c	$\rho_c = \frac{M_{Full}}{V_{Full}}$	$\rho_c = 3.0^{(1)}$	$\rho_c = \frac{M_{HD} + 0.1 M_H}{V_{Full}}$	$\rho_c = 3.0^{(1)}$

(1) To be taken as 3.0 unless an alternative maximum cargo density is specified in the loading manual.

Πίνακας 7 : Μάζα και πυκνότητα ξηρού φορτίου χύδην, για εκτίμηση αντοχής σε άθικτη κατάσταση.

$$\rho_{eff} = M * \rho_c / M_{actual} = 3.175 \text{ t/m}^3$$

Όπου:

$\rho_c = 3.00 \text{ t/m}^3$ ειδικό βάρος φορτίου (μέγιστο στην κατηγορία BC),

$M = M_{HD} + 0.1M_H = 20603.18 \text{ t}$ (Ξηρό χύδην φορτίο και πυκνότητα φορτίου για την αξιολόγηση αντοχής στην άθικτη κατάσταση)

$M_{actual} = 19466.80 \text{ t}$ (από το εγχειρίδιο φόρτωσης για το αμπάρι Νο. 3).

$M_H = 11363.80 \text{ t}$ (το βάρος (μάζα) του φορτίου, μέσα σε ένα αμπάρι, το οποίο αντιστοιχεί στην ομοιογενείς κατάσταση φόρτωσης, με μέγιστο βύθισμα και τα αναλώσιμα 50%.)

$M_{HD} = 19466.80 \text{ t}$ (μέγιστη επιτρεπόμενο βάρος φορτίου, σε ένα αμπάρι, σύμφωνα με τις καταστάσεις φόρτωσης σχεδιασμού, με καθορισμένα άδεια αμπάρια, στο μέγιστο βύθισμα με 50% αναλώσιμα και όλες τις δεξαμενές θαλάσσιου έρματος άδειες στην περιοχή των αμπαριών.

7.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ (Dry bulk cargo static pressure)

Ο υπολογισμός της στατικής πίεσης του φορτίου προσδιορίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$P_{bs} = \rho_c g K_c (Z_c - Z) \text{ (στατική πίεση σε kN/m}^2\text{, αλλά όχι μικρότερη από 0).}$$

Όπου:

$$\rho_c = \rho_{eff} = 3.175 \text{ t/m}^3 \text{ (όπως υπολογίστηκε προηγούμενος)}$$

$$Z_c = h_{DB} + h_c = 9.249 \text{ m (ύψος τα ανώτερης επιφάνειας του φορτίου από την βασική γραμμή/base line).}$$

Συντελεστής K_c

Ο συντελεστής K_c που χρησιμοποιείται στην σχέση προσδιορισμού του P_{bs} , υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$K_c = \cos^2 \alpha (1 - \sin \Psi) \sin^2 \alpha \text{ (για inner bottom, hopper tank, transverse and longitudinal bulkheads, lower stool, vertical upper stool, inner side and side)}$$

$$K_c = 0 \text{ (για topside tank, main deck and sloped upper stool).}$$

Όπου:

α = γωνία σε μοίρες, μεταξύ του ελάσματος που εξετάζουμε και του οριζοντίου επιπέδου, μετρούμενο από τα σχέδια.

Έτσι έχουμε τις ακόλουθες γωνίες:

$$0^\circ \text{ for T.T.}$$

$$43^\circ \text{ for Hopper}$$

$$90^\circ \text{ for Side Shell \& Vertical Bhd}$$

$$51^\circ \text{ for Bhd stool}$$

$\psi = 30$ μοίρες γενικά (υποθέτουμε ότι είναι η γωνία ανάπαυσης, του φορτίου χύδην)
 Συνοψίζοντας τα ανωτέρω ο συντελεστής K_c για διάφορα κατασκευαστικά μέρη του πλοίου υπολογίζεται:

Kc:	1	for T.T.
	0.8808028	for Hopper
	0.399615	for Side Shell
	0.6206477	for Bhd stool

Τέλος η στατική πίεση για διάφορα μέρη που επηρεάζονται από το φορτίο υπολογίζεται:

Pbs (kN/m ²)	z (m)	Κατασκευαστικό μέρος
288.10	0.00	Tank Top
253.76	0.00	Hopper on T.T.
251.70	2.06	Hopper Middle
249.64	4.12	Hopper Top
111.01	4.12	Side Shell in same position
109.34	5.79	Shell Middle Cargo
107.66	7.47	Shell Top Cargo
178.81	0.00	Lower Stool on T.T.
177.22	1.59	Lower Stool Middle
175.63	3.18	Lower Stool Upper
111.95	3.18	Lower Stool Vertical same position
107.66	7.47	Lower Stool Vertical top Cargo
VERTICAL BHD:		
115.13	0.00	On Tank Top
107.66	7.47	on Cargo Top

Πίνακας 8 : Προσδιορισμός στατική πίεσης του φορτίου στα κατασκευαστικά μέρη.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

- Οι ανωτέρω στατικές πιέσεις εφαρμόζονται κάθετα στην επιφάνεια του εξεταζόμενου κατασκευαστικού μέλους.

- Όλα τα ενδιάμεσα σημεία μεταβάλλονται γραμμικά, με αποτέλεσμα στο 3Δ μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων, έχουν δοθεί οι αρχικές και οι τελικές πιέσεις, ενώ οι ενδιάμεσες έχουν τριγωνική μορφή.

7.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΣΤΟ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΛΑΣΜΑ ΤΟΥ ΔΙΠΥΘΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΡΑΚΤΩΝ (hopper tank and lower stool).

Ο υπολογισμός της στατικής πίεσης P_{bs-s} λόγω διάτμησης, που οφείλεται στις βαρυτικές δυνάμεις του φορτίου μέσα στο αμπάρι και που εφαρμόζεται στο κεκλιμένο έλασμα του διπυθμένου και στο χαμηλότερο κεκλιμένο έλασμα των εγκάρσιων στεγανών φρακτών προσδιορίζεται από την επόμενη μαθηματική σχέση:

$$P_{bs-s} = \rho_c g \frac{(1 - K_c) (z_c - z)}{\tan \alpha}$$

Όπου:

$\rho_c = \rho_{eff} = 3.175 \text{ t/m}^3$ (όπως υπολογίστηκε προηγούμενος)

$K_c =$ ως ανωτέρω, για κάθε κατασκευαστικό έλασμα.

$Z_c = h_{DB} + h_c = 9.249 \text{ m}$ (ως ανωτέρω)

$Z =$ το ύψος του φορτίου από το διπύθμενο (ως ανωτέρω).

$\alpha =$ γωνία σε μοίρες (ως ανωτέρω).

Η πίεση P_{bs-s} μετριέται σε kN/m^2 και είναι θετική προς κάθετα προς τα κάτω στο έλασμα.

Pbs – s=	36.826	Hopper on T.T.
	28.624	Hopper Middle
	20.423	Hopper Top

Pbs – s=	88.503	Lower Stool on T.T.
	73.289	Lower Stool Midle
	58.075	Lower Stool Upper

7.11 Περιγραφή των δυναμικών περιπτώσεων φορτίου

Στον Πίνακα 9 περιγράφονται οι αποκρίσεις των πλοίων και τα γενικά φορτία που αντιστοιχούν σε κάθε δυναμική κατάσταση φόρτωσης, που πρέπει να ληφθεί υπόψη για την αξιολόγηση της αντοχής.

Loadcase	HSM-1	HSM-2	HSA-1	HSA-2	FSM-1	FSM-2
EDW	HSM		HSA		FSM	
Heading	Head		Head		Following	
Effect	Max. bending moment		Max. vertical acceleration		Max. bending moment	
VWBM	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging
VWSF	Negative-aft Positive-fore	Positive-aft Negative-fore	Negative-aft Positive-fore	Positive-aft Negative-fore	Negative-aft Positive-fore	Positive-aft Negative-fore
HWBM	-	-	-	-	-	-
TM	-	-	-	-	-	-
Surge	To stern	To bow	To stern	To bow	To bow	To stern
a_{surge}						
Sway	-	-	-	-	-	-
a_{sway}	-	-	-	-	-	-
Heave	Down	Up	Down	Up	-	-
a_{heave}					-	-
Roll	-	-	-	-	-	-
a_{roll}	-	-	-	-	-	-
Pitch	Bow down	Bow up	Bow down	Bow up	Bow up	Bow down
a_{pitch}						

Πίνακας 9 : Αποκρίσεις πλοίων για HSM, HSA και FSM καταστάσεις φόρτωσης
- Αξιολόγηση αντοχής.

7.12 Συντελεστές συνδυασμών φορτίων

Οι συντελεστές συνδυασμών φορτίων, LCFs για τα γενικά φορτία και τα αδρανειακά εξαρτήματα φορτίου (inertia load components) για την αξιολόγηση της αντοχής ορίζονται στον Πίνακα 10 για καταστάσεις φόρτωσης HSM, HSA και FSM.

Οι κανονισμοί IACS-CSR διαθέτουν και άλλους αντίστοιχους πίνακες LCFs για καταστάσεις φόρτωσης:

BSR και BSP καθώς και για OST και OSA.

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

Πίνακας 10 : Συντελεστές συνδυασμών φορτίων, LCFS για HSM, HSA και FSM καταστάσεις φόρτωσης - Αξιολόγησης αντοχής

Υπολογίζοντας τους ανωτέρω συντελεστές έχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Load component		LCF	FSM-2
Hull girder loads	MWV	CWV	1
	QWV	CQW	1
	MWH	CWH	0
	MWT	CWT	0
Longitudinal accelerations	asurge	CXS	0.2
	apitch-x	CXP	-0.15
	$g\sin\phi$	CXG	0.2
Transverse accelerations	asway	CYS	0
	aroll-y	CYR	0
	$g\sin\theta$	CYG	0
Vertical accelerations	aheave	CZH	0
	aroll-z	CZR	0
	apitch-z	CZP	-0.15

\leq Frame 113	-1 $>$ Frame 113
------------------	-------------------------

Διευκρινίζεται ότι οι τιμές στην δεύτερη οριζόντια γραμμή μεταβάλλεται σε + 1 σε θέσεις πριν τον νομέα 113 και σε - 1 εμπρός του νομέα 113.

Επειδή ο συντελεστής f_{lp} ανάλογα με την θέση κατά το διάμηκες του πλοίου που εξετάζουμε υπολογίζεται από:

$$f_{lp} = 1.0 \text{ for } x/L \leq 0.5$$

$$f_{lp} = -1.0 \text{ for } 0.5 < x/L$$

Με $L = 182.56 \text{ m}$ Rule length / 2 = 91.28 m = Fr. 112.698 \approx Fr. 113

f_{xL} = είναι ο λόγος μεταξύ της συντεταγμένης X του σημείου της φόρτισης και του L , λαμβάνεται ως:

$$f_{xL} = \frac{X}{L}$$

Αλλά να μην παίρνεται μικρότερο από το 0.0 ή μεγαλύτερο από το 1.0 .

$f_T = 1$ είναι ο λόγος μεταξύ βυθίσματος στην κατάσταση φόρτωσης και στο βύθισμα υπολογισμών, να λαμβάνεται ως:

$$f_T = \frac{T_{LC}}{T_{SC}}$$

Αλλά να μην παίρνεται μικρότερο από 0.5.

7.13 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ

Το πρόγραμμα MARS2000 υπολογίζει τις επιταχύνσεις, ανάλογα με την κατάσταση φόρτωσης που έχει το πλοίο.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την φόρτωση που έχουμε επιλέξει (Alternate Heavy cargo 12.950 μέτρα βύθισμα) παρουσιάζεται ακολούθως:

BASIC DATA MARS

Ship motions (strength assesment 10-8)

Surge acceleration 0.792 m/s²

(Επιτάχυνση στον άξονα X)

Sway acceleration 1.188 m/s²

(Επιτάχυνση στον άξονα Y)

Heave acceleration 3.959 m/s²

(Επιτάχυνση στον άξονα Z)

Roll acceleration	0.128 m/s ²
Roll amplitude	25.560 deg
Roll period	11.720 s
Pitch acceleration	0.055 m/s ²
Pitch amplitude	10.457 deg
Pitch period	11.845 s

Επιταχύνσεις πλοίου στο κέντρο βάρους του

Οι ανωτέρω επιταχύνσεις που υπολογιστήκαν από το λογισμικό MARS2000 λαμβάνονται ως ακολούθως:

$$a_{surge} = 0.2 fp \ a_0 \ g = 0.79182094 \text{ m/s}^2$$

$$a_{sway} = 0.3 fp \ a_0 \ g = 1.188 \text{ m/s}^2 \text{ (από τα ανωτέρα αποτελέσματα του MARS2000)}$$

$$a_{heave} = fp \ a_0 \ g = 3.959 \text{ m/s}^2 \text{ (από τα ανωτέρα αποτελέσματα του MARS2000)}$$

$$a_{roll} = f_p \ \theta \ \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_\theta} \right)^2 = 0.12822282 \text{ m/s}^2$$

$$a_{pitch} = f_p \left(\frac{3.1}{\sqrt{gL}} + 1.0 \right) \ \varphi \ \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_\varphi} \right)^2 = 0.055 \text{ m/s}^2 \text{ (από τα ανωτέρα αποτελέσματα του MARS2000)}$$

όπου:

$a_0 = 0.403578462$ Παράμετρος επιτάχυνσης, που πρέπει να ληφθεί ως εξής:

$$a_0 = (1.58 - 0.47C_B) \left(\frac{2.4}{\sqrt{L}} + \frac{34}{L} - \frac{600}{L^2} \right)$$

$fp = fps = 1$ συντελεστής για αξιολόγηση αντοχής.

$fps = 1$ συντελεστής για το σενάριο φόρτωσης ακραίων θαλάσσιων φορτίων.

$T_\theta = 11.719 \text{ s}$ η περίοδος Roll

$$T_\theta = \frac{2.3\pi \ K_r}{\sqrt{g \ GM}}$$

$K_r = 0.40 \ B = 12.904 \text{ m}$ ακτίνα περιστροφής Roll, στην θεωρούμενη κατάσταση φόρτωσης.

$$GM = 0.20 B = 6.452 \text{ m}$$

Λαμβάνεται από τις τιμές στον Πίνακα 11.

Loading condition ^{(1) (2) (4)}		Application	T_{LC}	k_r	GM
Full load condition	Homogeneous loading	All bulk carriers	T_{SC}	0.35B	0.12B
	Alternate heavy cargo	BC-A		0.40B	0.20B
	Alternate light cargo	BC-A		0.35B	0.12B
	Homogeneous heavy cargo	BC-B, BC-A		0.42B	0.25B
Steel coil loading ⁽³⁾		All bulk carriers designated for the carriage of steel products		0.42B	0.25B
Heavy ballast condition		All bulk carriers	T_{BAL-H}	0.40B	0.25B
Normal ballast condition		All bulk carriers	T_{BAL}	0.45B	0.33B
<p>(5) For Multi-port (MP) loading conditions with draught greater than or equal to $0.9T_{SC}$, the values of k_r and GM, unless provided in the loading manual, are to be taken as those from the most appropriate full load condition.</p> <p>For Multi-port (MP) loading conditions with draught between T_{BAL-H} and $0.9T_{SC}$, the values of k_r and GM, unless provided in the loading manual, are to be obtained by linear interpolation, based on the draught, between the heavy ballast condition and the most appropriate full load condition.</p> <p>For Multi-port (MP) loading conditions with a draught below T_{BAL-H}, the values of k_r and GM for the heavy ballast condition are to be used.</p> <p>(6) For flooded loading conditions, the values of k_r and GM, unless provided in the loading manual, are to be taken as those for the full load condition.</p> <p>(7) When steel coil loading condition is provided by the designer according to Ch 1, Sec 2, [3.6] in the loading manual, this condition is to be assessed with draught, k_r and GM values given in this table.</p> <p>(8) Block Loading conditions are to be assessed with draught, k_r and GM values given in this table for Homogeneous heavy cargo loading condition.</p>					

Πίνακας 11 : Συντελεστές συνδυασμών φορτίων, LCFS για HSM, HSA και FSM καταστάσεις φόρτωσης - Αξιολόγησης αντοχής

$\theta = 25.560^\circ$ η γωνία Roll χρησιμοποιώντας f_p ίσο με 1.0.

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

$f_{BK} = 1$ για πλοίο με παρατροπίδα.

$T_\phi = 11.845 \text{ s}$ η περίοδος Pitch (ελήφθη από τα ανωτέρα αποτελέσματα του MARS2000)

$$T_\phi = \sqrt{\frac{2\pi \lambda_\phi}{g}}$$

$$\lambda_\phi = 0.6 (1 + fT) L$$

$\phi = 10.457^\circ$ η γωνία Pitch χρησιμοποιώντας f_p ίσο με 1.0 (ελήφθη από τα ανωτέρα αποτελέσματα του MARS2000)

$$\phi = 1350 f_p L^{-0.94} \left\{ 1.0 + \left(\frac{2.57}{\sqrt{gL}} \right)^{1.2} \right\}$$

7.14 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕ ΣΗΜΕΙΟ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΩΣΕΩΝ

Οι επιταχύνσεις που εφαρμόζονται στις καταστάσεις δυναμικών φορτίων, λαμβάνονται ως:

$$a_x = -C_{XG} g \sin\phi + C_{XS} a_{\text{surge}} + C_{XP} a_{\text{pitch}} (z - R)$$

$$a_y = C_{YG} g \sin\theta + C_{YS} a_{\text{sway}} - C_{YR} a_{\text{roll}} (z - R)$$

$$a_z = C_{ZH} a_{\text{heave}} C_{ZR} a_{\text{roll}} y - C_{ZP} a_{\text{pitch}} (x - 0.45L)$$

όπου :

a_x, a_y, a_z : Διαμήκης, Εγκάρσιες και Κατακόρυφες επιταχύνσεις σε m/s^2 στα x_G, y_G, z_G .

Λύνοντας για a_x, a_y, a_z και λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω, καταλήγουμε στις ακόλουθες σχέσεις, όπου πλέον υπάρχει μια συγκεκριμένη μεταβλητή, ανάλογα με την θέση που εξετάζεται:

$$\begin{aligned} a_x &= -0.205984 * (z - 9.00) \\ a_y &= 0 * (z - 9.00) \Rightarrow a_y = 0 \\ a_z &= 0 * y - 0.00825 * (x - 82.152) \\ &\Rightarrow a_z = +0.00825 * (x - 82.152) \end{aligned}$$

ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΟΙΟΥ ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ

CB	0.879
Scantling Draught	12.95 m
B	32.26 m
D	18.00 m
AP to AE	2.44 m

Principal design load scenarios

HULL GIRDER	$M_{sw} + M_{wv-LC}$	M_{wh-LC}	$Q_{sw} + Q_{wv-LC}$	M_{wt-LC}
External deck for green sea	PD			
Hull envelope	$PS + PW$			
Cargo holds	$Pbs + Pbd$			

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ x/L, στην αρχή και στο πέρας των αμπαριών και ενδιάμεσα.

	start FR.	x/L	end FR.	x/L
Cargo Hold No. 4	69	0.294	104	0.459
Cargo Hold No. 3	104	0.459	140	0.629
Cargo Hold No. 2	140	0.629	175	0.793
	113	0.501	70	0.3
	145	0.652	156	0.704

ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΑΡ & ΑΕ στην αρχή και στο πέρας των αμπαριών

FRAME	Distance AP	Distance AE
69	56.14	53.7
104	86.24	83.8
140	117.2	114.76
165	138.7	136.26
175	147.3	144.86

7.15 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΣΤΟ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΛΑΣΜΑ ΤΟΥ ΔΙΠΥΘΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΡΑΚΤΩΝ (hopper tank and lower stool).

Ο υπολογισμός της στατικής πίεσης P_{bs-d} λόγω διάτμησης, που οφείλεται στις δυνάμεις του φορτίου μέσα στο αμπάρι και που εφαρμόζεται στο κεκλιμένο έλασμα του διπυθμένου και στο χαμηλότερο κεκλιμένο έλασμα των εγκάρσιων στεγανών φρακτών προσδιορίζεται από την επόμενη σχέση:

$$P_{bs-d} = f_{\beta} \rho_c a_z \frac{(1 - K_c) (z_c - z)}{\tan \alpha}$$

Όπου:

$\rho_c = \rho_{eff} = 3.175 \text{ t/m}^3$ (όπως υπολογίστηκε προηγούμενος)

$K_c =$ ως ανωτέρω, για κάθε κατασκευαστικό έλασμα.

$z_c = h_{DB} + h_c = 9.249 \text{ m}$ (ως ανωτέρω)

$z = 7.469$ το ύψος του φορτίου από το διπύθμενο (ως ανωτέρω).

$\alpha =$ γωνία σε μοίρες (ως ανωτέρω).

Η πίεση P_{bs-s} μετριέται σε kN/m^2 και είναι θετική προς κάθετα προς τα κάτω του ελάσματος.

	Pbs – d		Pbs – d		Pbs – d	
	0.1329		1.1397		0.6363	Hopper on T.T.
	0.1033		0.8859		0.4946	Hopper Midle
	0.0737		0.6320		0.3529	Hopper Top
x=	86.24	x=	117.2	x=	101.72	intermediate
az=	0.033726	az=	0.289146	az=	0.161436	
	0.3195		2.7390		1.5293	Lower Stool on T.T.
	0.2646		2.2682		1.2664	Lower Stool Midle
	0.2096		1.7973		1.0035	Lower Stool Upper

7.16 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ - ΠΙΕΣΗ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Η εξωτερική πίεση P_{ex} σε οποιοδήποτε σημείο φορτίου της γάστρας, σε kN/m^2 , για στατικό (S) σενάριο φόρτωσης σχεδιασμού, λαμβάνεται ως:

$$P_{ex} = P_S \quad \text{αλλά όχι μικρότερο του } 0.$$

Η συνολική πίεση P_{ex} σε οποιοδήποτε σημείο φόρτωσης του κύτους για σενάρια σχεδιασμού στατικά συν δυναμικά (S+D), προέρχονται για κάθε περίπτωση δυναμικού φορτίου και θεωρείται ως εξής:

$$P_{ex} = P_S + P_W \quad \text{αλλά όχι μικρότερο του } 0.$$

όπου:

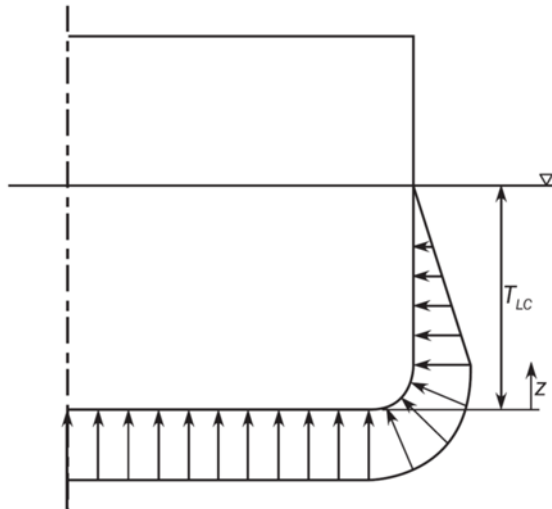
P_S : Υδροστατική πίεση, σε kN / m^2 .

P_W : πίεση κύματος, σε kN / m^2 .

Η υδροστατική πίεση, P_S σε οποιοδήποτε σημείο φορτίου, σε kN / m^2 , λαμβάνεται από τον Πίνακα 12.

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

Πίνακας 12 : Υδροστατική πίεση P_S



Σχήμα 17 : Υδροστατική πίεση P_s

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω καταλήγουμε στον ακόλουθο πίνακα, όπου υπολογίζεται η Υδροστατική πίεση σε διάφορα ύψη μέχρι το μέγιστο βύθισμα υπολογισμών.

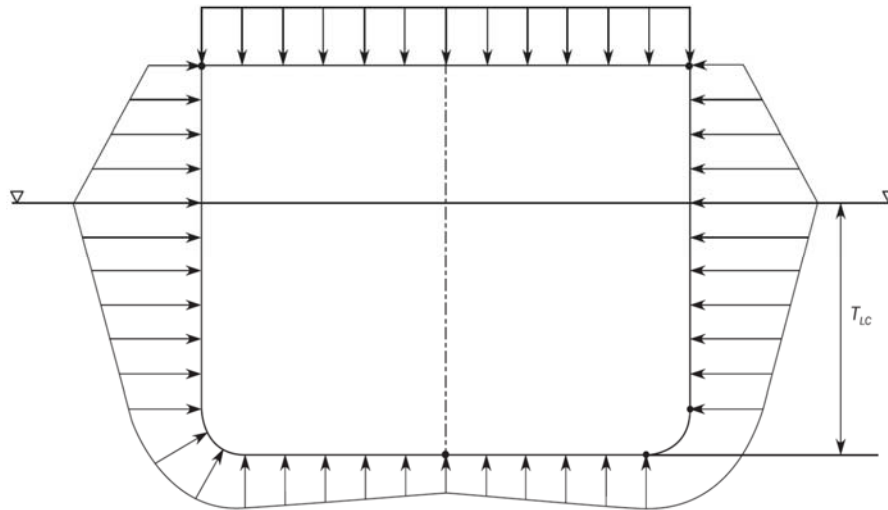
Draft	PS	Position	z / T_{LC}
12.95	130.215	Bottom	1
12.429	124.9767023	Midle round of Bilge	0.96
11.17	112.3171425	Upper Bilge / Lower Shell	0.86
6.475	65.10774375	Midle Draft	0.50
0	0	Scantling Drafts	0

7.17 Εξωτερικές δυναμικές πιέσεις για ανάλυση αντοχής

Η Υδροδυναμική πίεση P_W για καταστάσεις φόρτωσης FSM-1 και FSM-2 σε κάθε σημείο φορτιού, δίνεται από τον Πίνακα 13 και διευκρινίζεται στο Σχήμα 18

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

Πίνακας 13 : Υδροστατική πίεση P_W για FSM περιπτώσεις φορτίων



Σχήμα 18 : Εγκάρσια κατανομή στο μέσο του πλοίου δυναμικής πίεσης, για καταστάσεις φόρτωσης HSM-2, HSA-2 και FSM-2

Όπου:

$$P_{FS} = f_{\beta} f_{ps} f_{nl} f_h k_a k_{\rho} f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

$f_{\beta} = 1.05$ για περιπτώσεις φορτίου HSM και FSM, για το σενάριο φόρτωσης ακραίων θαλάσσιων φορτίων.

$f_{ps} = 1.00$ συντελεστής για αξιολογήσεις αντοχής, για το σενάριο φόρτωσης ακραίων θαλάσσιων φορτίων.

$f_{nl} = 0.9$ συντελεστής λαμβάνοντας υπόψη τις μη γραμμικές επιδράσεις, ως ακολούθως:

$f_{nl} = 0.9$ για το σενάριο ακραίων θαλάσσιων φορτίων.

$f_{nl} = 0.95$ για το σενάριο φόρτωσης ανταλλαγής νερού (δεν το λαμβάνουμε υπόψη στην παρούσα μελέτη).

$f_h = 2.6$ συντελεστής

k_a συντελεστής εύρους στη διαμήκη κατεύθυνση του πλοίου, που λαμβάνεται ως ακολούθως:

$$k_a = 1 + (3.75 - 2 f_T)(1 - 5 f_{xL})(1 - f_{yB}) \quad \text{για } f_{xL} < 0.2$$

$$k_a = 1.0 \quad \text{για } 0.2 \leq f_{xL} < 0.9$$

$$k_a = 1 + 20(1 - f_{yB})(f_{xL} - 0.9) \quad \text{για } f_{xL} \geq 0.9$$

k_p Συντελεστής φάσης που λαμβάνεται από τον Πίνακα 14. Οι ενδιάμεσες τιμές υπολογίζονται με παρεμβολή.

f_{xL}	0	$0.35 - 0.1 f_T$ = 0.25	$0.5 - 0.2 f_T$ = 0.3	0.75	0.8	1.0
k_p	$-0.75 - 0.25 f_{yB}$	-1	1	1	-1	$-0.75 - 0.25 f_{yB}$

Πίνακας 14 : Τιμές K_p για περιπτώσεις φόρτωσης FSM

Σημείωση: τα τρία αμπάρια που εξετάζονται σε αυτή τη μελέτη, ξεκινούν από το 0.294 του x/L και τελειώνουν στο 0.793 του x/L

$f_T = 1$ (όπως έχει υπολογιστεί προηγουμένως)

f_{yz} Συντελεστής διανομής περιβλήματος, που πρέπει να ληφθεί ως

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

f_{yz}		z/T_{LC}
3.000	for Bottom	1.00
2.960	Middle round of Bilge	0.96
2.863	Upper Bilge / Lower Shell	0.86
2.500	Middle Draft	0.50
2.000	Scantling Drafts	0.00

$f_{yB} = 1 = 2y/Bx$ αναλογία μεταξύ της συντεταγμένης Y του σημείου φόρτωσης και του Bx , αλλά όχι μεγαλύτερο από 1.

$C_w : 9.4773$ συντελεστής κύματος, λαμβάνεται ως ακολούθως:

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

$$C_w = 10.75 \quad 300m < L \leq 350m$$

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

$L = 182.56 \text{ m}$ μήκος υπολογισμών.

$L_0 = 182.56 \text{ m}$ μήκος κανονισμού, αλλά όχι μικρότερο από 110 m

$\lambda = 182.56 \text{ m}$ Μήκος κύματος της δυναμικής κατάστασης φορτίου, που υπολογίζεται ως:

$$\lambda = 0.6(1 + ft)L$$

PFS (kN / m ²)	
80.117	for Bottom
79.042	Midle round of Bilge
76.446	Upper Bilge / Lower Shell
76.446	Midle Draft
53.411	Scantling Drafts

Σύμφωνα με τον Πίνακα 20 η τιμή της πίεσης κύματος P_w στην περιοχή κάτω από το βύθισμα υπολογισμών, λαμβάνεται ως η μεγαλύτερη τιμή μεταξύ του PFS και του $\rho g(z-TLC)$.

Στον επόμενο πίνακα εμφανίζονται τα αποτελέσματα για το P_w :

Pw (max) (kN / m ²)	PFS		z-TLC	$\rho g(z - TLC)$	z
130.215	80.117	for Bottom	12.950	130.215	0.000
124.977	79.042	Middle round of Bilge	12.429	124.977	0.521
112.317	76.446	Upper Bilge / Lower Shell	11.170	112.317	1.780
76.446	76.446	Middle Draft	6.475	65.108	6.475
53.411	53.411	Scantling Draft	0.000	0	12.950

Τα σενάρια φορτίσεων σχεδιάση, ως άθροισμα της Στατικής μαζί με την Δυναμική (S+D) πίεση παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα :

$$P_{ex} = PS + PW$$

Draft	PS + PW (kN / m ²)	Position
12.950	260.431	Bottom
12.429	249.953	Middle round of Bilge
11.170	224.634	Upper Bilge / Lower Shell
6.475	141.554	Middle Draft
0.000	53.411	Scantling Drafts

Η πίεση κύματος P_w στην περιοχή άνω από το βύθισμα υπολογισμών μέχρι την τιμή $h_w + T_{LC}$, υπολογίζεται από τον Πίνακα 13, ως ακολούθως:

Όπου:

$$P_{w,WL} = 53.411 \text{ kN / m}^2 = P_w \text{ για } y = Bx/2 \text{ και } z = T_{LC}$$

Πίεση κύματος στην ίσαλο γραμμή, για τη θεωρούμενη δυναμική κατάσταση φορτίου (όπως υπολογίστηκε ανωτέρω).

$h_w = 5.31176 \text{ m}$ μανομετρικό ύψος (water head) στήλης υδραργύρου, που ισοδυναμεί με την πίεση στην ίσαλο γραμμή, υπολογίζεται ως εξής:

$$h_w = \frac{P_{w,WL}}{\rho g}$$

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την πίεση κύματος P_w , πάνω από την ίσαλο.

Pw (kN / m ²)		$\rho g(z - T_{LC})$
53.411	Scantling Draft	0
51.501	Topside Lower	-1.9104975
23.748	Topside middle	-29.6629875
2.632	Upper Deck at side	-50.7790125
0.000	Hatch Coaming Lower	-54.9901512

7.18 Εξωτερική πίεση σε εκτεθειμένο καταστρώματα (Upper Deck)

Η εξωτερική δυναμική πίεση λόγω των φορτίων πράσινης θάλασσας, P_D , σε οποιοδήποτε σημείο ενός εκτεθειμένου καταστρώμα, σε kN / m^2 , για το στατικό συν το δυναμικό (S + D) σενάριο φορτίων σχεδιασμού, πρέπει να προέρχονται για κάθε περίπτωση δυναμικής φορτίου και λαμβάνεται ως ακολούθως.

Η εξωτερική δυναμική πίεση, λόγω των φορτίων πράσινης θάλασσας, P_D , σε οποιοδήποτε σημείο ενός εκτεθειμένου καταστρώμα για το στατικό (S) σενάριο φορτίου σχεδιασμού λαμβάνεται ως μηδέν.

$$P_D = \chi P_w$$

Όπου:

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

$P_{W,D} = 34.3 \text{ kN / m}^2$ πίεση, όπως προσδιορίστηκε στις προηγούμενες σελίδες.

$P_{D-min} : 34.3 \text{ kN / m}^2$ ελάχιστη πίεση, που λαμβάνεται ως:

• Για ανάλυση στα αμπάρια σύμφωνα με τους κανονισμούς της απευθείας ανάλυσης (Κεφ. 7)

$P_{D-min} = 0$.

• Για άλλες περιπτώσεις : P_{D-min} όπως προσδιορίζεται στον Πίνακα 15.

$\chi = 1$ συντελεστής όπως προσδιορίζεται στον Πίνακα 16.

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

Πίνακας 15 : Ελάχιστες πιέσεις σε εκτεθειμένα καταστρώματα για τις περιπτώσεις HSM, HSA, FSM

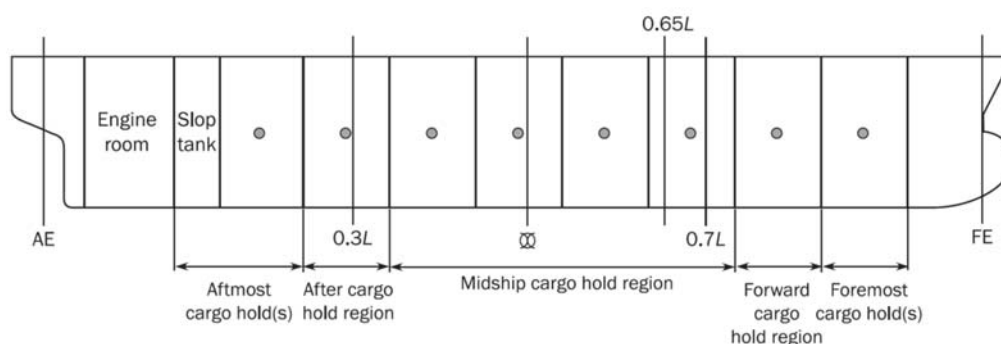
Exposed deck location	χ
Freeboard deck	1.00
Superstructure deck including forecastle deck	0.75
1 st tier of deckhouse	0.56
2 nd tier of deckhouse	0.42
3 rd tier of deckhouse	0.32
4 th tier of deckhouse	0.25
5 th tier of deckhouse	0.20
6 th tier of deckhouse	0.15
7 th tier of deckhouse and above	0.10

Πίνακας 16 : Συντελεστής πίεσης σε εκτεθειμένα καταστρώματα

Κεφάλαιο 8: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΡΙΩΝ ΑΜΠΑΡΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SOLIDWORKS

Για την μοντελοποίηση των τριών αμπαριών (Cargo Holds) No. 2,3,4, του πλοίου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SOLIDWORKS.

Η επιλογή αυτών των αμπαριών έγινε σύμφωνα με τους κανονισμούς, για την περιοχή των αμπαριών φορτίου στο μεσαίο τμήμα.



Σχήμα 19 : Ορισμός των ορίων αμπαριών φορτίου για δομική αξιολόγηση FE

Σύμφωνα με τους κανονισμούς η δομική ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων FE, πρέπει να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τα ακόλουθα:

- Μοντέλο: Μοντελοποίηση τριών αμπαριών φορτίου με:
 - Έκταση όπως αναφέρεται στο [2.2]
 - Τύποι πεπερασμένων στοιχείων όπως αναφέρεται στο [2.3]
 - Δομική μοντελοποίηση όπως ορίζεται στο [2.4]
- Οριακές συνθήκες όπως ορίζονται στο [2.5]
- Συνδυασμοί φορτίων FE όπως ορίζονται στο [3]
- Εφαρμογή των φορτίων – πιέσεων όπως ορίζεται στο [4]
- Περιοχή αξιολόγησης όπως ορίζεται στο [5.1]
- Αξιολόγηση αντοχής όπως ορίζεται στο [5.2] και [5.3]

Επίσης μοντελοποίηση απαιτείται για όλα τα κύρια διαμήκη και εγκάρσια δομικά στοιχεία. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Εσωτερικό (διπλό πέτσωμα όταν υπάρχει) και εξωτερικό κέλυφος,
- Κατάστρωμα,
- Διπύθμενο με τις έδρες και τις σταθμίδες,

- Εγκάρσιοι και κατακόρυφοι ενισχυμένοι νομείς,
- Κουβούσια αμπαριών,
- Λώροι,
- Εγκάρσιες και διαμήκειες φρακτές,
- Άλλα κύρια μέλη υποστήριξης,
- Άλλα δομικά μέλη που συμβάλλουν στη διαμήκη αντοχή (hull girder strength).

Πρέπει να μοντελοποιηθούν όλα τα ελάσματα και τα ενισχυτικά της κατασκευαστικής δομής, συμπεριλαμβανομένων των ενισχυμένων ενισχυτικών. Επίσης αγκώνες (μπρακέτα) που συμβάλλουν στην αντοχή κύριων ενισχυτικών υποστήριξης και το μέγεθος του οποίου δεν είναι μικρότερο από το τυπικό μέγεθος πλέγματος (S-by-s) που περιγράφεται στο [2.4.2].

Ο λόγος διαστάσεων των στοιχείων εξωτερικού περιβλήματος (κελύφους) γενικά να μην υπερβαίνει το 3. Η χρήση τριγωνικών στοιχείων κελύφους πρέπει να τηρούνται στο ελάχιστο.

Όπου είναι δυνατόν, ο λόγος διαστάσεων των στοιχείων κελύφους, σε περιοχές όπου υπάρχουν πιθανότητες να εμφανίζονται υψηλές δυνάμεις, πρέπει να διατηρούνται κοντά στο 1 και η χρήση τριγωνικών στοιχείων πρέπει να αποφεύγεται.

Τα ανωτέρω δεν κατέστη δυνατό να εφαρμοστούν, επειδή το πλέγμα που χρησιμοποιεί το λογισμικό SOLIDWORKS είναι τριγωνικό, αλλά και οι διαστάσεις των στοιχείων ήταν αρκετά υψηλές.

Στο Κεφ. 7 – 2.4 «Μοντελοποίηση κατασκευής» του κανονισμού IACS-CSR, δίνονται σαφής οδηγίες και προδιαγραφές για τους ανωτέρους λόγους διαστάσεων, αλλά και για το πλέγμα του μοντέλου.

Οι οριακές συνθήκες που εισάγονται στο λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων, αποτελούνται από τους άκαμπτους συνδέσμους (rigid links) στα άκρα του μοντέλου, τους περιορισμούς σημείων και τους τελικούς δοκούς.

Οι άκαμπτοι σύνδεσμοι συνδέουν τους κόμβους στα διαμήκη κατασκευαστικά μέλη στο πέρας του μοντέλου με ένα ανεξάρτητο σημείο στον ουδέτερο άξονα στην κεντρική γραμμή συμμετρίας (Center Line).

Η θέση του ουδέτερου άξονα ως προς το ύψος, για τα αμπάρια φορτίου Νο. 2 και 4 προσδιορίστηκαν πολύ κοντά και από τα δύο προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν, για την εύρεση της αντοχής της Μέσης Τομής του πλοίου και είναι ως ακολούθως :

Neutral Axis position :

CSR software: Net = 7.224 m / Gross = 7.190 m

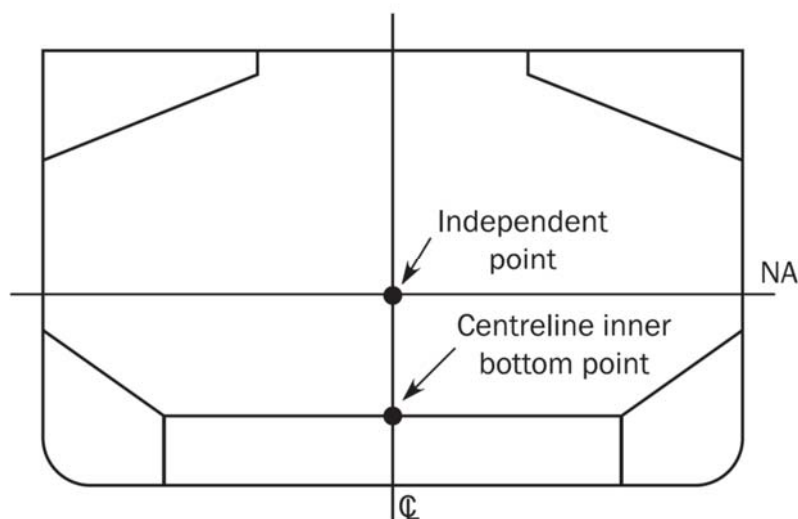
MARS software: Net = 7.22318 m / Gross = 7.18739 m

Στο μοντέλο του SOLIDWORKS χρησιμοποιήθηκε το μέσο όρο των ανωτέρω τιμών.

Οι συνοριακές συνθήκες που πρέπει να εφαρμόζονται στα άκρα των αμπαριών φορτίου στο μοντέλο FE, δίδονται στον Πίνακα 17.

Location	Translation			Rotation		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
Aft End						
Independent point	-	Fix	Fix	M_{T-end}	-	-
Cross section	-	Rigid link	Rigid link	Rigid link	-	-
	End beam, see [2.5.4]					
Fore End						
Independent point	-	Fix	Fix	Fix	-	-
Intersection of centreline and inner bottom	Fix	-	-	-	-	-
Cross section	-	Rigid link	Rigid link	Rigid link	-	-
	End beam, see [2.5.4]					
Note 1: [-] means no constraint applied (free). Note 2: See Figure 17.						

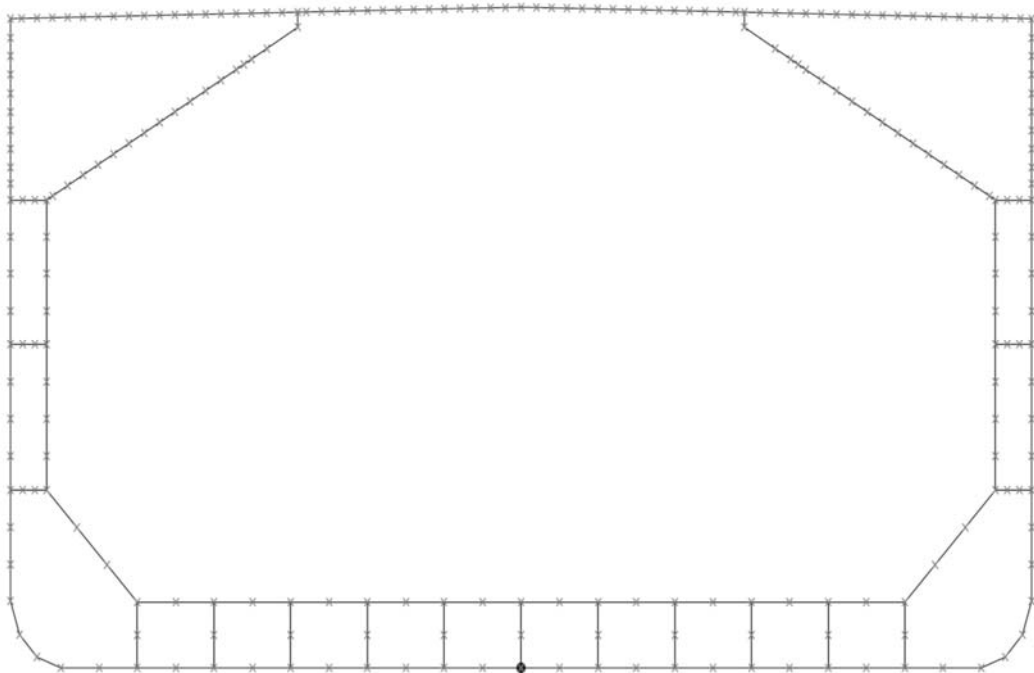
Πίνακας 17 : Συνοριακές συνθήκες στα άκρα του μοντέλου



Σχήμα 20 : Συνοριακές συνθήκες που εφαρμόζονται στα άκρα της εγκάρσιας τομής του μοντέλου

Σύμφωνα με τα ανωτέρω για το οπίσθιο ανεξάρτητο σημείο, προστίθεται απαγόρευση μετακίνησης (μη κύλιση) στους άξονες Y και Z καθώς και ροπή στον άξονα X. Στα ίδια σημεία των αξόνων, ενώνονται με άκαμπτους συνδέσμους με το τελείωμα των ενισχυτικών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 17.

Για το εμπρός ανεξάρτητο σημείο (Center Inner Bottom Point) ισχύουν παρόμοιοι κανόνες, αλλά υπάρχει ένα ακόμα σημείο στο οποίο δεν επιτρέπεται η κύλιση (μετακίνηση) στον άξονα X και αυτό βρίσκεται στην τομή του ελάσματος του διπυθμένου στο κέντρο του πλοίου.



Σχήμα 21 : Περιορισμοί στα άκρα των ενισχυτικών για ένα Φορηγό Χύδην φορτίου.

8.1 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SOLIDWORKS

Το SOLIDWORKS 3D CAD αναπτύχθηκε από την Dassault Systèmes και είναι ένα λογισμικό παραμετρικού σχεδιασμού, τρισδιάστατων σχεδίων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους περισσότερους τομείς της βιομηχανίας για τον σχεδιασμό προϊόντων.

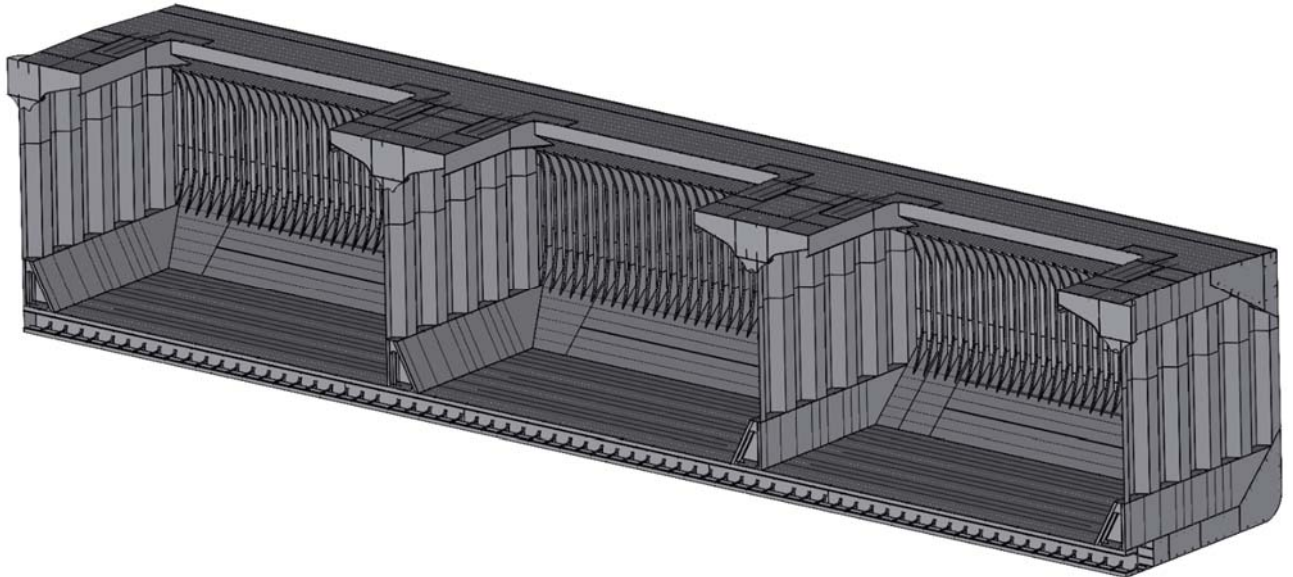
Διακρίνεται για την ευκολία σχεδίασης 3Δ και 2Δ, με έξυπνα εργαλεία για την παραμετροποίηση τους. Διαθέτει ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον, με ιδιαίτερη ευκολία τροποποιήσεων. Είναι κατάλληλο για τον σχεδιασμό εξαρτημάτων και συναρμολογημάτων, με ταυτόχρονα την δυνατότητα κίνησης τους (εξομοίωση), ώστε να ελεγχθεί η ορθή λειτουργία τους. Με την χρήση κατάλληλων εργαλείων, δίνει την δυνατότητα εκτίμησης κόστους.

Το συγκεκριμένο λογισμικό διατίθεται σε 3 πακέτα με τις ακόλουθες δυνατότητες:

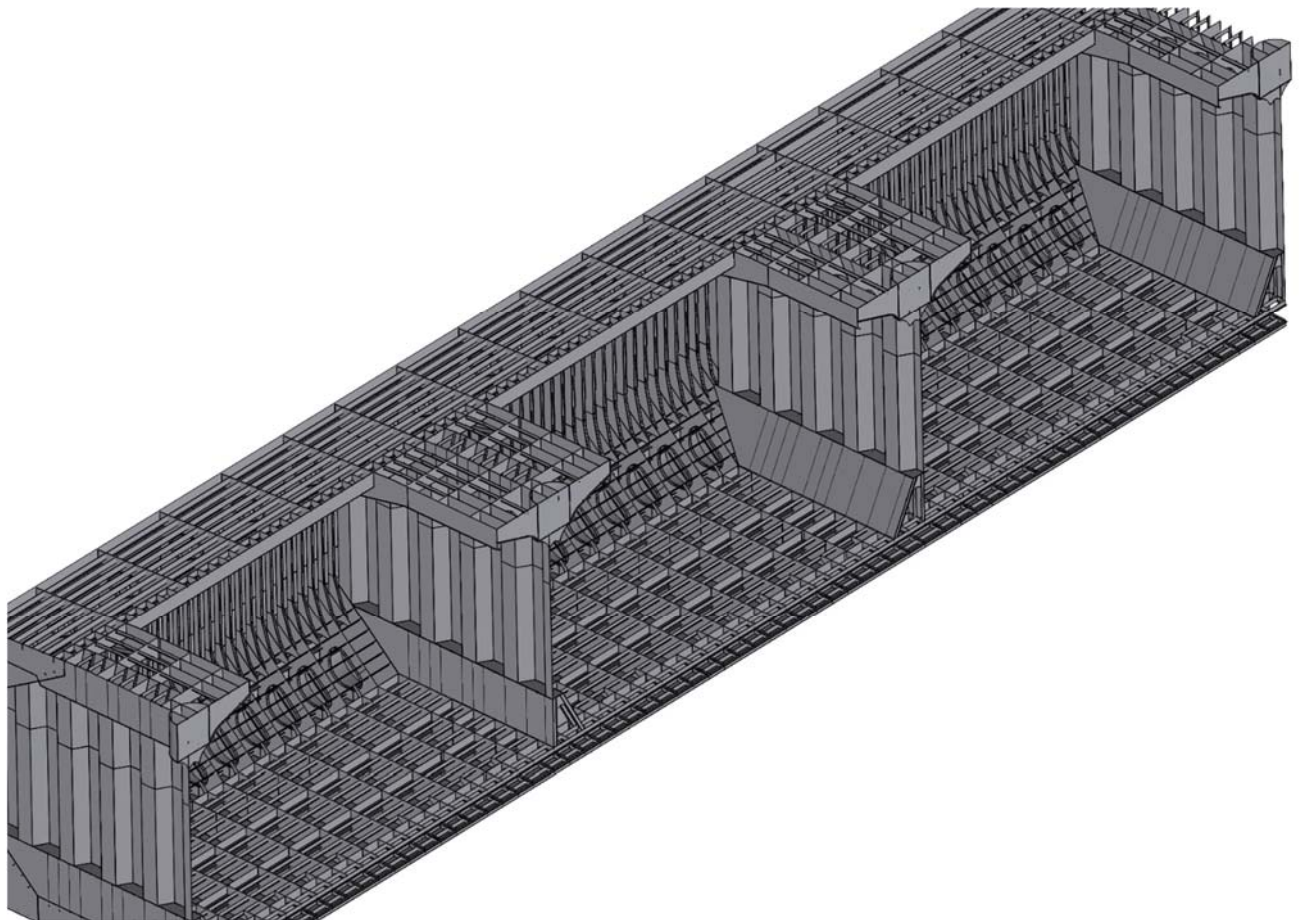
Features of SOLIDWORKS CAD	STANDARD	PROFESSIONAL	PREMIUM [11]
SOLIDWORKS 3D CAD	✓	✓	✓
Part and Assembly Modeling	✓	✓	✓
2D Drawings	✓	✓	✓
Design Reuse and Automation	✓	✓	✓
Collaborate and Share CAD Data	✓	✓	✓
Interference Check	✓	✓	✓
First-Pass Analysis Tools	✓	✓	✓
CAM Programming (SOLIDWORKS CAM)	✓	✓	✓
Design for Manufacturing (DFM)	✓	✓	✓
Productivity Tools	✓	✓	✓
Advanced CAD File Import/Export and 3D Interconnect	✓	✓	✓
Xtended Reality (XR) Exporter	✓	✓	✓
CAD Libraries (SOLIDWORKS Toolbox)		✓	✓
Design for Cost (SOLIDWORKS Costing)		✓	✓
ECAD/MCAD Collaboration (CircuitWorks)		✓	✓
CAD Standards Checking (Design Checker)		✓	✓
Collaboration with eDrawings Professional		✓	✓
Automated Tolerance Stack-Up Analysis (TolAnalyst)		✓	✓
Advanced Photorealistic Rendering (SOLIDWORKS Visualize)		✓	✓
SOLIDWORKS File Management		✓	✓
Reverse Engineering (ScanTo3D)		✓	✓
Time-based Motion Analysis			✓
Linear Static Analysis for Parts and Assemblies			✓
Pipe and Tube Routing			✓
Electrical Cable and Wiring Harness Routing			✓
Advanced Surface Flattening			✓
Rectangular and Other Section Routing			✓

8.2 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΩΝ 3 ΧΩΡΩΝ ΦΟΡΤΙΟΥ

Τα κατασκευαστικά στοιχεία της μεταλλικής κατασκευής διακρίθηκαν σε δύο κύριες κατηγορίες: στα ελάσματα και στα ενισχυτικά.



Σχήμα 22: Σχέδιο 3Δ μισό τμήμα των τριών αμπαριών.

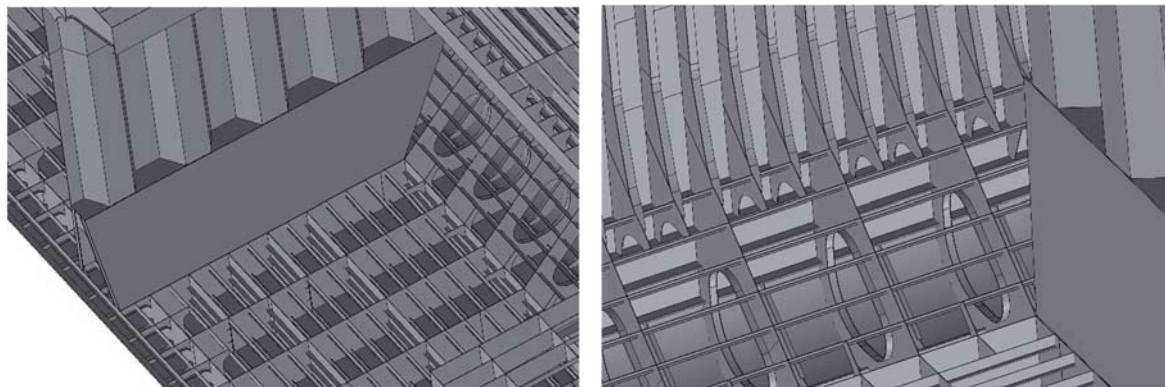


Σχήμα 23: Σχέδιο 3 Δ, μισού σκάφους, απεικόνιση των ενισχυτικών.

Για την δημιουργία των επίπεδων ελασμάτων, αρχικά, σχεδιάστηκε το περίγραμμά τους με την εντολή “Sketch” και στην συνέχεια η επιφάνεια με την εντολή “Surface”.

Στην περίπτωση των καμπύλων ελασμάτων (όπως πχ. στην περιοχή του bilge) σχεδιάστηκε η ακμή του προφίλ μέσω της εντολής “Sketch” και στην συνέχεια η επιφάνεια δημιουργήθηκε με την εντολή “Extrude Surface”.

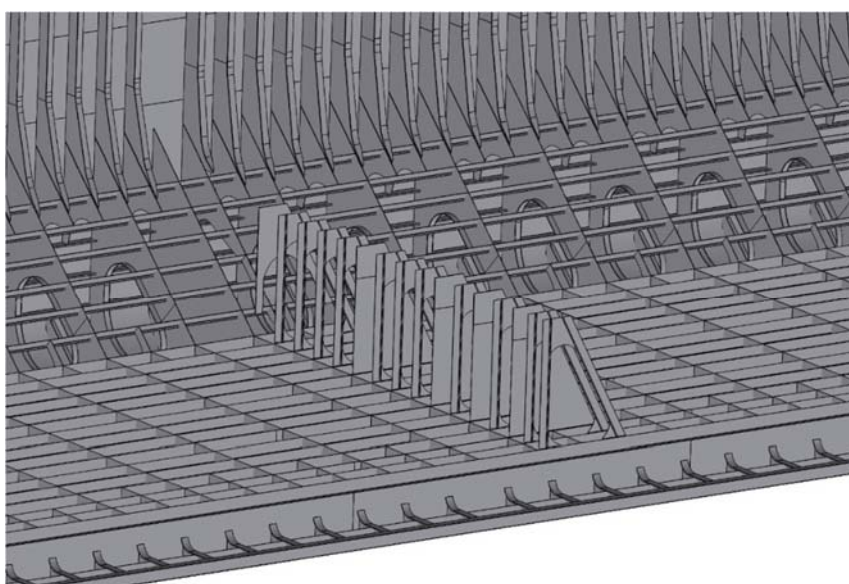
Το πάχος όλων των ελασμάτων, επίπεδες και καμπύλες μορφές, δημιουργήθηκε με την εντολή “Thicken”.



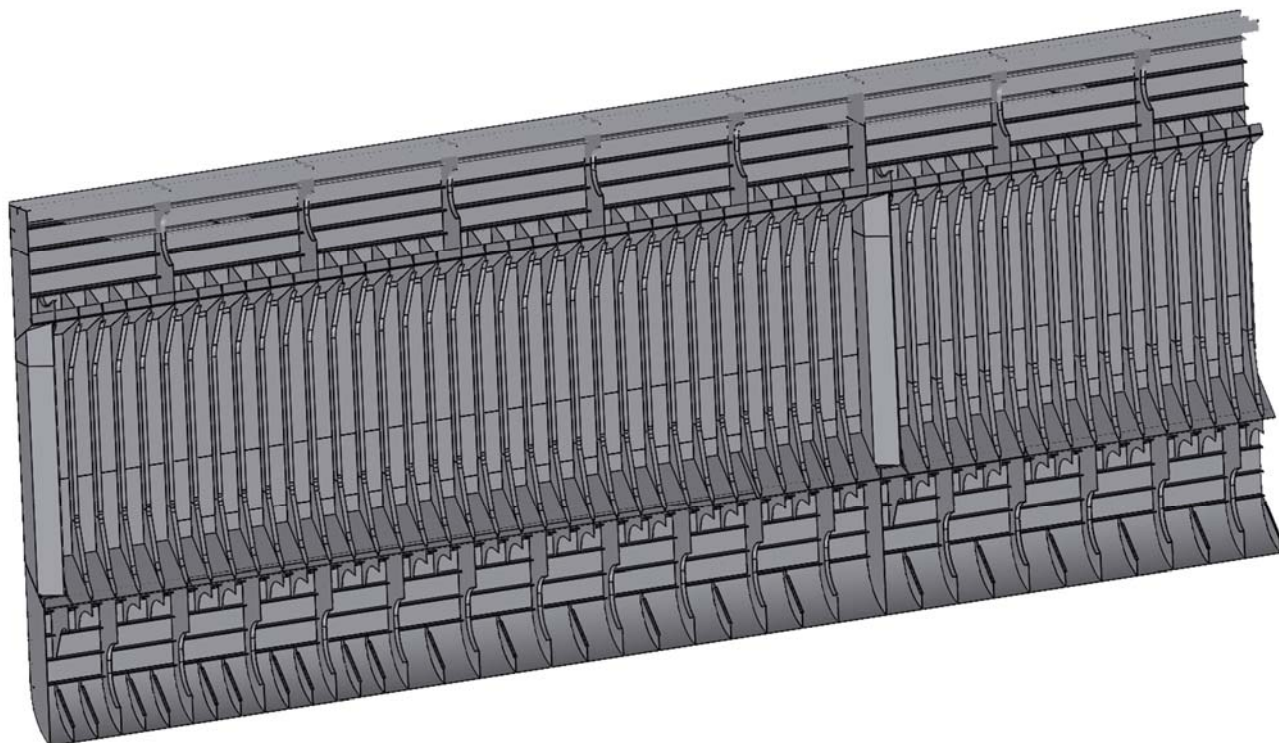
Σχήμα 24 & 25: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες 3D μοντέλου.

Για την δημιουργία των ενισχυτικών, χρησιμοποιήθηκε η εντολή “Structural Member”, η οποία βασίζεται σε προκατασκευασμένα προφίλ. Τα ενισχυτικά, που προκύπτουν με τον τρόπο αυτό, διαχειρίζονται από το Solidworks ως ενιαία κατασκευή ανεξάρτητα από το πλήθος τους μέσω της λειτουργίας “Weldments”, η οποία ενεργοποιείται αυτόματα μόλις δημιουργηθεί το πρώτο structural member.

Τα προφίλ που απαιτούνταν για την δημιουργία των ενισχυτικών κατασκευάστηκαν ξεχωριστά το καθένα ως “Sketch”.

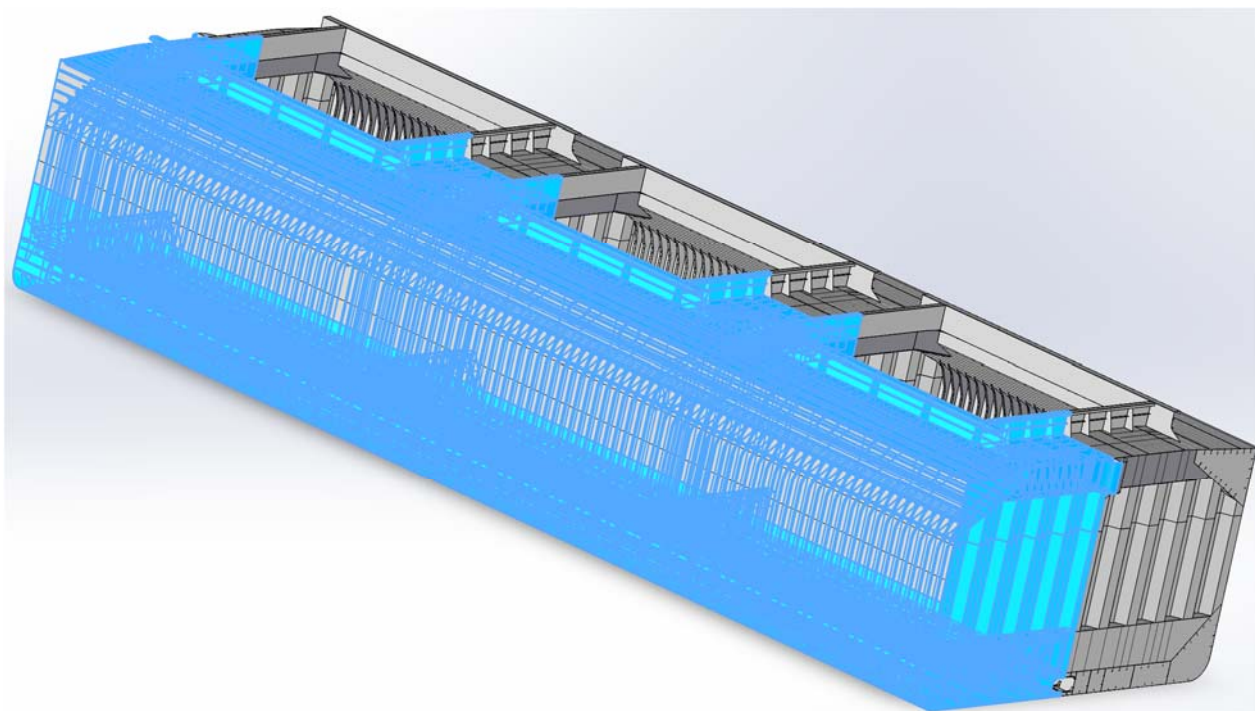


Σχήμα 26: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες 3D μοντέλου.



Σχήμα 27: Απεικόνιση του εξωτερικού περιβλήματος 3D μοντέλου, βλέποντας από μέσα.

Μετά την ολοκλήρωση του μισού μοντέλου, με την εντολή mirror, πραγματοποιήθηκε η ολοκλήρωση του μοντέλου και από την αντίθετη πλευρά.



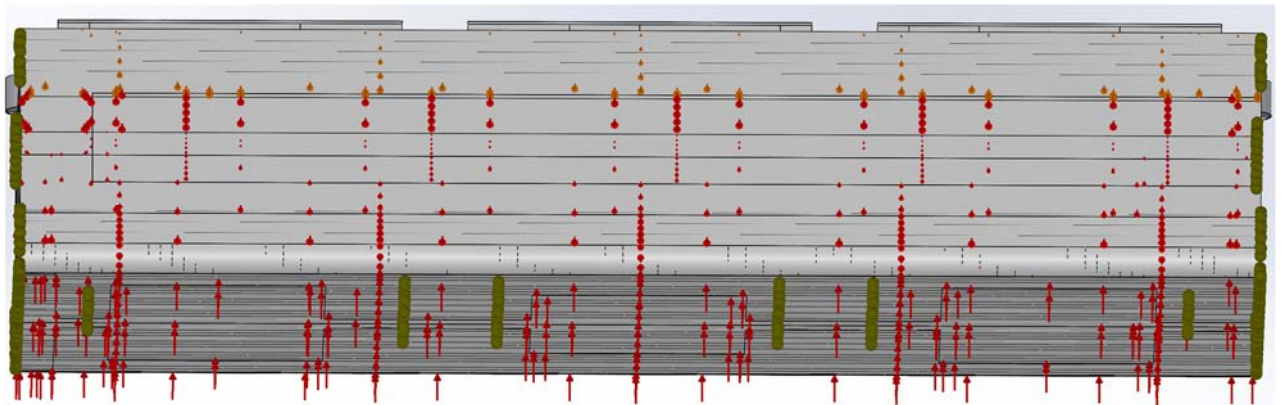
Σχήμα 28: Μισό τμήμα του πλοίου που κατασκευάστηκε ως καθρέπτης της σχεδίασης 3D.

Για την μελέτη αντοχής της κατασκευής με την βοήθεια πεπερασμένων στοιχείων, δημιουργήθηκε στο περιβάλλον “Simulation” του προγράμματος μια νέα στατική μελέτη (“Static Study”).

Σε όλα τα κατασκευαστικά στοιχεία δόθηκε το αντίστοιχο υλικό τους, με χρήση της εντολής “Apply material”. Προηγουμένως, είχε δημιουργηθεί μια βιβλιοθήκη των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, δηλαδή η καρτέλα κάθε τύπου χάλυβα και των μηχανικών ιδιοτήτων του, σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια του πλοίου και τους κανονισμούς.

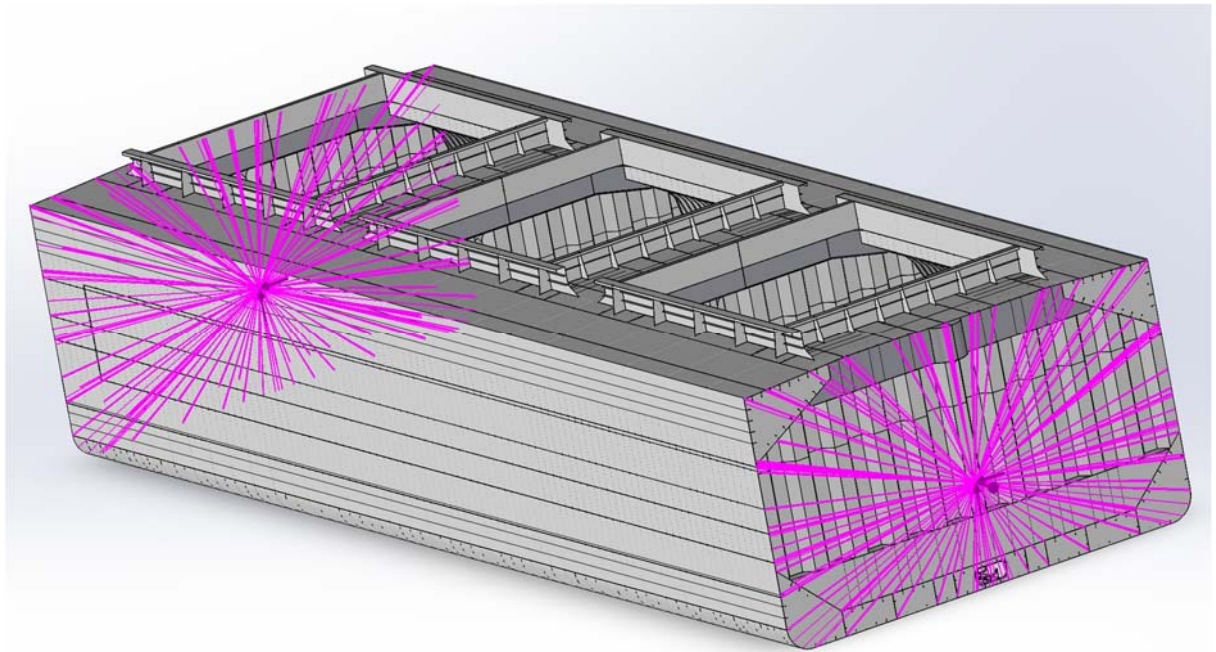
Για τον τρόπο σύνδεσης όλων των στοιχείων χρησιμοποιήθηκε το “Global Component Interactions”, στο οποίο τέθηκε η επιλογή “bonded”. Αυτό επιτρέπει στην μελέτη να θεωρήσει ότι όλα τα στοιχεία της κατασκευής είναι συγκολλητά μεταξύ τους.

Για τις εξωτερικές φορτίσεις, λόγω των πιέσεων από το θαλασσινό νερό, τον κυματισμό και το φορτίο, χρησιμοποιήθηκε η εντολή “Pressures”, όπου τέθηκαν οι υπολογισμένες τιμές των φορτίων που ασκούνται στις εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες του πλοίου. Οι φορτίσεις των οποίων οι τιμές μεταβάλλονταν κατά τις διευθύνσεις x, y και z του συστήματος συντεταγμένων, ορίστηκαν μέσω της επιλογής “Nonuniform Distribution”, όπου δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί συνάρτηση υπολογισμού.

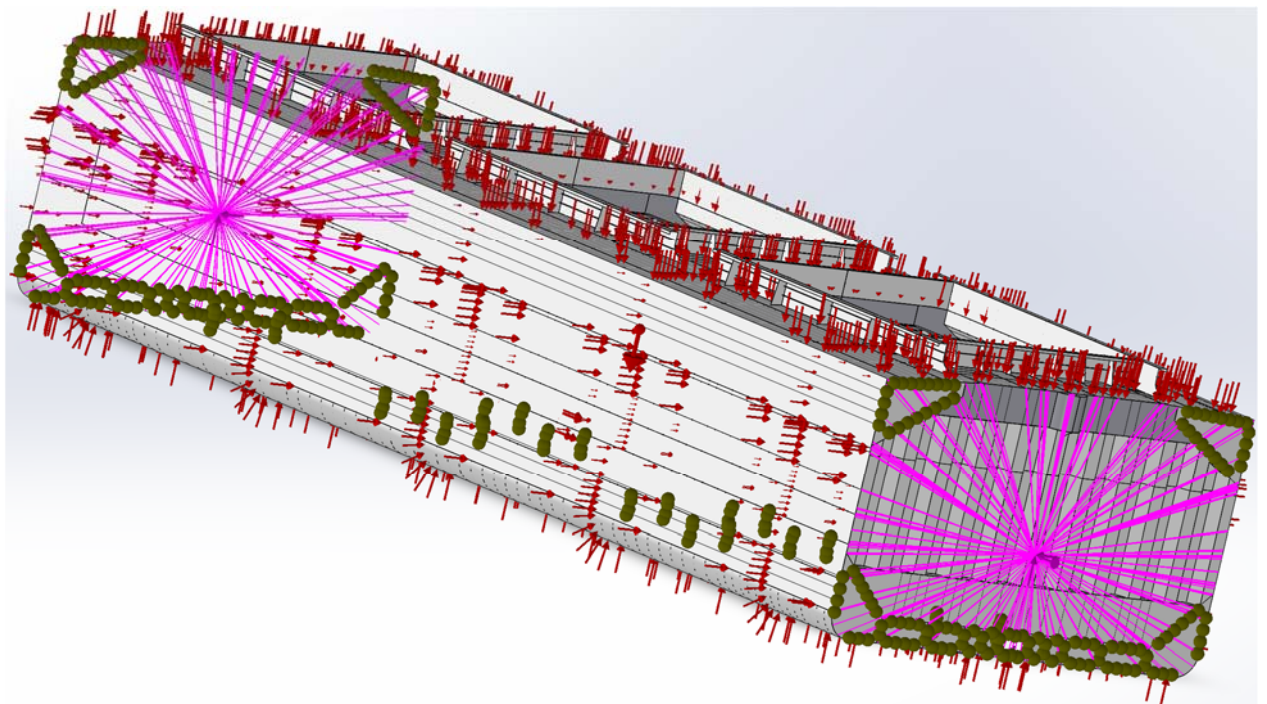


Σχήμα 29: Απεικόνιση των πιέσεων στον πυθμένα και στο εξωτερικό περιβλήμα.

Για την δημιουργία των δύο reference points που απαιτούνται από τον κανονισμό στις μελέτες με χρήση πεπερασμένων στοιχείων, χρησιμοποιήθηκε η εντολή “Remote Load/mass”. Μέσω αυτής της εντολής το Solidworks έχει την δυνατότητα να ορίσει σημεία εκτός του μοντέλου όπου ασκούνται εξωτερικές φορτίσεις, δυνάμεις, ροπές κλπ. Για την συγκεκριμένη περίπτωση ορίστηκαν μόνο τα δύο σημεία χωρίς καμία άλλη φόρτιση, και τέθηκαν οι συνοριακές συνθήκες που απαιτούνται.



Σχήμα 30: Απεικόνιση των Συνοριακών συνθηκών.



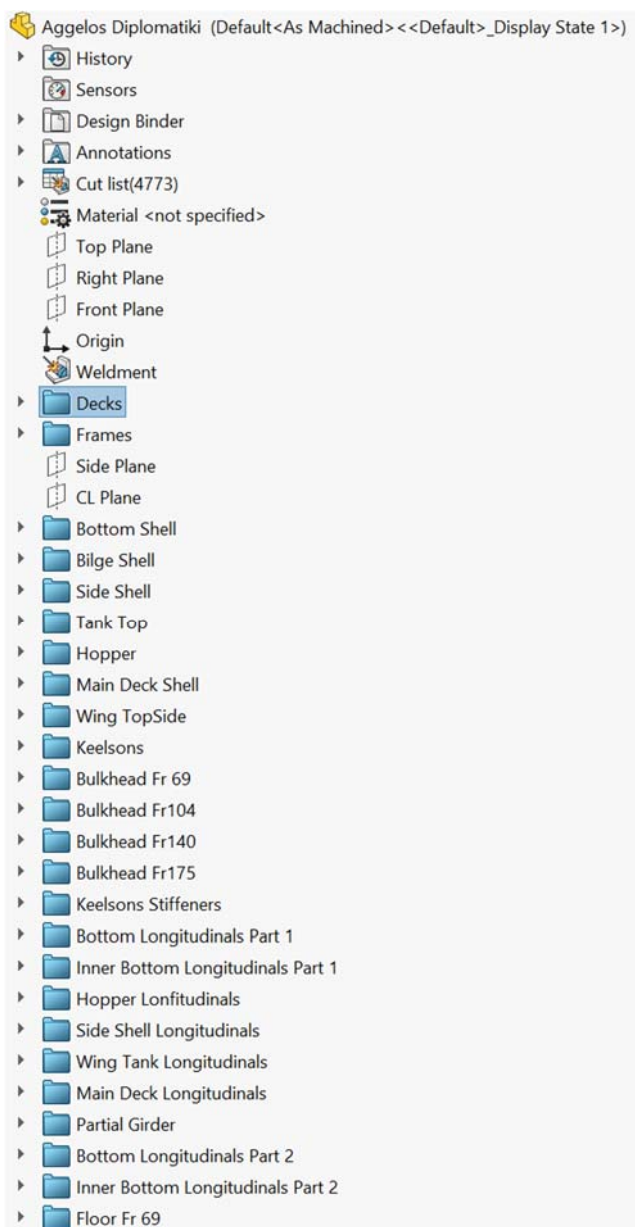
Σχήμα 31: Απεικόνιση όλων των πιέσεων καθώς και των συνοριακών συνθηκών.

Για την επιπλέον συνέχιση της παρούσας εργασίας, θα πρέπει να δημιουργηθεί το πλέγμα mesh του μοντέλου με την εντολή “Create mesh”, με τις παραμέτρους Fine mesh και Blended curvature-based mesh. Στην συνέχεια αφού ελεγχθεί ως προς την ποιότητα του μπορεί να γίνει η προσομοίωση (simulation) των δυνάμεων που έχουν εισαχθεί ήδη στο μοντέλο.

8.3 ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ 3Δ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΤΩΝ 3 ΧΩΡΩΝ ΦΟΡΤΙΟΥ

Η σχεδίαση του 3Δ μοντέλου, όπως περιεγράφηκε στις προηγούμενες σελίδες, αποτυπώνεται και στις οθόνες που ακολουθούν.

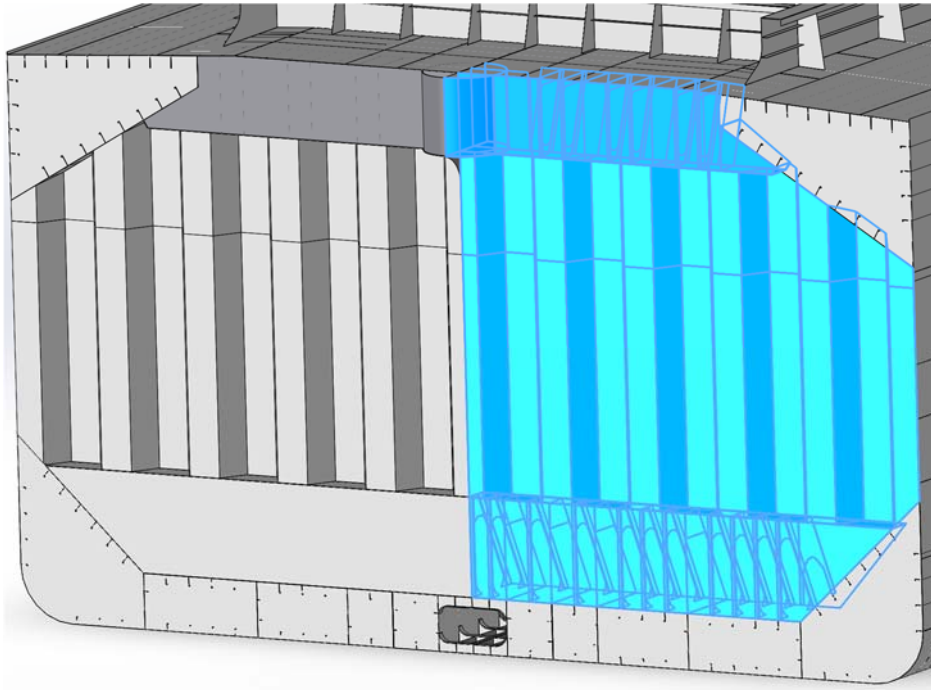
Τμήμα της αρχικής οθόνης σχεδίασης αριστερή πλευρά, στο λογισμικό SOLIDWORKS:



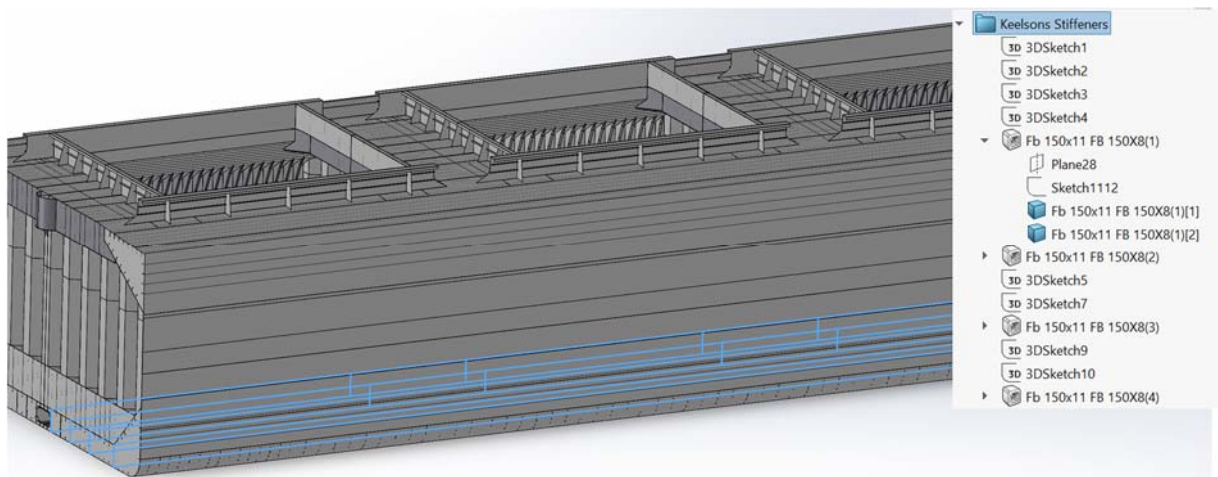
Σε αυτή εμφανίζεται ένα τμήμα των σχεδιαστικών κομματιών που συνθέτουν ολόκληρο το μεσαίο τμήμα του πλοίου.

Έτσι ενδεικτικά στις επόμενες σελίδες εμφανίζονται με λεπτομέρεια κάποια από αυτά τα σχεδιαστικά στοιχεία.

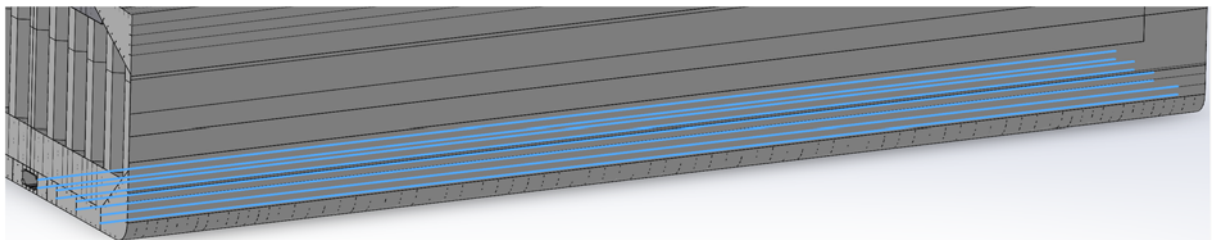
Bulkhead Fr.69



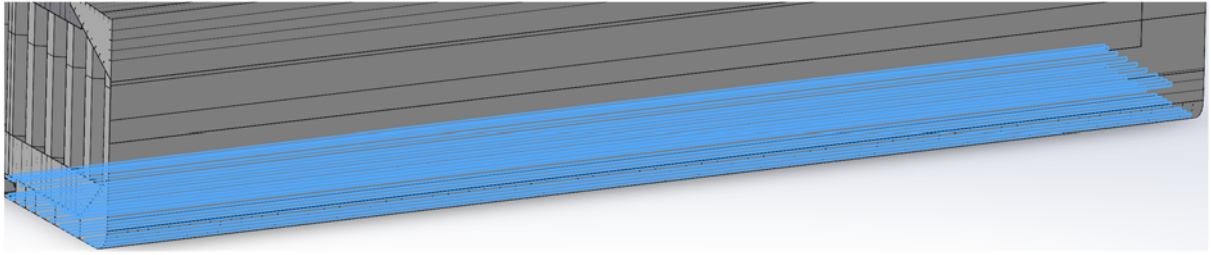
Keelsons ή πλευρικές σταθμίδες (DB Girders)



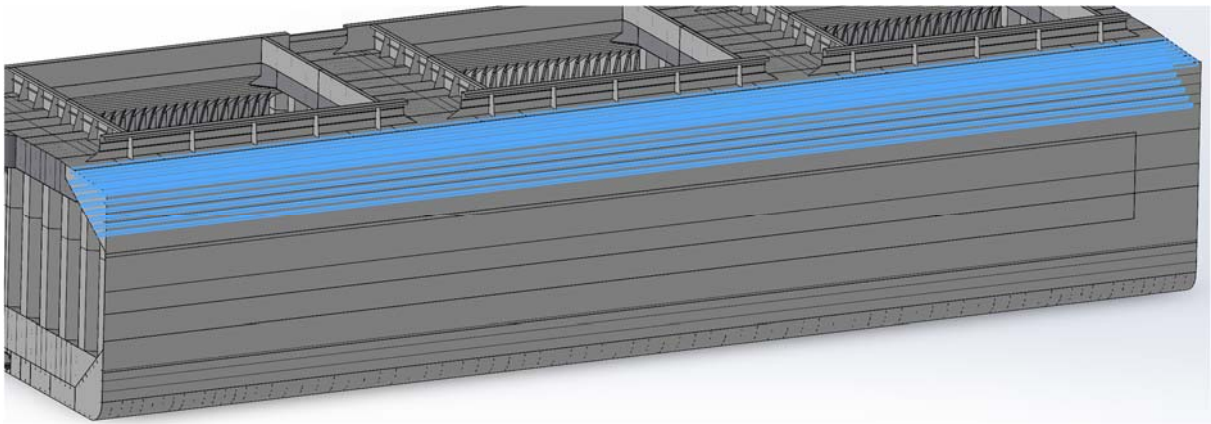
Keelson stiffeners



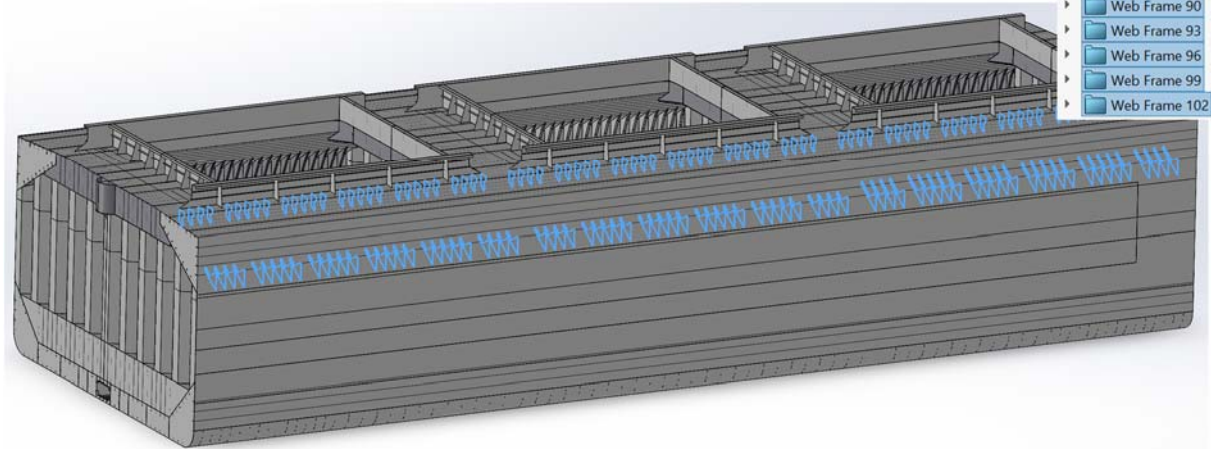
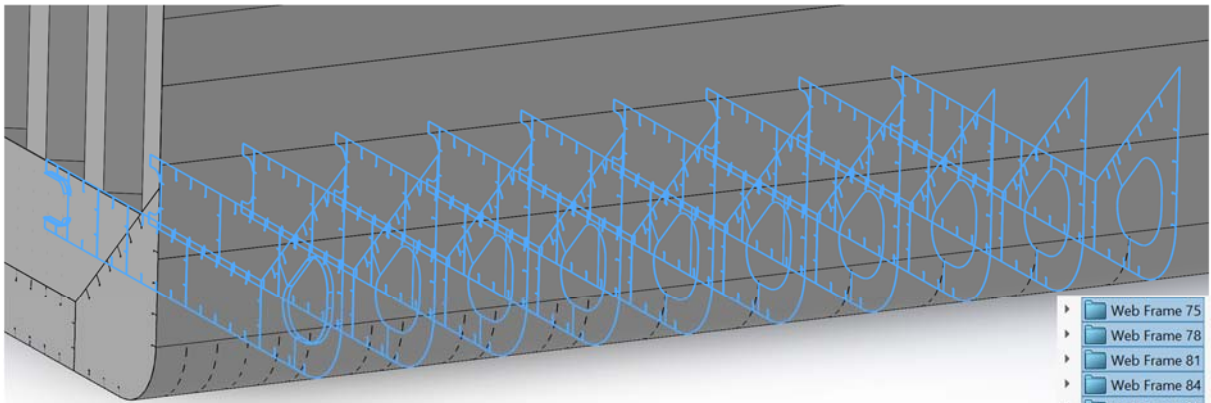
Bottom and Inner bottom Longitudinals



Wing Tank and Main Deck Longitudinals

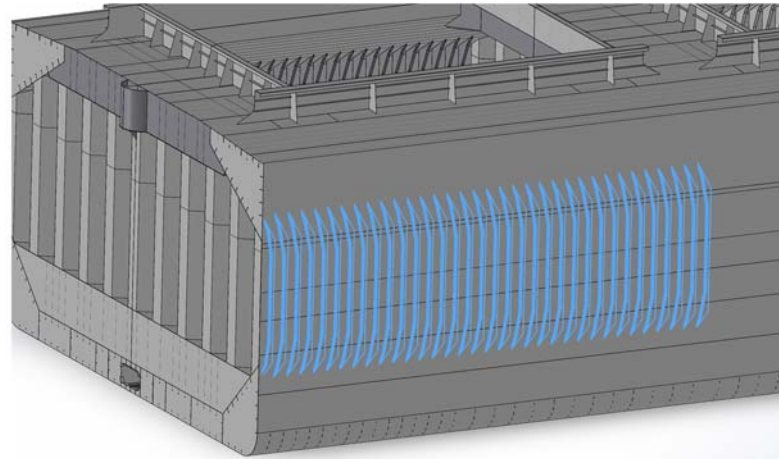


Typical Web Frames (D.B. and Topside)



- ▶ Web Frame 75
- ▶ Web Frame 78
- ▶ Web Frame 81
- ▶ Web Frame 84
- ▶ Web Frame 87
- ▶ Web Frame 90
- ▶ Web Frame 93
- ▶ Web Frame 96
- ▶ Web Frame 99
- ▶ Web Frame 102

No.4 Cargo Hold Frames



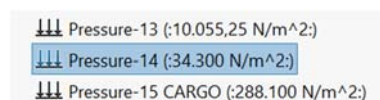
8.4 ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ

Οι εξωτερικές πιέσεις που υπολογίστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια έχουν εισαχθεί στο λογισμικό SOLIDWORKS, όπως αναφέροντα στον πίνακα που ακολουθεί:

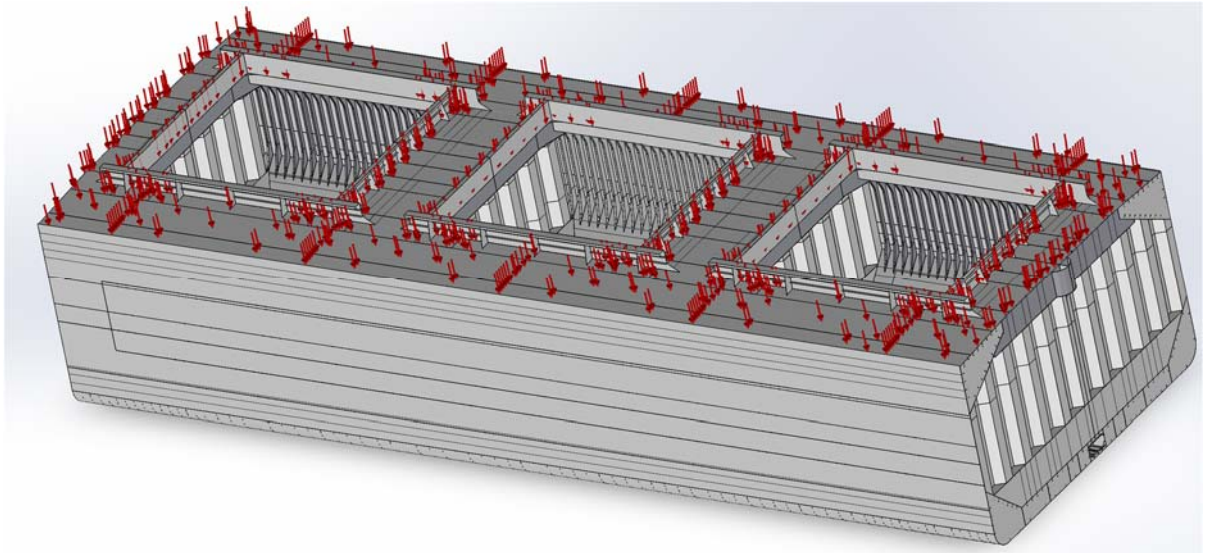


Οι πιέσεις του πίνακα Pressure - 1 μέχρι 13 εμφανίζονται στο Σχήμα 26.

Η πίεση στο κατάστρωμα αφορά το Pressure – 14:

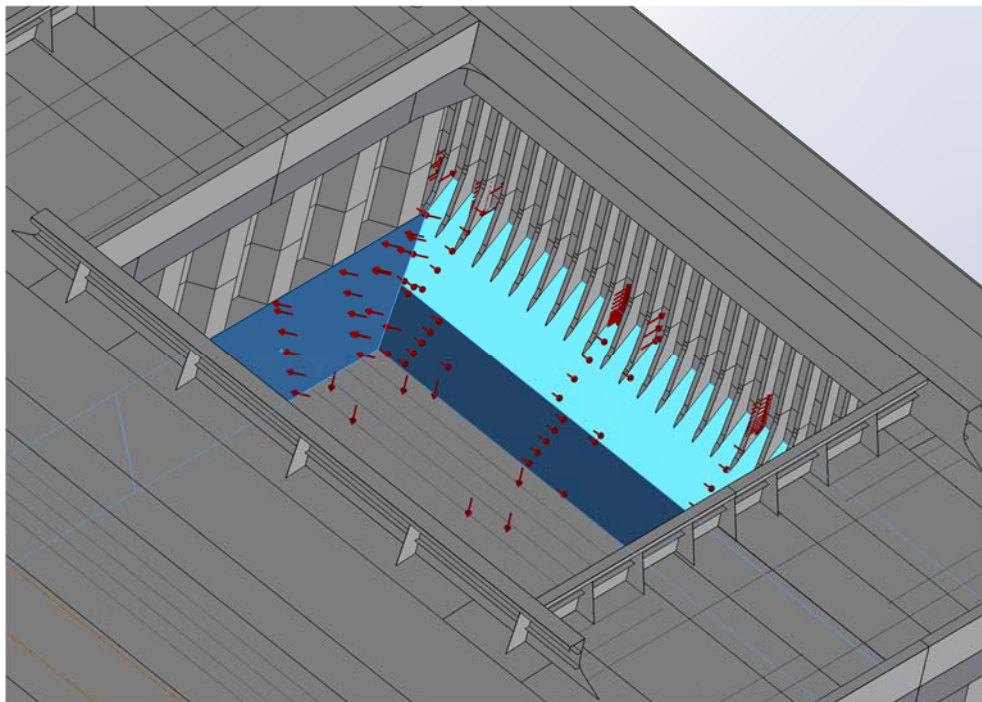


Pressure Details	
Study name	Static 1 (-Default<As Machined>-)
Load name	Pressure-14 (:34.300 N/m^2)
Entities	54 face(s)
Type	Normal to selected face
Value	34.300
Units	N/m^2
Phase Angle	0
Units	deg
Identifier	16



Οι πιέσεις του πίνακα Pressure - 15 μέχρι 21 αφορούν τις πιέσεις που εξασκούνται εσωτερικά στα αμπάρια, όπως εμφανίζεται ακολούθως:

Pressure-14	(:34.300 N/m ² :)
Pressure-15 CARGO	(:288.100 N/m ² :)
Pressure-16 CARGO	(:251.700 N/m ² :)
Pressure-17 CARGO	(:251.700 N/m ² :)
Pressure-18 CARGO	(:177.220 N/m ² :)
Pressure-19 CARGO	(:177.220 N/m ² :)
Pressure-20 CARGO	(:109.340 N/m ² :)
Pressure-21 CARGO	(:109.340 N/m ² :)
Gravity-1	(:-9.81 m/s ² :)

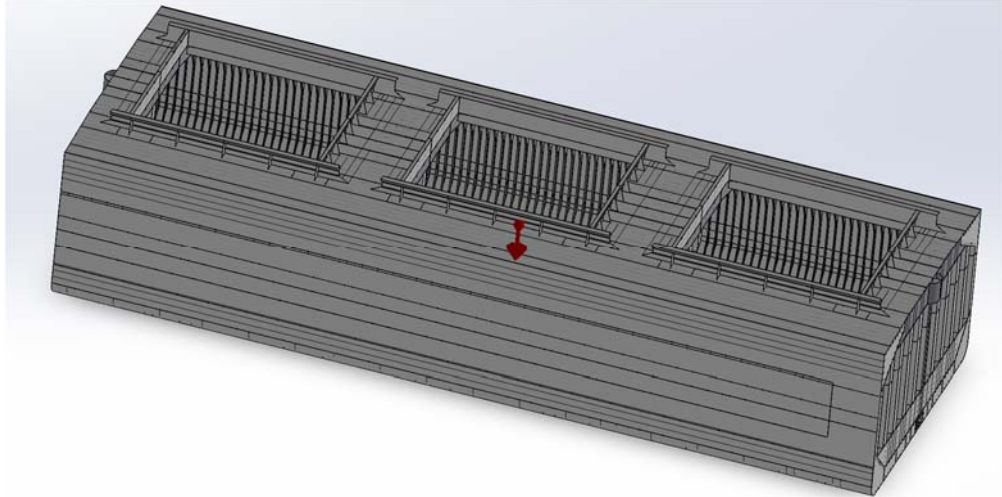


Το βάρος της μεταλλική κατασκευής, υπολογίζεται από το πρόγραμμα στο σημείο του λογισμικού που αναφέρεται ως Gravity-1.

Pressure-21 CARGO (-109.340 N/m²);

Gravity-1 (-9,81 m/s²);

Pressure-22 (-34.620 N/m²);



Το λογισμικό έχει υπολογίσει τα ακόλουθα στοιχεία της Σιδηροκατασκευής του μέσου τμήματος του πλοίου:

Mass properties of "Static 1"

Mass = 2.785.337,17 kg

Volume = 354,82 m³

Surface Area = 58.051,19 m²

Center of mass: (m)

X = 45,63

Y = -0,00

Z = 7,99

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (kg.m²)

Taken at the center of mass.

I_x = (1,00, -0,00, 0,00)

P_x = 476.616.336,78

I_y = (0,00, 1,00, -0,00)

P_y = 2.268.531.028,59

I_z = (-0,00, 0,00, 1,00)

P_z = 2.469.304.827,21

Moment of Inertia: (kg.m²)

Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.

L_{xx} = 476.616.348,10








$L_{xy} = -1.182,32$
 $L_{xz} = 150.205,31$
 $L_{yx} = -1.182,32$
 $L_{yy} = 2.268.531.028,59$
 $L_{yz} = -723,14$
 $L_{zx} = 150.205,31$
 $L_{zy} = -723,14$
 $L_{zz} = 2.469.304.815,89$

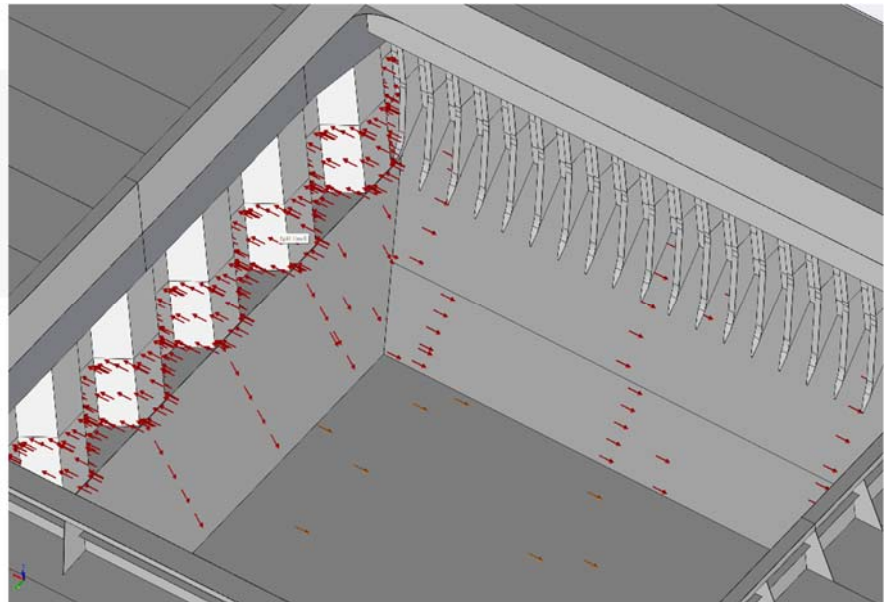
Moment of Inertia: (kg.m²)

Taken at the output coordinate system.

$I_{xx} = 654.306.243,79$
 $I_{xy} = -7.287,02$
 $I_{xz} = 1.015.298.838,78$
 $I_{yx} = -7.287,02$
 $I_{yy} = 8.245.800.827,60$
 $I_{yz} = -1.791,69$
 $I_{zx} = 1.015.298.838,78$
 $I_{zy} = -1.791,69$
 $I_{zz} = 8.268.884.719,22$

Οι εσωτερικές πιέσεις στο αμπάρι No.3 δίνονται στον πίνακα με τα Pressure 22-28, ως ακολούθως:

	Pressure-22 (-34.620 N/m ² .)
	Pressure-23 (-107.660 N/m ² .)
	Pressure-24 (107.660 N/m ² .)
	Pressure-25 (-21.958 N/m ² .)
	Pressure-26 (-21.958 N/m ² .)
	Pressure-27 (73.289 N/m ² .)
	Pressure-28 (73.289 N/m ² .)



Οι συνοριακές συνθήκες στο λογισμικό SOLIDWORKS δίνονται στα ακόλουθα Remote Load/Mass (Rigid connection-1 μέχρι 2) και εμφανίζονται στο σχήμα 27 και 28, ενώ οι ρυθμίσεις τους ακολουθούν:

	Remote Load/Mass (Rigid connection)-1 (variable:)
	Remote Load/Mass (Rigid connection)-2 (variable:)

Remote Loads/Mass

Type: Split

Message

In case of Rigid Connection, motion of each node within the connection region is dictated by translation and rotation of the remote point. Also the connection region will not deform. Distributed Connection allows the remote point constrained to translate and rotate with average motion of nodes within the connection region.

Selection

- Face<1>
- Face<2>
- Face<3>
- Face<4>
- Face<5>

Reference Coordinate System

Global

User defined

Coordinate System3

Location

mm

0

0

0

Translational Components

N mm

0

0

0

Rotational Components

N-m deg

0

0

0

Connection Type

Distributed

Rigid

Weighting Factor: Default (Constant)

Mass

Symbol Settings

Remote Loads/Mass

Type: Split

Message

In case of Rigid Connection, motion of each node within the connection region is dictated by translation and rotation of the remote point. Also the connection region will not deform. Distributed Connection allows the remote point constrained to translate and rotate with average motion of nodes within the connection region.

Selection

- Face<1>
- Face<2>
- Face<3>
- Face<4>
- Face<5>

Reference Coordinate System

Global

User defined

Coordinate System4

Location

mm

0

0

0

Translational Components

N mm

0

0

0

Rotational Components

N-m deg

0

0

0

Connection Type

Distributed

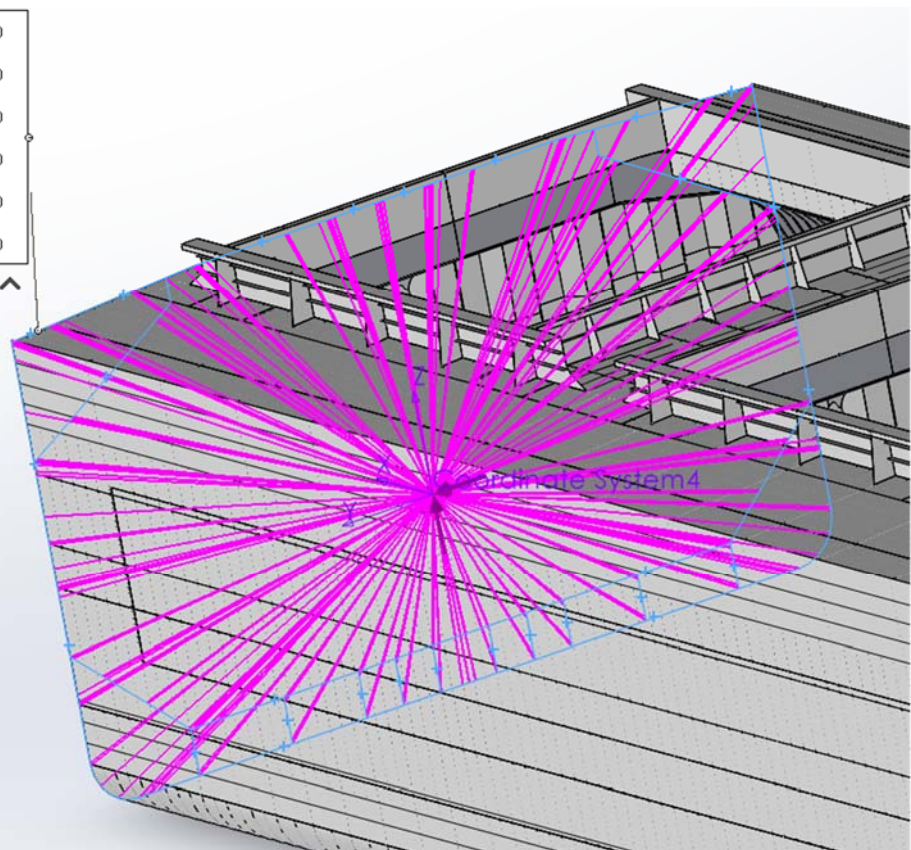
Rigid

Weighting Factor: Default (Constant)

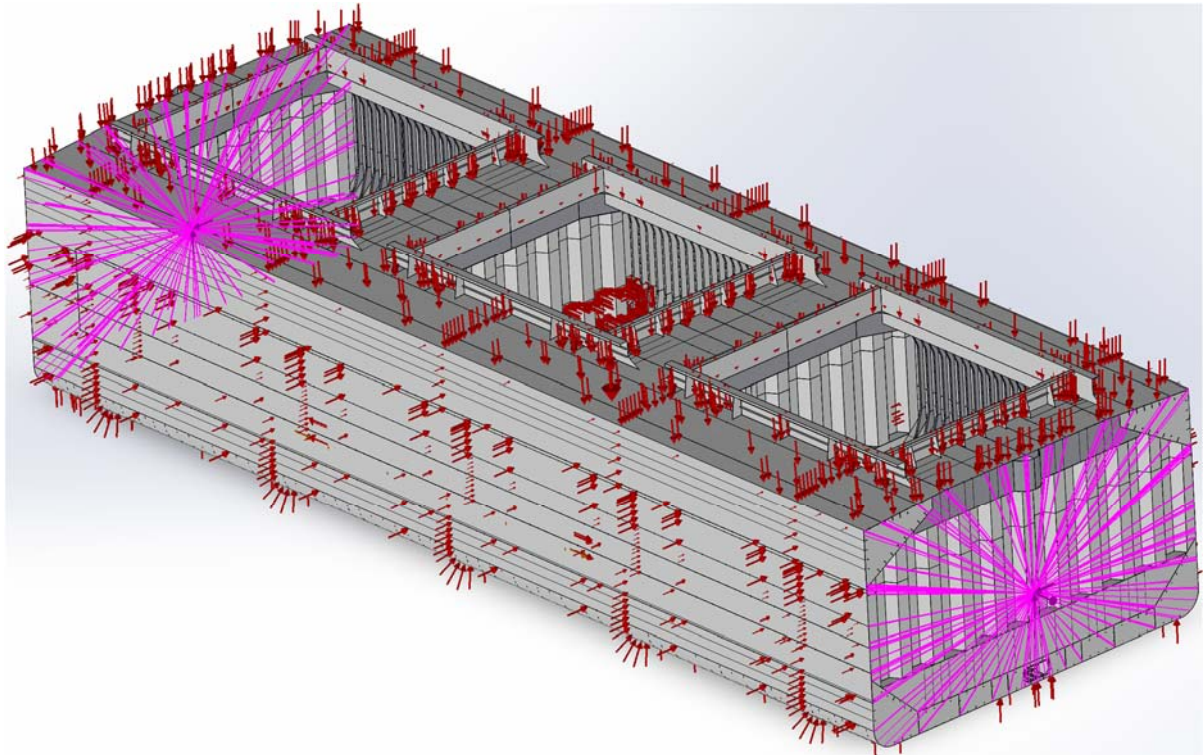
Mass

Symbol Settings

X-Location (mm):	0
Y-Location (mm):	0
Z-Location (mm):	0
Force - Y-Direction (N):	0
Force - Z-Direction (N):	0
Moment - X-Direction (N-m):	0



Το σύνολο των πιέσεων και των οριακών συνθηκών απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα:



Διευκρινίζεται ότι δεν είναι ορατό στο σχήμα το σημείο (εμφανίζεται ως μια μικρή μπλε τελεία) που ορίζεται στους κανονισμούς CSR ως Center Inner Bottom Point, το οποίο όμως έχει προστεθεί στις συνοριακές συνθήκες.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, επιλέχθηκε ένα φορτηγό μεταφοράς φορτίου χύδην Bulk Carrier (58.000 M.T. DW) και μοντελοποιήθηκε η Μέση Τομή στους χώρους φορτίου (αμπάρια) Νο.3 και Νο.4 στα Ναυπηγικά προγράμματα MARS 2000 και CSR Prescriptive Analysis v2. Στο Κεφάλαιο 6 της διπλωματικής εργασίας, έγινε ανάλυση των αποτελεσμάτων της αντοχής και συγκρίσεις μεταξύ των δύο λογισμικών.

Θεωρήθηκε ότι τα αποτελέσματα για το αμπάρι Νο.4 ισχύουν και για το αμπάρι Νο.2, διαθέτοντας την ίδια διαστασιολόγηση της χαλύβδινης κατασκευής. Το αμπάρι Νο.3 διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα, επειδή φορτώνεται στην ανομοιογενή φόρτωση και επίσης γεμίζει με θαλασσινό έρμα.

Από τις συγκρίσεις των δύο προγραμμάτων, διαπιστώνεται ότι το καθένα έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα έναντι του άλλου.

Για κάθε λογισμικό στο αντίστοιχο κεφάλαιο έχει ήδη πραγματοποιηθεί ανάλυση του. Συνοπτικά συμπεραίνεται ότι το MARS 2000 είναι ευκολότερο, γρηγορότερο στην είσοδο των δεδομένων, όμως απαιτεί ιδιαίτερη εμπειρία και γνώση, αφού το εγχειρίδιο χρήσης του δεν είναι επαρκές.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μελέτες αντοχής σε διαφορετικά είδη πλοίων, που δεν εφαρμόζονται μόνο οι Κοινοί Κατασκευαστικοί Κανονισμοί της Διεθνούς Ένωσης Νηογνώμωνων – IACS CSR, αλλά και οι κανονισμοί του νηογνώμονα Bureau Veritas.

Δεν διαθέτει κατάλληλα εργαλεία για την εύκολη μοντελοποίηση εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων, πέρα των φρακτών, συνεπώς είναι κατάλληλο για την μελέτη αντοχής της Μέσης Τομής, οποιοδήποτε πλοίου, της διαμήκους αντοχής καθώς και της τοπικής αντοχής όλων των διαμήκη ενισχυτικών καθώς και των ελασμάτων.

Το λογισμικό CSR Prescriptive Analysis v2 δημιουργήθηκε για την διευκόλυνση της μελέτης αντοχής, εφαρμόζοντας μόνο τους Κοινούς Κατασκευαστικούς Κανονισμούς, έτσι είναι πιο εξειδικευμένο, δίνοντας την δυνατότητα να μοντελοποιείται ολόκληρο το πλοίο. Είναι «βαρύτερο» πρόγραμμα, πιο αργό στην χρήση του και στην εξαγωγή αποτελεσμάτων, όμως υπερτερεί στα διαθέσιμα εργαλεία για την είσοδο δεδομένων για εγκάρσια κατασκευαστικά στοιχεία.

Στα αποτελέσματα των υπολογισμών το λογισμικό CSR Prescriptive Analysis, φαίνεται ότι λαμβάνει υπόψη, τα ελάχιστα απαιτούμενα καθαρά πάχη των ελασμάτων, που θέτουν οι κανονισμοί, σε αντίθεση από το MARS2000.

Γενικά τα αποτελέσματα τους βρίσκονται αρκετά κοντινά, με πλήρη ανάλυση να περιγράφεται στο κεφάλαιο 6 της παρούσας μελέτης.

Πραγματοποιήθηκαν επίσης υπολογισμοί των στατικών και των δυναμικών φορτίσεων/πιέσεων που εξασκούνται στο πλοίο, εφαρμόζοντας τους CSR, λαμβάνοντας υπόψη μια συγκεκριμένη φόρτωση του πλοίου, που θεωρείται ως δυσμενέστερη, αναπτύσσοντας πολύ υψηλές τάσης Διατμητικών δυνάμεων και Ροπών Κάμψης.

Μοντελοποιήθηκε το μεσαίο τμήμα του πλοίου, δηλαδή τα κατασκευαστικά στοιχεία των αμπαριών Νο.2 – 4, στο λογισμικό SOLIDWORKS - STUDENT PREMIUM έκδοσης 2020-2021. Στην 3Δ σχεδίαση της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, προστέθηκαν τα βασικά στοιχεία που συμμετέχουν στην διαμήκη αντοχή και όσα χρειαζόταν για την εγκάρσια, χωρίς τις λεπτομέρειες των απλών ενισχυτικών, αγκώνων κλπ. Τα πάχη των ελασμάτων και ενισχυτικών είναι τα καθαρά (net scantlings), όπως δόθηκαν από τα αποτελέσματα της μελέτης αντοχής των δυο λογισμικών MARS 2000 και CSR Prescriptive Analysis v2. Προστέθηκαν οι δυνάμεις – πιέσεις εξωτερικές και εσωτερικές που υπολογίστηκαν από τους κανονισμούς καθώς και οι συνοριακές συνθήκες.

Γενικά η σχεδίαση με το λογισμικό SOLIDWORKS είναι αρκετά εύκολη, με πολλά εργαλεία σχεδίασης. Το 3Δ μοντέλο που δημιουργήθηκε, για το συγκεκριμένο πλοίο έγινε πολύ «βαρύ», ιδιαίτερα όταν έγινε mirror το υπόλοιπο μισό, με συνέπεια να υπάρχουν υπερβολικές καθυστερήσεις στην είσοδο των εντολών του. Με γνώμονα ότι κατασκευαστική σχεδίαση του πλοίου, ξεπέρασε το μήκος των 82 μέτρων για τα 3 αμπάρια, ήταν επακόλουθο το λογισμικό SOLIDWORKS να χρειάζεται έναν Η/Υ με ιδιαίτερες απαιτήσεις, ταχύτητας, μνήμης και πολλαπλών συνεπεξεργαστών.

Δεδομένου ότι υπάρχουν πολύ ακριβά, εξειδικευμένα Ναυπηγικά προγράμματα, για μελέτες αντοχής με την χρήση των πεπερασμένων στοιχείων, το λογισμικό SOLIDWORKS θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αντίστοιχη εργασία. Θα ήταν ενδιαφέρον ο χρήστης του να πειραματιστεί σε τεχνικές μείωσης του όγκου του αρχείου, μοιράζοντας το μοντέλο σε 2 ή 3 μικρότερα και στο τέλος με την εντολή assembly να το συνθέσει σε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο.

Παρόλο που δεν διευκολύνει για εξειδικευμένες Ναυπηγικές χρήσεις, όπως η παρούσα μελέτη αντοχής με την εφαρμογή των CSR, είναι βέβαιο ότι μπορεί να σταθεί δίπλα στα υπόλοιπα εμπορικά προγράμματα γενικής χρήσης και να χρησιμοποιηθεί στην Ναυπηγική βιομηχανία.

Ως μελλοντικές προτάσεις θα μπορούσε να είναι η ολοκλήρωση του πλέγματος (mess) διατηρώντας τις αναλογίες που απαιτούν οι κανονισμοί και να ολοκληρωθεί έτσι η μελέτη πεπερασμένων στοιχείων, τόσο γενικά όσο και με πιο λεπτομερές πλέγμα. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης να συγκριθούν με τα αποτελέσματα των άλλων δύο προγραμμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη και την διαδικασία διορθώσεως της διατμητικής δύναμης του κύτους ως δοκός για την ανομοιογενή φόρτωση.

Επίσης θα μπορούσαν να υπολογιστούν από τους κανονισμούς CSR για την ίδια κατάσταση φόρτωσης, οι απαιτήσεις λυγισμού, κόπωσης καθώς και κατάκλισης.

Επειδή οι υπολογισμοί των πιέσεων και δυνάμεων είναι ιδιαίτερα επίπονοι, προτείνεται η ανάπτυξη λογισμικού, που θα διευκολύνει τον προσδιορισμό τους, για όλες τις καταστάσεις φόρτωσης ενός πλοίου φορτηγού μεταφοράς χύδην φορτίου καθώς και ενός δεξαμενόπλοιου μεταφοράς πετρελαίου διπλού τοιχώματος.

Εναλλακτικά η χρησιμοποίηση, ενός από τα δύο Ναυπηγικά προγράμματα, το MARS 2000 ή το CSR Prescriptive Analysis, είναι μια πολύ καλή λύση για τον προσδιορισμό των πιέσεων και της καθαρής διαστασιολόγησης. Θα μπορούσε επίσης να αναπτυχθεί λογισμικό που θα χρησιμοποιούσε τα αποτελέσματα που δίνουν σε αρχείο xls και τα δύο ανωτέρω λογισμικά, ώστε να αποδώσει τα απαραίτητα δεδομένα για την μελέτη αντοχής με την χρήση των πεπερασμένων στοιχείων.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ

[1] IACS *Vision and Mission Statement*

<https://www.iacs.org.uk/about/iacs-vision-and-mission/>

[2] IACS *Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers* - 01 JAN 2021

[3] IACS *Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers* - Technical Background Rule Reference - 01 January 2020 Release

[4] IACS Publications *Common Structural Rules*

<https://www.iacs.org.uk/publications/common-structural-rules/>

[5] BUREAU VERITAS *MARS 2000 2D SHIP STRUCTURAL ASSESSMENT SOFTWARE*

Release Date Sep. 2 2021 - Version Number 2.9o

<https://marine-offshore.bureauveritas.com/mars-2000-2d-ship-structural-assessment-software>

[6] CSR SOFTWARE *NEW (HARMONISED) CSR SOFTWARE – 2021-22*

<https://www.commonstructuralrulesoftware.com/category/7-common-structural-rules-software.aspx>

[7] ClassNk *Software for Common Structural Rules - PrimeShip-HULL software for CSR Calculations*

<https://www.classnk.de/hp/en/activities/csr/software.html>

[8] DASSAULT SYSTEMES *SOLIDWORKS Help – version 2020*

https://help.solidworks.com/2020/english/SolidWorks/sldworks/r_help.htm?id=13de98fb7c2b4566a2af64b07708a7be#Pg0

[9] Σχήμα 6: Boriana Tchakalova - *PhDResearch Associate - Bulgarian Academy of Sciences - Department of Environmental Geotechnics* - February 24, 2018

https://www.researchgate.net/post/what_is_the_relationship_between_ultimate_tensile_strength_young_modulus_and_elongation_at_break

[10] Σχήμα 11: TSCF 2013 Shipbuilders Meeting - IACS Summary of the IMO GBS and the Harmonised Common Structural Rules

<https://www.veristar.com/portal/veristarinfo/files/sites/veristarinfo/web%20contents/bv-content/generalinfo/publications/bulletintechnique/Bulletin%20Technique%202013/Rules-and-Regulations/rules2013/documents/IACS%20Summary.pdf>

[11] INNOVERA SOLIDWORKS® 3D CAD

<https://innovera.gr/solidworks-3d-cad/>

[12] IACS - BULK CARRIERS *Guidance and Information on Dry Cargo*

Loading and Discharging to Reduce the Likelihood of Over-stressing the Hull Structure-

Rev.2 Jan 2020

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ

ΤΥΠΟΣ ΣΚΑΦΟΥΣ

Το σκάφος που επιλέχθηκε είναι ένα φορτηγό μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier), κατηγορίας εξάλων τύπου B-60, για απεριόριστους πλόες σε ωκεανούς (Ocean going), κατάλληλο για μεταφορά στα αμπάρια του ξηρά φορτία χύδην όπως: σπόροι σιτηρών, κάρβουνο, σιδηρομετάλλευμα, χαλύβδινα πηνία (steel coils) κ.λ.π. καθώς και συμπαγή φορτία στο ανώτερο κατάστρωμα και στα καπάκια των αμπαριών του όπως: εξαρτήματα μηχανημάτων, ξυλεία κ.λπ.

Διαθέτει 5 αμπάρια με χωρητικότητα νεκρού βάρους (deadweight capacity) περίπου 58.000 μετρικών τόνων μαζί με το απαραίτητο νερό θαλάσσιου έρματος.

Το σκάφος αποτελείται από ένα πλήρες ανώτερο κατάστρωμα, με πρόστεγο (forecastle), με βολβώδη πλώρη και κλίσης τύπου (raked stem), με πρυμναίοι καθρέπτη, με ημισορροπημένο πηδάλιο και έλικα σταθερού βήματος που κινείται απευθείας από κινητήρα ντίζελ χαμηλής ταχύτητας.

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Gross Tonnage:	32, 839
Net Tonnage:	19,559
Type of Ship:	Bulk Carrier
Classification Society:	Bureau Veritas
Class Notation	I+HULL, +MACH, Bulk Carrier CSR BC-A (max. cargo density 3.00 t/m ³ holds 2,4 may be empty) ESP, GRAB[20], Unrestricted navigation, CPS(WBT), +VeriSTAR-HULL, +AUT-UMS, MON-SHAFT , INWATERSURVEY
Builder:	-
Year of Build:	2013
Hull Material:	Steel

ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Length Over All:	189.99 [m]
Length Water Line:	188.21 [m]
Length Between Perpendiculars:	185.00 [m]
Length SC:	182.56 [m]
Breadth (moulded):	32.260 [m]
Depth (moulded):	18.000 [m]
Design Draught (moulded):	11.300 [m]

Scantling Draught (moulded): 12.950 [m]
 Deadweight (@ 12.950 m): 57,981.00 [MT]
 Displacement (@ 12.950 m): 68,970.00 [MT]
 Freeboard (@ 12.950 m): 5.072 [m]
 Block Coefficient (Cb): 0.8788
 Service Speed (@ 11.300 m): 14.30 [knots]
 Camber (Upper Deck/Forecastle): 0.50/0.20 [m]
 Sheer (Upper Deck/Forecastle): Nil [m]
 Thickness of freeboard deck stringer plate: 0.022m
 Thickness of keel plate: 0.024/0.019/0.020 m
 Displacement (Design/Scantling Draft): 59228/68970 t

Lightship:

Lightweight: 10989.0 t
 LCG from A.P.: 83.708m
 VCG above B.L.: 11.649 m
 TCG from C.L. (SB): -0.007 m

Maximum Cargo Mass:

HOLD No	M _H (t)	M _{HD} (t)
1	10450	17900
2	11750	-
3	11750	20000
4	11750	-
5	11000	18600

Capacity:

Cargo Hold (100%Full) 71549.4 m³
 Cargo Hold (Bale Capacity=97.5%Full) 69760.7 m³
 Fuel Oil (100%Full) 2264.1 m³
 Diesel Oil (100%Full) 111.8 m³
 Lubrication Oil (100%Full) 168.1 m³
 Ballast Water (100%Full) 16924.7 m³
 Fresh Water (100%Full) 397.8 m³

Uniform Load and Cargo Hold Mass

Cargo Hold	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
Uniform Load (t/m ²)	25	19	25	19	25

Uniform Load of Hatch Cover 1.5 tonnes/m²

Uniform Load of Upper deck 4.0 tonnes/m²

Uniform Load of Tank Top (solid goods only)

Cargo Hold Mass

	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
MH (t)	10429	11717	11648	11717	10786
MFULL (t)	13254	14891	14805	14891	13708
MHD (t)	17864	-	19954	-	18476

Steel Coil

Steel Coil Size and Weight 1.6m(D)/ 2.0m(L)

20.0 tons/ 2 tiers with

5 dunnages for CH2/3/4/5,

6 dunnages for CH1

Permissible still water shear forces (kN)

Frame	Seagoing		Harbour		Hold Flooded	
	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative
#35	47,629	-47,000	57,029	-56,777	50,762	-50,259
#52	-	-	-	-	-	-
#69	75,439	-74,500	89,468	-89,093	80,115	-79,364
#87	-	-	-	-	-	-
#104	62,000	-62,000	73,103	-73,103	65,701	-65,701
#122	-	-	-	-	-	-
#140	60,200	-60,492	72,665	-72,782	64,355	-64,589
#157	-	-	-	-	-	-
#175	79,200	-80,220	95,062	-95,470	84,487	-85,303
#192	-	-	-	-	-	-
#208	26,500	-26,847	31,898	-32,037	28,299	-28,577

Permissible still water bending moments (kN*m)

Frame	Seagoing		Harbour		Hold Flooded	
	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging
#35	975,338	-668,803	1,389,438	-1,119,130	1,248,432	-1,231,712
#52	1,349,052	-925,064	1,921,821	-1,547,941	1,726,786	-1,703,660
#69	1,722,766	-1,181,325	2,454,203	-1,976,751	2,205,141	-2,175,608
#87	1,750,000	-1,200,000	2,493,000	-2,008,000	2,240,000	-2,210,000
#104	1,750,000	-1,200,000	2,493,000	-2,008,000	2,240,000	-2,210,000
#122	1,750,000	-1,200,000	2,493,000	-2,008,000	2,240,000	-2,210,000
#140	1,750,000	-1,200,000	2,493,000	-2,008,000	2,240,000	-2,210,000
#157	1,709,379	-1,172,146	2,435,133	-1,961,391	2,188,006	-2,158,702
#175	1,313,682	-900,810	1,871,434	-1,507,356	1,681,513	-1,658,993
#192	939,968	-644,549	1,339,051	-1,078,546	1,203,159	-1,187,045
#208	588,236	-403,362	837,985	-674,959	752,943	-742,859

Shear force correction

The shear force correction on intact & hold flooded conditions should be taken into account as per the method described in CSR, Chapter 5, Section 1, 2.2.

For the ships with any non-homogeneous loading conditions, such as alternate hold loading conditions and heavy ballast conditions carrying ballast in hold(s), shear force correction should be taken into account. During the course of correction, when applicable, the portion of loads transmitted by the double girders to the transverse bulkheads should also be taken into account.

Shear force correction
$$\Delta Q_c = \alpha \left| \frac{M}{B_H \bullet \ell_H} - \rho T_{LC} \right|$$

Where:

$$\alpha = g \frac{\ell_0 b_0}{2 + \varphi \frac{\ell_0}{b_0}}$$

$$\varphi = 1.38 + 1.55 \frac{\ell_0}{b_0}, \text{ to be taken not greater than } 3.7$$

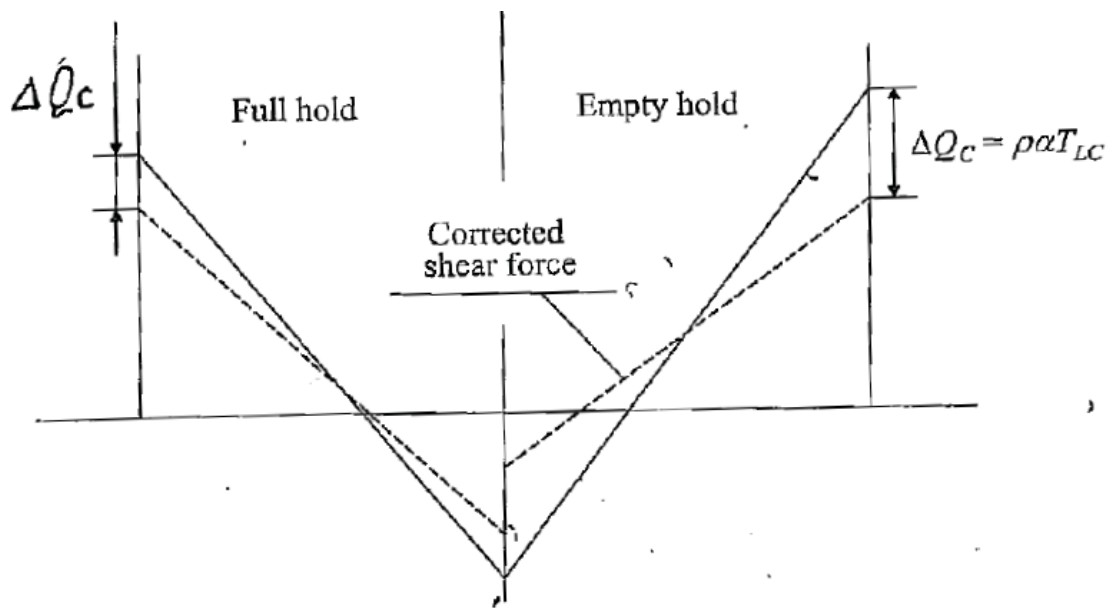
ℓ_0, b_0 : Length and breadth, respectively, in m, of the flat portion of the double bottom in way of the hold considered; b_0 is to be measured on the hull transverse section at the middle of the hold

l_H : Length, in m, of the hold considered, measured between the middle of the transverse corrugated bulkheads depth

B_H : Ship's breadth, in m, measured at the level of inner bottom on the hull transverse section at the middle of the hold considered

M : Total mass of cargo, in t, in the hold of the section considered

T_{LC} : Draught, in m, measured vertically on the hull transverse section at middle of the hold considered, from the moulded baseline to the waterline in the loading condition considered



For this vessel, the parameters mentioned above can be obtained from the following table:

HOLD	Middle of Hold X (m)	l_H (m)	l_0 (m)	b_0 (m)	B_H (m)	ϕ	α
No.1 Hold	161.490	28.810	28.380	23.500	27.260	3.252	1104
No.2 Hold	132.250	30.100	27.520	23.500	32.260	3.195	1105
No.3 Hold	101.720	30.100	25.800	23.500	32.260	3.082	1105
No.4 Hold	71.190	30.100	27.520	23.500	32.260	3.195	1105
No.5 Hold	41.520	29.670	27.520	20.200	26.750	3.492	807

Corrected shear force should be less than permissible still water shear force shown in e)

Hold Ballasting in No.3 Cargo Hold / W.B.T.

No.3 cargo hold shall be designed as a water ballast tank. Ballast water shall be 100% of the hold height at open sea.

When the No.3 Hold is used for dry cargoes (e.g. coal), watertight cover of bilge wells in this hold should be removed and suction well in this hold should be closed with watertight cover. When the No.3 Hold is used for ballast water filling hold, watertight cover of suction well in this hold should be removed and bilge wells in this hold should be closed with the watertight cover. Box (strainer) for ballast sumps should be fitted properly.

When No.3 hold is used as water ballast tank, open all ventilators of No.3 hold before starting the ballast or deballasting procedure. Keep them close during navigation when water ballast is being carried in hold.

It should be noted that ballasting or deballasting operation of No.3 Hold must be carried out when sea is calm.

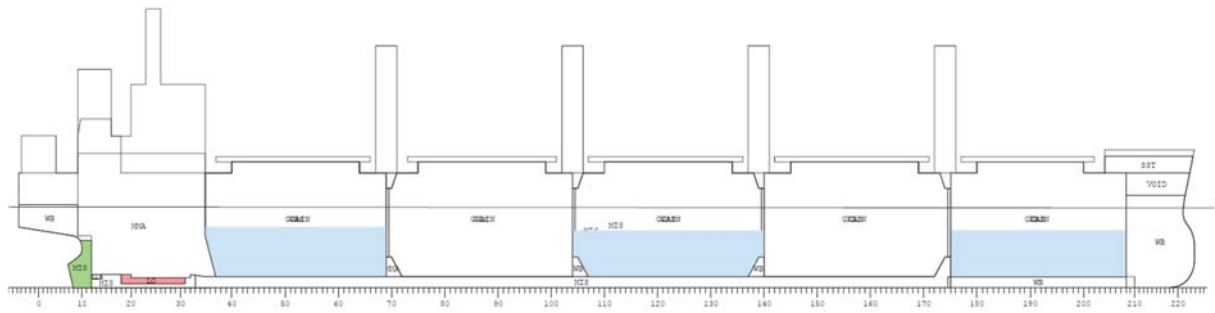
No.3 Hold is must be kept filled up to deck head whenever used as ballast filling hold in sea going condition.

Caution for Ventilators on No.3 cargo hatch cover

- 1) All ventilators should be kept “open” during ballasting and deballasting operation to prevent damage to the hatch cover due to over pressure or vacuum pressure of such operation.
- 2) If the No.3 cargo hold is used as ballast hold, items below should be considered:
 - _ The ballast water should always be at its full level (above upper deck level) at sea going condition.
 - _ All ventilators should be kept “Close” in order to protect discharge of the ballast water during navigation. This is important to prevent “Sloshing” due to decrease of water.
- 3) If the No.3 cargo hold is used as the dry cargo hold, at least one (1) ventilator should be kept “Open”.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ

7 ALTD** Homogeneous 3.0t/m3 CH1,3,5F./CH2,4E. DEP. 6-43



LOAD CONDITION ALTD

NAME	LOAD	MASS t	FILL %	XM m	YM m	ZM m	FRSM tm
CONTENTS=SOLID CARGO (RHO=3)							
CH1	CAS	17428.0	43.8	160.462	0.000	5.751	0.0
CH3	CAS	19466.8	43.8	101.720	0.000	5.792	0.0
CH5	CAS	18025.1	43.8	43.266	0.000	6.162	0.0
SUBTOTAL	CAS	54919.8		101.176	0.000	5.901	0.0
CONTENTS=Diesel Oil (RHO=0.9)							
DOS	DO	81.0	98.0	23.960	-12.767	15.174	46.9
DOV	DO	17.7	98.0	22.500	-10.931	15.608	1.3
SUBTOTAL	DO	98.6		23.699	-12.438	15.252	48.1
CONTENTS=Fresh Water (RHO=1)							
FWP	FW	146.8	100.0	4.912	9.699	15.894	296.9
FWS	FW	205.0	100.0	3.668	-10.366	15.893	332.4
DWT	FW	46.0	100.0	4.900	-6.080	15.940	7.9
SUBTOTAL	FW	397.8		4.270	-2.466	15.899	637.2
CONTENTS=Heavy Fuel Oil (RHO=0.98)							
FO1P	HFO	379.7	98.0	71.190	12.616	16.826	389.6
FO1S	HFO	379.7	98.0	71.190	-12.616	16.826	389.6
FO2P	HFO	368.8	98.0	41.520	12.616	16.826	0.0
FO2S	HFO	368.8	98.0	41.520	-12.616	16.826	0.0
FO3P	HFO	449.9	98.0	20.951	12.417	13.064	0.0
FO3S	HFO	120.8	98.0	16.900	-12.440	15.252	0.0
FOL1	HFO	30.9	98.0	17.700	-9.320	10.448	6.6
FOL2	HFO	32.0	98.0	17.727	-12.666	10.639	10.7
FOV1	HFO	20.6	98.0	19.700	-9.320	10.448	4.4
FOV2	HFO	23.2	98.0	19.706	-12.778	10.521	7.2
SUBTOTAL	HFO	2174.4		45.129	1.335	15.651	808.1
CONTENTS=Lubricating Oil (RHO=0.9)							
CLR1	LO	27.3	98.0	19.300	-6.080	15.350	6.1
CLR2	LO	9.1	98.0	17.300	-6.890	15.350	0.5
CLR3	LO	27.3	98.0	16.233	-5.810	15.350	5.6
MLR	LO	27.3	98.0	23.300	-6.080	15.350	6.1
MLL	LO	18.2	98.0	21.300	-6.080	15.350	4.0

MLS	LO	20.9	98.0	18.264	0.000	1.142	8.4
GLR	LO	9.1	98.0	14.100	-6.890	15.350	0.5
GLL	LO	9.1	98.0	14.100	-5.270	15.350	0.5

SUBTOTAL	LO	148.3		18.810	-5.222	13.346	31.6

CONTENTS=MISCELLANEOUS (RHO=1)

CWT	MIS	23.0	100.0	7.445	0.000	3.344	0.0
-----	-----	------	-------	-------	-------	-------	-----

CONTENTS=Water Ballast (RHO=1.025)

APT	WB	0.0	0.0	1.214	0.712	13.161	15584.3
-----	----	-----	-----	-------	-------	--------	---------

CONTENTS= (RHO=1)

CREWS&EFFECTS	Z	4.0	0.0	21.300	0.000	25.000	0.0
PROVISION	Z	5.0	0.0	11.000	0.000	19.500	0.0
AFT_STORES	Z	70.0	0.0	16.500	0.000	19.500	0.0
FWD_STORES	Z	20.0	0.0	181.000	0.000	19.500	0.0
MID_STORES	Z	120.0	0.0	102.000	0.000	21.000	0.0

SUBTOTAL	Z	219.0		78.334	0.000	20.422	0.0

NAME	LOAD	MASS	FILL	XM	YM	ZM	FRSM
		t	%	m	m	m	tm

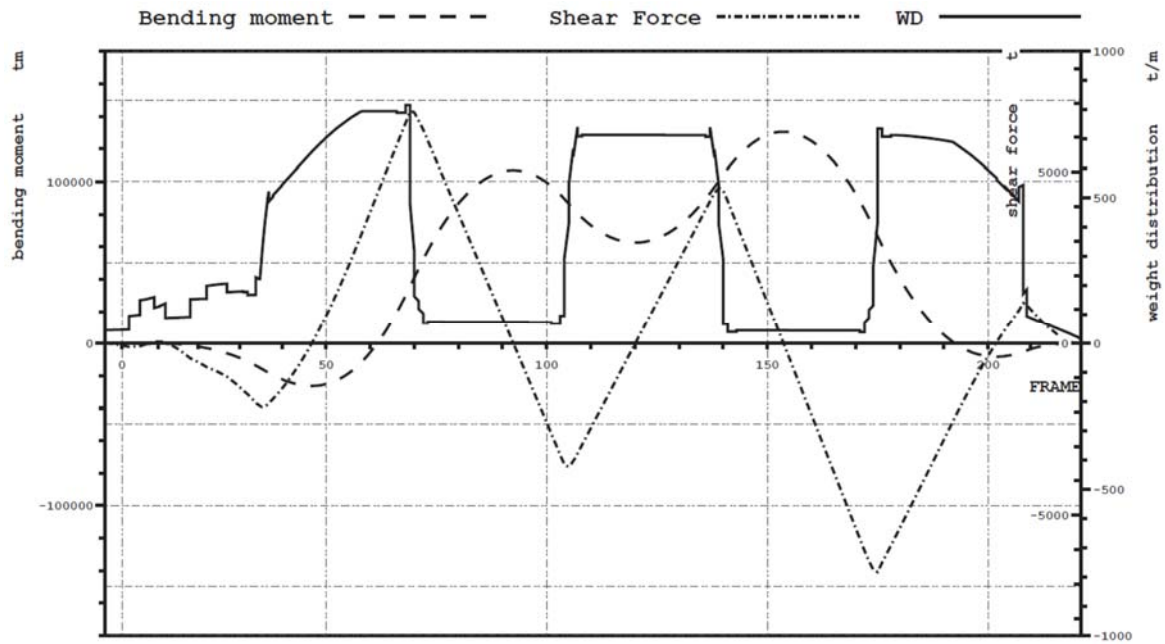
TOTAL		57981.0		97.943	-0.001	6.424	17109.3

Lightweight	10989.0		83.708	-0.007	11.649		
Deadweight	57981.0		97.943	-0.001	6.424		
Total weight	68970.0		95.675	-0.002	7.256		

LOADING CONDITION ALTD, Homogeneous 3.0t/m3,CH1,3,5F./CH2 4E.,DEP.

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

Draught moulded	12.946	m	KM	13.87	m
Trim	-0.167	m	KG	7.26	m
Heel, PS=+	0.0	deg			
TA	13.030	m	GM0	6.61	m
TF	12.863	m	GMCORR	-0.25	m
Trimming moment	-14407	tonm	GM	6.36	m
TLCA	12.950	m			
Propeller Immersion				211.22	%



LOAD CONDITION ALTD : (Homogeneous 3.0t/m3,CH1,3,5F./CH2 4E.,DEP.)

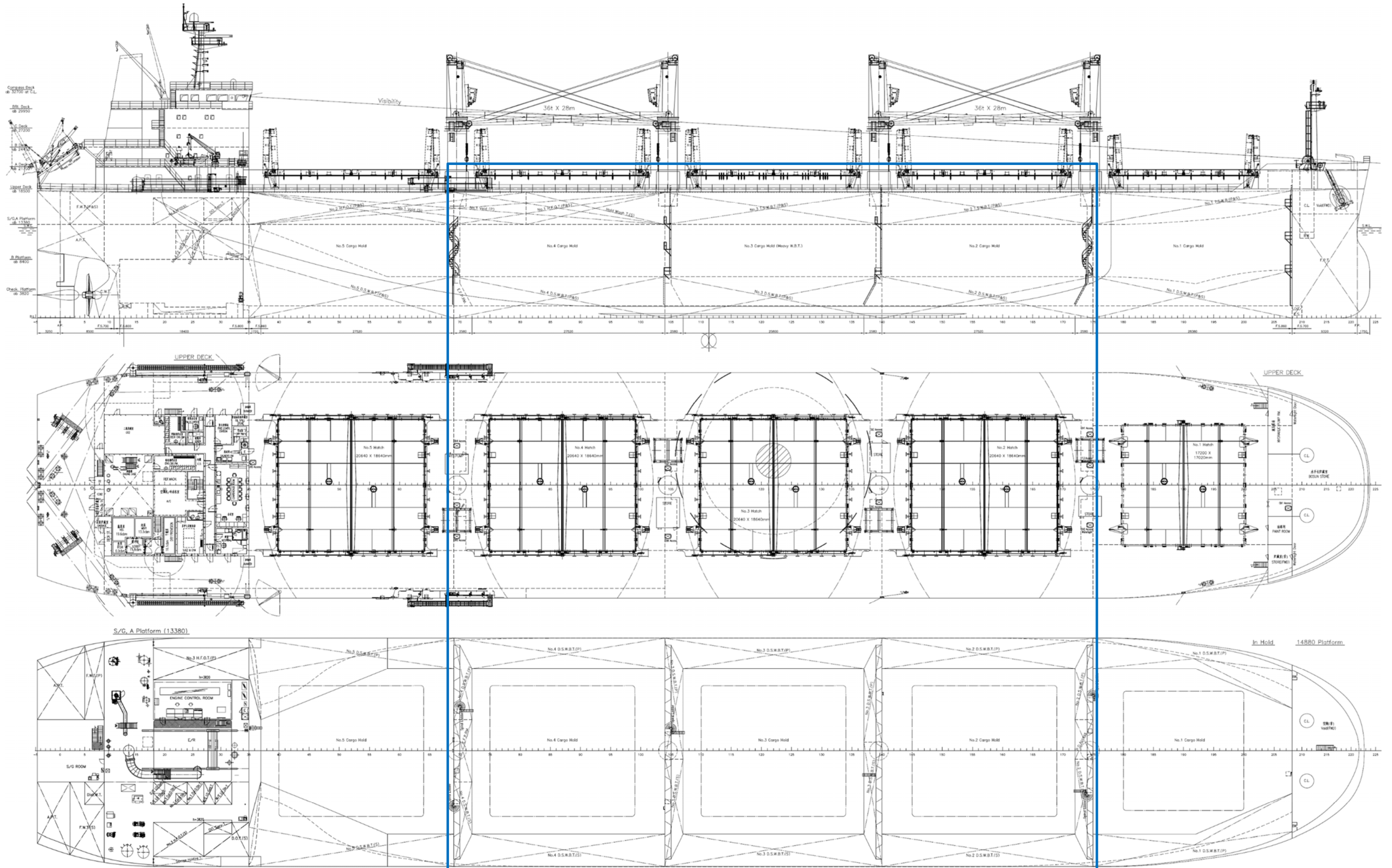
X	FRAME	SHEAR	SFCORR	SHREL
m	#	kN	kN	%
26.902	35.00	-17883	-17883	38.1
56.138	69.00	66133	58557	77.7
86.242	104.00	-34528	-27034	43.6
117.198	140.00	43859	36365	60.4
147.302	175.00	-65239	-55327	69.0
175.682	208.00	11699	11699	43.7

X	FRAME	BEND	BMREL	X	FRAME	BEND	BMREL
m	#	kNm	%	m	#	kNm	%
26.900	35.00	-148287	22.2	117.200	140.00	1023148	58.5
41.520	52.00	-228673	24.7	131.820	157.00	1265018	74.0
56.140	69.00	347051	20.2	147.300	175.00	650631	49.5
71.620	87.00	1011845	57.8	161.920	192.00	8699	0.9
86.240	104.00	877740	50.2	175.680	208.00	-50499	12.5
101.720	122.00	617556	35.3				

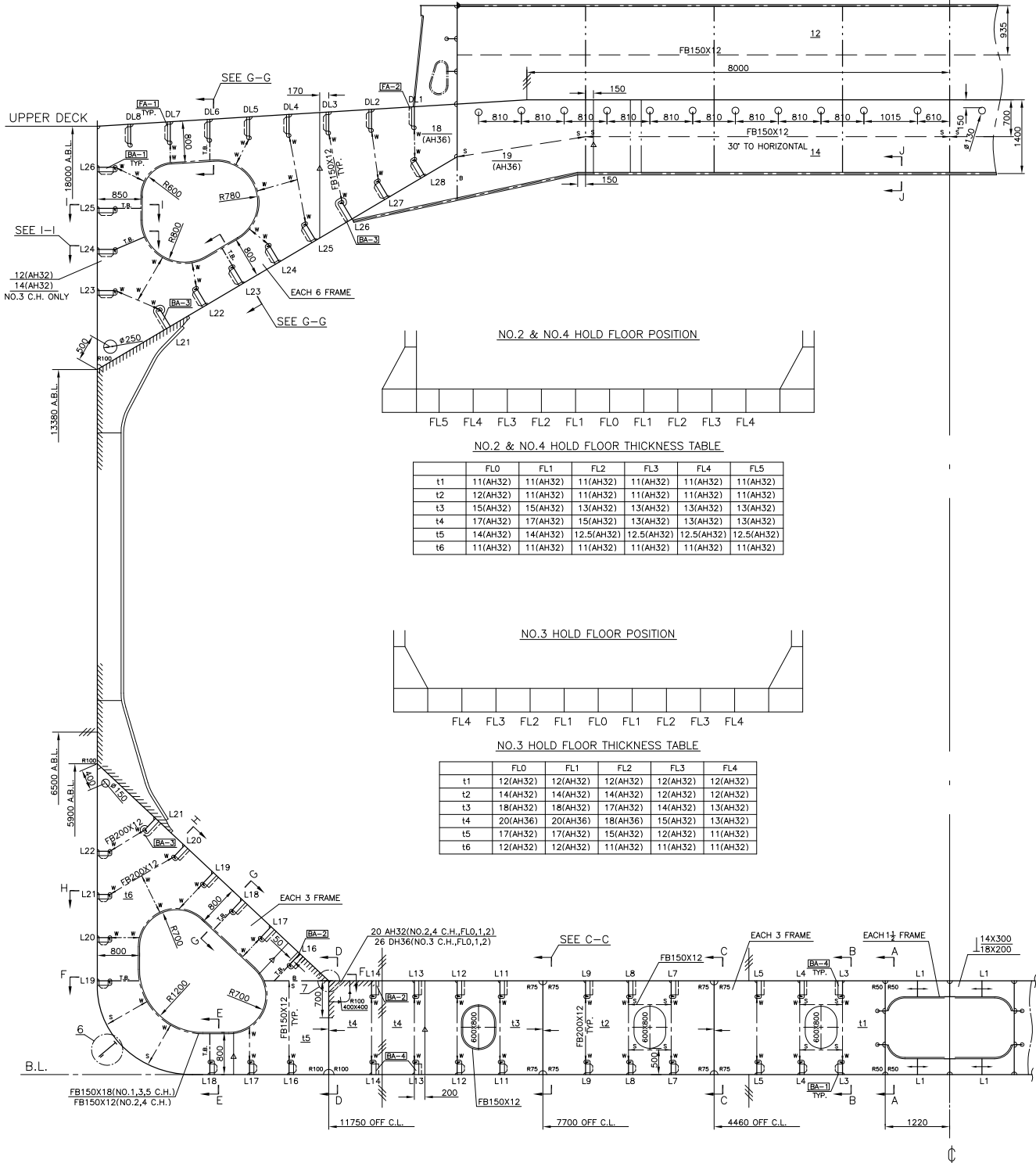
		X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-55332.0 KN	147.300 M	#175+0
SHEAR FORCE (MAX)	51461.6 KN	56.140 M	#69+0
SAGGING MOMENT	-257788.0 KNM	37.090 M	#46+0.73
HOGGING MOMENT	1280640.0 KNM	128.520 M	#153+0.14

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ
ΣΧΕΔΙΑ ΠΛΟΙΟΥ

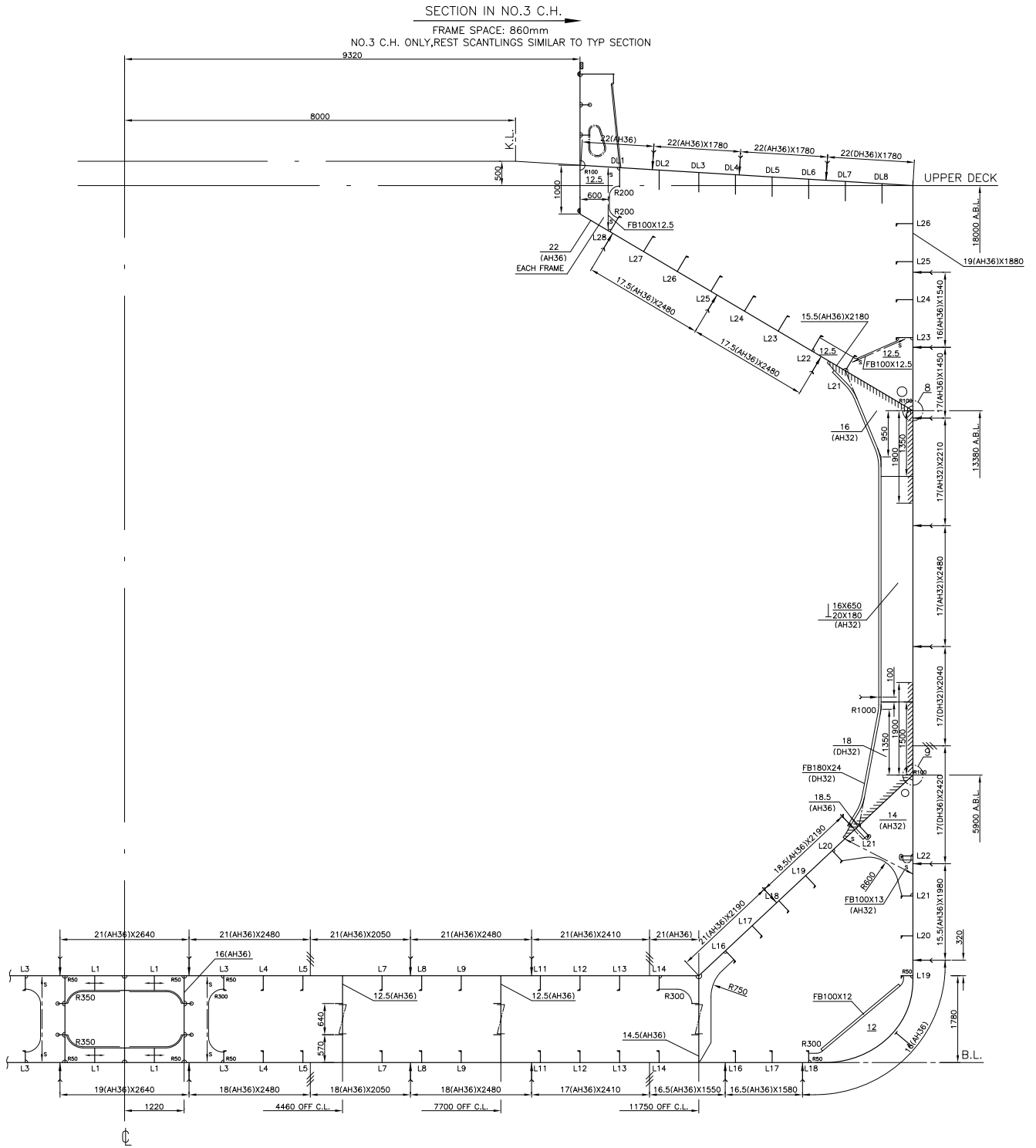
ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ



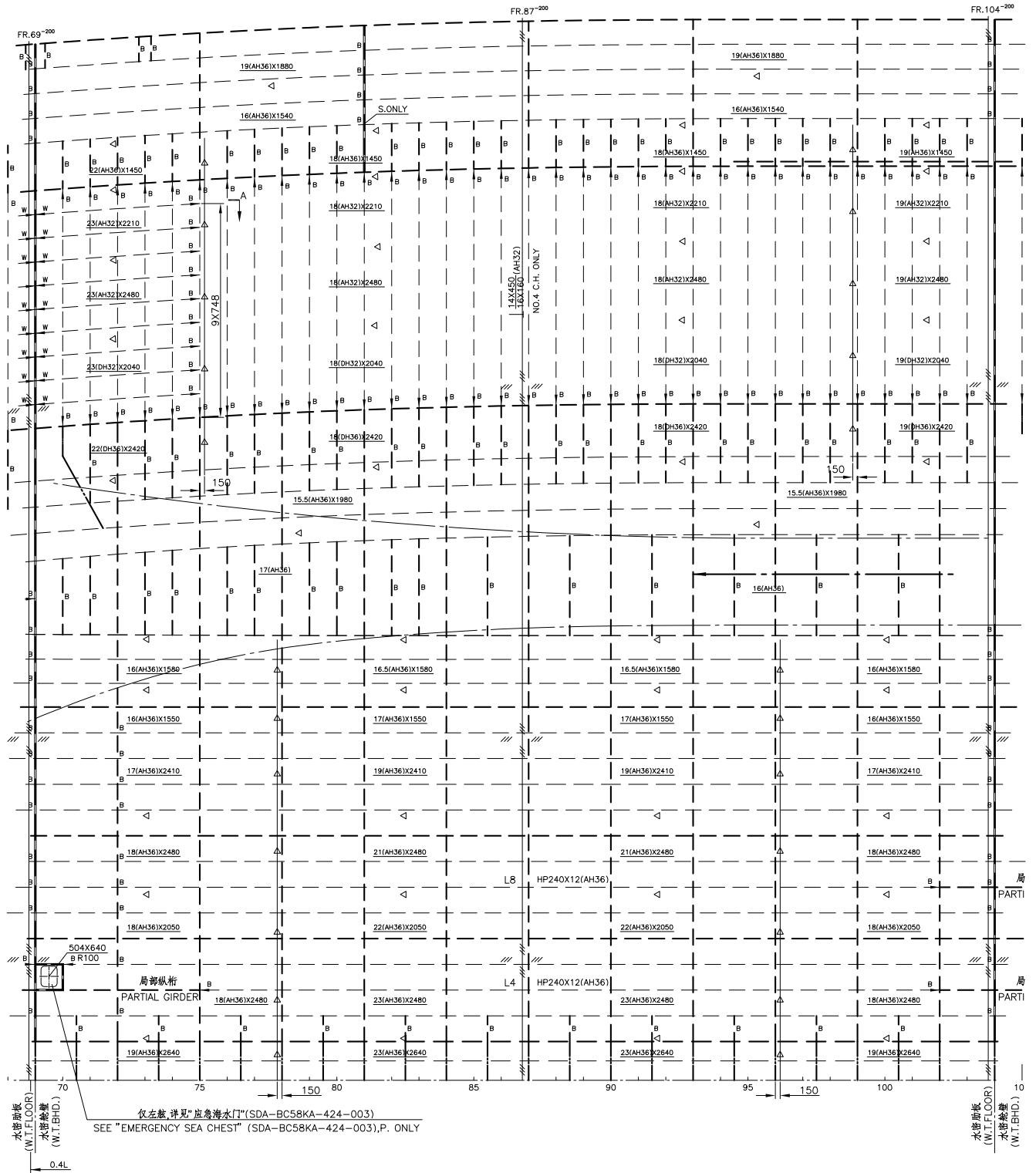
TYP. WEB FRAME
 FRAME SPACE: 860mm



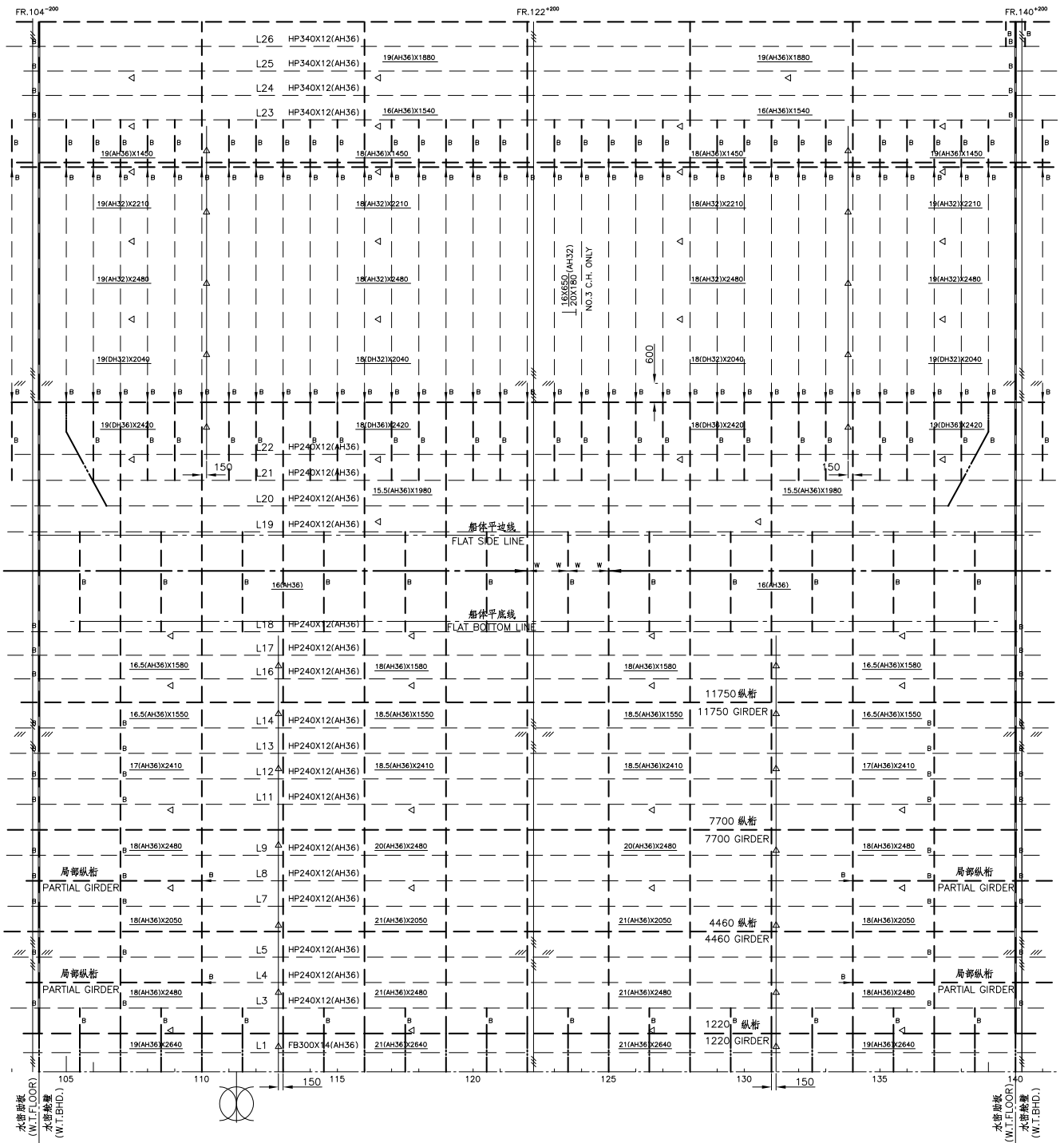
ΜΕΣΗ ΤΟΜΗ – ΤΥΠΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΣ ΝΟΜΕΑΣ



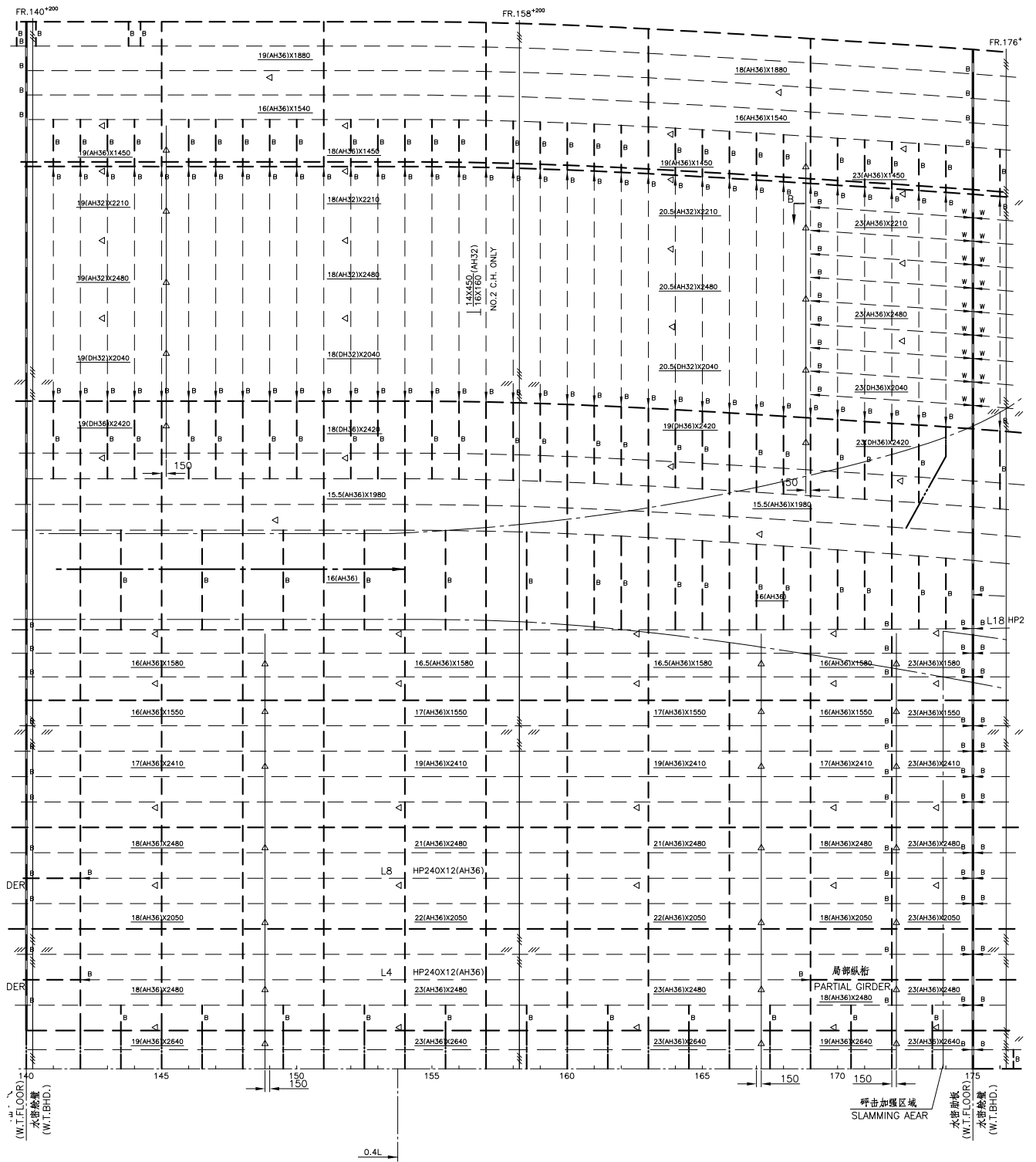
ΜΕΣΗ ΤΟΜΗ - ΑΜΠΑΡΙ Νο. 3



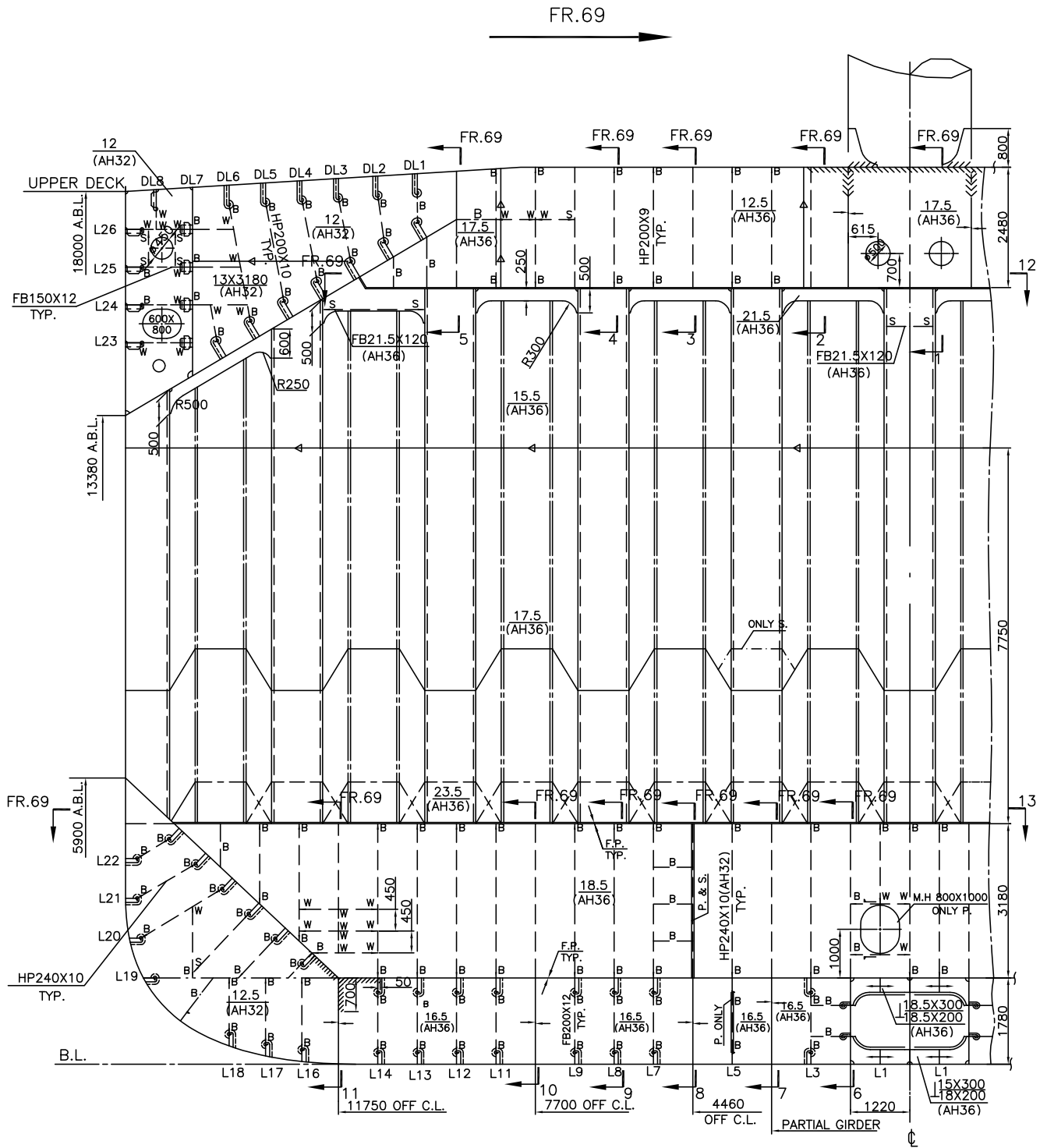
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ - ΑΜΠΑΡΙ Νο. 4



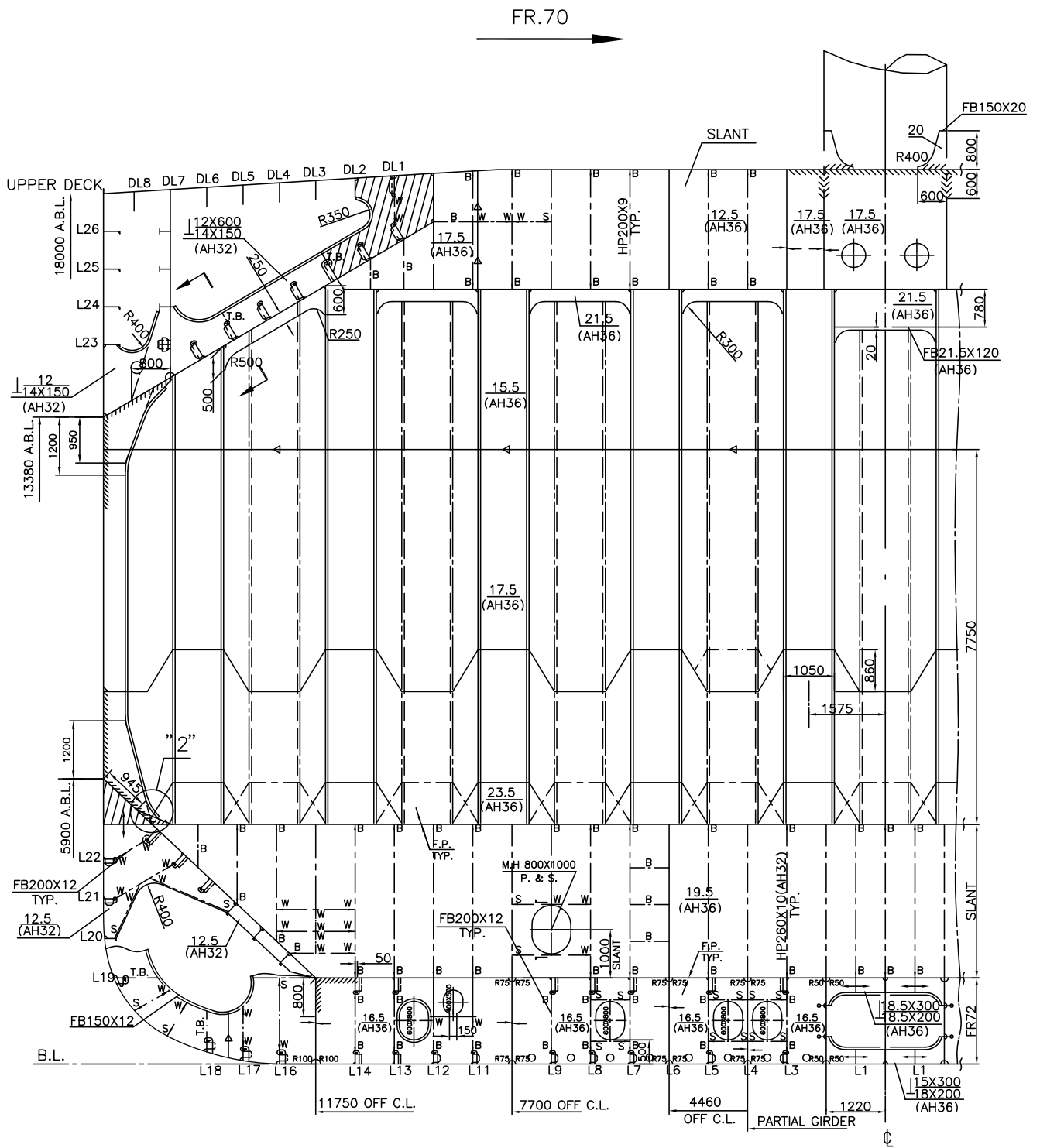
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ - ΑΜΠΑΡΙ Νο. 3



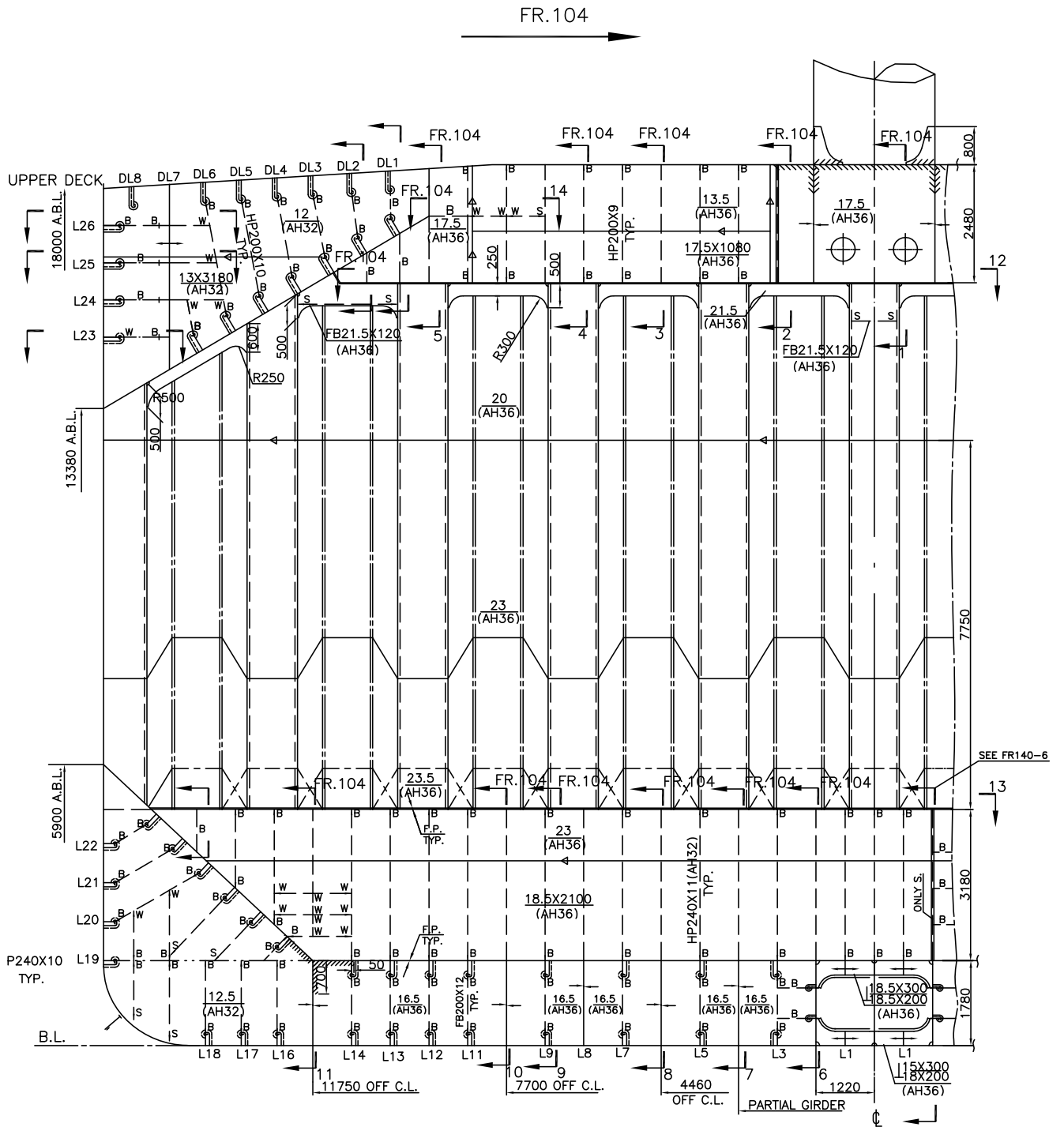
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ - ΑΜΠΑΡΙ Νο. 2



ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΕΓΑΝΗ ΦΡΑΚΤΗ – ΑΜΠΑΡΙ Νο. 4-5 (ΠΡΙΜΑ)

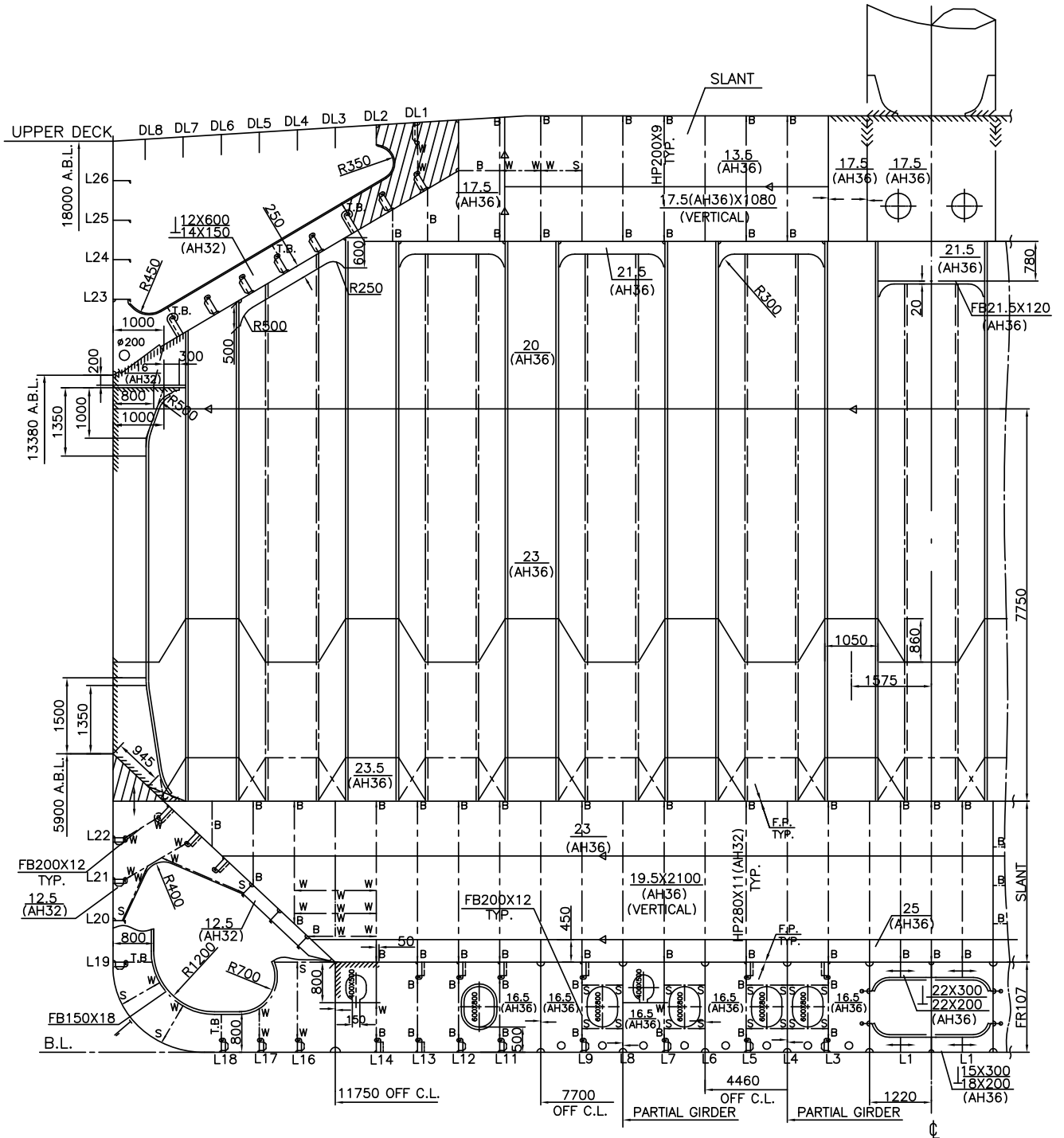


ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΕΓΑΝΗ ΦΡΑΚΤΗ – ΑΜΠΑΡΙ Νο. 4-5 (ΠΛΩΡΑ)



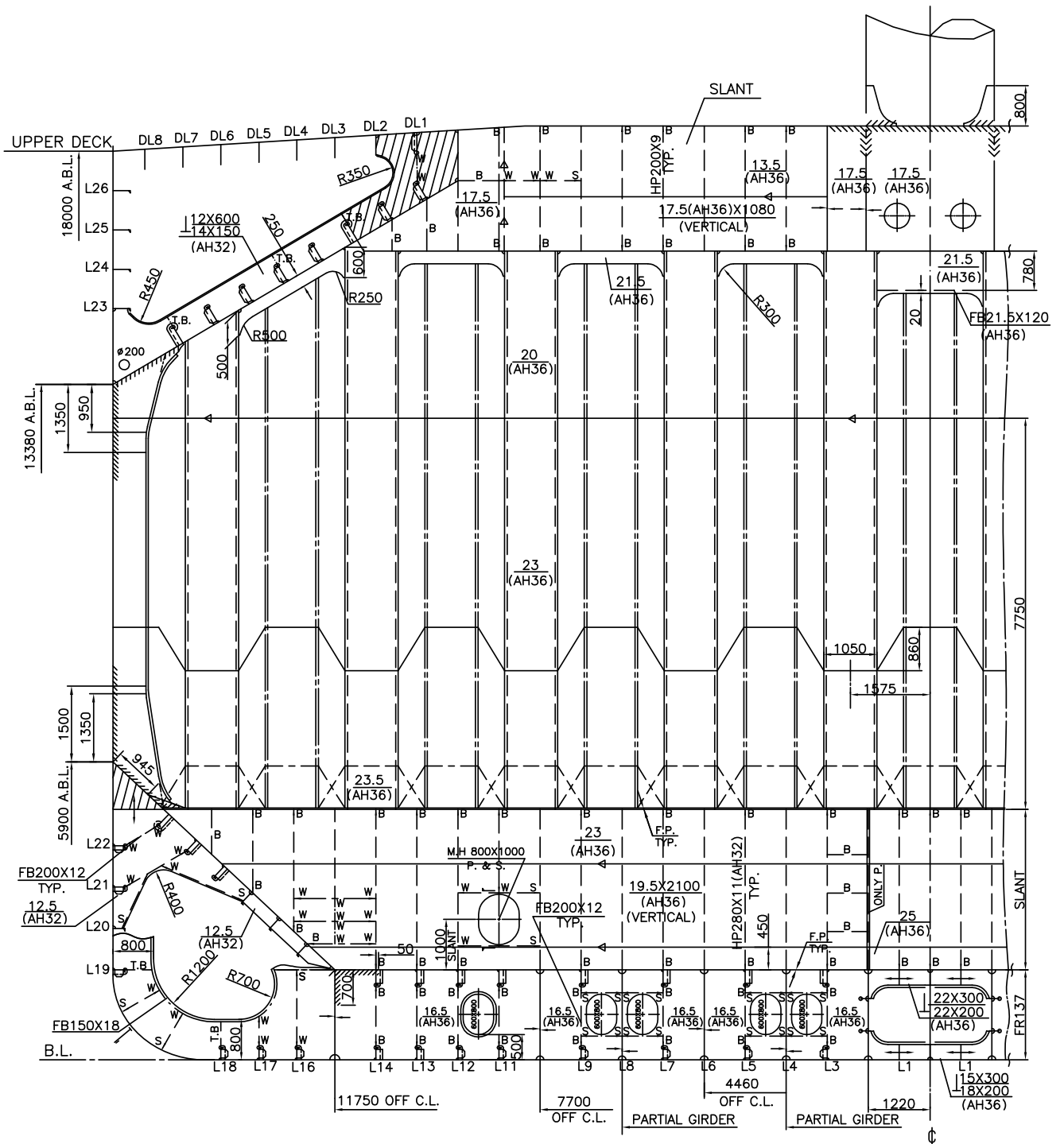
ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΕΓΑΝΗ ΦΡΑΚΤΗ – ΑΜΠΑΡΙ Νο. 3-4 (ΠΡΙΜΑ)

FR.105

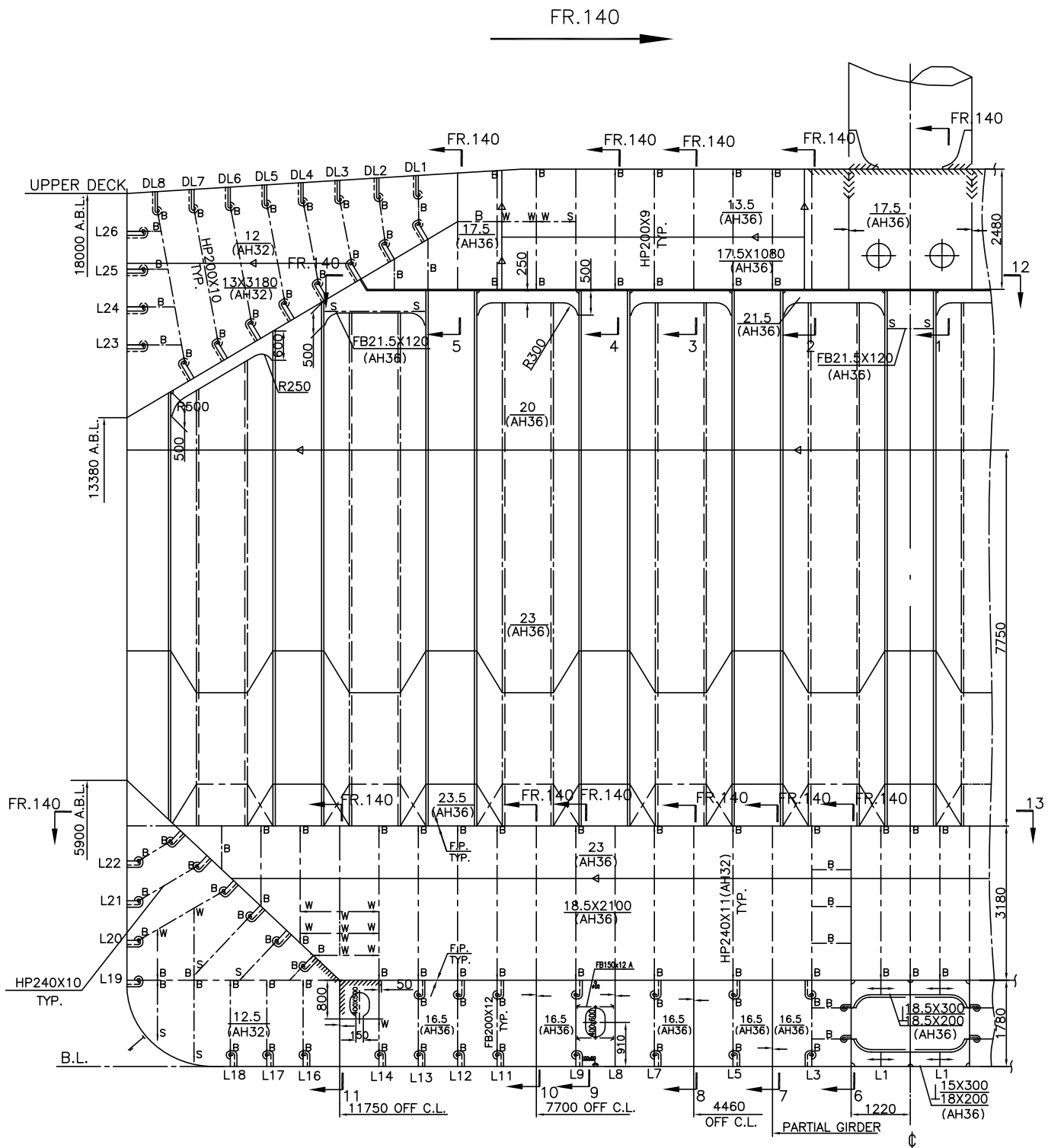


ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΕΓΑΝΗ ΦΡΑΚΤΗ – ΑΜΠΑΡΙ Νο. 3-4 (ΠΛΩΡΑ)

FR.139



ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΕΓΑΝΗ ΦΡΑΚΤΗ – ΑΜΠΑΡΙ Νο. 2-3 (ΠΡΙΜΑ)



ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΕΓΑΝΗ ΦΡΑΚΤΗ – ΑΜΠΑΡΙ Νο. 2-3 (ΠΛΩΡΑ)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV
ΒΑΣΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΛΟΙΟΥ
MARS2000



MARS2000
UNIWA Master's degree

Rule Coefficients

Rule Materials Factor

n°	Type	Yield stress (N/mm ²)	k	R _Y (N/mm ²)
1	Steel	355.0	0.720	326.4
2	Steel	315.0	0.780	301.3

Ship Motions (Strength assesment 10-8)

Homogeneous Loading 12.950

Surge acceleration	0.792 m/s ²
Sway acceleration	1.188 m/s ²
Heave acceleration	3.959 m/s ²
Roll acceleration	0.096 m/s ²
Roll amplitude	24.546 deg
Roll period	13.239 s
Pitch acceleration	0.055 m/s ²
Pitch amplitude	10.457 deg
Pitch period	11.845 s

Normal Ballast 5.846

Surge acceleration	0.792 m/s ²
Sway acceleration	1.188 m/s ²
Heave acceleration	3.959 m/s ²
Roll acceleration	0.174 m/s ²
Roll amplitude	26.532 deg
Roll period	10.264 s
Pitch acceleration	0.073 m/s ²
Pitch amplitude	10.457 deg
Pitch period	10.258 s

Heavy Ballast 8.901

Surge acceleration	0.792 m/s ²
Sway acceleration	1.188 m/s ²
Heave acceleration	3.959 m/s ²
Roll acceleration	0.165 m/s ²
Roll amplitude	26.387 deg
Roll period	10.483 s
Pitch acceleration	0.065 m/s ²
Pitch amplitude	10.457 deg
Pitch period	10.880 s

Homogeneous Heavy cargo 12.950

Surge acceleration	0.792 m/s ²
Sway acceleration	1.188 m/s ²
Heave acceleration	3.959 m/s ²
Roll acceleration	0.148 m/s ²
Roll amplitude	26.037 deg
Roll period	11.007 s
Pitch acceleration	0.055 m/s ²
Pitch amplitude	10.457 deg
Pitch period	11.845 s

Alternate Heavy cargo 12.950

Surge acceleration	0.792 m/s ²
Sway acceleration	1.188 m/s ²
Heave acceleration	3.959 m/s ²
Roll acceleration	0.128 m/s ²
Roll amplitude	25.560 deg
Roll period	11.720 s
Pitch acceleration	0.055 m/s ²
Pitch amplitude	10.457 deg
Pitch period	11.845 s

Alternate Light cargo 12.950

Surge acceleration	0.792 m/s ²
Sway acceleration	1.188 m/s ²
Heave acceleration	3.959 m/s ²
Roll acceleration	0.096 m/s ²
Roll amplitude	24.546 deg
Roll period	13.239 s
Pitch acceleration	0.055 m/s ²
Pitch amplitude	10.457 deg
Pitch period	11.845 s

Accidental flooding 12.950

Surge acceleration	0.633 m/s ²
Sway acceleration	0.950 m/s ²
Heave acceleration	3.167 m/s ²
Roll acceleration	0.077 m/s ²
Roll amplitude	19.637 deg
Roll period	13.239 s
Pitch acceleration	0.044 m/s ²
Pitch amplitude	8.366 deg
Pitch period	11.845 s

Normal Water Ballast Exchange 5.846

Surge acceleration	0.633 m/s ²
Sway acceleration	0.950 m/s ²
Heave acceleration	3.167 m/s ²
Roll acceleration	0.139 m/s ²
Roll amplitude	21.226 deg
Roll period	10.264 s
Pitch acceleration	0.059 m/s ²
Pitch amplitude	8.366 deg
Pitch period	10.258 s

Heavy Water Ballast Exchange 8.901

Surge acceleration	0.633 m/s ²
Sway acceleration	0.950 m/s ²
Heave acceleration	3.167 m/s ²
Roll acceleration	0.132 m/s ²
Roll amplitude	21.109 deg
Roll period	10.483 s
Pitch acceleration	0.052 m/s ²
Pitch amplitude	8.366 deg
Pitch period	10.880 s

Ship Motions (fatigue assesment 10-2)

Homogeneous Loading 12.950

Surge acceleration	0.000 m/s ²
Sway acceleration	0.000 m/s ²
Heave acceleration	0.000 m/s ²
Roll acceleration	0.000 m/s ²
Roll amplitude	0.000 deg
Roll period	0.000 s
Pitch acceleration	0.000 m/s ²
Pitch amplitude	0.000 deg
Pitch period	0.000 s

Normal Ballast 5.846

Surge acceleration	0.000 m/s ²
Sway acceleration	0.000 m/s ²
Heave acceleration	0.000 m/s ²
Roll acceleration	0.000 m/s ²
Roll amplitude	0.000 deg
Roll period	0.000 s
Pitch acceleration	0.000 m/s ²
Pitch amplitude	0.000 deg
Pitch period	0.000 s

Heavy Ballast 8.901

Surge acceleration	0.000 m/s ²
Sway acceleration	0.000 m/s ²
Heave acceleration	0.000 m/s ²
Roll acceleration	0.000 m/s ²
Roll amplitude	0.000 deg
Roll period	0.000 s
Pitch acceleration	0.000 m/s ²
Pitch amplitude	0.000 deg
Pitch period	0.000 s

Homogeneous Heavy cargo 12.950

Surge acceleration	0.000 m/s ²
Sway acceleration	0.000 m/s ²
Heave acceleration	0.000 m/s ²
Roll acceleration	0.000 m/s ²
Roll amplitude	0.000 deg
Roll period	0.000 s
Pitch acceleration	0.000 m/s ²
Pitch amplitude	0.000 deg
Pitch period	0.000 s

Alternate Heavy cargo 12.950

Surge acceleration	0.000 m/s ²
Sway acceleration	0.000 m/s ²
Heave acceleration	0.000 m/s ²
Roll acceleration	0.000 m/s ²
Roll amplitude	0.000 deg
Roll period	0.000 s
Pitch acceleration	0.000 m/s ²
Pitch amplitude	0.000 deg
Pitch period	0.000 s

Alternate Light cargo 12.950

Surge acceleration	0.000 m/s ²
Sway acceleration	0.000 m/s ²
Heave acceleration	0.000 m/s ²
Roll acceleration	0.000 m/s ²
Roll amplitude	0.000 deg
Roll period	0.000 s
Pitch acceleration	0.000 m/s ²
Pitch amplitude	0.000 deg
Pitch period	0.000 s

Accidental flooding 12.950

Surge acceleration	0.000 m/s ²
Sway acceleration	0.000 m/s ²
Heave acceleration	0.000 m/s ²
Roll acceleration	0.000 m/s ²
Roll amplitude	0.000 deg
Roll period	0.000 s
Pitch acceleration	0.000 m/s ²
Pitch amplitude	0.000 deg
Pitch period	0.000 s

Normal Water Ballast Exchange 5.846

Surge acceleration	0.000 m/s ²
Sway acceleration	0.000 m/s ²
Heave acceleration	0.000 m/s ²
Roll acceleration	0.000 m/s ²
Roll amplitude	0.000 deg
Roll period	0.000 s
Pitch acceleration	0.000 m/s ²
Pitch amplitude	0.000 deg
Pitch period	0.000 s

Heavy Water Ballast Exchange 8.901

Surge acceleration	0.000 m/s ²
Sway acceleration	0.000 m/s ²
Heave acceleration	0.000 m/s ²
Roll acceleration	0.000 m/s ²
Roll amplitude	0.000 deg
Roll period	0.000 s
Pitch acceleration	0.000 m/s ²
Pitch amplitude	0.000 deg
Pitch period	0.000 s

Hull Girder Loads Distribution
 (SWBM based on Builder's Proposal)

Vertical Bending Moments - Hogging Condition

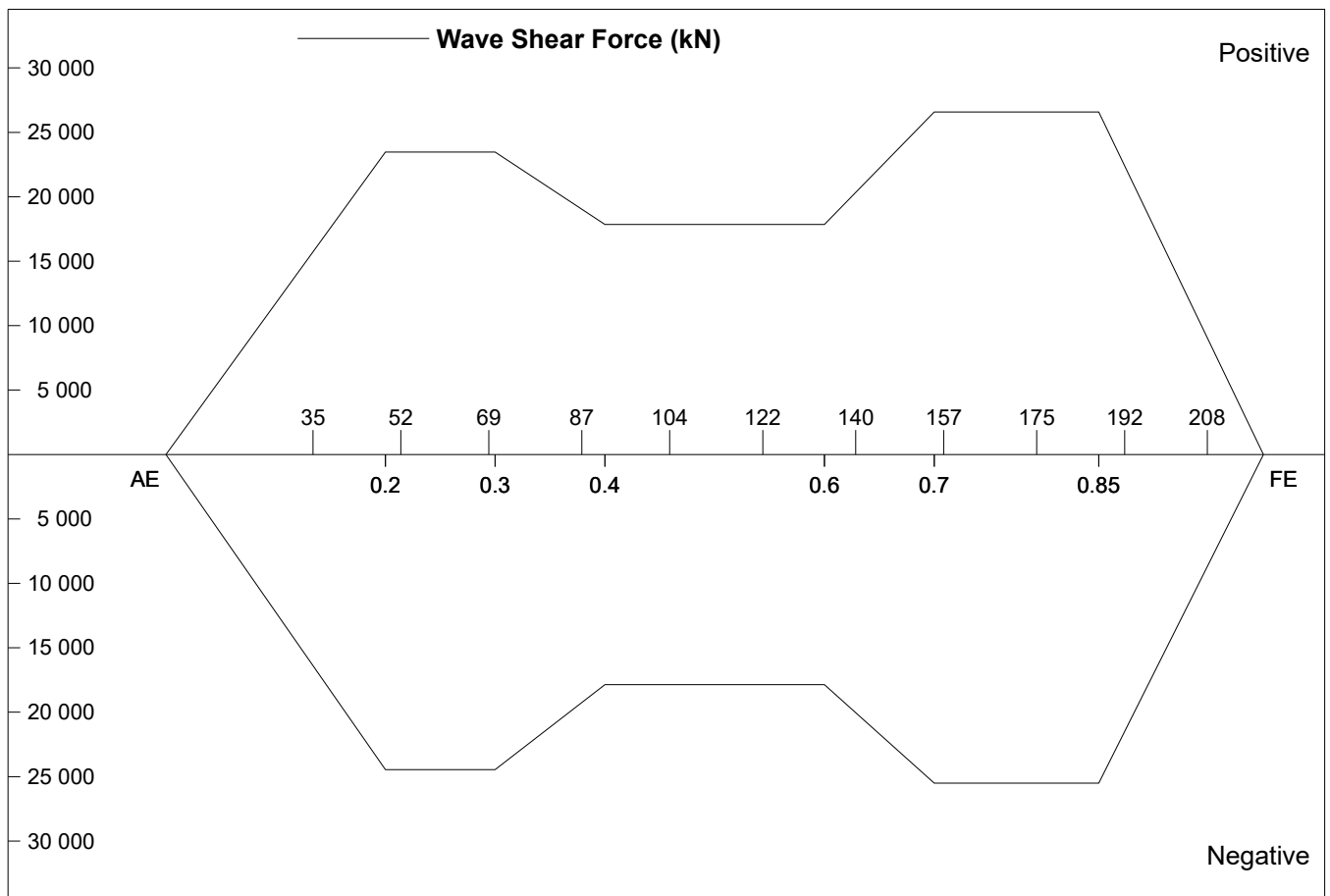
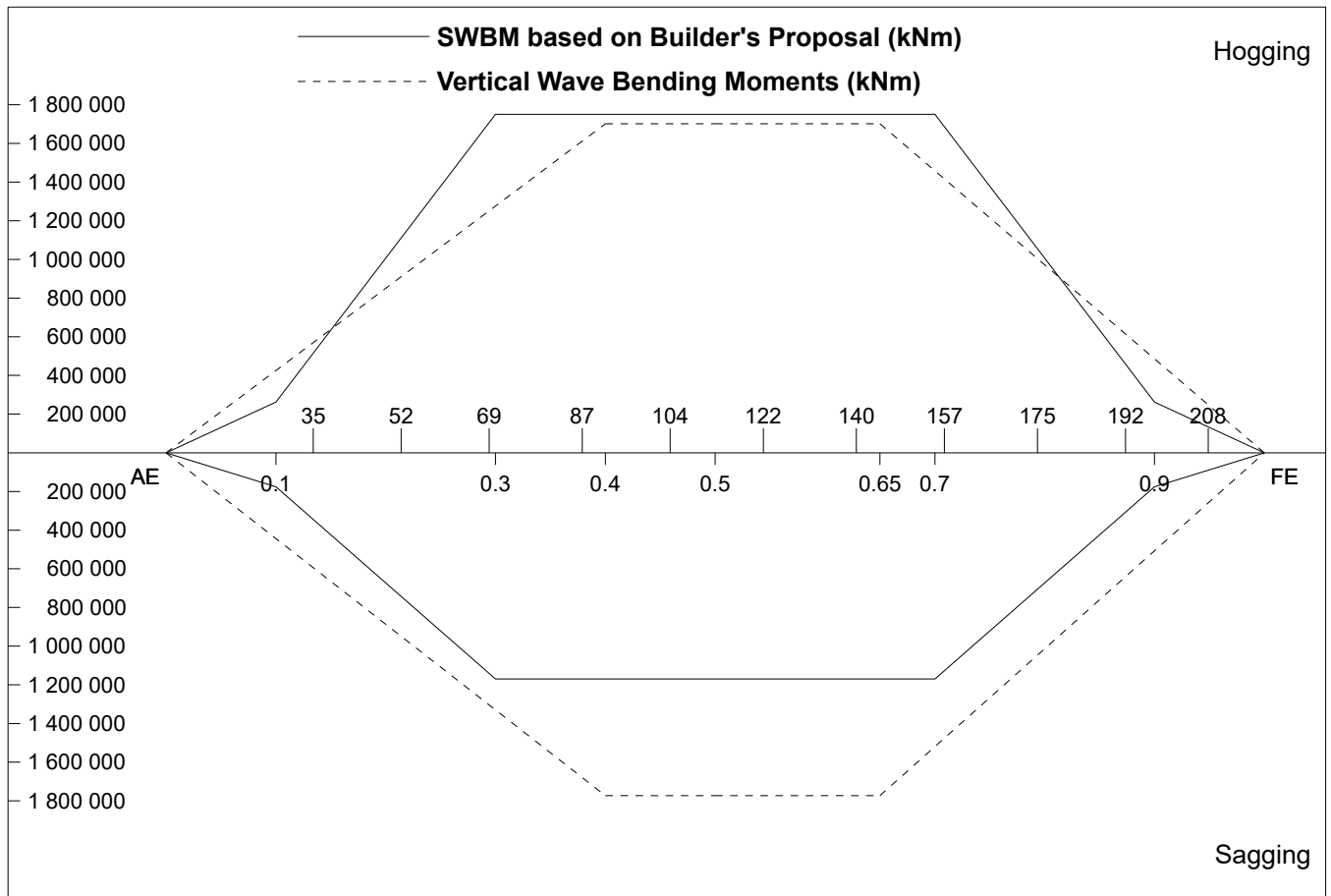
Frame n°	X (m)	Still Water Bending Moment (kNm)	Vertical Wave Bending Moment (kNm)	Resultant Moment (kNm)
35	24.460	515 251.1	570 024.8	1 085 276.0
52	39.080	1 110 871.0	910 734.8	2 021 605.0
69	53.700	1 706 490.0	1 251 445.0	2 957 934.0
87	69.180	1 750 000.0	1 612 196.0	3 362 196.0
104	83.800	1 750 000.0	1 701 778.0	3 451 778.0
122	99.280	1 750 000.0	1 701 778.0	3 451 778.0
140	114.760	1 750 000.0	1 701 778.0	3 451 778.0
157	129.380	1 685 304.0	1 416 373.0	3 101 677.0
175	144.860	1 054 649.0	1 004 085.0	2 058 734.0
192	159.480	459 029.8	614 702.6	1 073 732.0
208	173.240	134 010.6	248 224.6	382 235.3

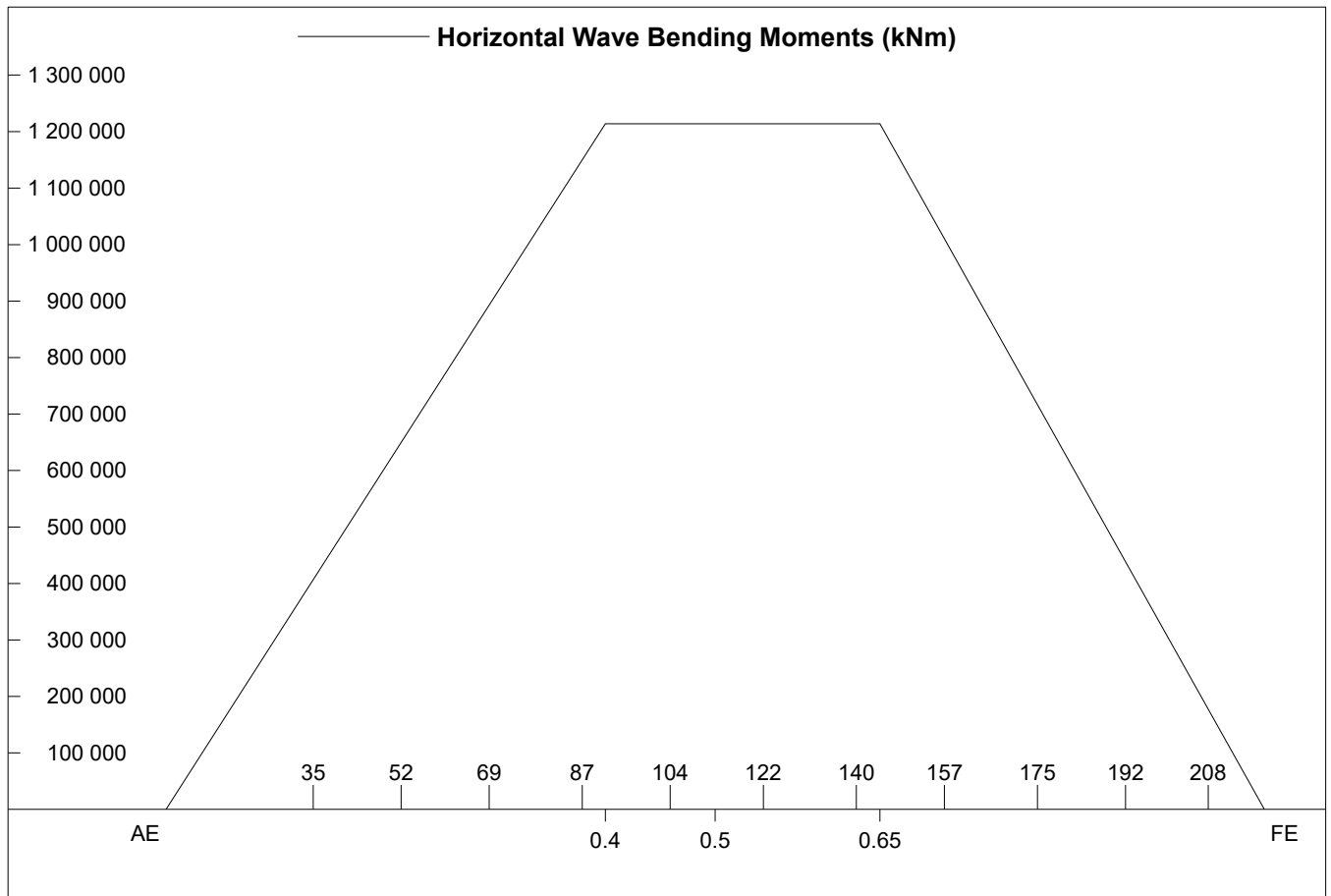
Vertical Bending Moments - Sagging Condition

Frame n°	X (m)	Still Water Bending Moment (kNm)	Vertical Wave Bending Moment (kNm)	Resultant Moment (kNm)
35	24.460	344 482.2	593 902.3	938 384.5
52	39.080	742 696.3	948 884.1	1 691 580.0
69	53.700	1 140 910.0	1 303 866.0	2 444 776.0
87	69.180	1 170 000.0	1 679 729.0	2 849 729.0
104	83.800	1 170 000.0	1 773 063.0	2 943 063.0
122	99.280	1 170 000.0	1 773 063.0	2 943 063.0
140	114.760	1 170 000.0	1 773 063.0	2 943 063.0
157	129.380	1 126 746.0	1 475 702.0	2 602 449.0
175	144.860	705 108.1	1 046 145.0	1 751 253.0
192	159.480	306 894.2	640 451.6	947 345.8
208	173.240	89 595.7	258 622.4	348 218.1

Wave Shear Forces and Horizontal Wave Bending Moments

Frame n°	X (m)	Shear Force Positive (kN)	Shear Force Negative (kN)	Horizontal Wave Bending Moments (kNm)
35	24.460	15 723.7	16 382.4	406 678.3
52	39.080	23 471.2	24 454.4	649 754.1
69	53.700	23 471.2	24 454.4	892 829.9
87	69.180	19 040.3	19 247.3	1 150 204.0
104	83.800	17 858.5	17 858.5	1 214 116.0
122	99.280	17 858.5	17 858.5	1 214 116.0
140	114.760	20 354.4	20 048.6	1 214 116.0
157	129.380	26 580.8	25 512.2	1 010 496.0
175	144.860	26 580.8	25 512.2	716 354.1
192	159.480	22 403.1	21 502.4	438 553.1
208	173.240	9 046.6	8 682.9	177 093.3





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ

MARS2000



MARS2000
UNIWA Master's degree

CARGO HOLD No. 3

Mars Input Data

Main Section Data

Section identification CARGO HOLD No. 3
 Longitudinal location 99.280 m
 Breadth moulded 32.260 m
 Depth moulded (at strength deck) 18.000 m
 Depth (at top of continuous member) 18.000 m
 Input of half section

Hold data:

Hold Volume excluding the hatch coaming 14114.300 m³
 Volume included by the hatch coaming 690.400 m³
 Transverse stool volume 1183.780 m³
 Cylindrical shape of hold Yes

Materials:

Ship built in STEEL
 Material in neutral axis ST315
 Material in deck ST355 Extension height 4.700 m
 Material in bottom ST355 Extension height 6.530 m

Still Water Bending Moments (SWBM) and strength

SWBM as in Basic Ship Data + Rule distribution

Ship Behaviour Both Hogging / Sagging
 Minimum SWBM in hogging condition 0 kN.m
 Still water shear force 0 kN

Still Water Bending Moments and Strength at X in Damaged conditions

Hogging condition 2 240 000 kN.m
 Sagging condition 2 210 000 kN.m
 Ship behaviour Both Hogging / Sagging
 Still water shear force -79364 kN

Still Water Bending Moments and Strength at X in Harbour conditions

Hogging condition 0 kN.m
 Sagging condition 0 kN.m
 Ship behaviour Both Hogging / Sagging

Wave Bending Moments

Rule vertical wave bending moments

Flooding

Without Damage stability calculations available
 With main watertight deck reference

Panel Description

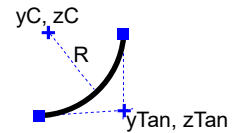
n°	Name	Bending Efficiency %	Spacing of primary trans. structures (m)
1	Pipe Tunnel Bottom	100	1.290
2	Bilge	100	1.290
3	Side Shell	100	2.580
4	Main Deck	100	5.160
5	Hatch Coaming	0	1.290
6	Topside slop plate	100	5.160
7	Pipe Tunnel Tank Top	100	1.290
8	DB Duct plate - Keelson	100	2.580
9	Side keelson	100	2.580
10	2nd Side keelson	100	2.580
11	3rd Side keelson	100	2.580
12	Bottom Plate	100	2.580
13	Tank Top	100	2.580
14	Side Shell Topside	100	5.160

Nodes - Geometry

Pan. n°	n°	Y (m)	Z (m)	Curve type	inter.	Knuckle	Position Code
1	1	0.000	0.000	First Node			
	2	1.220	0.000	Line			Keel plate
2	3	14.350	0.000	First Node		K	
		16.130	1.780	Circle	node 4	K	Bilge
3	4	16.130	1.780	First Node		K	
		16.130	5.900	Line	node 20	K	Side shell
		16.130	13.800	Line	node 10	K	—
4	5	16.130	18.000	First Node		K	
	6	14.350	18.110	Line		K	Margin plate
		9.320	18.420	Line	node 8	K	Upper strength deck (weather)
5		9.320	18.420	First Node	node 8	K	
	7	9.320	20.290	Line		K	Hatch coaming
6	8	9.320	18.420	First Node		K	
	9	9.320	17.420	Line		K	Tank and watertight bulkhead
	10	16.130	13.800	Line		K	—
7	11	0.000	1.780	First Node			
		1.220	1.780	Line	node 12	K	Inner bottom
8		1.220	0.000	First Node	node 2		
	12	1.220	1.780	Line		K	Tank and watertight bulkhead
9	13	4.460	0.000	First Node		K	
	14	4.460	1.780	Line		K	Double bottom girder
10	15	7.700	0.000	First Node		K	
	16	7.700	1.780	Line		K	Double bottom girder
11	17	11.750	0.000	First Node		K	
		11.750	1.780	Line	node 19	K	Double bottom girder
12		1.220	0.000	First Node	node 2		
	18	1.320	0.000	Line		K	Keel plate
		4.460	0.000	Line	node 13	K	Bottom
		7.700	0.000	Line	node 15	K	—
		11.750	0.000	Line	node 17	K	—
		14.350	0.000	Line	node 3	K	—
13		1.220	1.780	First Node	node 0	K	
		4.460	1.780	Line	node 14	K	—
		7.700	1.780	Line	node 16	K	—
	19	11.750	1.780	Line		K	—
	20	16.130	5.900	Line		K	Tank and watertight bulkhead
14		16.130	13.800	First Node	node 0	K	
	21	16.130	16.250	Line			—
		16.130	18.000	Line	node 5	K	Sheer strake

Circles

Pan. n°	n°	Tangents int.		Radius (m)	Radius		type
		yTan	zTan		yC	zC	
2	4	no tan.		1.780	14.350	1.780	Circle



Strakes

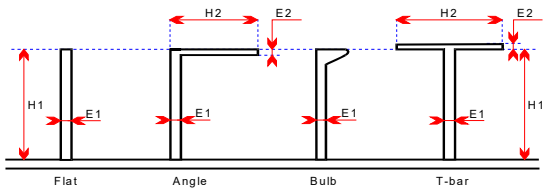
Pan. n°	Width n°	Thickness (m)	Thickness (mm)	Holes		Material
				Along	Location (m)	
1	1	1.220	19.000	S		ST355
2	2	2.796	16.000	S		-
3	3	0.320	16.000	S		-
	4	1.980	15.500	S		-
	5	2.420	17.000	S		-
	6	2.040	17.000	S		ST315 (special)
	7	2.480	17.000	S		ST315
	8	2.210	17.000	S		-
	9	0.570	17.000	S		ST355
4	10	1.780	22.000	S		-
	11	1.780	22.000	S		-
	12	1.780	22.000	S		-
	13	1.483	22.000	S		-
5	14	1.870	22.000	S		-
6	15	1.600	22.000	S		-
	16	2.480	17.500	S		-
	17	2.480	17.500	S		-
	18	2.152	15.500	S		-
7	19	1.220	21.000	S		-
8	20	1.780	16.000	S		-
9	21	1.780	12.500	S		-
10	22	1.780	12.500	S		-
11	23	1.780	14.500	S		-
12	24	0.100	19.000	S		-
	25	2.480	18.000	S		-
	26	2.050	18.000	S		-
	27	2.480	18.000	S		-
	28	2.410	17.000	S		-
	29	1.550	16.500	S		-
	30	1.580	16.500	S		-
	31	0.480	16.000	S		-
13	32	0.080	21.000	S		-
	33	2.480	21.000	S		-
	34	2.050	21.000	S		-
	35	2.480	21.000	S		-
	36	2.410	21.000	S		-
	37	3.200	21.000	S		-
	38	2.190	18.500	S		-
	39	1.653	18.500	S		-
14	40	0.880	17.000	S		-
	41	1.540	16.000	S		-
	42	1.780	19.000	S		-

Stiffener Location

Pan. n°	Grp. n°	from	Nb	Start (m)	Spacing (m)	Along	Direction	Side	Flange dir.	n°
1	1	node 1	1	0.000	0.000	S	Normal	left	<	1
	2	prev.st.	1	0.610	0.000	S	-	left	<	2
3	1	node 4	4	0.100	0.820	S	-	left	<	1 - 4
4	1	node 5	6	0.630	0.750	S	-	left	>	1 - 6
	2	prev.st.	2	0.810	0.810	S	-	left	>	7 - 8
5	1	node 8	2	0.623	0.623	S	-	right	>	1 - 2
6	1	node 9	8	0.550	0.800	S	-	left	>	1 - 8
7	1	node 11	1	0.000	0.000	S	-	right	<	1
	2	prev.st.	1	0.610	0.000	S	-	right	<	2
8	1	node 2	2	0.570	0.640	S	-	right	>	1 - 2
9	1	node 13	2	0.570	0.640	S	-	left	>	1 - 2
10	1	node 15	2	0.570	0.640	S	-	left	>	1 - 2
11	1	node 17	2	0.570	0.640	S	-	left	>	1 - 2
12	1	node 2	3	0.810	0.810	S	-	left	<	1 - 3
	2	node 13	3	0.810	0.810	S	-	left	<	4 - 6
	3	node 15	4	0.810	0.810	S	-	left	<	7 - 10
	4	node 17	3	0.750	0.750	S	-	left	<	11 - 13
13	1	node 12	3	0.810	0.810	S	-	right	<	1 - 3
	2	prev.st.	3	1.620	0.810	S	-	right	<	4 - 6
	3	prev.st.	4	1.620	0.810	S	-	right	<	7 - 10
	4	node 19	6	0.750	0.750	S	-	right	<	11 - 16
14	1	node 10	4	1.080	0.780	S	-	left	<	1 - 4

Stiffener Scantling

Pan. n°	from n°	to n°	Type	H ₁ ?E ₁ H ₂ ?E ₂ (mm)		Material	Efficiency %	Supports	
				web	flange			Aft	Fore
1	1	1	t-bar	300.0?14.0	200.0?18.0	ST355	100	fixed	fixed
	2	2	flat	300.0?14.0		—	100	fixed	fixed
3	1	4	bulb	240.0?12.0		—	100	fixed	fixed
4	1	8	flat	400.0?22.0		—	100	fixed	fixed
5	1	2	—	150.0?12.0		—	0	fixed	fixed
6	1	8	bulb	370.0?15.0		—	100	fixed	fixed
7	1	1	t-bar	300.0?14.0	200.0?18.0	—	100	fixed	fixed
	2	2	flat	300.0?14.0		—	100	fixed	fixed
8	1	2	—	150.0?11.0		—	100	fixed	fixed
9	1	2	—	150.0?11.0		—	100	simply s.	simply s.
10	1	2	—	150.0?11.0		—	100	simply s.	simply s.
11	1	2	—	150.0?11.0		—	100	simply s.	simply s.
12	1	13	bulb	240.0?12.0		—	100	fixed	fixed
13	1	16	—	300.0?11.0		—	100	fixed	fixed
14	1	4	—	340.0?12.0		—	100	fixed	fixed



Stiffener's end connection data

Pan. n°	from n°	to n°	Bracket	Aft		Fore		Flat width at ends (m)	User values	
				Length (m)	Height (m)	Length (m)	Height (m)		l _{bdg} (m)	l _{shr} (m)
1	1	2	No bracket					0.000	-	-
3	1	4	At aft end of stiffener	0.200	0.200	-	-	0.000	-	-
4	1	1	No bracket					0.000	-	-
	2	2	"					0.150	-	-
	3	3	At aft end of stiffener	0.400	0.500	-	-	0.150	-	-
	4	8	No bracket					0.150	-	-
5	1	2	"					0.000	-	-
6	1	8	"					0.150	-	-
7	1	2	"					0.000	-	-
8	1	2	"					0.000	-	-
9	1	2	"					0.000	-	-
10	1	2	"					0.000	-	-
11	1	2	"					0.000	-	-
12	1	13	At aft end of stiffener	0.200	0.200	-	-	0.200	-	-
13	1	16	"	0.200	0.200	-	-	0.200	-	-
14	1	1	No bracket					0.150	-	-
	2	3	At both ends	0.300	0.300	0.300	0.300	0.150	-	-
	4	4	No bracket					0.150	-	-

Compartments

n°	Name	Node Circuit 1 Node Circuit 2	Main destination Type
1	Cargo Hold No.3	11 12 14 16 19 20 10 9 8 7	Dry bulk Dry compartment
2	TopsideTank	10 5 5 8 9 10	Ballast Tank
3	Double Bottom Pipe Tunnel	1 1 2 12 11	Void spaces Tunnel
4	Double Bottom Stbd only	2 13 3 4 20 19 12 2	Ballast Tank

Compartment dimensions (m) (italic values are computed)

n°	Len.	Breadth	Height	X _{start} from AE	X _G	Y _G	Z _G	Z _{min} /BL	Z _{top}
1	30.960	32.260	18.510	83.800	101.720	0.000	10.470	1.780	20.290
2	30.960	6.810	4.620	83.800	101.720	13.423	16.703	13.800	18.420
3	122.000	2.440	1.780	22.060	101.720	0.000	0.890	0.000	1.780
4	30.960	14.910	5.900	83.800	101.720	9.947	1.505	0.000	5.900

n°	Hatch Coaming	
	1/2 Breadth	Full Length
1	9.320	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-

Compartment loading

n°	Type	Load test Height (m/BL)	A _{ir} /O _{verflow} pipe (m/BL)	Liquid Density	Setting press. (bar)	Load in hold (t)	Bulk Density	Repose angle (deg)
1	Bulk and Ballast	21.100	18.510	1.025	0.000			
	Homogeneous case D _{max}					11000.0	3.000	35.0
	Homogeneous case D _{Full}					11000.0	Dfull	30.0
	Compartment is empty in alternate case							
2	Ballast	20.950	19.170	1.025	0.000			
3	Not loaded	-	-	-	-	-	-	-
4	Ballast	20.920	19.170	1.025	0.000			

Transverse Stiffening

Pan. n°	Zone from	to	Spacing (m)		Side Stiffener Scantling (mm)		Material	
			Type	At start At end User values	Bracket LxH (m)	Bracket LxH (m)	Flat (m)	Flat (m)
					l _{bdg} (m)		I _{shr} (m)	
2	node 3	node 4	1.290	t-bar	left	T-250.0x12.0-100.0x12.0	ST315	
						No bracket	No flat	fixed
						No bracket	No flat	fixed
3	node 10	node 10	0.860	flat	left	F-300.0x12.5	ST315	
						0.600x0.600	0.300	fixed
						No bracket	No flat	fixed
	node 20	node 10	0.860	t-bar	left	T-650.0x16.0-180.0x20.0	ST315	
						1.200x1.100	No flat	fixed
						0.950x0.930	No flat	fixed
	node 4	stiff 1	0.860	flat	left	F-250.0x12.0	ST315	
						No bracket	No flat	fixed
						No bracket	No flat	fixed
	stiff 3	node 20	0.860		left			
						Primary supporting member		
6	stiff 0	stiff 0	0.860	flat	left	F-0.0x0.0	ST355	
						No bracket	No flat	fixed
						No bracket	No flat	fixed
	stiff 0	stiff 0	0.860	flat	left	F-0.0x0.0	ST355	
						No bracket	No flat	fixed
						No bracket	No flat	fixed
	stiff 8	node 10	0.860		left			
						Primary supporting member		
7	stiff 0	node 12	0.860	flat	right	F-250.0x11.0	ST355	
						No bracket	No flat	fixed
						No bracket	No flat	fixed
	stiff 0	node 12	0.860	flat	left	F-0.0x0.0	ST355	
						No bracket	No flat	fixed
						No bracket	No flat	fixed
8	node 12	stiff 0	0.860	flat	left	F-0.0x0.0	ST355	
						No bracket	No flat	fixed
						No bracket	No flat	fixed
12	node 1	node 1	1.290	t-bar	left	T-300.0x14.0-200.0x18.0	ST315	
						No bracket	No flat	fixed
						0.350x0.350	No flat	fixed
13	stiff 0	node 20	0.860	flat	right	F-250.0x14.0	ST315	
						No bracket	No flat	fixed
						No bracket	No flat	fixed

Pan. n°	Zone from	to	Spacing (m) Type At start At end User values	Side Stiffener Scantling (mm)		Material		Support Support
				Bracket LxH (m) l _{bdg} (m)	Bracket LxH (m)	Flat (m) Flat (m) l _{shr} (m)		
14	node 12	node 12	1.290 t-bar	right T-300.0x14.0-200.0x18.0 No bracket 0.350x0.350		ST315 No flat No flat		fixed fixed
	node 12	stiff 0	0.860 flat	left F-0.0x0.0 No bracket No bracket		ST355 No flat No flat		fixed fixed
	stiff 15	node 20	0.860	left Primary supporting member				
	node 10	node 10	0.860 t-bar	left T-650.0x16.0-180.0x20.0 1.200x1.100 0.950x0.930		ST315 No flat No flat		fixed fixed
	node 10	stiff 0	0.860 flat	left F-300.0x12.5 0.600x0.600 No bracket		ST315 0.300 No flat		fixed fixed
	node 10	stiff 1	0.860	left Primary supporting member				

Special Span Areas

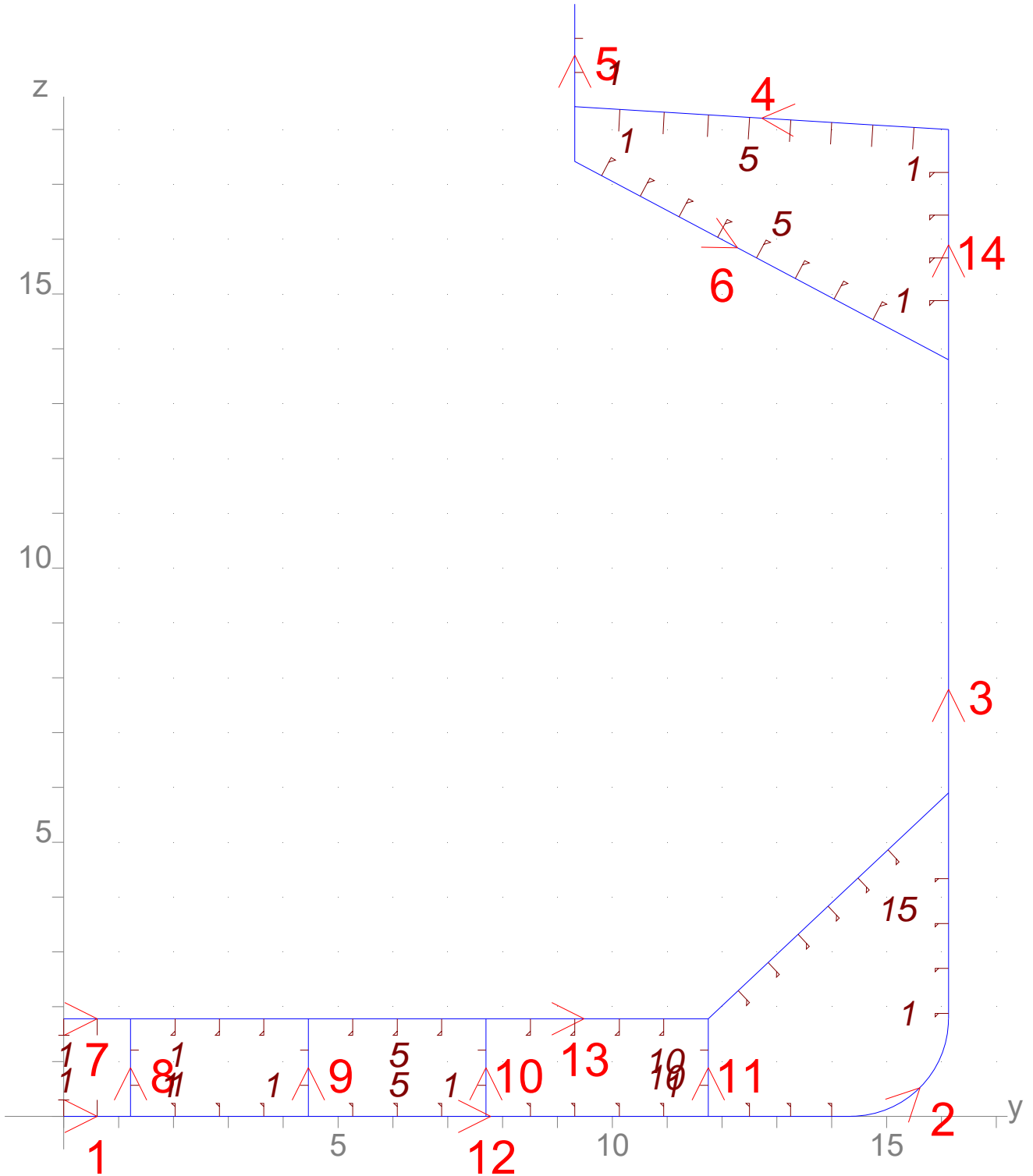
Pan. n°	Zone from	to	Spacing of trans. structures	Reduced span plate
------------	--------------	----	---------------------------------	-----------------------

Deck Load

Pan. n°	Deck L. n°	Zone from	to	Load kN/m2 or t	Number of wheels on the axle	Type
<i>No input</i>						

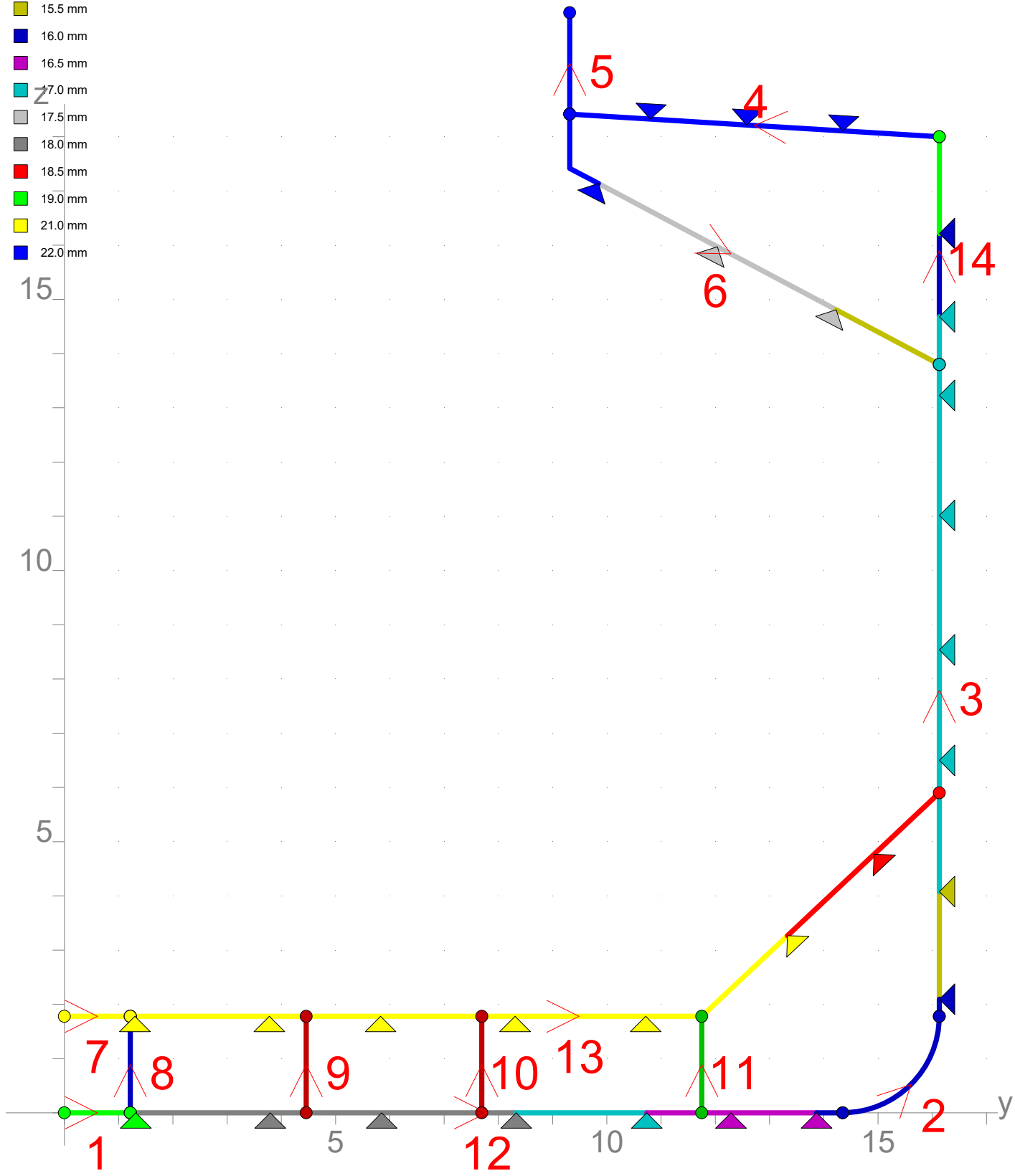
No Fatigue

Check fatigue connection type



Check strakes thickness
Axis - Panels - Welding joints - Strakes

- 12.5 mm
- 14.5 mm
- 15.5 mm
- 16.0 mm
- 16.5 mm
- 17.0 mm
- 17.5 mm
- 18.0 mm
- 18.5 mm
- 19.0 mm
- 21.0 mm
- 22.0 mm

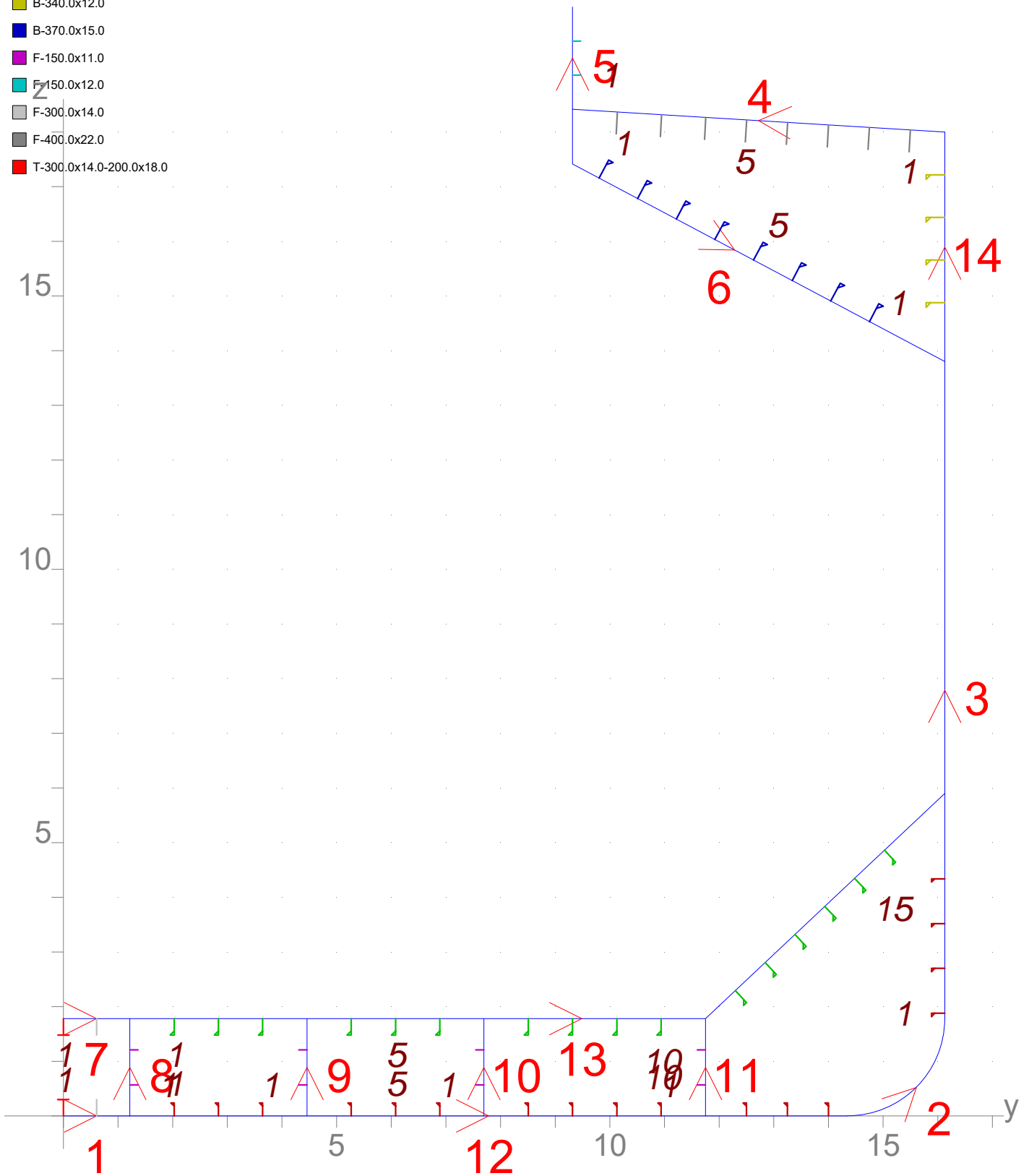


scale : 1 / 100

Check stiffeners scantling

Axis - Panels - Stiffeners - Geometry

- B-240.0x12.0
- B-300.0x11.0
- B-340.0x12.0
- B-370.0x15.0
- F-150.0x11.0
- F-150.0x12.0
- F-300.0x14.0
- F-400.0x22.0
- T-300.0x14.0-200.0x18.0

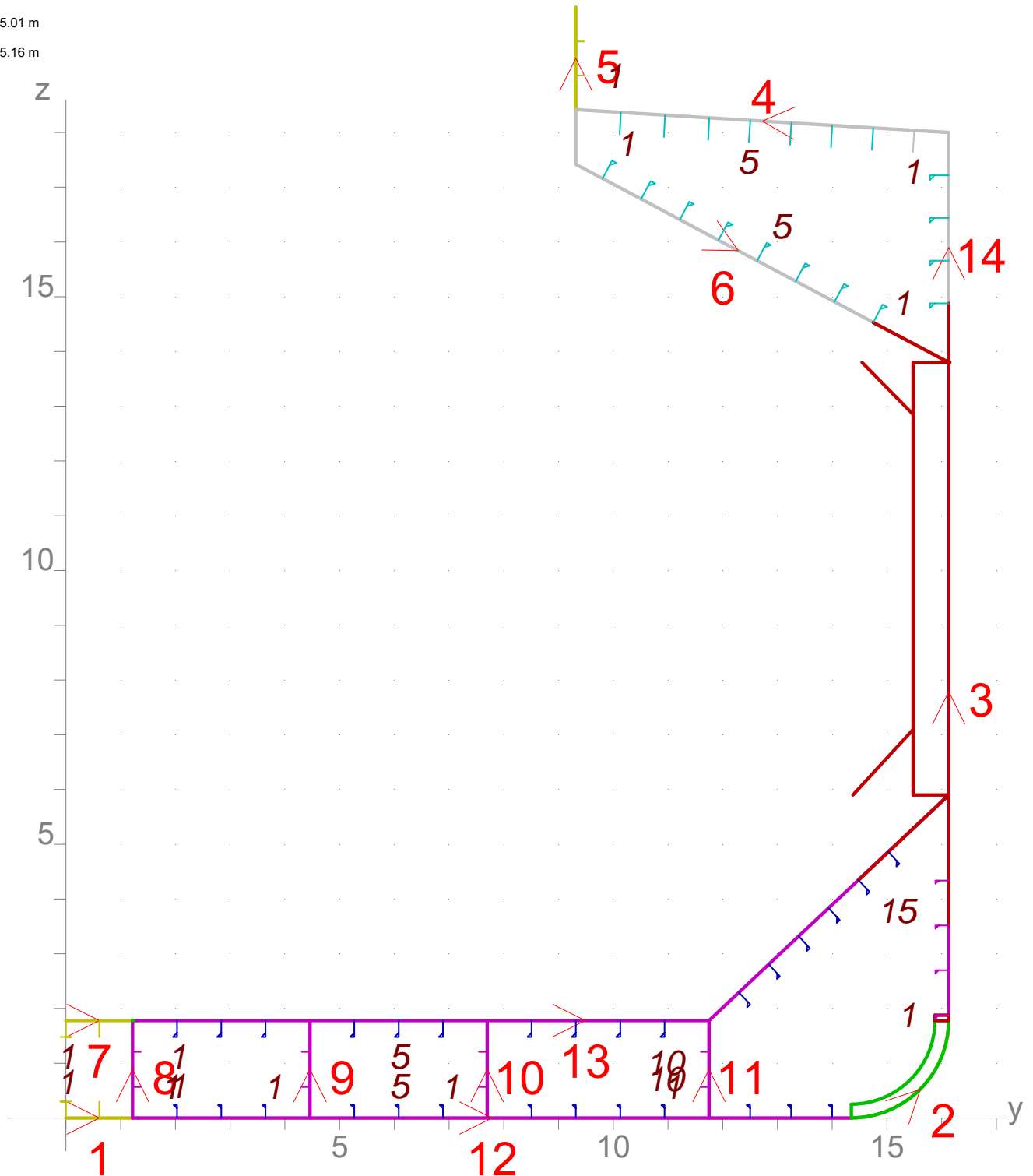


scale : 1 / 100

Check effective spans

Axis - Panels - Stiffeners - Strakes - Transverse stiffening - Special span zones

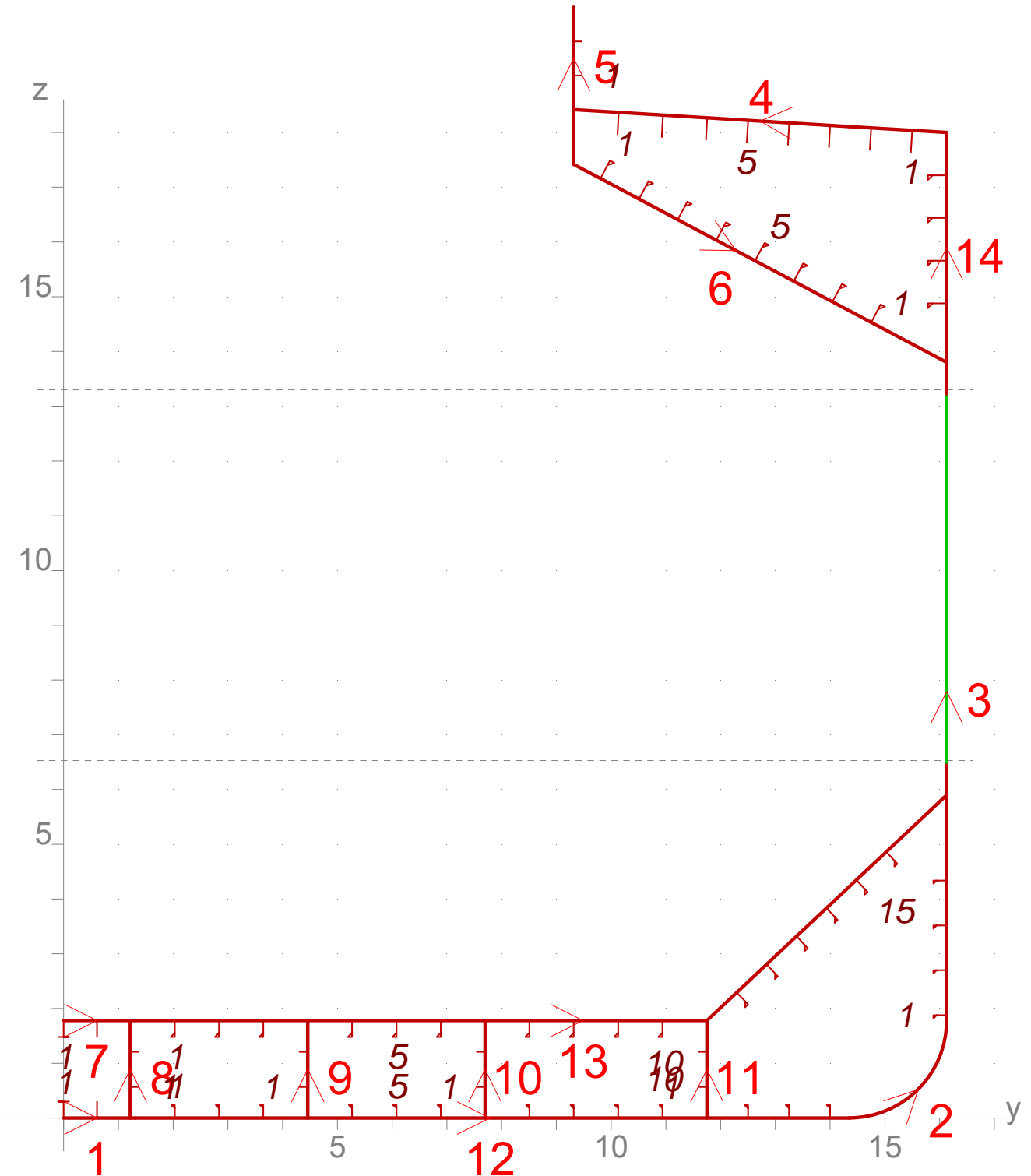
- 0.86 m (Transverse Stiff. area)
- 1.29 m (Transverse Stiff. area)
- 1.29 m
- 2.38 m
- 2.58 m
- 5.01 m
- 5.16 m



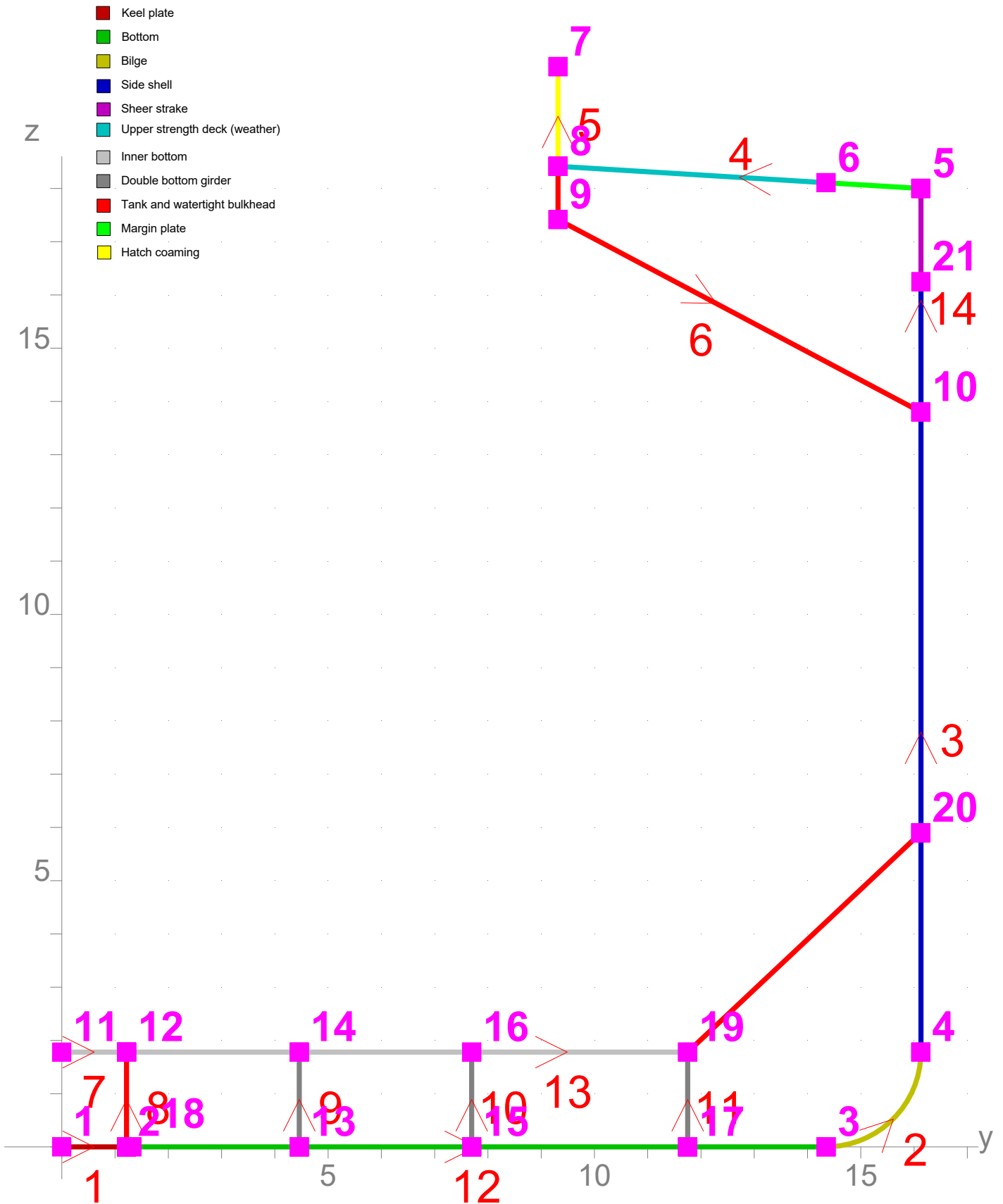
Check materials

Axis - Panels - Stiffeners - Strakes - Extension heights

- ST355, deck, bottom
- ST315, neutral axis



Check position codes
Axis - Panels - Nodes - Geometry

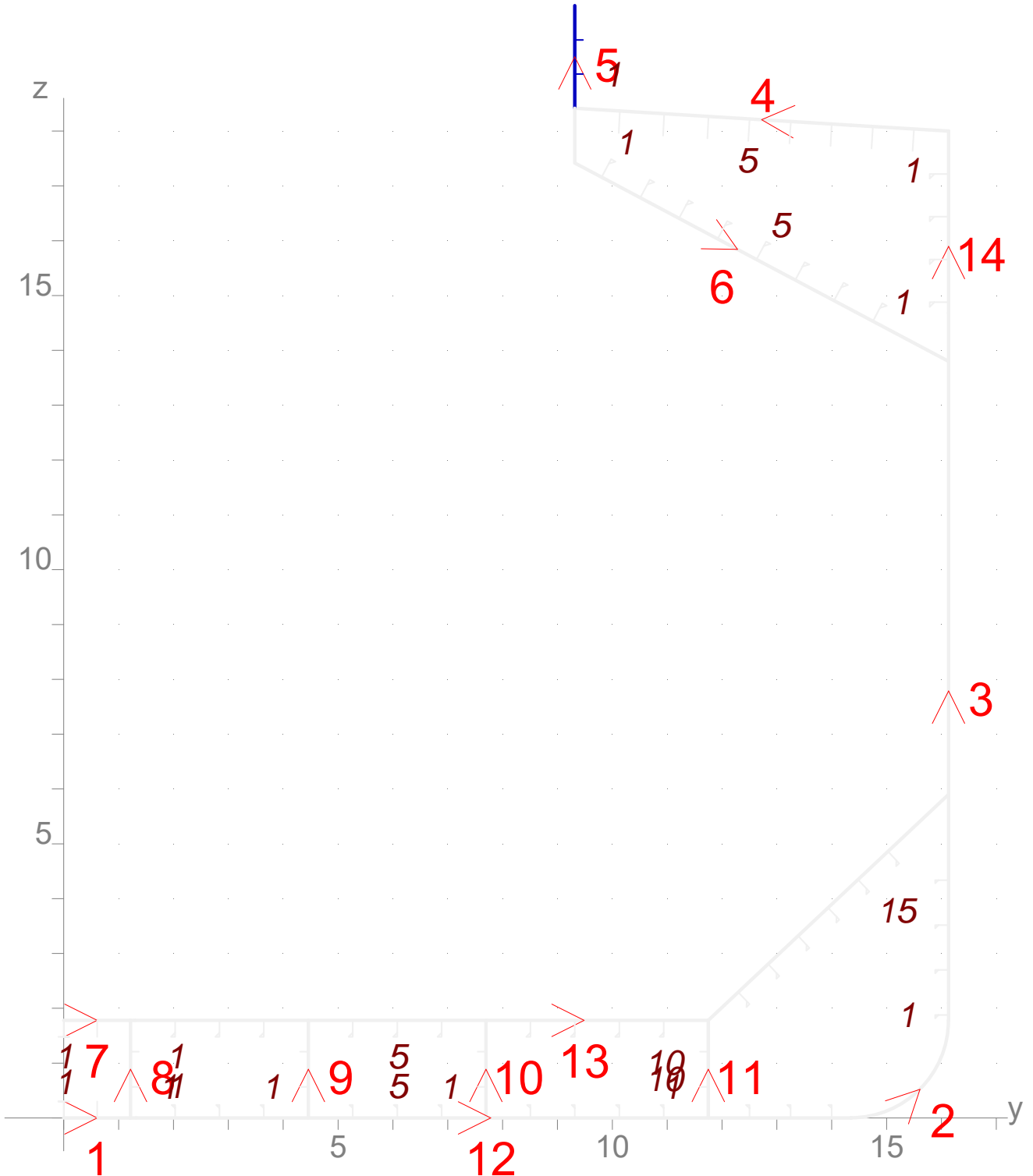


scale : 1 / 100

Check bending efficiencies

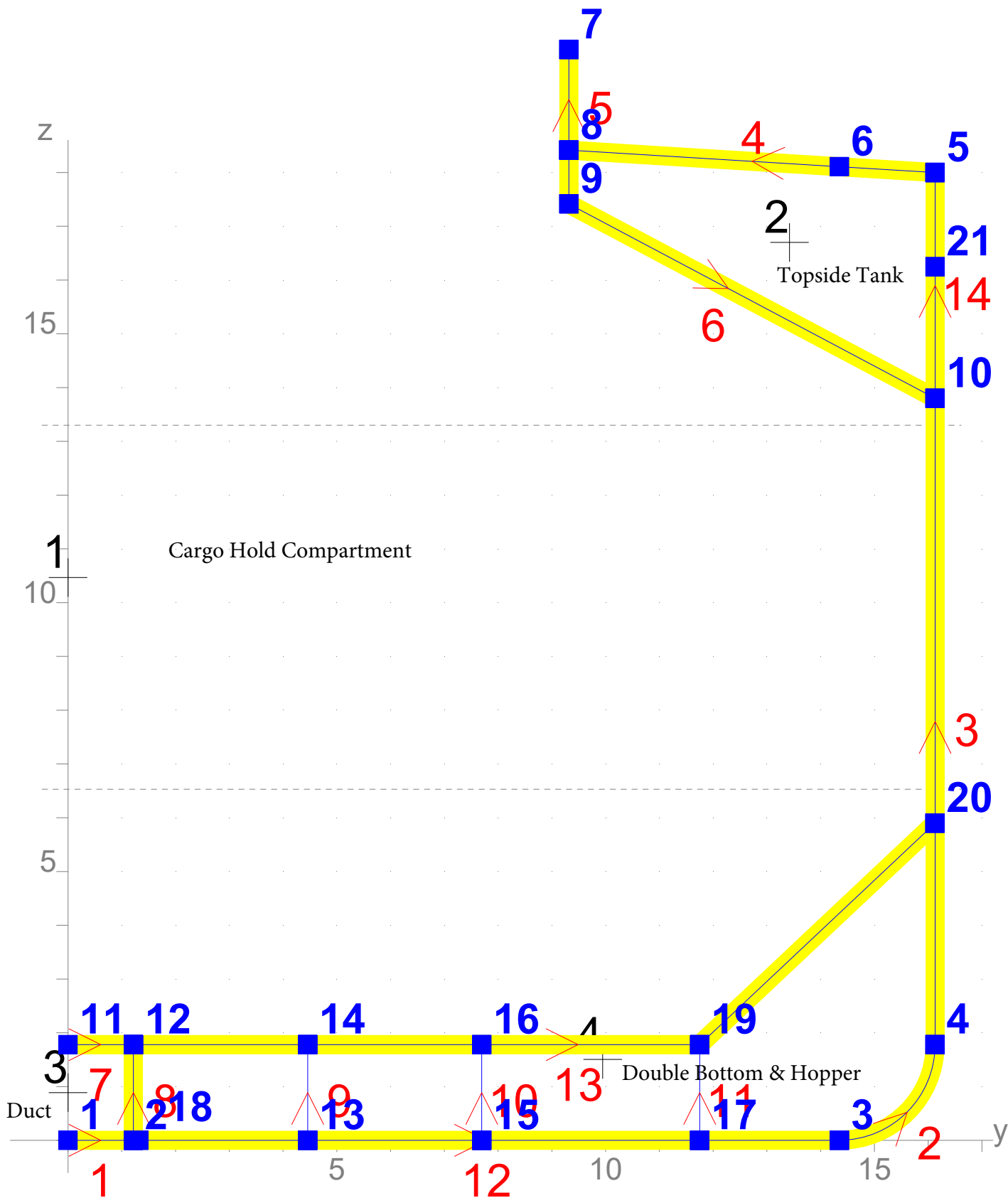
Axis - Panels - Stiffeners - Strakes

- 0 %
- 1 % to 49 %
- 50 %
- 51 % to 99 %
- 100 %



Compartments

Axis - Panels - Nodes - Geometry - Compartments - Extension heights



scale : 1 / 100



MARS2000
UNIWA Master's degree

CARGO HOLD No. 4

Mars Input Data

Main Section Data

Section identification Copy of CARGO HOLD No. 2 and 4
 Longitudinal location 68.320 m
 Breadth moulded 32.260 m
 Depth moulded (at strength deck) 18.000 m
 Depth (at top of continuous member) 18.000 m
 Input of half section

Hold data:

Hold Volume excluding the hatch coaming 14200.700 m³
 Volume included by the hatch coaming 690.400 m³
 Transverse stool volume 1183.780 m³
 Cylindrical shape of hold Yes

Materials:

Ship built in STEEL
 Material in neutral axis ST315
 Material in deck ST355 Extension height 4.700 m
 Material in bottom ST355 Extension height 6.530 m

Still Water Bending Moments (SWBM) and strength

SWBM as in Basic Ship Data + Rule distribution

Ship Behaviour Both Hogging / Sagging
 Minimum SWBM in hogging condition 0 kN.m
 Still water shear force 0 kN

Still Water Bending Moments and Strength at X in Damaged conditions

Hogging condition 2 240 000 kN.m
 Sagging condition 2 210 000 kN.m
 Ship behaviour Both Hogging / Sagging
 Still water shear force -79364 kN

Still Water Bending Moments and Strength at X in Harbour conditions

Hogging condition 0 kN.m
 Sagging condition 0 kN.m
 Ship behaviour Both Hogging / Sagging

Wave Bending Moments

Rule vertical wave bending moments

Flooding

Without Damage stability calculations available
 With main watertight deck reference

Panel Description

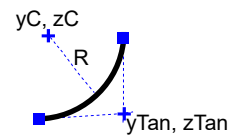
n°	Name	Bending Efficiency %	Spacing of primary trans. structures (m)
1	Bottom	100	2.580
2	Bilge	100	2.580
3	Side Shell	100	2.580
4	Main Deck	100	5.160
5	Hatch Coaming	0	1.290
6	Topside slop plate	100	5.160
7	Tank Top	100	2.580
8	DB Duct plate - Keelson	100	1.290
9	Side keelson	100	2.580
10	2nd Side keelson	100	2.580
11	3rd Side keelson	100	2.580

Nodes - Geometry

Pan. n°	n°	Y (m)	Z (m)	Curve type	inter.	Knuckle	Position Code
1	1	0.000	0.000	First Node			
		1.220	0.000	Line	node 15		Keel plate
	2	1.320	0.000	Line		K	—
		4.460	0.000	Line	node 17	K	Bottom
		7.700	0.000	Line	node 19	K	—
		11.750	0.000	Line	node 21	K	—
		14.350	0.000	Line	node 3	K	—
2	3	14.350	0.000	First Node		K	
		16.130	1.780	Circle	node 4	K	Bilge
3	4	16.130	1.780	First Node		K	
		16.130	5.900	Line	node 14	K	Side shell
		16.130	13.800	Line	node 11	K	—
	5	16.130	16.250	Line			—
		16.130	18.000	Line	node 6	K	Sheer strake
4	6	16.130	18.000	First Node		K	
	7	14.350	18.110	Line		K	Margin plate
		9.320	18.420	Line	node 0	K	Upper strength deck (weather)
5		9.320	18.420	First Node	node 9	K	
	8	9.320	20.290	Line		K	Hatch coaming
6	9	9.320	18.420	First Node		K	
	10	9.320	17.420	Line		K	Tank and watertight bulkhead
	11	16.130	13.800	Line		K	—
7	12	0.000	1.780	First Node			
		1.220	1.780	Line	node 16	K	Inner bottom
		4.460	1.780	Line	node 18	K	—
		7.700	1.780	Line	node 20	K	—
	13	11.750	1.780	Line		K	—
	14	16.130	5.900	Line		K	Tank and watertight bulkhead
8	15	1.220	0.000	First Node			
	16	1.220	1.780	Line		K	Tank and watertight bulkhead
9	17	4.460	0.000	First Node		K	
	18	4.460	1.780	Line		K	Double bottom girder
10	19	7.700	0.000	First Node		K	
	20	7.700	1.780	Line		K	Double bottom girder
11	21	11.750	0.000	First Node		K	
		11.750	1.780	Line	node 13	K	Double bottom girder

Circles

Pan. n°	n°	Tangents int.		Radius (m)	Radius		type
		yTan	zTan		yC	zC	
2	4	no tan.		1.780	14.350	1.780	Circle



Strakes

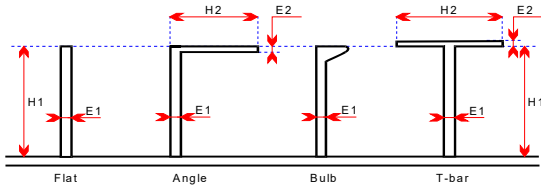
Pan. n°	Width n°	Thickness (m)	Thickness (mm)	Along	Holes		Material
					Location (m)	Breadth (m)	
1	1	1.320	19.000	S			ST355
	2	2.480	18.000	S			-
	3	2.050	18.000	S			-
	4	2.480	17.000	S			-
	5	2.410	16.000	S			-
	6	1.550	16.000	S			-
	7	1.580	16.000	S			-
	8	0.480	16.000	S			-
2	9	2.796	16.000	S			-
3	10	0.320	16.000	S			-
	11	1.980	15.500	S			-
	12	2.420	16.000	S			-
	13	2.040	16.500	S			ST315 (special)
	14	2.480	16.500	S			-
	15	2.210	16.500	S			-
	16	1.450	16.500	S			ST355
	17	1.540	16.000	S			-
	18	1.780	19.000	S			-
4	19	1.780	22.000	S			-
	20	1.780	22.000	S			-
	21	1.780	22.000	S			-
	22	1.483	22.000	S			-
5	23	1.870	22.000	S			-
6	24	1.600	22.000	S			-
	25	2.480	17.500	S			-
	26	2.480	17.500	S			-
	27	2.152	15.500	S			-
7	28	1.300	21.000	S			-
	29	2.480	21.000	S			-
	30	2.050	21.000	S			-
	31	2.480	21.000	S			-
	32	2.410	21.000	S			-
	33	3.200	21.000	S			-
	34	2.190	18.500	S			-
	35	1.653	15.000	S			-
8	36	1.780	16.000	S			-
9	37	1.780	11.500	S			-
10	38	1.780	11.500	S			-
11	39	1.780	13.000	S			-

Stiffener Location

Pan. n°	Grp. n°	from	Nb	Start (m)	Spacing (m)	Along	Direction	Side	Flange dir.	n°
1	1	node 1	1	0.000	0.000	S	Normal	left	<	1
	2	node 1	1	0.610	0.000	S	-	left	<	2
	3	node 1	3	2.010	0.810	S	-	left	<	3 - 5
	4	node 17	3	0.810	0.810	S	-	left	<	6 - 8
	5	node 19	4	0.810	0.810	S	-	left	<	9 - 12
	6	node 21	3	0.750	0.750	S	-	left	<	13 - 15
3	1	node 4	4	0.100	0.820	S	-	left	<	1 - 4
	2	prev.st.	4	10.540	0.780	S	-	left	<	5 - 8
4	1	node 6	6	0.630	0.750	S	-	left	>	1 - 6
	2	prev.st.	2	0.810	0.810	S	-	left	>	7 - 8
5	1	node 9	2	0.623	0.623	S	-	right	>	1 - 2
6	1	node 10	8	0.550	0.800	S	-	left	>	1 - 8
7	1	node 12	1	0.000	0.000	S	-	right	<	1
	2	prev.st.	1	0.610	0.000	S	-	right	<	2
	3	node 12	3	2.030	0.810	S	-	right	<	3 - 5
	4	prev.st.	3	1.620	0.810	S	-	right	<	6 - 8
	5	prev.st.	4	1.620	0.810	S	-	right	<	9 - 12
	6	node 13	6	0.750	0.750	S	-	right	<	13 - 18
8	1	node 15	2	0.570	0.640	S	-	right	>	1 - 2
9	1	node 17	2	0.570	0.640	S	-	left	>	1 - 2
10	1	node 19	2	0.570	0.640	S	-	left	>	1 - 2
11	1	node 21	2	0.570	0.640	S	-	left	>	1 - 2

Stiffener Scantling

Pan. n°	from n°	to n°	Type	H ₁ ?E ₁ H ₂ ?E ₂ (mm)		Material	Efficiency %	Supports	
				web	flange			Aft	Fore
1	1	1	t-bar	300.0?14.0	200.0?18.0	ST355	100	fixed	fixed
	2	2	flat	300.0?14.0		—	100	fixed	fixed
	3	15	bulb	240.0?12.0		—	100	fixed	fixed
3	1	4	—	240.0?12.0		—	100	fixed	fixed
	5	8	—	340.0?12.0		—	100	fixed	fixed
4	1	8	flat	400.0?22.0		—	100	fixed	fixed
5	1	2	—	150.0?12.0		—	0	fixed	fixed
6	1	8	bulb	370.0?15.0		—	100	fixed	fixed
7	1	1	t-bar	300.0?14.0	200.0?18.0	—	100	fixed	fixed
	2	2	flat	300.0?14.0		—	100	fixed	fixed
	3	18	bulb	300.0?11.0		—	100	fixed	fixed
8	1	2	flat	150.0?11.0		—	100	fixed	fixed
9	1	2	—	150.0?11.0		—	100	simply s.	simply s.
10	1	2	—	150.0?11.0		—	100	simply s.	simply s.
11	1	2	—	150.0?11.0		—	100	simply s.	simply s.



Stiffener's end connection data

Pan. n°	from n°	to n°	Bracket	Aft		Fore		Flat width at ends (m)	User values	
				Length (m)	Height (m)	Length (m)	Height (m)		l _{bdg} (m)	l _{shr} (m)
1	1	2	No bracket					0.200	-	-
		3	At aft end of stiffener	0.200	0.200	-	-	0.200	-	-
3	1	4	"	0.200	0.200	-	-	0.000	-	-
		5	No bracket					0.000	-	-
		6	At both ends	0.300	0.300	0.300	0.300	0.000	-	-
4	1	8	No bracket					0.000	-	-
		1	"					0.400	-	-
		2	"					0.150	-	-
		3	At aft end of stiffener	0.400	0.500	-	-	0.000	-	-
		4	No bracket					0.150	-	-
5	1	2	"					0.150	-	-
5	1	2	"					0.000	-	-
6	1	8	"					0.000	-	-
7	1	1	"					0.200	1.290	0.000
		2	"					0.000	1.290	0.000
		3	At aft end of stiffener	0.200	0.200	-	-	0.200	-	-
8	1	2	No bracket					0.000	-	-
9	1	2	"					0.000	-	-
10	1	2	"					0.000	-	-
11	1	2	"					0.000	-	-

Compartments

n°	Name	Node Circuit 1 Node Circuit 2	Main destination Type
1	Cargo Hold No.2 and 4	12 13 14 11 10 9 8	Dry bulk Dry compartment
2	TopsideTank	11 6 6 0 10 11	Ballast Tank
3	Double Bottom Pipe Tunnel	1 15 16 12	Void spaces Tunnel
4	Double Bottom Stbd only	15 3 4 14 13 16 15	Ballast Tank

Compartment dimensions (m) (italic values are computed)

n°	Len.	Breadth	Height	X _{start} from AE	X _G	Y _G	Z _G	Z _{min} /BL	Z _{top}
1	30.100	32.260	18.510	53.700	68.750	0.000	10.470	1.780	20.290
2	30.100	6.810	4.620	53.700	101.720	13.423	16.703	13.800	18.420
3	122.000	2.440	1.780	22.060	101.720	0.000	0.890	0.000	1.780
4	30.100	14.910	5.900	53.700	101.720	9.947	1.505	0.000	5.900

n°	Hatch Coaming	
	1/2 Breadth	Full Length
1	18.640	20.640
2	-	-
3	-	-
4	-	-

Compartment loading

n°	Type	Load test Height (m/BL)	A _{ir} /O _{verflow} pipe (m/BL)	Liquid Density	Setting press. (bar)	Load in hold (t)	Bulk Density	Repose angle (deg)
1	Bulk	-	-	-	-	-	-	-
	Homogeneous case D _{max}					11717.0	3.000	35.0
	Homogeneous case D _{Full}					11717.0	Dfull	30.0
	Compartment is empty in alternate case							
2	Ballast	20.950	19.170	1.025	0.000	-	-	-
3	Not loaded	-	-	-	-	-	-	-
4	Ballast	20.920	19.170	1.025	0.000	-	-	-

Transverse Stiffening

Pan. n°	Zone from	to	Spacing (m) Type At start At end User values	Side Stiffener Scantling (mm)		Material		
				Bracket LxH (m)	Bracket LxH (m)	Flat (m)	Flat (m)	Support
				I_{bdg} (m)			I_{shr} (m)	
2	node 3	node 4	1.290 t-bar	left T-250.0x12.0-100.0x12.0		ST315		
				No bracket		No flat		fixed
				No bracket		No flat		fixed
3	stiff 4	node 14	0.860 flat	left F-300.0x14.0		ST355		
				No bracket		No flat		fixed
				0.700x0.700		0.400		fixed
	node 11	stiff 5	0.860 flat	left F-300.0x12.5		ST315		
				0.600x0.600		0.300		fixed
				No bracket		No flat		fixed
	node 14	node 11	0.860 t-bar	left T-450.0x14.0-160.0x16.0		ST315		
				1.200x1.100		No flat		fixed
				0.950x0.930		No flat		fixed
	node 4	stiff 1	0.860 flat	left F-250.0x12.0		ST315		
				No bracket		No flat		fixed
				No bracket		No flat		fixed
6	stiff 8	node 11	0.860 flat	left F-300.0x12.5		ST315		
				No bracket		No flat		fixed
				No bracket		No flat		fixed
	stiff 0	stiff 0	0.860 flat	left F-0.0x0.0		ST355		
				No bracket		No flat		fixed
				No bracket		No flat		fixed
	node 9	node 10	0.860 angle	left A-600.0x12.5-100.0x12.5		ST315		
				0.200x0.200		0.300		fixed
				0.200x0.200		No flat		fixed
	stiff 0	stiff 0	0.860 flat	left F-0.0x0.0		ST355		
				No bracket		No flat		fixed
				No bracket		No flat		fixed
7	stiff 0	stiff 0	0.860 flat	left F-0.0x0.0		ST355		
				No bracket		No flat		fixed
				No bracket		No flat		fixed
	stiff 18	node 14	0.860 flat	right F-250.0x14.0		ST315		
				No bracket		No flat		fixed
				No bracket		No flat		fixed
8	node 16	stiff 0	0.860 flat	left F-0.0x0.0		ST355		
				No bracket		No flat		fixed
				No bracket		No flat		fixed

Special Span Areas

Pan. n°	Zone from	to	Spacing of trans. structures	Reduced span plate
------------	--------------	----	---------------------------------	-----------------------

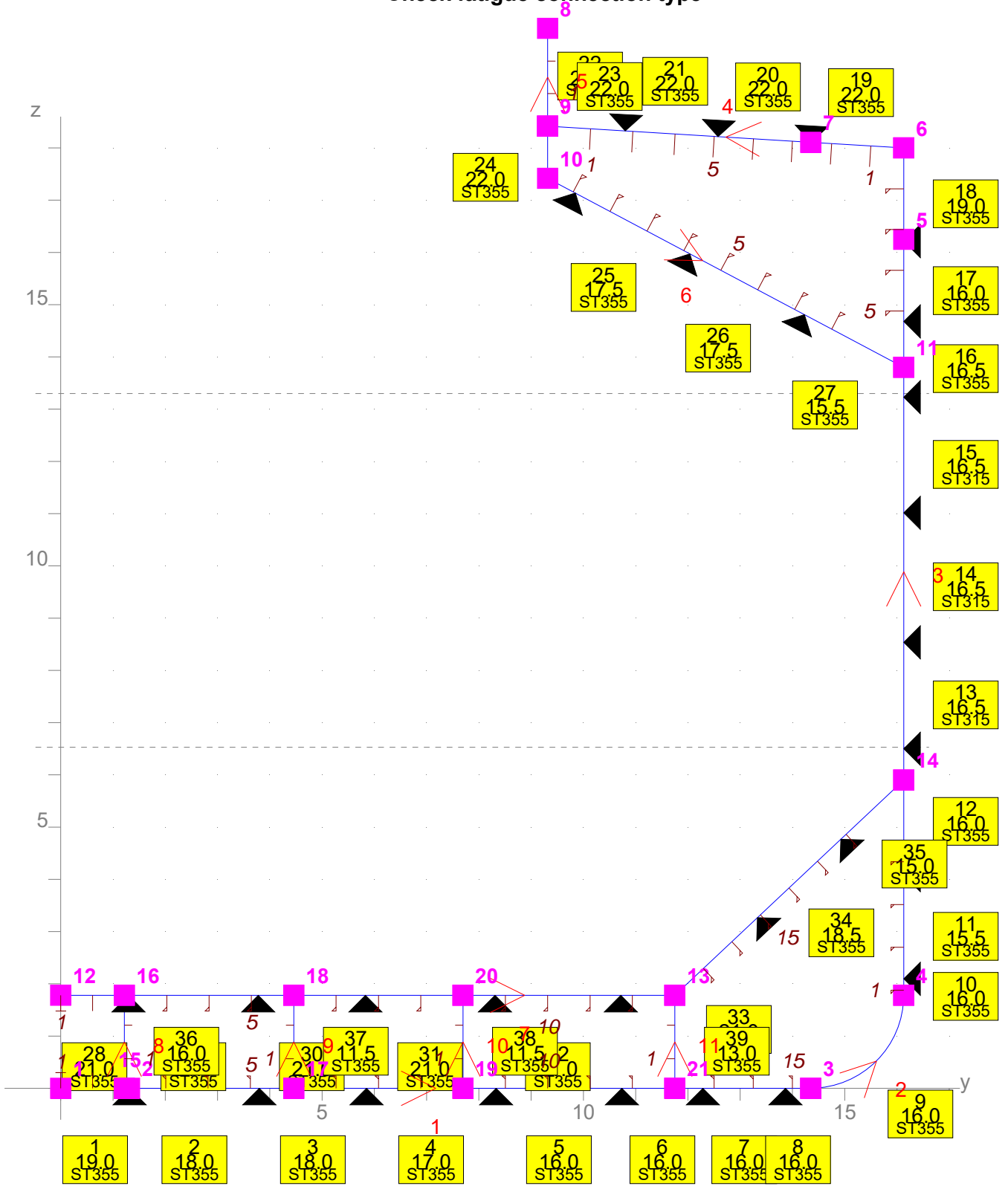
Deck Load

Pan. n°	Deck L. n°	Zone from	to	Load kN/m2 or t	Number of wheels on the axle	Type
------------	------------------	--------------	----	--------------------	---------------------------------	------

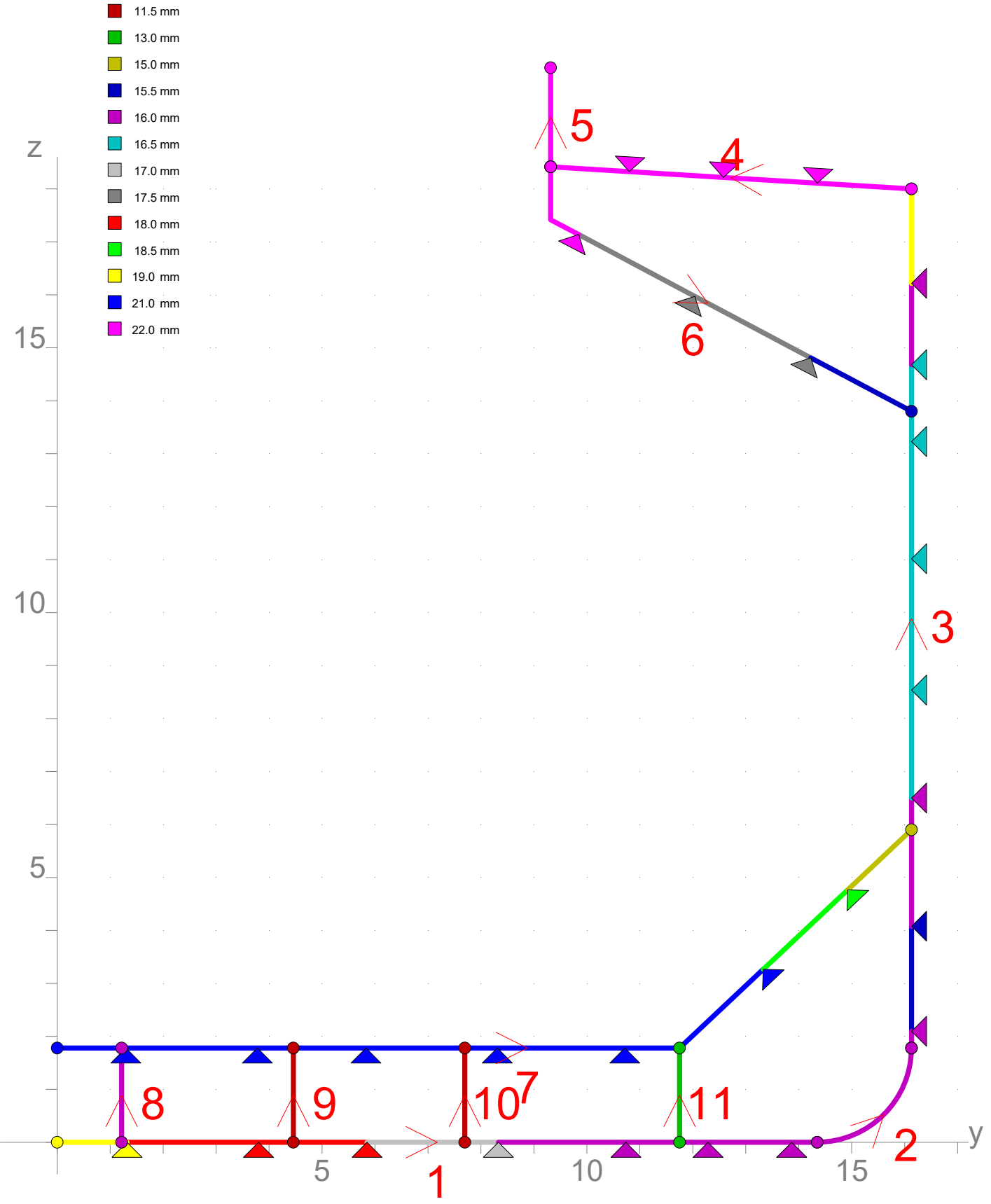
No input

No Fatigue

Check fatigue connection type



Check strakes thickness
Axis - Panels - Welding joints - Strakes



scale : 1 / 100

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ
MARS2000



MARS2000
UNIWA Master's degree

CARGO HOLD No. 3

**Cross Section Characteristics
 Gross scantling**

Geometric Properties (For the whole cross-section)

Geometric Area of Cross-Section

	Steel (355)	Steel (315)	Total Area
Strakes	2.530334	0.228820	2.759154
Longitudinals	0.653300	0.000000	0.653300
Total (m ²)	3.183636	0.228820	3.412454

Geometric area of cross-section	3.412456	m ²
Effective area	3.322976	m ²
Single moment above neutral axis	(/ neutral axis) .. 11.180230	m ³
Single moment of half section	(/ centre line) .. 17.803850	m ³
Moment of inertia / G _y axis	(IG _y) .. 174.211700	m ⁴
Moment of inertia / G _z axis	(IG _z) .. 460.335800	m ⁴
Position of neutral axis	(above base line) (N) 7.13501	m
Modulus at deck	(18.000 m) .. (Z _{AD}) .. 16.034210	m ³
Modulus at bottom	(0.000 m) ... (Z _{AB}) .. 24.416470	m ³
Transverse sectional area of deck flange	0.719381	m ²
Transverse sectional area of bottom flange	1.534710	m ²

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 (N/mm²) as Young modulus.

Profiles

Type	Scantling			Number	
flat	400	?	22.0	16	
flat	300	?	14.0	4	
flat	150	?	12.0	4	
flat	150	?	11.0	16	
bulb	370	?	15.0	16	
bulb	340	?	12.0	8	
bulb	300	?	11.0	32	
bulb	240	?	12.0	34	
t-bar	300	?	14.0	200	
			?	18.0	2

Strakes

Thickness (mm)	Length (m)
22.000	20.586
21.000	27.840
19.000	6.200

Thickness (mm)	Length (m)
18.500	7.686
18.000	14.020
17.500	9.920
17.000	26.020
16.500	6.260
16.000	13.832
15.500	8.265
14.500	3.560
12.500	7.120

The length indicated is the total length for the strakes having same thickness.

**Cross Section Characteristics
 Net scantling**

Geometric Properties (For the whole cross-section)

Geometric Area of Cross-Section

	Steel (355)	Steel (315)	Total Area
Strakes	2.261785	0.201900	2.463685
Longitudinals	0.592503	0.000000	0.592503
Total (m ²)	2.854289	0.201900	3.056188

Geometric area of cross-section	3.056189	m ²
Effective area	2.974004	m ²
Single moment above neutral axis	(/ neutral axis) .. 10.063600	m ³
Single moment of half section	(/ centre line) .. 15.920870	m ³
Moment of inertia / G _y axis	(IG _y) .. 157.162200	m ⁴
Moment of inertia / G _z axis	(IG _z) .. 411.594600	m ⁴
Position of neutral axis	(above base line) (N) 7.16398	m
Modulus at deck	(18.000 m) .. (Z _{AD}) .. 14.503680	m ³
Modulus at bottom	(0.000 m) ... (Z _{AB}) .. 21.937850	m ³
Transverse sectional area of deck flange	0.652445	m ²
Transverse sectional area of bottom flange	1.375060	m ²

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 (N/mm²) as Young modulus.

Hull Girder Loads

Vertical Bending Moment

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M. Builder's proposal in Basic Ship Data	1 750 000.	-1 170 000.
S.W.B.M. Builder's proposal at X = 99.28 m	-	-
S.W.B.M. minimum value at midship	1 049 527.	- 831 506.
S.W.B.M. minimum value at X = 99.28 m	1 049 527.	- 831 506.
Rule Vertical Wave Bending Moment at X = 99.28 m .	1 701 778.	-1 773 063.

Design Hull Girder Loads at X = 99.28 m

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M.	1 750 000.	-1 170 000.
S.W.B.M. Har	1 750 000.	-1 170 000.
S.W.B.M. Flood	2 240 000.	-2 210 000.
Wave bending moment (Rule)	1 701 778.	-1 773 063.
Horizontal wave bending moment	1 214 116.	

	Positive (KN)	Negative (KN)
Vertical still water shear force	0.	
Vertical still water shear force - Har	0.	
Vertical still water shear force - Flood		- 79 364.
Vertical wave shear force	17 859.	- 17 859.

Admissible Vertical Shear Forces

Total Admissible Vert. Shear Force	(KN)	72 078.
Positive Admissible Vert. Still Water Shear Force	(KN)	54 219.
Negative Admissible Vert. Still Water Shear Force	(KN)	54 219.

* Shear forces are not taken into account

Section moduli and Inertia

X section	99.280 (m)
X mid, defining midship section (+/- 0.1 m)	91.280 (m)
Minimum section modulus at midship section (k = 1)	14.4806 (m ³)

Rule section moduli

	Deck (m ³)	Bottom (m ³)
Minimum section modulus	10.4260	10.4260
Modulus based on design BM, Hog. (3 536 867.0 kNm)	13.4029	13.4029
Modulus based on design BM, Sag. (-3 031 716.0 kNm)	11.4886	11.4886
<i>Flooded conditions</i>		
Modulus based on damaged BM, Hog. (3 601 423.0 kNm)	13.6475	13.6475
Modulus based on damaged BM, Sag. (-3 628 451.0 kNm)	13.7499	13.7499
<i>Harbour</i>		
Modulus based on harbour SWBM, Hog. (1 750 000.0 kNm)	8.8112	8.8112
Modulus based on harbour SWBM, Sag. (-1 170 000.0 kNm)	5.8909	5.8909
Rule Modulus	13.7499	13.7499

Check of section moduli and inertia

	Rule	Actual
Deck (18.000 m k = 0.72)	13.7499	14.5037
Bottom (0.000 m k = 0.72)	13.7499	21.9379
Inertia	79.3071	157.1622

Check of Net/Gross Moduli

	Actual Gross	Actual Net	%
Deck (18.000 m)	16.0342	14.5037	90.5
Bottom (0.000 m)	24.4165	21.9379	89.8

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case	Tau1		
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

1 - Pipe Tunnel Bottom

1	19.00	16.00	0.00	ST355	0.610	1.290	100
	16.00	6.93	-161.22	130.22	28.73	SEA-FSM2	0.00
		0.00	165.40	263.89			0.00
3.00		12.98	7.10	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case	Tau1		
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

2 - Bilge

2	16.00	14.00	0.00	ST355	1.290	2.796	100
	13.00	8.43	85.66	130.22	71.13	SEA-BSP1	0.00
		0.00	165.40	263.89			0.00
3.00		10.98	73.76	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

3 - Side Shell

3	16.00	14.00	0.00		ST355	0.820	2.580	100
	13.00	10.46	-58.84	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.22	124.30	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	75.46	166.67			0.00	0.00

4	15.50	14.00	0.00		ST355	0.820	2.580	100
	12.50	10.46	-49.71	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.22	116.91	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	84.15	166.67			0.00	0.00

5	17.00	15.00	0.00		ST355	0.860	7.900	100
	13.00	10.24	-25.26	114.52	76.92	SEAHBAL 1-BSR1	0.00	
		9.94	71.20	263.89			0.00	0.00
4.00		10.98	199.89	*166.67			0.00	0.00

6	17.00	15.00	0.00		ST315	0.860	7.900	100
	13.00	10.84	-18.78	114.52	76.09	SEAHBAL 1-BSR1	0.00	
		10.34	31.77	243.59			0.00	0.00
4.00		10.98	199.89	*153.85			0.00	0.00

7	17.00	15.00	0.00		ST315	0.860	7.900	100
	13.00	10.76	-22.32	114.52	73.27	SEAHBAL 1-BSR1	0.00	
		9.59	89.03	243.59			0.00	0.00
4.00		10.98	199.44	*153.85			0.00	0.00

8	17.00	15.00	0.00		ST315	0.860	7.900	100
	13.00	10.93	-39.07	93.21	95.47	SEAHBAL 1-BSR2	0.00	
		8.80	140.05	243.59			0.00	0.00
4.00		10.98	195.45	*153.85			0.00	0.00

9	17.00	14.50	0.00		ST355	0.860	7.900	100
	13.50	10.57	57.90	70.99	119.61	SEAHBAL 1-BSR2	0.00	
		7.59	153.21	263.89			0.00	0.00
3.50		10.98	185.63	*166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case	Tau1		
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

4 - Main Deck

10	22.00	12.50	0.00	ST355	0.750	5.160	100
	18.50	4.91	-155.72	7.60	43.03	BAL 2-OSA2	0.00
		3.97	252.71	263.89			0.00
3.50		9.22	51.87	166.67			0.00

11	22.00	13.00	0.00	ST355	0.750	5.160	100
	18.00	5.84	-131.14	0.00	74.53	SEA-BSP1	0.00
		3.91	255.24	263.89			0.00
4.00		9.22	35.65	166.67			0.00

12	22.00	14.00	0.00	ST355	0.810	5.160	100
	18.00	6.07	-132.79	0.00	68.97	SEA-BSP1	0.00
		4.13	257.77	263.89			0.00
4.00		9.96	18.81	166.67			0.00

13	22.00	14.00	0.00	ST355	0.823	5.160	100
	18.00	5.99	-133.99	0.00	64.98	SEA-BSP1	0.00
		4.12	259.87	263.89			0.00
4.00		10.11	13.33	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	S _N Actu.	S _N Rule	Case	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

5 - Hatch Coaming

14	22.00	11.00	0.00		ST355	0.623	1.290	0
	18.50	5.82	0.00	18.80	106.60	HBAL 1-BSR1	0.00	
		2.93	0.00	263.89			0.00	0.00
3.50		7.66	0.00	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case	Tau1		
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

6 - Topside slop plate

15	22.00	16.50	0.00	ST355	1.000	5.160	100
	18.00	10.32	104.02	28.86	107.98	HBAL 1-BSR1	0.00
		5.92	259.87	263.89			0.00
4.00		12.29	25.57	166.67			0.00

16	17.50	14.00	0.00	ST355	0.800	5.160	100
	13.50	9.03	82.63	46.56	122.73	HBAL 1-BSR1	0.00
		5.65	230.28	263.89			0.00
4.00		9.83	54.14	166.67			0.00

17	17.50	14.00	0.00	ST355	0.800	5.160	100
	13.50	9.49	68.94	57.88	132.17	HBAL 1-BSR1	0.00
		6.14	203.41	263.89			0.00
4.00		9.83	72.79	166.67			0.00

18	15.50	14.00	0.00	ST355	0.860	1.562	100
	12.00	10.34	-63.26	65.26	138.31	HBAL 1-BSR1	0.00
		6.95	176.53	263.89			0.00
3.50		10.57	93.67	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case	Tau1		
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

7 - Pipe Tunnel Tank Top

19	21.00	18.00	0.00	ST355	0.610	1.290	100
	16.00	11.80	64.38	277.30	95.26	BULKAM 1-BSP1	0.00
		9.26	124.30	263.89			0.00
5.00		10.98	5.27	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case		Tau1	
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

8 - DB Duct plate - Keelson

20	16.00	11.50	0.00	ST355	0.640	2.580	100
	13.50	8.76	-73.42	212.03	0.00	BAL 4 S-Sta	0.00
		8.58	165.40	263.89			0.00
2.50		8.15	6.79	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case		Tau1	
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

9 - Side keelson

21	12.50	12.00	0.00	ST355	0.000	0.000	100
	9.50	0.00					
		0.00	165.40	263.89		0.00	0.00
3.00		0.00	8.28	166.67		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case		Tau1	
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

10 - 2nd Side keelson

22	12.50	12.00	0.00	ST355	0.000	0.000	100
	9.50	0.00					
		0.00	165.40	263.89		0.00	0.00
3.00		0.00	12.41	166.67		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case		Tau1	
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

11 - 3rd Side keelson

23	14.50	12.00	0.00	ST355	0.000	0.000	100
	11.50	0.00					
		0.00	165.40	263.89		0.00	0.00
3.00		0.00	25.46	166.67		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

12 - Bottom Plate

24	19.00	14.00	0.00		ST355	0.100	2.580	100
	16.00	1.29	-79.77	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		1.26	165.40	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	8.10	166.67			0.00	0.00

25	18.00	14.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.00	10.42	-79.77	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.17	165.40	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	21.87	166.67			0.00	0.00

26	18.00	14.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.00	10.42	-79.77	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.17	165.40	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	31.26	166.67			0.00	0.00

27	18.00	14.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.00	10.42	-79.77	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.17	165.40	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	40.97	166.67			0.00	0.00

28	17.00	14.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	14.00	10.42	-79.77	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.17	165.40	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	56.32	166.67			0.00	0.00

29	16.50	14.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	13.50	10.42	-79.77	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.17	165.40	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	63.51	166.67			0.00	0.00

30	16.50	14.00	0.00		ST355	0.750	2.580	100
	13.50	9.64	-79.77	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		9.42	165.40	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	59.04	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case	Tau1		
		tTest	S _N Actu.	S _N Rule	Case	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

12 - Bottom Plate

31	16.00	14.00	0.00	ST355	0.750	2.580	100
	13.00	9.64	-79.77	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00
		9.42	165.40	263.89			0.00
3.00		10.98	64.10	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

13 - Tank Top

32	21.00	21.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	*	16.10	64.38	277.30	96.14	BULKAM 1-BSP1	0.00
			12.62	124.30	263.89			0.00
5.50			10.98	11.10	166.67			0.00

33	21.00	21.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	*	16.15	64.38	277.30	98.79	BULKAM 1-BSP1	0.00
			12.62	124.30	263.89			0.00
5.50			10.98	21.34	166.67			0.00

34	21.00	21.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	*	16.19	64.38	277.30	100.56	BULKAM 1-BSP1	0.00
			12.62	124.30	263.89			0.00
5.50			10.98	33.77	166.67			0.00

35	21.00	21.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	*	16.23	64.38	277.30	102.33	BULKAM 1-BSP1	0.00
			12.62	124.30	263.89			0.00
5.50			10.98	50.80	166.67			0.00

36	21.00	21.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	*	16.13	64.38	273.17	101.81	BULKAM 1-BSP1	0.00
			12.62	124.30	263.89			0.00
5.50			10.98	60.81	166.67			0.00

37	21.00	21.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	*	15.53	64.38	250.62	96.78	BULKAM 1-BSP1	0.00
			12.62	124.30	263.89			0.00
5.50			10.98	90.38	166.67			0.00

38	18.50	19.00	0.00		ST355	0.750	2.580	100
	13.00	*	13.73	-56.28	175.79	141.25	HBAL 1-BSR1	0.00
			11.37	89.98	263.89			0.00
5.50			9.46	110.42	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	S _N Actu.	S _N Rule	Case	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

13 - Tank Top

39	18.50		20.00	0.00	ST355	0.860	1.513	100
	13.00	*	14.28	-35.66	155.12	146.54	HBAL 1-BSR1	0.00
			11.41	55.33	263.89			0.00
5.50			10.57	112.61	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case		Tau1	
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

14 - Side Shell Topside

40	17.00	14.00	0.00	ST355	0.860	1.080	100
	14.00	7.19	-79.35	0.00	122.02	SEA-BSP1	0.00
		6.02	173.52	263.89		0.00	0.00
3.00		10.98	97.36	166.67		0.00	0.00

41	16.00	14.50	0.00	ST355	0.780	5.160	100
	12.50	7.19	-92.26	0.00	111.16	SEA-BSP1	0.00
		5.77	209.08	263.89		0.00	0.00
3.50		10.98	101.75	166.67		0.00	0.00

42	19.00	14.50	0.00	ST355	0.780	5.160	100
	15.50	6.98	-101.59	0.00	103.32	SEA-BSP1	0.00
		5.43	250.17	263.89		0.00	0.00
3.50		10.98	74.86	166.67		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

1 - Pipe Tunnel Bottom

1	1322.61	300.0	14.0	200.0	18.0	ST355	0.610	1.290	100
	1162.69	66.06	-154.07	130.22	26.71	SEA-FSM2			
	12.00	0.76		130.22	26.71	SEA-FSM2			
0.70		355.00	0.00	130.22	26.71	SEA-FSM2			
						HSM		0.00	0.00
2	378.09	300.0	14.0	0.0	0.0	ST355	0.610	1.290	100
	321.34	66.62	-154.47	130.22	27.72	SEA-FSM2			
	12.00	0.81		130.22	27.72	SEA-FSM2			
0.70		355.00	0.00	130.22	18.88	SEA-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

2 - Bilge

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

3 - Side Shell

1	402.77	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.820	2.500	100
	340.41	305.00	-118.91	111.31	57.29	SEA-FSM2			
	9.00	4.24		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	111.31	40.93	SEA-OST2			
						HSM		0.00	0.00
2	401.21	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.820	2.500	100
	339.02	297.08	-49.71	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
	9.00	4.25		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	103.07	43.19	SEA-OST2			
						HSM		0.00	0.00
3	401.21	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.820	2.500	100
	339.02	292.53	-40.58	182.36	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
	9.00	4.18		182.36	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	94.82	45.45	SEA-OST2			
						HSM		0.00	0.00
4	0.00	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.000	2.580	100
	0.00	0.00							
	0.00	0.00							
1.20		0.00	0.00	0.00	0.00	-			

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

4 - Main Deck

1	1097.09	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.690	5.160	100
	891.54	387.32	186.76	7.60	34.96	BAL 2-OSA1			
	18.00	1.09		7.60	43.03	BAL 2-OSA2			
1.70		355.00	0.00	7.60	23.69	BAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
2	1075.76	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.577	5.010	100
	874.65	309.86	186.88	7.14	36.05	BAL 2-OSA1			
	18.00	0.89		7.14	41.94	BAL 2-OSA2			
1.70		355.00	0.00	7.14	23.62	BAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
3	1069.41	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.548	4.770	100
	866.81	338.89	-126.37	0.00	74.53	SEA-BSP1			
	18.00	1.19		0.00	74.53	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	6.67	23.55	BAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
4	1106.34	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.750	5.010	100
	896.44	499.87	-126.92	0.00	72.68	SEA-BSP1			
	18.00	1.69		0.00	72.68	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	6.21	23.48	BAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
5	1106.34	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.750	5.010	100
	896.44	488.32	-127.47	0.00	70.83	SEA-BSP1			
	18.00	1.65		0.00	70.83	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	5.75	23.41	BAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
6	1110.55	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.780	5.010	100
	899.80	495.78	-128.02	0.00	68.97	SEA-BSP1			
	18.00	1.66		0.00	68.97	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	5.28	23.34	BAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
7	1114.50	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.810	5.010	100
	902.97	501.24	-128.62	0.00	66.97	SEA-BSP1			
	18.00	1.67		0.00	66.97	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	4.78	23.26	BAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

4 - Main Deck

8	1115.32	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.816	5.010	100
	903.63	491.45	-129.21	0.00	64.98	SEA-BSP1			
	18.00	1.63		0.00	64.98	SEA-BSP1			
		355.00	0.00	4.28	23.19	BAL 2-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

5 - Hatch Coaming

1	97.73	150.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.623	1.290	0
	76.21	31.98	0.00	12.54	105.74	HBAL 1-BSR1			
	9.50	1.16		12.54	105.74	HBAL 1-BSR1			
		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
1.00						HSM		0.00	0.00
2	97.73	150.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.624	1.290	0
	76.21	30.08	0.00	6.27	104.88	HBAL 1-BSR1			
	9.50	1.09		6.27	104.88	HBAL 1-BSR1			
		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
1.00						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case	sigApBu	sigCritBu	

6 - Topside slop plate

1	1339.14	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.675	5.010	100
	1139.23	747.47	-87.54	31.45	110.14	HBAL 1-BSR1			
	11.00	3.22		31.45	110.14	HBAL 1-BSR1			
		355.00	0.00	16.42	25.01	BAL 2-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
2	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.010	100
	1120.35	920.89	-85.12	35.23	113.29	HBAL 1-BSR1			
	11.00	4.00		35.23	113.29	HBAL 1-BSR1			
		355.00	0.00	20.20	25.58	BAL 2-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
3	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.010	100
	1120.35	955.26	-82.71	39.01	116.44	HBAL 1-BSR1			
	11.00	4.18		39.01	116.44	HBAL 1-BSR1			
		355.00	0.00	23.97	26.15	BAL 2-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
4	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.010	100
	1120.35	989.04	-80.30	42.78	119.58	HBAL 1-BSR1			
	11.00	4.37		42.78	119.58	HBAL 1-BSR1			
		355.00	0.00	27.75	26.71	BAL 2-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
5	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.010	100
	1120.35	1022.22	-77.88	46.56	122.73	HBAL 1-BSR1			
	11.00	4.56		46.56	122.73	HBAL 1-BSR1			
		355.00	0.00	31.52	27.28	BAL 2-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
6	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.010	100
	1120.35	1054.83	-75.47	50.33	125.88	HBAL 1-BSR1			
	11.00	4.74		50.33	125.88	HBAL 1-BSR1			
		355.00	0.00	35.30	27.85	BAL 2-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
7	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.010	100
	1161.02	1086.88	-73.06	54.11	129.02	HBAL 1-BSR1			
	12.00	4.92		54.11	129.02	HBAL 1-BSR1			
		355.00	0.00	39.08	28.41	BAL 2-HSM1			
1.20						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

6 - Topside slop plate

8	1303.43	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.010	100
	1145.30	1118.39	-70.64	57.88	132.17	HBAL 1-BSR1			
	12.00	5.13		57.88	132.17	HBAL 1-BSR1			
		355.00	0.00	42.85	28.98	BAL 2-HSM1			
1.20						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

7 - Pipe Tunnel Tank Top

1	1342.35	300.0	14.0	200.0	18.0	ST355	0.610	1.290	100
	1167.16	116.83	-128.32	277.30	4.46	BULKAM 1-FSM2			
	12.00	2.00		277.30	93.93	BULKAM 1-BSP1			
		355.00	0.00	163.10	24.91	FLOOD 3-HSM2			
0.70						HSM		0.00	0.00
2	385.36	300.0	14.0	0.0	0.0	ST355	0.610	1.290	100
	323.29	116.62	-127.92	277.30	4.46	BULKAM 1-FSM2			
	12.00	2.12		277.30	94.59	BULKAM 1-BSP1			
		355.00	0.00	163.10	24.91	FLOOD 3-HSM2			
0.70						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule		ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU		ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case	sigApBu	sigCritBu	

8 - DB Duct plate - Keelson

1	88.39		150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	63.35	*	283.45	-151.10	175.26	22.79	FLOOD 3-HSM2			
	8.00		5.82		212.03	0.00	BAL 4 S-Sta			
		*	355.00	0.00	212.03	0.00	BAL 4 S-Sta			
1.20							HSM		0.00	0.00
2	88.39		150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	63.35	*	268.02	44.32	205.59	0.00	BAL 4 S-Sta			
	8.00		5.64		205.59	0.00	BAL 4 S-Sta			
		*	355.00	0.00	205.59	0.00	BAL 4 S-Sta			
1.20							HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

9 - Side keelson

1	84.84	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	60.53	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
2	84.84	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	60.53	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

10 - 2nd Side keelson

1	84.84	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	60.53	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
2	84.84	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	60.53	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

11 - 3rd Side keelson

1	86.88	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	62.07	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
2	86.88	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	62.07	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

12 - Bottom Plate

1	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.760	2.300	100
	345.55	269.61	-155.82	130.22	30.07	SEA-FSM2			
	9.00	3.57		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-28.16	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
2	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.300	100
	345.55	289.75	-155.82	130.22	31.41	SEA-FSM2			
	9.00	3.78		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-29.47	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
3	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.300	100
	345.55	292.15	-155.82	130.22	32.75	SEA-FSM2			
	9.00	3.78		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-30.78	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
4	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.300	100
	345.55	296.96	-155.82	130.22	35.43	SEA-FSM2			
	9.00	3.78		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-33.40	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
5	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.300	100
	345.55	299.36	-155.82	130.22	36.77	SEA-FSM2			
	9.00	3.78		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-34.71	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
6	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.300	100
	345.55	301.77	-155.82	130.22	38.11	SEA-FSM2			
	9.00	3.78		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-36.02	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
7	405.79	240.0	12.0	200.0	18.0	ST355	0.810	2.300	100
	343.05	306.58	-155.82	130.22	40.80	SEA-FSM2			
	9.00	3.80		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-38.63	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

12 - Bottom Plate

8	405.79	240.0	12.0	200.0	18.0	ST355	0.810	2.300	100
	343.05	308.98	-155.82	130.22	42.14	SEA-FSM2			
	9.00	3.80		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-39.94	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
9	405.79	240.0	12.0	200.0	18.0	ST355	0.810	2.300	100
	343.05	311.39	-155.82	130.22	43.48	SEA-FSM2			
	9.00	3.80		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-41.25	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
10	404.30	240.0	12.0	200.0	18.0	ST355	0.810	2.300	100
	341.75	313.79	-155.82	130.22	44.82	SEA-FSM2			
	9.00	3.81		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-42.56	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
11	404.30	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.300	100
	341.75	294.83	-155.82	130.22	47.40	SEA-FSM2			
	9.00	3.55		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-45.08	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
12	404.30	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.300	100
	341.75	296.89	-155.82	130.22	48.64	SEA-FSM2			
	9.00	3.55		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-46.29	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
13	402.77	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.550	2.300	100
	340.41	219.23	-155.82	130.22	49.88	SEA-FSM2			
	9.00	2.67		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-47.51	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case	sigApBu	sigCritBu	

13 - Tank Top

1	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	505.20	-127.92	277.30	4.46	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.69		277.30	96.14	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
2	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	505.20	-127.92	277.30	4.46	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.70		277.30	97.03	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
3	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	505.20	-127.92	277.30	4.46	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.71		277.30	97.91	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
4	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	505.20	-127.92	277.30	4.46	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.74		277.30	99.68	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
5	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	505.20	-127.92	277.30	4.46	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.75		277.30	100.56	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
6	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	505.20	-127.92	277.30	4.46	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.77		277.30	101.45	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
7	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	497.67	-127.92	273.17	4.39	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.71		273.17	101.81	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

13 - Tank Top

8	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	483.96	-127.92	265.65	4.26	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.57		265.65	100.13	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
9	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	470.25	-127.92	258.14	4.13	BULKAM 1-FSM2			
	8.00	5.43		258.14	98.46	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
10	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	458.41	-69.25	186.12	135.59	HBAL 1-BSR1			
	8.00	5.29		250.62	96.78	BULKAM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
11	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	584.79	415.64	-63.94	180.96	139.93	HBAL 1-BSR1			
	8.00	4.56		180.96	139.93	HBAL 1-BSR1			
1.20		355.00	0.00	102.98	4.65	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
12	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	584.79	403.51	-58.79	175.79	141.25	HBAL 1-BSR1			
	8.00	4.50		175.79	141.25	HBAL 1-BSR1			
1.20		355.00	0.00	97.81	5.42	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
13	677.62	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	574.87	391.80	-53.63	170.62	142.57	HBAL 1-BSR1			
	8.00	4.49		170.62	142.57	HBAL 1-BSR1			
1.20		355.00	0.00	156.25	-5.01	BULKAm 1-OST2			
						HSM		0.00	0.00
14	677.62	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	574.87	380.49	-48.48	165.45	143.90	HBAL 1-BSR1			
	8.00	4.43		165.45	143.90	HBAL 1-BSR1			
1.20		355.00	0.00	150.75	-5.01	BULKAm 1-OST2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

13 - Tank Top

15	677.62	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	574.87	369.55	-43.32	160.29	145.22	HBAL 1-BSR1			
	8.00	4.38		160.29	145.22	HBAL 1-BSR1			
1.20		355.00	0.00	145.26	-5.00	BULKAm 1-OST2			
						HSM		0.00	0.00
16	0.00	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.000	2.380	100
	0.00	0.00							
	0.00	0.00							
1.20		0.00	0.00	0.00	0.00	-			

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

14 - Side Shell Topside

1	964.01	340.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.780	5.010	100
	836.06	690.25	-92.26	0.00	111.16	SEA-BSP1			
	9.00	3.18		0.00	111.16	SEA-BSP1			
1.20		355.00	0.00	39.37	28.46	SEABAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
2	964.01	340.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.780	4.750	100
	800.70	597.92	-101.59	0.00	103.32	SEA-BSP1			
	8.00	2.73		0.00	103.32	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	31.52	27.28	SEABAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
3	980.71	340.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.780	4.750	100
	814.71	573.64	-110.92	0.00	95.47	SEA-BSP1			
	8.00	2.51		0.00	95.47	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	23.68	26.10	SEABAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
4	980.71	340.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.780	5.010	100
	814.71	609.00	-120.24	0.00	87.63	SEA-BSP1			
	8.00	2.49		0.00	87.63	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	15.84	24.92	SEABAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00

Local breadth at waterline

	Draught (m)	Local Breadth (m)
For Scantling draught	12.950	32.260
For Ballast draught	5.846	32.260
For Heavy Ballast draught	8.901	32.260

Accelerations (10-8)

Acceleration navigation condition

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2			
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	
1	12.950	Homogeneous Loading						
	HSM	Port	-1.046	0.000	2.141	1.046	0.000	-2.141
	HSM	Star	-1.046	0.000	2.141	1.046	0.000	-2.141
	HSA	Port	-1.331	0.000	2.051	1.331	0.000	-2.051
	HSA	Star	-1.331	0.000	2.051	1.331	0.000	-2.051
	FSM	Port	0.210	0.000	-0.162	-0.210	0.000	0.162
	FSM	Star	0.210	0.000	-0.162	-0.210	0.000	0.162
	BSR	Port	0.000	-4.217	1.188	0.000	4.217	-1.188
	BSR	Star	0.000	4.217	1.188	0.000	-4.217	-1.188
	BSP	Port	-0.372	-1.927	4.175	0.372	1.927	-4.175
	BSP	Star	-0.372	1.927	4.175	0.372	-1.927	-4.175
	OST	Port	0.438	-0.429	0.162	-0.438	0.429	-0.162
	OST	Star	0.438	0.429	0.162	-0.438	-0.429	-0.162
	OSA	Port	1.584	-0.778	-1.870	-1.584	0.778	1.870
	OSA	Star	1.584	0.778	-1.870	-1.584	-0.778	1.870
1	12.950	Homogeneous Heavy cargo						
	HSM	Port	-0.827	0.000	2.141	0.827	0.000	-2.141
	HSM	Star	-0.827	0.000	2.141	0.827	0.000	-2.141
	HSA	Port	-1.081	0.000	2.051	1.081	0.000	-2.051
	HSA	Star	-1.081	0.000	2.051	1.081	0.000	-2.051
	FSM	Port	0.163	0.000	-0.162	-0.163	0.000	0.162
	FSM	Star	0.163	0.000	-0.162	-0.163	0.000	0.162
	BSR	Port	0.000	-3.684	1.188	0.000	3.684	-1.188
	BSR	Star	0.000	3.684	1.188	0.000	-3.684	-1.188
	BSP	Port	-0.310	-1.744	4.175	0.310	1.744	-4.175
	BSP	Star	-0.310	1.744	4.175	0.310	-1.744	-4.175
	OST	Port	0.313	-0.337	0.162	-0.313	0.337	-0.162
	OST	Star	0.313	0.337	0.162	-0.313	-0.337	-0.162
	OSA	Port	1.272	-0.725	-1.870	-1.272	0.725	1.870
	OSA	Star	1.272	0.725	-1.870	-1.272	-0.725	1.870

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	12.950	Alternate Heavy cargo					
	HSM Port	-0.892	0.000	2.141	0.892	0.000	-2.141
	HSM Star	-0.892	0.000	2.141	0.892	0.000	-2.141
	HSA Port	-1.155	0.000	2.051	1.155	0.000	-2.051
	HSA Star	-1.155	0.000	2.051	1.155	0.000	-2.051
	FSM Port	0.177	0.000	-0.162	-0.177	0.000	0.162
	FSM Star	0.177	0.000	-0.162	-0.177	0.000	0.162
	BSR Port	0.000	-3.911	1.188	0.000	3.911	-1.188
	BSR Star	0.000	3.911	1.188	0.000	-3.911	-1.188
	BSP Port	-0.328	-1.819	4.175	0.328	1.819	-4.175
	BSP Star	-0.328	1.819	4.175	0.328	-1.819	-4.175
	OST Port	0.350	-0.375	0.162	-0.350	0.375	-0.162
	OST Star	0.350	0.375	0.162	-0.350	-0.375	-0.162
	OSA Port	1.365	-0.747	-1.870	-1.365	0.747	1.870
	OSA Star	1.365	0.747	-1.870	-1.365	-0.747	1.870
1	12.950	Alternate Light cargo					
	HSM Port	-1.046	0.000	2.141	1.046	0.000	-2.141
	HSM Star	-1.046	0.000	2.141	1.046	0.000	-2.141
	HSA Port	-1.331	0.000	2.051	1.331	0.000	-2.051
	HSA Star	-1.331	0.000	2.051	1.331	0.000	-2.051
	FSM Port	0.210	0.000	-0.162	-0.210	0.000	0.162
	FSM Star	0.210	0.000	-0.162	-0.210	0.000	0.162
	BSR Port	0.000	-4.217	1.188	0.000	4.217	-1.188
	BSR Star	0.000	4.217	1.188	0.000	-4.217	-1.188
	BSP Port	-0.372	-1.927	4.175	0.372	1.927	-4.175
	BSP Star	-0.372	1.927	4.175	0.372	-1.927	-4.175
	OST Port	0.438	-0.429	0.162	-0.438	0.429	-0.162
	OST Star	0.438	0.429	0.162	-0.438	-0.429	-0.162
	OSA Port	1.584	-0.778	-1.870	-1.584	0.778	1.870
	OSA Star	1.584	0.778	-1.870	-1.584	-0.778	1.870
1	8.901	Heavy Ballast					
	HSM Port	-1.009	0.000	1.662	1.009	0.000	-1.662
	HSM Star	-1.009	0.000	1.662	1.009	0.000	-1.662
	HSA Port	-1.110	0.000	1.555	1.110	0.000	-1.555
	HSA Star	-1.110	0.000	1.555	1.110	0.000	-1.555
	FSM Port	0.312	0.000	-0.192	-0.312	0.000	0.192
	FSM Star	0.312	0.000	-0.192	-0.312	0.000	0.192
	BSR Port	0.000	-4.537	1.683	0.000	4.537	-1.683
	BSR Star	0.000	4.537	1.683	0.000	-4.537	-1.683
	BSP Port	-0.200	-2.016	4.095	0.200	2.016	-4.095
	BSP Star	-0.200	2.016	4.095	0.200	-2.016	-4.095
	OST Port	0.541	-0.170	-0.285	-0.541	0.170	0.285
	OST Star	0.541	0.170	-0.285	-0.541	-0.170	0.285
	OSA Port	1.578	-0.932	-1.823	-1.578	0.932	1.823
	OSA Star	1.578	0.932	-1.823	-1.578	-0.932	1.823

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
2	5.846 Normal Ballast						
	HSM Port	-1.387	0.000	1.402	1.387	0.000	-1.402
	HSM Star	-1.387	0.000	1.402	1.387	0.000	-1.402
	HSA Port	-1.319	0.000	1.259	1.319	0.000	-1.259
	HSA Star	-1.319	0.000	1.259	1.319	0.000	-1.259
	FSM Port	0.458	0.000	-0.216	-0.458	0.000	0.216
	FSM Star	0.458	0.000	-0.216	-0.458	0.000	0.216
	BSR Port	0.000	-5.874	4.309	0.000	5.874	-4.309
	BSR Star	0.000	5.874	-0.350	0.000	-5.874	0.350
	BSP Port	-0.123	-2.428	4.730	0.123	2.428	-4.730
	BSP Star	-0.123	2.428	3.332	0.123	-2.428	-3.332
	OST Port	0.919	0.081	-0.709	-0.919	-0.081	0.709
	OST Star	0.919	-0.081	-0.476	-0.919	0.081	0.476
	OSA Port	2.146	-1.276	-1.368	-2.146	1.276	1.368
	OSA Star	2.146	1.276	-2.300	-2.146	-1.276	2.300
2	8.901 Heavy Ballast						
	HSM Port	-1.294	0.000	1.662	1.294	0.000	-1.662
	HSM Star	-1.294	0.000	1.662	1.294	0.000	-1.662
	HSA Port	-1.385	0.000	1.555	1.385	0.000	-1.555
	HSA Star	-1.385	0.000	1.555	1.385	0.000	-1.555
	FSM Port	0.373	0.000	-0.192	-0.373	0.000	0.192
	FSM Star	0.373	0.000	-0.192	-0.373	0.000	0.192
	BSR Port	0.000	-5.568	3.904	0.000	5.568	-3.904
	BSR Star	0.000	5.568	-0.538	0.000	-5.568	0.538
	BSP Port	-0.243	-2.326	4.761	0.243	2.326	-4.761
	BSP Star	-0.243	2.326	3.429	0.243	-2.326	-3.429
	OST Port	0.742	-0.195	-0.230	-0.742	0.195	0.230
	OST Star	0.742	0.195	-0.340	-0.742	-0.195	0.340
	OSA Port	1.985	-1.100	-1.462	-1.985	1.100	1.462
	OSA Star	1.985	1.100	-2.184	-1.985	-1.100	2.184
2	5.846 Normal Water Ballast Exchange						
	HSM Port	-1.112	0.000	1.122	1.112	0.000	-1.122
	HSM Star	-1.112	0.000	1.122	1.112	0.000	-1.122
	HSA Port	-1.057	0.000	1.007	1.057	0.000	-1.007
	HSA Star	-1.057	0.000	1.007	1.057	0.000	-1.007
	FSM Port	0.367	0.000	-0.173	-0.367	0.000	0.173
	FSM Star	0.367	0.000	-0.173	-0.367	0.000	0.173
	BSR Port	0.000	-4.745	3.447	0.000	4.745	-3.447
	BSR Star	0.000	4.745	-0.280	0.000	-4.745	0.280
	BSP Port	-0.099	-1.952	3.784	0.099	1.952	-3.784
	BSP Star	-0.099	1.952	2.666	0.099	-1.952	-2.666
	OST Port	0.736	0.064	-0.568	-0.736	-0.064	0.568
	OST Star	0.736	-0.064	-0.381	-0.736	0.064	0.381
	OSA Port	1.719	-1.028	-1.094	-1.719	1.028	1.094
	OSA Star	1.719	1.028	-1.840	-1.719	-1.028	1.840

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
2	8.901	Heavy Water Ballast Exchange					
	HSM Port	-1.037	0.000	1.329	1.037	0.000	-1.329
	HSM Star	-1.037	0.000	1.329	1.037	0.000	-1.329
	HSA Port	-1.110	0.000	1.244	1.110	0.000	-1.244
	HSA Star	-1.110	0.000	1.244	1.110	0.000	-1.244
	FSM Port	0.299	0.000	-0.153	-0.299	0.000	0.153
	FSM Star	0.299	0.000	-0.153	-0.299	0.000	0.153
	BSR Port	0.000	-4.500	3.123	0.000	4.500	-3.123
	BSR Star	0.000	4.500	-0.431	0.000	-4.500	0.431
	BSP Port	-0.195	-1.870	3.809	0.195	1.870	-3.809
	BSP Star	-0.195	1.870	2.743	0.195	-1.870	-2.743
	OST Port	0.595	-0.158	-0.184	-0.595	0.158	0.184
	OST Star	0.595	0.158	-0.272	-0.595	-0.158	0.272
	OSA Port	1.591	-0.886	-1.169	-1.591	0.886	1.169
	OSA Star	1.591	0.886	-1.747	-1.591	-0.886	1.747
3	12.950	Homogeneous Loading					
	HSM Port	-0.676	0.000	2.141	0.676	0.000	-2.141
	HSM Star	-0.676	0.000	2.141	0.676	0.000	-2.141
	HSA Port	-0.908	0.000	2.051	0.908	0.000	-2.051
	HSA Star	-0.908	0.000	2.051	0.908	0.000	-2.051
	FSM Port	0.131	0.000	-0.162	-0.131	0.000	0.162
	FSM Star	0.131	0.000	-0.162	-0.131	0.000	0.162
	BSR Port	0.000	-3.293	1.188	0.000	3.293	-1.188
	BSR Star	0.000	3.293	1.188	0.000	-3.293	-1.188
	BSP Port	-0.267	-1.649	4.175	0.267	1.649	-4.175
	BSP Star	-0.267	1.649	4.175	0.267	-1.649	-4.175
	OST Port	0.227	-0.290	0.162	-0.227	0.290	-0.162
	OST Star	0.227	0.290	0.162	-0.227	-0.290	-0.162
	OSA Port	1.056	-0.686	-1.870	-1.056	0.686	1.870
	OSA Star	1.056	0.686	-1.870	-1.056	-0.686	1.870
3	12.950	Accidental flooding					
	HSM Port	-0.543	0.000	1.712	0.543	0.000	-1.712
	HSM Star	-0.543	0.000	1.712	0.543	0.000	-1.712
	HSA Port	-0.729	0.000	1.640	0.729	0.000	-1.640
	HSA Star	-0.729	0.000	1.640	0.729	0.000	-1.640
	FSM Port	0.105	0.000	-0.129	-0.105	0.000	0.129
	FSM Star	0.105	0.000	-0.129	-0.105	0.000	0.129
	BSR Port	0.000	-2.671	0.950	0.000	2.671	-0.950
	BSR Star	0.000	2.671	0.950	0.000	-2.671	-0.950
	BSP Port	-0.214	-1.327	3.340	0.214	1.327	-3.340
	BSP Star	-0.214	1.327	3.340	0.214	-1.327	-3.340
	OST Port	0.182	-0.236	0.130	-0.182	0.236	-0.130
	OST Star	0.182	0.236	0.130	-0.182	-0.236	-0.130
	OSA Port	0.848	-0.552	-1.496	-0.848	0.552	1.496
	OSA Star	0.848	0.552	-1.496	-0.848	-0.552	1.496

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
4	5.846 Normal Ballast						
	HSM Port	-0.606	0.000	1.402	0.606	0.000	-1.402
	HSM Star	-0.606	0.000	1.402	0.606	0.000	-1.402
	HSA Port	-0.649	0.000	1.259	0.649	0.000	-1.259
	HSA Star	-0.649	0.000	1.259	0.649	0.000	-1.259
	FSM Port	0.291	0.000	-0.216	-0.291	0.000	0.216
	FSM Star	0.291	0.000	-0.216	-0.291	0.000	0.216
	BSR Port	0.000	-3.236	3.706	0.000	3.236	-3.706
	BSR Star	0.000	3.236	0.254	0.000	-3.236	-0.254
	BSP Port	-0.067	-1.637	4.549	0.067	1.637	-4.549
	BSP Star	-0.067	1.637	3.513	0.067	-1.637	-3.513
	OST Port	0.305	-0.051	-0.679	-0.305	0.051	0.679
	OST Star	0.305	0.051	-0.507	-0.305	-0.051	0.507
	OSA Port	1.029	-0.749	-1.489	-1.029	0.749	1.489
	OSA Star	1.029	0.749	-2.179	-1.029	-0.749	2.179
4	8.901 Heavy Ballast						
	HSM Port	-0.599	0.000	1.662	0.599	0.000	-1.662
	HSM Star	-0.599	0.000	1.662	0.599	0.000	-1.662
	HSA Port	-0.715	0.000	1.555	0.715	0.000	-1.555
	HSA Star	-0.715	0.000	1.555	0.715	0.000	-1.555
	FSM Port	0.224	0.000	-0.192	-0.224	0.000	0.192
	FSM Star	0.224	0.000	-0.192	-0.224	0.000	0.192
	BSR Port	0.000	-3.054	3.329	0.000	3.054	-3.329
	BSR Star	0.000	3.054	0.037	0.000	-3.054	-0.037
	BSP Port	-0.137	-1.571	4.589	0.137	1.571	-4.589
	BSP Star	-0.137	1.571	3.601	0.137	-1.571	-3.601
	OST Port	0.252	-0.133	-0.244	-0.252	0.133	0.244
	OST Star	0.252	0.133	-0.326	-0.252	-0.133	0.326
	OSA Port	0.992	-0.691	-1.555	-0.992	0.691	1.555
	OSA Star	0.992	0.691	-2.090	-0.992	-0.691	2.090
4	5.846 Normal Water Ballast Exchange						
	HSM Port	-0.486	0.000	1.122	0.486	0.000	-1.122
	HSM Star	-0.486	0.000	1.122	0.486	0.000	-1.122
	HSA Port	-0.521	0.000	1.007	0.521	0.000	-1.007
	HSA Star	-0.521	0.000	1.007	0.521	0.000	-1.007
	FSM Port	0.233	0.000	-0.173	-0.233	0.000	0.173
	FSM Star	0.233	0.000	-0.173	-0.233	0.000	0.173
	BSR Port	0.000	-2.635	2.964	0.000	2.635	-2.964
	BSR Star	0.000	2.635	0.203	0.000	-2.635	-0.203
	BSP Port	-0.054	-1.319	3.639	0.054	1.319	-3.639
	BSP Star	-0.054	1.319	2.811	0.054	-1.319	-2.811
	OST Port	0.245	-0.041	-0.543	-0.245	0.041	0.543
	OST Star	0.245	0.041	-0.405	-0.245	-0.041	0.405
	OSA Port	0.826	-0.606	-1.191	-0.826	0.606	1.191
	OSA Star	0.826	0.606	-1.743	-0.826	-0.606	1.743

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
4	8.901 Heavy Water Ballast Exchange						
	HSM Port	-0.481	0.000	1.329	0.481	0.000	-1.329
	HSM Star	-0.481	0.000	1.329	0.481	0.000	-1.329
	HSA Port	-0.574	0.000	1.244	0.574	0.000	-1.244
	HSA Star	-0.574	0.000	1.244	0.574	0.000	-1.244
	FSM Port	0.180	0.000	-0.153	-0.180	0.000	0.153
	FSM Star	0.180	0.000	-0.153	-0.180	0.000	0.153
	BSR Port	0.000	-2.488	2.663	0.000	2.488	-2.663
	BSR Star	0.000	2.488	0.030	0.000	-2.488	-0.030
	BSP Port	-0.110	-1.266	3.671	0.110	1.266	-3.671
	BSP Star	-0.110	1.266	2.881	0.110	-1.266	-2.881
	OST Port	0.202	-0.108	-0.195	-0.202	0.108	0.195
	OST Star	0.202	0.108	-0.261	-0.202	-0.108	0.261
	OSA Port	0.797	-0.559	-1.244	-0.797	0.559	1.244
	OSA Star	0.797	0.559	-1.672	-0.797	-0.559	1.672

Reference points Xo,Yo,Z0

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)
1	12.950 Homogeneous Loading						
	HSM Port	91.400	9.320	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSM Star	91.400	9.320	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSA Port	91.400	9.320	20.290	112.040	-18.640	20.290
	HSA Star	91.400	9.320	20.290	112.040	-18.640	20.290
	FSM Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	FSM Star	112.040	-18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	BSR Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	BSR Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	BSP Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	18.640	20.290
	BSP Star	91.400	18.640	20.290	112.040	-18.640	20.290
	OST Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OST Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	OSA Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OSA Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
1	12.950 Homogeneous Heavy cargo						
	HSM Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSM Star	91.400	-18.640	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSA Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSA Star	91.400	-18.640	20.290	112.040	9.320	20.290
	FSM Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	9.320	20.290
	FSM Star	112.040	-18.640	20.290	91.400	9.320	20.290
	BSR Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	18.640	20.290
	BSR Star	91.400	18.640	20.290	112.040	-18.640	20.290
	BSP Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	18.640	20.290
	BSP Star	91.400	18.640	20.290	112.040	-18.640	20.290
	OST Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OST Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	OSA Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OSA Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)
1	12.950	Alternate Heavy cargo					
	HSM Port	91.400	9.320	20.290	112.040	-18.640	20.290
	HSM Star	91.400	9.320	20.290	112.040	-18.640	20.290
	HSA Port	91.400	9.320	20.290	112.040	-18.640	20.290
	HSA Star	91.400	9.320	20.290	112.040	-18.640	20.290
	FSM Port	112.040	9.320	20.290	91.400	-18.640	20.290
	FSM Star	112.040	9.320	20.290	91.400	-18.640	20.290
	BSR Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	18.640	20.290
	BSR Star	91.400	18.640	20.290	112.040	-18.640	20.290
	BSP Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	18.640	20.290
	BSP Star	91.400	18.640	20.290	112.040	-18.640	20.290
	OST Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OST Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	OSA Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OSA Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
1	12.950	Alternate Light cargo					
	HSM Port	91.400	9.320	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSM Star	91.400	9.320	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSA Port	91.400	9.320	20.290	112.040	-18.640	20.290
	HSA Star	91.400	9.320	20.290	112.040	-18.640	20.290
	FSM Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	FSM Star	112.040	-18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	BSR Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	BSR Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	BSP Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	18.640	20.290
	BSP Star	91.400	18.640	20.290	112.040	-18.640	20.290
	OST Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OST Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	OSA Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OSA Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
1	8.901	Heavy Ballast					
	HSM Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSM Star	91.400	-18.640	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSA Port	91.400	9.320	20.290	112.040	9.320	20.290
	HSA Star	91.400	9.320	20.290	112.040	9.320	20.290
	FSM Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	9.320	20.290
	FSM Star	112.040	-18.640	20.290	91.400	9.320	20.290
	BSR Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	18.640	20.290
	BSR Star	91.400	18.640	20.290	112.040	-18.640	20.290
	BSP Port	91.400	-18.640	20.290	112.040	18.640	20.290
	BSP Star	91.400	18.640	20.290	112.040	-18.640	20.290
	OST Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OST Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290
	OSA Port	112.040	-18.640	20.290	91.400	18.640	20.290
	OSA Star	112.040	18.640	20.290	91.400	-18.640	20.290

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)
2	5.846 Normal Ballast						
	HSM Port	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSM Star	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSA Port	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSA Star	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	FSM Port	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	FSM Star	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	BSR Port	114.760	9.320	18.420	114.760	16.130	18.000
	BSR Star	83.800	16.130	18.000	114.760	9.320	18.420
	BSP Port	83.800	9.320	18.420	114.760	16.130	18.000
	BSP Star	83.800	16.130	18.000	114.760	9.320	18.420
	OST Port	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	OST Star	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	OSA Port	114.760	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	OSA Star	114.760	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
2	8.901 Heavy Ballast						
	HSM Port	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSM Star	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSA Port	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSA Star	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	FSM Port	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	FSM Star	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	BSR Port	114.760	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	BSR Star	114.760	16.130	18.000	114.760	9.320	18.420
	BSP Port	83.800	9.320	18.420	114.760	16.130	18.000
	BSP Star	83.800	16.130	18.000	114.760	9.320	18.420
	OST Port	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	OST Star	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	OSA Port	114.760	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	OSA Star	114.760	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
2	5.846 Normal Water Ballast Exchange						
	HSM Port	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSM Star	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSA Port	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSA Star	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	FSM Port	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	FSM Star	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	BSR Port	83.800	9.320	18.420	114.760	16.130	18.000
	BSR Star	114.760	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
	BSP Port	83.800	9.320	18.420	114.760	16.130	18.000
	BSP Star	83.800	16.130	18.000	114.760	9.320	18.420
	OST Port	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	OST Star	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	OSA Port	114.760	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	OSA Star	114.760	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)
2	8.901	Heavy Water Ballast Exchange					
	HSM Port	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSM Star	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSA Port	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	HSA Star	83.800	9.320	18.420	114.760	9.320	18.420
	FSM Port	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	FSM Star	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	BSR Port	114.760	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	BSR Star	114.760	16.130	18.000	114.760	9.320	18.420
	BSP Port	83.800	9.320	18.420	114.760	16.130	18.000
	BSP Star	83.800	16.130	18.000	114.760	9.320	18.420
	OST Port	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	OST Star	114.760	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	OSA Port	114.760	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	OSA Star	114.760	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
3	12.950	Homogeneous Loading					
	HSM Port	22.060	0.000	1.780	144.060	0.000	1.780
	HSM Star	22.060	0.000	1.780	144.060	0.000	1.780
	HSA Port	22.060	0.000	1.780	144.060	0.000	1.780
	HSA Star	22.060	0.000	1.780	144.060	0.000	1.780
	FSM Port	144.060	1.220	1.780	22.060	0.000	1.780
	FSM Star	144.060	1.220	1.780	22.060	0.000	1.780
	BSR Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780
	BSR Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780
	BSP Port	22.060	-1.220	1.780	144.060	1.220	1.780
	BSP Star	22.060	1.220	1.780	144.060	-1.220	1.780
	OST Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780
	OST Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780
	OSA Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780
	OSA Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780
3	12.950	Accidental flooding					
	HSM Port	22.060	1.220	1.780	144.060	1.220	1.780
	HSM Star	22.060	1.220	1.780	144.060	1.220	1.780
	HSA Port	22.060	1.220	1.780	144.060	1.220	1.780
	HSA Star	22.060	1.220	1.780	144.060	1.220	1.780
	FSM Port	144.060	1.220	1.780	22.060	0.000	1.780
	FSM Star	144.060	1.220	1.780	22.060	0.000	1.780
	BSR Port	144.060	-1.220	1.780	144.060	1.220	1.780
	BSR Star	144.060	1.220	1.780	144.060	-1.220	1.780
	BSP Port	22.060	-1.220	1.780	144.060	1.220	1.780
	BSP Star	22.060	1.220	1.780	144.060	-1.220	1.780
	OST Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780
	OST Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780
	OSA Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780
	OSA Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)
4	5.846 Normal Ballast						
	HSM Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSM Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSA Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSA Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	FSM Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	FSM Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSR Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	BSR Star	83.800	16.130	5.900	83.800	1.220	1.780
	BSP Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	BSP Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	OST Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OST Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OSA Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OSA Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
4	8.901 Heavy Ballast						
	HSM Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSM Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSA Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSA Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	FSM Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	FSM Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSR Port	114.760	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	BSR Star	114.760	16.130	5.900	83.800	1.220	1.780
	BSP Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	BSP Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	OST Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OST Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OSA Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OSA Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
4	5.846 Normal Water Ballast Exchange						
	HSM Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSM Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSA Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSA Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	FSM Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	FSM Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSR Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	BSR Star	114.760	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	BSP Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	BSP Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	OST Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OST Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OSA Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OSA Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		X _O (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)
4	8.901 Heavy Water Ballast Exchange						
	HSM Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSM Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSA Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	HSA Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	FSM Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	FSM Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSR Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSR Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	BSP Port	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	BSP Star	83.800	16.130	5.900	114.760	16.130	5.900
	OST Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OST Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OSA Port	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OSA Star	114.760	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900

Coordinates of center of gravity

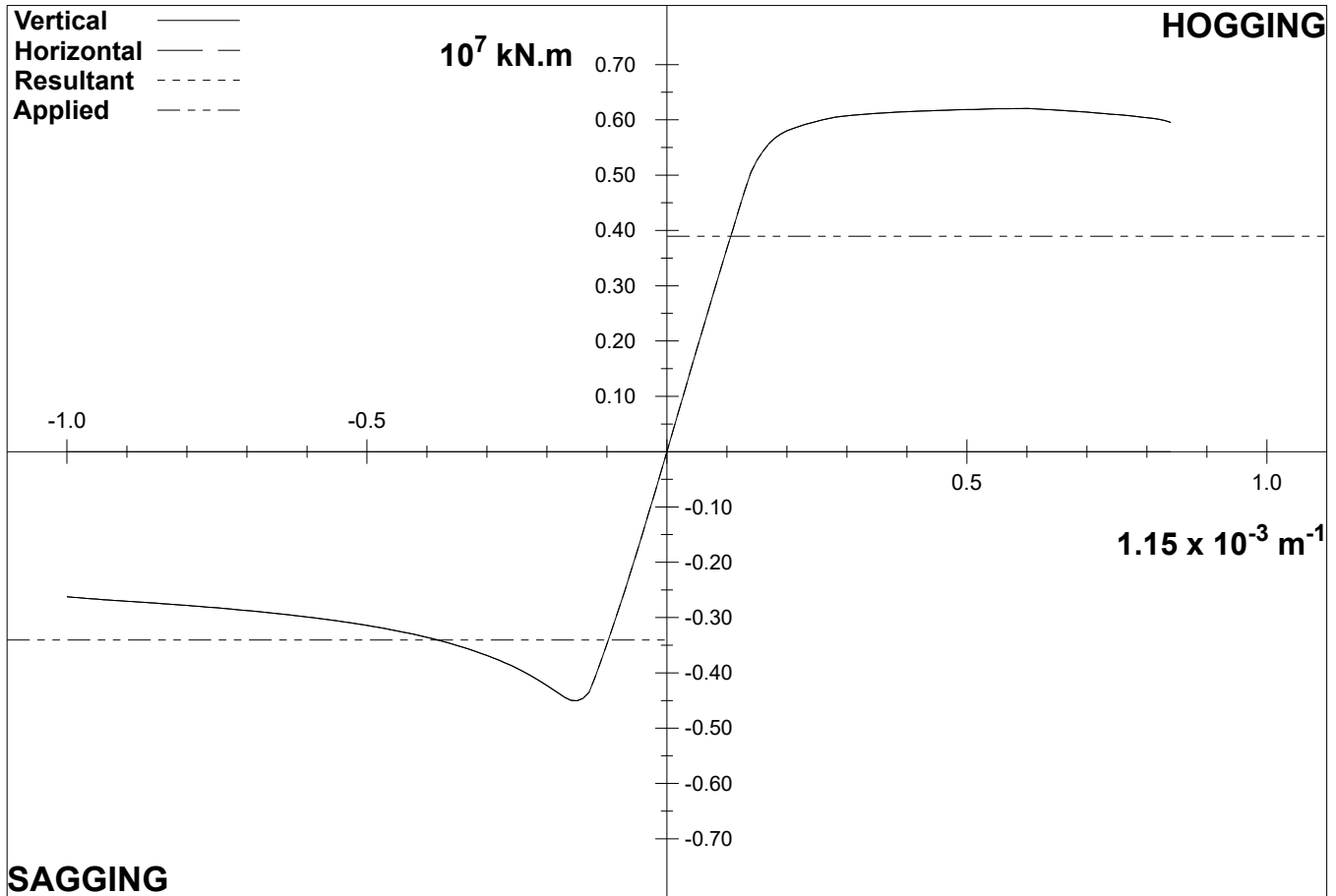
Comp n°	X _G (m)	Y _G (m)	Z _G (m)
1	101.720	0.000	10.470
2	101.720	13.423	16.703
3	101.720	0.000	0.890
4	101.720	9.947	1.505

**Ultimate strength check
 (rule calculation)**

Calculation options

Scantling: Net (with corrosion margin x 0.5)

Bending moment (kN.m)		Hogging	Sagging	
Mu		6 206 727...	- 4 506 690.	
		Ultimate	Mb	%
Navigation	Hogging	5 129 526.	3 894 241.	75.92
	Sagging	- 4 096 990.	- 3 404 059.	83.09
Harbour	Hogging	5 129 526.	2 566 854.	50.04
	Sagging	- 4 096 990.	- 2 021 070.	49.33
Flooded	Hogging	5 642 479.	3 873 707.	68.65
	Sagging	- 4 096 990.	- 3 912 141.	95.49



Values used to evaluate bulk pressures

Bulk compartment on section is Cargo Hold No.3

Intersection between hopper tank and side shell:	
y coordinate	16.130 m
z coordinate	5.900 m
Intersection between top side tank and side shell:	
y coordinate	16.130 m
z coordinate	13.800 m
Upper deck level	18.420 m
Shaded area S0	110.769 m ²
Trapezoidal area between inner bottom and intersection of hopper tank and side shell	114.866 m ²

h_c values as computed by default at section's x = 99.28 m

h _c if fully filled hold	16.145 m
h _c homogeneous loading condition if partially filled hold	6.042 m
h _c alternate loading condition if partially filled hold with M _{HD} + 0.1 * M _H	9.422 m
h _c alternate loading condition if partially filled hold with M _{HD}	9.055 m

h_c values as used in the bulk pressure computations

h _c if fully filled hold	16.145 m
h _c homogeneous loading condition if partially filled hold	6.042 m
h _c alternate loading condition if partially filled hold with M _{HD} + 0.1 * M _H	9.422 m
h _c alternate loading condition if partially filled hold with M _{HD}	9.055 m



MARS2000
UNIWA Master's degree

CARGO HOLD No. 4

**Cross Section Characteristics
 Gross scantling**

Geometric Properties (For the whole cross-section)

Geometric Area of Cross-Section

	Steel (355)	Steel (315)	Total Area
Strakes	2.487102	0.222090	2.709192
Longitudinals	0.653300	0.000000	0.653300
Total (m ²)	3.140403	0.222090	3.362491

Geometric area of cross-section	3.362493	m ²
Effective area	3.273013	m ²
Single moment above neutral axis	(/ neutral axis) .. 11.084350	m ³
Single moment of half section	(/ centre line) .. 17.495940	m ³
Moment of inertia / G _y axis	(IG _y) .. 172.855500	m ⁴
Moment of inertia / G _z axis	(IG _z) .. 451.966000	m ⁴
Position of neutral axis	(above base line) (N) 7.18739	m
Modulus at deck	(18.000 m) .. (Z _{AD}) .. 15.986470	m ³
Modulus at bottom	(0.000 m) ... (Z _{AB}) .. 24.049850	m ³
Transverse sectional area of deck flange	0.719381	m ²
Transverse sectional area of bottom flange	1.509340	m ²

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 (N/mm²) as Young modulus.

Profiles

Type	Scantling			Number	
flat	400	?	22.0	16	
flat	300	?	14.0	4	
flat	150	?	12.0	4	
flat	150	?	11.0	16	
bulb	370	?	15.0	16	
bulb	340	?	12.0	8	
bulb	300	?	11.0	32	
bulb	240	?	12.0	34	
t-bar	300	?	14.0	200	
			?	18.0	2

Strakes

Thickness (mm)	Length (m)
22.000	20.586
21.000	27.840
19.000	6.200

Thickness (mm)	Length (m)
18.500	4.380
18.000	9.060
17.500	9.920
17.000	4.960
16.500	16.360
16.000	29.752
15.500	8.265
15.000	3.306
13.000	3.560
11.500	7.120

The length indicated is the total length for the strakes having same thickness.

**Cross Section Characteristics
 Net scantling**

Geometric Properties (For the whole cross-section)

Geometric Area of Cross-Section

	Steel (355)	Steel (315)	Total Area
Strakes	2.217503	0.195170	2.412673
Longitudinals	0.592503	0.000000	0.592503
Total (m ²)	2.810007	0.195170	3.005175

Geometric area of cross-section	3.005177	m ²
Effective area	2.922991	m ²
Single moment above neutral axis	(/ neutral axis) ... 9.963789	m ³
Single moment of half section	(/ centre line) .. 15.609240	m ³
Moment of inertia / G _y axis	(IG _y) . 155.755200	m ⁴
Moment of inertia / G _z axis	(IG _z) . 403.110300	m ⁴
Position of neutral axis	(above base line) (N) 7.22318	m
Modulus at deck	(18.000 m) .. (Z _{AD}) .. 14.452800	m ³
Modulus at bottom	(0.000 m) ... (Z _{AB}) .. 21.563250	m ³
Transverse sectional area of deck flange	0.652445	m ²
Transverse sectional area of bottom flange	1.349080	m ²

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 (N/mm²) as Young modulus.

Hull Girder Loads

Vertical Bending Moment

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M. Builder's proposal in Basic Ship Data	1 750 000.	-1 170 000.
S.W.B.M. Builder's proposal at X = 68.32 m	-	-
S.W.B.M. minimum value at midship	1 049 527.	- 831 506.
S.W.B.M. minimum value at X = 68.32 m	1 049 527.	- 831 506.
Rule Vertical Wave Bending Moment at X = 68.32 m .	1 592 154.	-1 658 847.

Design Hull Girder Loads at X = 68.32 m

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M.	1 750 000.	-1 170 000.
S.W.B.M. Har	1 750 000.	-1 170 000.
S.W.B.M. Flood	2 240 000.	-2 210 000.
Wave bending moment (Rule)	1 592 154.	-1 658 847.
Horizontal wave bending moment	1 135 906.	

	Positive (KN)	Negative (KN)
Vertical still water shear force	0.	
Vertical still water shear force - Har	0.	
Vertical still water shear force - Flood		- 79 364.
Vertical wave shear force	19 305.	- 19 558.

Admissible Vertical Shear Forces

Total Admissible Vert. Shear Force (KN)	69 752.
Positive Admissible Vert. Still Water Shear Force (KN)	50 447.
Negative Admissible Vert. Still Water Shear Force (KN)	50 194.

* Shear forces are not taken into account

Section moduli and Inertia

X section	68.320 (m)
X mid, defining midship section (+/- 0.1 m)	91.280 (m)
Minimum section modulus at midship section (k = 1)	14.4806 (m ³)

Rule section moduli

	Deck (m ³)	Bottom (m ³)
Minimum section modulus	10.4260	10.4260
Modulus based on design BM, Hog. (3 421 762.0 kNm)	12.9667	12.9667
Modulus based on design BM, Sag. (-2 911 790.0 kNm)	11.0342	11.0342
<i>Flooded conditions</i>		
Modulus based on damaged BM, Hog. (3 513 724.0 kNm)	13.3152	13.3152
Modulus based on damaged BM, Sag. (-3 537 078.0 kNm)	13.4037	13.4037
<i>Harbour</i>		
Modulus based on harbour SWBM, Hog. (1 750 000.0 kNm)	8.8112	8.8112
Modulus based on harbour SWBM, Sag. (-1 170 000.0 kNm)	5.8909	5.8909
Rule Modulus	13.4037	13.4037

Check of section moduli and inertia

	Rule	Actual
Deck (18.000 m k = 0.72)	13.4037	14.4528
Bottom (0.000 m k = 0.72)	13.4037	21.5633
Inertia	79.3071	155.7552

Check of Net/Gross Moduli

	Actual Gross	Actual Net	%
Deck (18.000 m)	15.9865	14.4528	90.4
Bottom (0.000 m)	24.0499	21.5633	89.7

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
CAdd	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

1 - Bottom

1	19.00	16.00	0.00		ST355	0.610	2.580	100
	16.00	7.09	-158.68	130.22	28.73	SEA-FSM2	0.00	
		0.00	164.03	263.89			0.00	0.00
3.00		12.98	8.17	166.67			0.00	0.00

2	18.00	14.00	0.00		ST355	0.830	2.580	100
	15.00	10.69	-81.16	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.44	164.03	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	22.38	166.67			0.00	0.00

3	18.00	14.00	0.00		ST355	0.830	2.580	100
	15.00	10.69	-81.16	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.44	164.03	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	31.58	166.67			0.00	0.00

4	17.00	14.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	14.00	10.43	-81.16	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.18	164.03	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	43.75	166.67			0.00	0.00

5	16.00	14.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	13.00	10.43	-81.16	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.18	164.03	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	59.87	166.67			0.00	0.00

6	16.00	14.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	13.00	10.43	-81.16	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.18	164.03	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	65.39	166.67			0.00	0.00

7	16.00	14.00	0.00		ST355	0.750	2.580	100
	13.00	9.66	-81.16	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		9.43	164.03	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	64.05	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	S _N Actu.	S _N Rule	Case	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

1 - Bottom

8	16.00	14.00	0.00		ST355	0.750	2.580	100
	13.00	9.66	-81.16	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		9.43	164.03	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	67.16	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

2 - Bilge

9	16.00	14.00	0.00		ST355	1.290	2.796	100
	13.00	8.43	85.03	130.22	71.13	SEA-BSP1	0.00	
		0.00	164.03	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	77.15	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

3 - Side Shell

10	16.00	14.00	0.00		ST355	0.820	2.580	100
	13.00	10.46	-60.03	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.22	123.61	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	78.91	166.67			0.00	0.00

11	15.50	14.00	0.00		ST355	0.820	2.580	100
	12.50	10.46	-50.82	185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.22	116.34	263.89			0.00	0.00
3.00		10.98	87.96	166.67			0.00	0.00

12	16.00	15.00	0.00		ST355	0.820	2.580	100
	12.00	10.38	-41.61	182.36	0.00	SEABAL 4 S-Sta	0.00	
		10.14	71.38	263.89			0.00	0.00
4.00		10.98	217.04	*166.67			0.00	0.00

13	16.50	15.00	0.00		ST315	0.860	7.900	100
	12.50	10.22	8.51	64.86	104.55	SEA-BSP1	0.00	
		0.00	29.90	243.59			0.00	0.00
4.00		10.98	209.56	*153.85			0.00	0.00

14	16.50	15.00	0.00		ST315	0.860	7.900	100
	12.50	9.85	-15.50	44.34	112.78	SEA-BSP1	0.00	
		0.00	86.22	243.59			0.00	0.00
4.00		10.98	209.17	*153.85			0.00	0.00

15	16.50	15.00	0.00		ST315	0.860	7.900	100
	12.50	9.58	-44.70	19.41	122.78	SEA-BSP1	0.00	
		0.00	136.41	243.59			0.00	0.00
4.00		10.98	205.18	*153.85			0.00	0.00

16	16.50	14.50	0.00		ST355	0.860	7.900	100
	13.00	8.84	-70.71	0.00	127.75	SEA-BSP1	0.00	
		0.00	169.34	263.89			0.00	0.00
3.50		10.98	195.01	*166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	Case		Tau1	
		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
CAdd		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

3 - Side Shell

17	16.00	14.50	0.00	ST355	0.780	2.580	100
	12.50	7.18	-90.14	0.00	111.16	SEA-BSP1	0.00
		5.77	204.31	263.89		0.00	0.00
3.50		10.98	103.31	166.67		0.00	0.00

18	19.00	14.50	0.00	ST355	0.780	2.580	100
	15.50	6.97	-99.32	0.00	103.32	SEA-BSP1	0.00
		5.43	244.73	263.89		0.00	0.00
3.50		10.98	76.01	166.67		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

4 - Main Deck

19	22.00	12.50	0.00		ST355	0.750	5.160	100
	18.50	4.87	163.98	7.60	41.60	BAL 2-OSA1	0.00	
		3.97	247.23	263.89			0.00	0.00
3.50		9.22	52.63	166.67			0.00	0.00

20	22.00	13.00	0.00		ST355	0.750	5.160	100
	18.00	5.82	-128.41	0.00	74.53	SEA-BSP1	0.00	
		3.92	249.71	263.89			0.00	0.00
4.00		9.22	36.11	166.67			0.00	0.00

21	22.00	14.00	0.00		ST355	0.810	5.160	100
	18.00	6.06	-130.04	0.00	68.97	SEA-BSP1	0.00	
		4.13	252.20	263.89			0.00	0.00
4.00		9.96	18.96	166.67			0.00	0.00

22	22.00	14.00	0.00		ST355	0.823	5.160	100
	18.00	5.98	-131.21	0.00	64.98	SEA-BSP1	0.00	
		4.12	254.27	263.89			0.00	0.00
4.00		10.11	13.77	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	S _N Actu.	S _N Rule	Case	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

5 - Hatch Coaming

23	22.00	11.00	0.00		ST355	0.624	1.290	0
	18.50	4.13	0.00	0.00	62.94	SEA-BSP1	0.00	
		0.00	0.00	263.89			0.00	0.00
3.50		7.67	0.00	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

6 - Topside slop plate

24	22.00	14.50	0.00	ST355	0.800	5.160	100
	18.00	7.31	-146.21	12.20	103.08	FLOOD 1-BSR1	0.00
		5.00	254.27	263.89			0.00
4.00		9.83	26.23	166.67			0.00

25	17.50	14.00	0.00	ST355	0.800	5.160	100
	13.50	7.81	-129.74	23.53	111.59	FLOOD 1-BSR1	0.00
		5.57	225.17	263.89			0.00
4.00		9.83	55.35	166.67			0.00

26	17.50	14.00	0.00	ST355	0.800	5.160	100
	13.50	8.25	-113.28	34.86	120.09	FLOOD 1-BSR1	0.00
		6.07	198.73	263.89			0.00
4.00		9.83	74.32	166.67			0.00

27	15.50	14.00	0.00	ST355	0.860	1.562	100
	12.00	9.37	-102.56	42.23	125.63	FLOOD 1-BSR1	0.00
		6.88	172.30	263.89			0.00
3.50		10.57	95.56	166.67			0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

7 - Tank Top

28	21.00	20.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	13.18	64.08	189.39	60.92	BULKHM 1-BSP1	0.00	
		12.56	123.61	263.89			0.00	0.00
5.50		10.98	11.62	166.67			0.00	0.00

29	21.00	20.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	13.25	64.08	189.39	63.47	BULKHM 1-BSP1	0.00	
		12.56	123.61	263.89			0.00	0.00
5.50		10.98	22.22	166.67			0.00	0.00

30	21.00	20.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	13.29	64.08	189.39	65.18	BULKHM 1-BSP1	0.00	
		12.56	123.61	263.89			0.00	0.00
5.50		10.98	35.14	166.67			0.00	0.00

31	21.00	20.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	13.33	64.08	189.39	66.88	BULKHM 1-BSP1	0.00	
		12.56	123.61	263.89			0.00	0.00
5.50		10.98	52.35	166.67			0.00	0.00

32	21.00	20.50	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	13.21	64.08	185.26	66.45	BULKHM 1-BSP1	0.00	
		12.56	123.61	263.89			0.00	0.00
5.50		10.98	62.72	166.67			0.00	0.00

33	21.00	19.00	0.00		ST355	0.810	2.580	100
	15.50	12.83	-61.16	199.86	0.00	BAL 4 S-Sta	0.00	
		12.56	123.61	263.89			0.00	0.00
5.50		10.98	89.72	166.67			0.00	0.00

34	18.50	18.50	0.00		ST355	0.750	2.580	100
	13.00	11.57	-49.61	189.53	0.00	BAL 4 S-Sta	0.00	
		11.31	89.85	263.89			0.00	0.00
5.50		9.46	109.91	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	s _N Actu.	s _N Rule	Case	s _{Ap} Buck	s _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

7 - Tank Top

35	15.00		19.00	0.00		ST355	0.860	1.513	100
	9.50	*	11.64	-26.52	168.86	0.00	BAL 4 S-Sta	0.00	
		*	11.35	55.77	263.89			0.00	0.00
5.50		*	10.57	143.73	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	S _N Actu.	S _N Rule	Case	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

8 - DB Duct plate - Keelson

36	16.00	11.00	0.00		ST355	0.640	1.290	100
	13.50	8.45	-74.75	212.03	0.00	BAL 4 S-Sta	0.00	
		8.28	164.03	263.89			0.00	0.00
2.50		8.15	7.26	166.67			0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	S _N Actu.	S _N Rule	Case	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

9 - Side keelson

37	11.50	12.00	0.00	ST355	0.000	0.000	100
	8.50	0.00					
		0.00	164.03	263.89		0.00	0.00
3.00	*	0.00	9.51	166.67		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	S _N Actu.	S _N Rule	Case	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

10 - 2nd Side keelson

38	11.50	12.00	0.00	ST355	0.000	0.000	100
	8.50	0.00					
		0.00	164.03	263.89		0.00	0.00
3.00	*	0.00	13.36	166.67		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	ps	pw	Case	Tau1	
CAdd		tTest	S _N Actu.	S _N Rule	Case	S _{Ap} Buck	S _{CRIT} Buck
		tMini	t _N Actu.	t _N Rule	Case	t _{Ap} Buck	t _{CRIT} Buck

11 - 3rd Side keelson

39	13.00	12.00	0.00	ST355	0.000	0.000	100
	10.00	0.00					
		0.00	164.03	263.89		0.00	0.00
3.00		0.00	24.06	166.67		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case	sigApBu	sigCritBu	

1 - Bottom

1	1410.95	300.0	14.0	200.0	18.0	ST355	0.610	2.380	100
	1239.55	222.25	-151.70	130.22	26.71	SEA-FSM2			
	12.00	1.73		130.22	26.71	SEA-FSM2			
0.70		355.00	0.00	130.22	26.71	SEA-FSM2			
						HSM		0.00	0.00
2	407.39	300.0	14.0	0.0	0.0	ST355	0.610	2.380	100
	346.26	224.12	-152.09	130.22	27.72	SEA-FSM2			
	12.00	1.84		130.22	27.72	SEA-FSM2			
0.70		355.00	0.00	130.22	18.88	SEA-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
3	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.300	100
	345.55	262.83	-153.41	130.22	30.03	SEA-FSM2			
	9.00	3.53		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-28.13	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
4	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.300	100
	345.55	286.23	-153.41	130.22	31.37	SEA-FSM2			
	9.00	3.78		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-29.44	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
5	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.820	2.300	100
	345.55	292.17	-153.41	130.22	32.72	SEA-FSM2			
	9.00	3.83		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-30.75	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
6	408.69	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.300	100
	345.55	293.41	-153.41	130.22	35.43	SEA-FSM2			
	9.00	3.78		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-33.40	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
7	405.79	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.300	100
	343.05	295.79	-153.41	130.22	36.77	SEA-FSM2			
	9.00	3.80		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	67.26	-34.71	SEABAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

1 - Bottom

8	405.79	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.300	100
	343.05 9.00	298.16 3.80 355.00	-153.41 0.00	130.22 185.21 67.26	38.11 0.00 -36.02	SEA-FSM2 SEABAL 4 S-Sta SEABAL 4-HSM2			
1.20						HSM		0.00	0.00
9	402.77	240.0	12.0	200.0	18.0	ST355	0.810	2.300	100
	340.41 9.00	302.91 3.81 355.00	-153.41 0.00	130.22 185.21 67.26	40.80 0.00 -38.63	SEA-FSM2 SEABAL 4 S-Sta SEABAL 4-HSM2			
1.20						HSM		0.00	0.00
10	402.77	240.0	12.0	200.0	18.0	ST355	0.810	2.300	100
	340.41 9.00	305.29 3.81 355.00	-153.41 0.00	130.22 185.21 67.26	42.14 0.00 -39.94	SEA-FSM2 SEABAL 4 S-Sta SEABAL 4-HSM2			
1.20						HSM		0.00	0.00
11	402.77	240.0	12.0	200.0	18.0	ST355	0.810	2.300	100
	340.41 9.00	307.66 3.81 355.00	-153.41 0.00	130.22 185.21 67.26	43.48 0.00 -41.25	SEA-FSM2 SEABAL 4 S-Sta SEABAL 4-HSM2			
1.20						HSM		0.00	0.00
12	402.77	240.0	12.0	200.0	18.0	ST355	0.810	2.300	100
	340.41 9.00	310.04 3.81 355.00	-153.41 0.00	130.22 185.21 67.26	44.82 0.00 -42.56	SEA-FSM2 SEABAL 4 S-Sta SEABAL 4-HSM2			
1.20						HSM		0.00	0.00
13	402.77	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.300	100
	340.41 9.00	291.31 3.56 355.00	-153.41 0.00	130.22 185.21 67.26	47.40 0.00 -45.08	SEA-FSM2 SEABAL 4 S-Sta SEABAL 4-HSM2			
1.20						HSM		0.00	0.00
14	402.77	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.300	100
	340.41 9.00	293.35 3.56 355.00	-153.41 0.00	130.22 185.21 67.26	48.64 0.00 -46.29	SEA-FSM2 SEABAL 4 S-Sta SEABAL 4-HSM2			
1.20						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

1 - Bottom

15	402.77	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.550	2.300	100
	340.41	216.61	-153.41	130.22	49.88	SEA-FSM2			
	9.00	2.67		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
		355.00	0.00	67.26	-47.51	SEABAL 4-HSM2			
1.20						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

2 - Bilge

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

3 - Side Shell

1	402.77	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.820	2.500	100
	340.41	324.69	-107.27	111.31	77.03	SEA-OSA1			
	9.00	4.24		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	111.31	38.91	SEA-OST2			
						HSM		0.00	0.00
2	401.21	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.820	2.500	100
	339.02	302.25	-95.96	103.07	80.26	SEA-OSA1			
	9.00	4.25		185.21	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	103.07	41.06	SEA-OST2			
						HSM		0.00	0.00
3	401.21	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.820	2.500	100
	339.02	292.53	-41.61	182.36	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
	9.00	4.18		182.36	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	94.82	43.21	SEA-OST2			
						HSM		0.00	0.00
4	402.77	240.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.820	2.500	100
	339.32	279.30	-32.39	174.12	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
	9.00	3.99		174.12	0.00	SEABAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	86.58	45.36	SEA-OST2			
						HSM		0.00	0.00
5	934.62	340.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.780	2.580	100
	812.02	181.58	-90.14	0.00	111.16	SEA-BSP1			
	9.00	1.46		0.00	111.16	SEA-BSP1			
1.20		355.00	0.00	39.37	27.17	SEABAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
6	934.62	340.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.780	2.320	100
	779.50	141.37	-99.32	0.00	103.32	SEA-BSP1			
	8.00	1.23		0.00	103.32	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	31.52	26.00	SEABAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00
7	954.06	340.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.780	2.320	100
	796.23	135.50	-108.50	0.00	95.47	SEA-BSP1			
	8.00	1.13		0.00	95.47	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	23.68	24.82	SEABAL 2-HSM1			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

3 - Side Shell

8	954.06	340.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.780	2.580	100
	796.23	159.76	-117.68	0.00	87.63	SEA-BSP1			
	8.00	1.14		0.00	87.63	SEA-BSP1			
		355.00	0.00	15.84	23.64	SEABAL 2-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case	sigApBu	sigCritBu	

4 - Main Deck

1	1097.09	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.690	4.760	100
	891.54	324.52	157.48	7.60	41.60	BAL 2-OSA1			
	18.00	1.01		7.60	41.60	BAL 2-OSA1			
1.70		355.00	0.00	7.60	22.40	BAL 2-HSM1			
						HSM	0.00	0.00	
2	1075.76	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.577	5.010	100
	874.65	303.24	183.21	7.14	36.05	BAL 2-OSA1			
	18.00	0.87		7.14	40.68	BAL 2-OSA1			
1.70		355.00	0.00	7.14	22.33	BAL 2-HSM1			
						HSM	0.00	0.00	
3	1069.41	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.548	4.920	100
	866.81	356.40	-123.71	0.00	74.53	SEA-BSP1			
	18.00	1.23		0.00	74.53	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	6.67	22.26	BAL 2-HSM1			
						HSM	0.00	0.00	
4	1106.34	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.750	5.010	100
	896.44	494.10	-124.25	0.00	72.68	SEA-BSP1			
	18.00	1.69		0.00	72.68	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	6.21	22.20	BAL 2-HSM1			
						HSM	0.00	0.00	
5	1106.34	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.750	5.010	100
	896.44	482.65	-124.80	0.00	70.83	SEA-BSP1			
	18.00	1.65		0.00	70.83	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	5.75	22.13	BAL 2-HSM1			
						HSM	0.00	0.00	
6	1110.55	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.780	5.010	100
	899.80	489.99	-125.34	0.00	68.97	SEA-BSP1			
	18.00	1.66		0.00	68.97	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	5.28	22.06	BAL 2-HSM1			
						HSM	0.00	0.00	
7	1114.50	400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.810	5.010	100
	902.97	495.35	-125.93	0.00	66.97	SEA-BSP1			
	18.00	1.67		0.00	66.97	SEA-BSP1			
1.70		355.00	0.00	4.78	21.98	BAL 2-HSM1			
						HSM	0.00	0.00	

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule		ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU		ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

4 - Main Deck

8	1115.32		400.0	22.0	0.0	0.0	ST355	0.816	5.010	100
	903.63	485.64	-126.51	0.00	64.98		SEA-BSP1			
	18.00	1.63		0.00	64.98		SEA-BSP1			
		355.00	0.00	4.28	21.91		BAL 2-HSM1			
1.70							HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

5 - Hatch Coaming

1	97.73	150.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.623	1.290	0
	76.21	17.02	0.00	0.00	62.94	SEA-BSP1			
	9.50	0.62	0.00	0.00	62.94	SEA-BSP1			
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						HSM		0.00	0.00
2	97.73	150.0	12.0	0.0	0.0	ST355	0.624	1.290	0
	76.21	17.03	0.00	0.00	62.94	SEA-BSP1			
	9.50	0.62	0.00	0.00	62.94	SEA-BSP1			
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

6 - Topside slop plate

1	1339.14	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.675	5.160	100
	1139.23	713.55	-156.65	8.43	100.25	FLOOD 1-BSR1			
	11.00	2.22		8.43	100.25	FLOOD 1-BSR1			
		355.00	0.00	24.13	0.00	FLOOD 1-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
2	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.160	100
	1120.35	872.98	-151.16	12.20	103.08	FLOOD 1-BSR1			
	11.00	2.79		12.20	103.08	FLOOD 1-BSR1			
		355.00	0.00	12.20	13.43	FLOOD 1-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
3	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.160	100
	1120.35	898.83	-145.67	15.98	105.92	FLOOD 1-BSR1			
	11.00	2.95		15.98	105.92	FLOOD 1-BSR1			
		355.00	0.00	15.98	13.70	FLOOD 1-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
4	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.160	100
	1120.35	923.36	-140.18	19.76	108.75	FLOOD 1-BSR1			
	11.00	3.11		19.76	108.75	FLOOD 1-BSR1			
		355.00	0.00	19.76	13.96	FLOOD 1-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
5	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.160	100
	1120.35	946.68	-134.70	23.53	111.59	FLOOD 1-BSR1			
	11.00	3.27		23.53	111.59	FLOOD 1-BSR1			
		355.00	0.00	23.53	14.23	FLOOD 1-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
6	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.160	100
	1120.35	968.85	-129.21	27.31	114.42	FLOOD 1-BSR1			
	11.00	3.43		27.31	114.42	FLOOD 1-BSR1			
		355.00	0.00	27.31	14.50	FLOOD 1-HSM1			
1.70						HSM		0.00	0.00
7	1321.03	370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.160	100
	1161.02	989.98	-123.72	31.08	117.26	FLOOD 1-BSR1			
	12.00	3.59		31.08	117.26	FLOOD 1-BSR1			
		355.00	0.00	31.08	14.77	FLOOD 1-HSM1			
1.20						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule		ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU		ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

6 - Topside slop plate

8	1303.43		370.0	15.0	0.0	0.0	ST355	0.800	5.160	100
	1145.30		1010.13	-118.23	34.86	120.09	FLOOD 1-BSR1			
	12.00	*	3.77		34.86	120.09	FLOOD 1-BSR1			
			355.00	0.00	34.86	15.03	FLOOD 1-HSM1			
1.20							HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case	sigApBu	sigCritBu	

7 - Tank Top

1	1427.07	300.0	14.0	200.0	18.0	ST355	0.610	1.290	100
	1241.45	76.98	-126.57	189.39	-2.30	BULKHM 1-FSM2			
	12.00	3.03		189.39	58.78	BULKHM 1-BSP1			
0.70		355.00	0.00	163.10	42.13	FLOOD 3-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
2	413.56	300.0	14.0	0.0	0.0	ST355	0.610	1.290	100
	347.42	76.84	-126.17	189.39	-2.30	BULKHM 1-FSM2			
	12.00	3.28		189.39	59.42	BULKHM 1-BSP1			
0.70		355.00	0.00	163.10	42.13	FLOOD 3-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
3	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	332.89	-126.17	189.39	-2.30	BULKHM 1-FSM2			
	8.00	3.81		189.39	60.92	BULKHM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
4	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	332.89	-126.17	189.39	-2.30	BULKHM 1-FSM2			
	8.00	3.83		189.39	61.77	BULKHM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
5	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	332.89	-126.17	189.39	-2.30	BULKHM 1-FSM2			
	8.00	3.84		189.39	62.62	BULKHM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
6	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	332.89	-126.17	189.39	-2.30	BULKHM 1-FSM2			
	8.00	3.86		189.39	64.32	BULKHM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
7	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	332.89	-126.17	189.39	-2.30	BULKHM 1-FSM2			
	8.00	3.88		189.39	65.18	BULKHM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case	sigApBu	sigCritBu	

7 - Tank Top

8	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	332.89	-126.17	189.39	-2.30	BULKHM 1-FSM2			
	8.00	3.89		189.39	66.03	BULKHM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
9	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	325.63	-126.17	185.26	-2.25	BULKHM 1-FSM2			
	8.00	3.83		185.26	66.45	BULKHM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
10	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	320.31	-79.80	163.10	113.53	FLOOD 1-BSR1			
	8.00	3.70		177.74	64.96	BULKHM 1-BSP1			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
11	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	323.80	-79.99	163.10	116.36	FLOOD 1-BSR1			
	8.00	3.65		199.86	0.00	BAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
12	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.810	2.330	100
	584.79	327.30	-80.17	163.10	119.19	FLOOD 1-BSR1			
	8.00	3.65		199.86	0.00	BAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	108.14	3.87	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
13	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	584.79	293.83	-72.47	157.93	123.43	FLOOD 1-BSR1			
	8.00	3.32		194.69	0.00	BAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	102.98	4.65	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	
14	687.60	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	584.79	283.06	-65.64	152.76	124.84	FLOOD 1-BSR1			
	8.00	3.23		189.53	0.00	BAL 4 S-Sta			
1.20		355.00	0.00	97.81	5.42	BAL 4-HSM2			
						HSM	0.00	0.00	

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

7 - Tank Top

15	677.62	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	574.87	272.79	-58.81	147.59	126.25	FLOOD 1-BSR1			
	8.00	3.18		147.59	126.25	FLOOD 1-BSR1			
1.20		355.00	0.00	147.59	-3.58	FLOOD 1-OST2			
						HSM		0.00	0.00
16	677.62	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	574.87	262.98	-51.98	142.43	127.66	FLOOD 1-BSR1			
	8.00	3.13		142.43	127.66	FLOOD 1-BSR1			
1.20		355.00	0.00	142.43	-3.40	FLOOD 1-OST2			
						HSM		0.00	0.00
17	677.62	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	574.87	254.56	-45.15	137.26	129.07	FLOOD 1-BSR1			
	8.00	3.09		137.26	129.07	FLOOD 1-BSR1			
1.20		355.00	0.00	137.26	-3.22	FLOOD 1-OST2			
						HSM		0.00	0.00
18	661.55	300.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.750	2.330	100
	556.94	250.97	-38.32	132.09	130.48	FLOOD 1-BSR1			
	8.00	3.08		132.09	130.48	FLOOD 1-BSR1			
1.20		355.00	0.00	132.09	-3.04	FLOOD 1-OST2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule		ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU		ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case	sigApBu	sigCritBu	

8 - DB Duct plate - Keelson

1	84.16		150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	1.290	100
	60.69	*	76.64	-150.09	175.26	40.01	FLOOD 3-HSM2			
	8.00		2.52		212.03	0.00	BAL 4 S-Sta			
			355.00	0.00	120.31	2.04	BAL 4-HSM2			
1.20							HSM		0.00	0.00
2	84.16		150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	1.290	100
	60.69	*	69.95	-120.90	168.83	55.64	FLOOD 3-HSA2			
	8.00		2.45		205.59	0.00	BAL 4 S-Sta			
			355.00	0.00	113.88	3.01	BAL 4-HSM2			
1.20							HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule		ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU		ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

9 - Side keelson

1	83.78		150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	59.71	0.00								
	8.00	0.00								
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00		-HSM2			
							HSM		0.00	0.00
2	83.78		150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	59.71	0.00								
	8.00	0.00								
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00		-HSM2			
							HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

10 - 2nd Side keelson

1	83.78	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	59.71	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
2	83.78	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	59.71	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule	ps	pw		Case			
		SigU	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

11 - 3rd Side keelson

1	85.35	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	60.93	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00
2	85.35	150.0	11.0	0.0	0.0	ST355	0.605	2.580	100
	60.93	0.00							
	8.00	0.00							
1.20		355.00	0.00	0.00	0.00	-HSM2			
						HSM		0.00	0.00

Local breadth at waterline

	Draught (m)	Local Breadth (m)
For Scantling draught	12.950	32.260
For Ballast draught	5.846	32.260
For Heavy Ballast draught	8.901	32.260

Accelerations (10-8)

Acceleration navigation condition

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2			
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	
1	12.950	Homogeneous Loading						
	HSM	Port	-1.046	0.000	0.869	1.046	0.000	-0.869
	HSM	Star	-1.046	0.000	0.869	1.046	0.000	-0.869
	HSA	Port	-1.331	0.000	0.597	1.331	0.000	-0.597
	HSA	Star	-1.331	0.000	0.597	1.331	0.000	-0.597
	FSM	Port	0.210	0.000	0.111	-0.210	0.000	-0.111
	FSM	Star	0.210	0.000	0.111	-0.210	0.000	-0.111
	BSR	Port	0.000	-4.217	1.188	0.000	4.217	-1.188
	BSR	Star	0.000	4.217	1.188	0.000	-4.217	-1.188
	BSP	Port	-0.372	-1.927	3.811	0.372	1.927	-3.811
	BSP	Star	-0.372	1.927	3.811	0.372	-1.927	-3.811
	OST	Port	0.438	-0.429	0.889	-0.438	0.429	-0.889
	OST	Star	0.438	0.429	0.889	-0.438	-0.429	-0.889
	OSA	Port	1.584	-0.778	-0.053	-1.584	0.778	0.053
	OSA	Star	1.584	0.778	-0.053	-1.584	-0.778	0.053
1	12.950	Homogeneous Heavy cargo						
	HSM	Port	-0.835	0.000	0.869	0.835	0.000	-0.869
	HSM	Star	-0.835	0.000	0.869	0.835	0.000	-0.869
	HSA	Port	-1.090	0.000	0.597	1.090	0.000	-0.597
	HSA	Star	-1.090	0.000	0.597	1.090	0.000	-0.597
	FSM	Port	0.165	0.000	0.111	-0.165	0.000	-0.111
	FSM	Star	0.165	0.000	0.111	-0.165	0.000	-0.111
	BSR	Port	0.000	-3.713	1.188	0.000	3.713	-1.188
	BSR	Star	0.000	3.713	1.188	0.000	-3.713	-1.188
	BSP	Port	-0.312	-1.752	3.811	0.312	1.752	-3.811
	BSP	Star	-0.312	1.752	3.811	0.312	-1.752	-3.811
	OST	Port	0.317	-0.342	0.889	-0.317	0.342	-0.889
	OST	Star	0.317	0.342	0.889	-0.317	-0.342	-0.889
	OSA	Port	1.283	-0.728	-0.053	-1.283	0.728	0.053
	OSA	Star	1.283	0.728	-0.053	-1.283	-0.728	0.053

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
1	12.950	Accidental flooding					
	HSM Port	-0.838	0.000	0.695	0.838	0.000	-0.695
	HSM Star	-0.838	0.000	0.695	0.838	0.000	-0.695
	HSA Port	-1.067	0.000	0.477	1.067	0.000	-0.477
	HSA Star	-1.067	0.000	0.477	1.067	0.000	-0.477
	FSM Port	0.168	0.000	0.089	-0.168	0.000	-0.089
	FSM Star	0.168	0.000	0.089	-0.168	0.000	-0.089
	BSR Port	0.000	-3.410	0.950	0.000	3.410	-0.950
	BSR Star	0.000	3.410	0.950	0.000	-3.410	-0.950
	BSP Port	-0.298	-1.549	3.049	0.298	1.549	-3.049
	BSP Star	-0.298	1.549	3.049	0.298	-1.549	-3.049
	OST Port	0.351	-0.347	0.711	-0.351	0.347	-0.711
	OST Star	0.351	0.347	0.711	-0.351	-0.347	-0.711
	OSA Port	1.270	-0.626	-0.043	-1.270	0.626	0.043
	OSA Star	1.270	0.626	-0.043	-1.270	-0.626	0.043
2	5.846	Normal Ballast					
	HSM Port	-1.387	0.000	1.402	1.387	0.000	-1.402
	HSM Star	-1.387	0.000	1.402	1.387	0.000	-1.402
	HSA Port	-1.319	0.000	1.259	1.319	0.000	-1.259
	HSA Star	-1.319	0.000	1.259	1.319	0.000	-1.259
	FSM Port	0.458	0.000	-0.216	-0.458	0.000	0.216
	FSM Star	0.458	0.000	-0.216	-0.458	0.000	0.216
	BSR Port	0.000	-5.874	4.309	0.000	5.874	-4.309
	BSR Star	0.000	5.874	-0.350	0.000	-5.874	0.350
	BSP Port	-0.123	-2.428	4.730	0.123	2.428	-4.730
	BSP Star	-0.123	2.428	3.332	0.123	-2.428	-3.332
	OST Port	0.919	0.081	-0.709	-0.919	-0.081	0.709
	OST Star	0.919	-0.081	-0.476	-0.919	0.081	0.476
	OSA Port	2.146	-1.276	-1.368	-2.146	1.276	1.368
	OSA Star	2.146	1.276	-2.300	-2.146	-1.276	2.300
2	8.901	Heavy Ballast					
	HSM Port	-1.294	0.000	1.662	1.294	0.000	-1.662
	HSM Star	-1.294	0.000	1.662	1.294	0.000	-1.662
	HSA Port	-1.385	0.000	1.555	1.385	0.000	-1.555
	HSA Star	-1.385	0.000	1.555	1.385	0.000	-1.555
	FSM Port	0.373	0.000	-0.192	-0.373	0.000	0.192
	FSM Star	0.373	0.000	-0.192	-0.373	0.000	0.192
	BSR Port	0.000	-5.568	3.904	0.000	5.568	-3.904
	BSR Star	0.000	5.568	-0.538	0.000	-5.568	0.538
	BSP Port	-0.243	-2.326	4.761	0.243	2.326	-4.761
	BSP Star	-0.243	2.326	3.429	0.243	-2.326	-3.429
	OST Port	0.742	-0.195	-0.230	-0.742	0.195	0.230
	OST Star	0.742	0.195	-0.340	-0.742	-0.195	0.340
	OSA Port	1.985	-1.100	-1.462	-1.985	1.100	1.462
	OSA Star	1.985	1.100	-2.184	-1.985	-1.100	2.184

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
2	5.846	Normal Water Ballast Exchange					
	HSM Port	-1.112	0.000	1.122	1.112	0.000	-1.122
	HSM Star	-1.112	0.000	1.122	1.112	0.000	-1.122
	HSA Port	-1.057	0.000	1.007	1.057	0.000	-1.007
	HSA Star	-1.057	0.000	1.007	1.057	0.000	-1.007
	FSM Port	0.367	0.000	-0.173	-0.367	0.000	0.173
	FSM Star	0.367	0.000	-0.173	-0.367	0.000	0.173
	BSR Port	0.000	-4.745	3.447	0.000	4.745	-3.447
	BSR Star	0.000	4.745	-0.280	0.000	-4.745	0.280
	BSP Port	-0.099	-1.952	3.784	0.099	1.952	-3.784
	BSP Star	-0.099	1.952	2.666	0.099	-1.952	-2.666
	OST Port	0.736	0.064	-0.568	-0.736	-0.064	0.568
	OST Star	0.736	-0.064	-0.381	-0.736	0.064	0.381
	OSA Port	1.719	-1.028	-1.094	-1.719	1.028	1.094
	OSA Star	1.719	1.028	-1.840	-1.719	-1.028	1.840
2	8.901	Heavy Water Ballast Exchange					
	HSM Port	-1.037	0.000	1.329	1.037	0.000	-1.329
	HSM Star	-1.037	0.000	1.329	1.037	0.000	-1.329
	HSA Port	-1.110	0.000	1.244	1.110	0.000	-1.244
	HSA Star	-1.110	0.000	1.244	1.110	0.000	-1.244
	FSM Port	0.299	0.000	-0.153	-0.299	0.000	0.153
	FSM Star	0.299	0.000	-0.153	-0.299	0.000	0.153
	BSR Port	0.000	-4.500	3.123	0.000	4.500	-3.123
	BSR Star	0.000	4.500	-0.431	0.000	-4.500	0.431
	BSP Port	-0.195	-1.870	3.809	0.195	1.870	-3.809
	BSP Star	-0.195	1.870	2.743	0.195	-1.870	-2.743
	OST Port	0.595	-0.158	-0.184	-0.595	0.158	0.184
	OST Star	0.595	0.158	-0.272	-0.595	-0.158	0.272
	OSA Port	1.591	-0.886	-1.169	-1.591	0.886	1.169
	OSA Star	1.591	0.886	-1.747	-1.591	-0.886	1.747
3	12.950	Homogeneous Loading					
	HSM Port	-0.676	0.000	2.141	0.676	0.000	-2.141
	HSM Star	-0.676	0.000	2.141	0.676	0.000	-2.141
	HSA Port	-0.908	0.000	2.051	0.908	0.000	-2.051
	HSA Star	-0.908	0.000	2.051	0.908	0.000	-2.051
	FSM Port	0.131	0.000	-0.162	-0.131	0.000	0.162
	FSM Star	0.131	0.000	-0.162	-0.131	0.000	0.162
	BSR Port	0.000	-3.293	1.188	0.000	3.293	-1.188
	BSR Star	0.000	3.293	1.188	0.000	-3.293	-1.188
	BSP Port	-0.267	-1.649	4.175	0.267	1.649	-4.175
	BSP Star	-0.267	1.649	4.175	0.267	-1.649	-4.175
	OST Port	0.227	-0.290	0.162	-0.227	0.290	-0.162
	OST Star	0.227	0.290	0.162	-0.227	-0.290	-0.162
	OSA Port	1.056	-0.686	-1.870	-1.056	0.686	1.870
	OSA Star	1.056	0.686	-1.870	-1.056	-0.686	1.870

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
3	12.950	Accidental flooding					
	HSM Port	-0.543	0.000	1.712	0.543	0.000	-1.712
	HSM Star	-0.543	0.000	1.712	0.543	0.000	-1.712
	HSA Port	-0.729	0.000	1.640	0.729	0.000	-1.640
	HSA Star	-0.729	0.000	1.640	0.729	0.000	-1.640
	FSM Port	0.105	0.000	-0.129	-0.105	0.000	0.129
	FSM Star	0.105	0.000	-0.129	-0.105	0.000	0.129
	BSR Port	0.000	-2.671	0.950	0.000	2.671	-0.950
	BSR Star	0.000	2.671	0.950	0.000	-2.671	-0.950
	BSP Port	-0.214	-1.327	3.340	0.214	1.327	-3.340
	BSP Star	-0.214	1.327	3.340	0.214	-1.327	-3.340
	OST Port	0.182	-0.236	0.130	-0.182	0.236	-0.130
	OST Star	0.182	0.236	0.130	-0.182	-0.236	-0.130
	OSA Port	0.848	-0.552	-1.496	-0.848	0.552	1.496
	OSA Star	0.848	0.552	-1.496	-0.848	-0.552	1.496
4	5.846	Normal Ballast					
	HSM Port	-0.606	0.000	1.402	0.606	0.000	-1.402
	HSM Star	-0.606	0.000	1.402	0.606	0.000	-1.402
	HSA Port	-0.649	0.000	1.259	0.649	0.000	-1.259
	HSA Star	-0.649	0.000	1.259	0.649	0.000	-1.259
	FSM Port	0.291	0.000	-0.216	-0.291	0.000	0.216
	FSM Star	0.291	0.000	-0.216	-0.291	0.000	0.216
	BSR Port	0.000	-3.236	3.706	0.000	3.236	-3.706
	BSR Star	0.000	3.236	0.254	0.000	-3.236	-0.254
	BSP Port	-0.067	-1.637	4.549	0.067	1.637	-4.549
	BSP Star	-0.067	1.637	3.513	0.067	-1.637	-3.513
	OST Port	0.305	-0.051	-0.679	-0.305	0.051	0.679
	OST Star	0.305	0.051	-0.507	-0.305	-0.051	0.507
	OSA Port	1.029	-0.749	-1.489	-1.029	0.749	1.489
	OSA Star	1.029	0.749	-2.179	-1.029	-0.749	2.179
4	8.901	Heavy Ballast					
	HSM Port	-0.599	0.000	1.662	0.599	0.000	-1.662
	HSM Star	-0.599	0.000	1.662	0.599	0.000	-1.662
	HSA Port	-0.715	0.000	1.555	0.715	0.000	-1.555
	HSA Star	-0.715	0.000	1.555	0.715	0.000	-1.555
	FSM Port	0.224	0.000	-0.192	-0.224	0.000	0.192
	FSM Star	0.224	0.000	-0.192	-0.224	0.000	0.192
	BSR Port	0.000	-3.054	3.329	0.000	3.054	-3.329
	BSR Star	0.000	3.054	0.037	0.000	-3.054	-0.037
	BSP Port	-0.137	-1.571	4.589	0.137	1.571	-4.589
	BSP Star	-0.137	1.571	3.601	0.137	-1.571	-3.601
	OST Port	0.252	-0.133	-0.244	-0.252	0.133	0.244
	OST Star	0.252	0.133	-0.326	-0.252	-0.133	0.326
	OSA Port	0.992	-0.691	-1.555	-0.992	0.691	1.555
	OSA Star	0.992	0.691	-2.090	-0.992	-0.691	2.090

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)
4	5.846 Normal Water Ballast Exchange						
	HSM Port	-0.486	0.000	1.122	0.486	0.000	-1.122
	HSM Star	-0.486	0.000	1.122	0.486	0.000	-1.122
	HSA Port	-0.521	0.000	1.007	0.521	0.000	-1.007
	HSA Star	-0.521	0.000	1.007	0.521	0.000	-1.007
	FSM Port	0.233	0.000	-0.173	-0.233	0.000	0.173
	FSM Star	0.233	0.000	-0.173	-0.233	0.000	0.173
	BSR Port	0.000	-2.635	2.964	0.000	2.635	-2.964
	BSR Star	0.000	2.635	0.203	0.000	-2.635	-0.203
	BSP Port	-0.054	-1.319	3.639	0.054	1.319	-3.639
	BSP Star	-0.054	1.319	2.811	0.054	-1.319	-2.811
	OST Port	0.245	-0.041	-0.543	-0.245	0.041	0.543
	OST Star	0.245	0.041	-0.405	-0.245	-0.041	0.405
	OSA Port	0.826	-0.606	-1.191	-0.826	0.606	1.191
	OSA Star	0.826	0.606	-1.743	-0.826	-0.606	1.743
4	8.901 Heavy Water Ballast Exchange						
	HSM Port	-0.481	0.000	1.329	0.481	0.000	-1.329
	HSM Star	-0.481	0.000	1.329	0.481	0.000	-1.329
	HSA Port	-0.574	0.000	1.244	0.574	0.000	-1.244
	HSA Star	-0.574	0.000	1.244	0.574	0.000	-1.244
	FSM Port	0.180	0.000	-0.153	-0.180	0.000	0.153
	FSM Star	0.180	0.000	-0.153	-0.180	0.000	0.153
	BSR Port	0.000	-2.488	2.663	0.000	2.488	-2.663
	BSR Star	0.000	2.488	0.030	0.000	-2.488	-0.030
	BSP Port	-0.110	-1.266	3.671	0.110	1.266	-3.671
	BSP Star	-0.110	1.266	2.881	0.110	-1.266	-2.881
	OST Port	0.202	-0.108	-0.195	-0.202	0.108	0.195
	OST Star	0.202	0.108	-0.261	-0.202	-0.108	0.261
	OSA Port	0.797	-0.559	-1.244	-0.797	0.559	1.244
	OSA Star	0.797	0.559	-1.672	-0.797	-0.559	1.672

Reference points Xo,Yo,Z0

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		X_0 (m)	Y_0 (m)	Z_0 (m)	X_0 (m)	Y_0 (m)	Z_0 (m)
1	12.950 Homogeneous Loading						
	HSM Port	53.700	9.320	20.290	83.800	9.320	20.290
	HSM Star	53.700	9.320	20.290	83.800	9.320	20.290
	HSA Port	53.700	-18.640	20.290	83.800	-18.640	20.290
	HSA Star	53.700	-18.640	20.290	83.800	-18.640	20.290
	FSM Port	83.800	9.320	20.290	53.700	-18.640	20.290
	FSM Star	83.800	9.320	20.290	53.700	-18.640	20.290
	BSR Port	83.800	-18.640	20.290	53.700	18.640	20.290
	BSR Star	83.800	18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290
	BSP Port	53.700	-18.640	20.290	83.800	18.640	20.290
	BSP Star	53.700	18.640	20.290	83.800	-18.640	20.290
	OST Port	83.800	-18.640	20.290	53.700	18.640	20.290
	OST Star	83.800	18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290
	OSA Port	83.800	-18.640	20.290	53.700	18.640	20.290
	OSA Star	83.800	18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290

Comp n°	Draught (m)		case 1			case 2		
			X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)
1	12.950	Homogeneous Heavy cargo						
	HSM	Port	53.700	-18.640	20.290	83.800	-18.640	20.290
	HSM	Star	53.700	-18.640	20.290	83.800	-18.640	20.290
	HSA	Port	53.700	-18.640	20.290	83.800	9.320	20.290
	HSA	Star	53.700	-18.640	20.290	83.800	9.320	20.290
	FSM	Port	83.800	9.320	20.290	53.700	9.320	20.290
	FSM	Star	83.800	9.320	20.290	53.700	9.320	20.290
	BSR	Port	53.700	-18.640	20.290	83.800	18.640	20.290
	BSR	Star	53.700	18.640	20.290	83.800	-18.640	20.290
	BSP	Port	53.700	-18.640	20.290	83.800	18.640	20.290
	BSP	Star	53.700	18.640	20.290	83.800	-18.640	20.290
	OST	Port	83.800	-18.640	20.290	53.700	18.640	20.290
	OST	Star	83.800	18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290
	OSA	Port	83.800	-18.640	20.290	53.700	18.640	20.290
	OSA	Star	83.800	18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290
1	12.950	Accidental flooding						
	HSM	Port	53.700	9.320	20.290	83.800	-18.640	20.290
	HSM	Star	53.700	9.320	20.290	83.800	-18.640	20.290
	HSA	Port	53.700	9.320	20.290	83.800	-18.640	20.290
	HSA	Star	53.700	9.320	20.290	83.800	-18.640	20.290
	FSM	Port	83.800	-18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290
	FSM	Star	83.800	-18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290
	BSR	Port	53.700	-18.640	20.290	53.700	18.640	20.290
	BSR	Star	53.700	18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290
	BSP	Port	53.700	-18.640	20.290	83.800	18.640	20.290
	BSP	Star	53.700	18.640	20.290	83.800	-18.640	20.290
	OST	Port	83.800	-18.640	20.290	53.700	18.640	20.290
	OST	Star	83.800	18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290
	OSA	Port	83.800	-18.640	20.290	53.700	18.640	20.290
	OSA	Star	83.800	18.640	20.290	53.700	-18.640	20.290
2	5.846	Normal Ballast						
	HSM	Port	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSM	Star	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSA	Port	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSA	Star	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	FSM	Port	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	FSM	Star	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	BSR	Port	83.800	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	BSR	Star	53.700	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
	BSP	Port	53.700	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	BSP	Star	53.700	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
	OST	Port	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	OST	Star	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	OSA	Port	83.800	9.320	18.420	53.700	16.130	18.000
	OSA	Star	83.800	16.130	18.000	53.700	9.320	18.420

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)
2	8.901 Heavy Ballast						
	HSM Port	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSM Star	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSA Port	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSA Star	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	FSM Port	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	FSM Star	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	BSR Port	83.800	9.320	18.420	53.700	16.130	18.000
	BSR Star	83.800	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
	BSP Port	53.700	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	BSP Star	53.700	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
	OST Port	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	OST Star	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	OSA Port	83.800	9.320	18.420	53.700	16.130	18.000
	OSA Star	83.800	16.130	18.000	53.700	9.320	18.420
2	5.846 Normal Water Ballast Exchange						
	HSM Port	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSM Star	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSA Port	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSA Star	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	FSM Port	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	FSM Star	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	BSR Port	53.700	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	BSR Star	83.800	16.130	18.000	53.700	9.320	18.420
	BSP Port	53.700	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	BSP Star	53.700	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
	OST Port	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	OST Star	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	OSA Port	83.800	9.320	18.420	53.700	16.130	18.000
	OSA Star	83.800	16.130	18.000	53.700	9.320	18.420
2	8.901 Heavy Water Ballast Exchange						
	HSM Port	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSM Star	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSA Port	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	HSA Star	53.700	9.320	18.420	83.800	9.320	18.420
	FSM Port	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	FSM Star	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	BSR Port	83.800	9.320	18.420	53.700	16.130	18.000
	BSR Star	83.800	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
	BSP Port	53.700	9.320	18.420	83.800	16.130	18.000
	BSP Star	53.700	16.130	18.000	83.800	9.320	18.420
	OST Port	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	OST Star	83.800	9.320	18.420	53.700	9.320	18.420
	OSA Port	83.800	9.320	18.420	53.700	16.130	18.000
	OSA Star	83.800	16.130	18.000	53.700	9.320	18.420

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2			
		X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	
3	12.950	Homogeneous Loading						
	HSM Port	22.060	0.000	1.780	144.060	0.000	1.780	
	HSM Star	22.060	0.000	1.780	144.060	0.000	1.780	
	HSA Port	22.060	0.000	1.780	144.060	0.000	1.780	
	HSA Star	22.060	0.000	1.780	144.060	0.000	1.780	
	FSM Port	144.060	1.220	1.780	22.060	0.000	1.780	
	FSM Star	144.060	1.220	1.780	22.060	0.000	1.780	
	BSR Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780	
	BSR Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780	
	BSP Port	22.060	-1.220	1.780	144.060	1.220	1.780	
	BSP Star	22.060	1.220	1.780	144.060	-1.220	1.780	
	OST Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780	
	OST Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780	
	OSA Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780	
	OSA Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780	
3	12.950	Accidental flooding						
	HSM Port	22.060	1.220	1.780	144.060	1.220	1.780	
	HSM Star	22.060	1.220	1.780	144.060	1.220	1.780	
	HSA Port	22.060	1.220	1.780	144.060	1.220	1.780	
	HSA Star	22.060	1.220	1.780	144.060	1.220	1.780	
	FSM Port	144.060	1.220	1.780	22.060	0.000	1.780	
	FSM Star	144.060	1.220	1.780	22.060	0.000	1.780	
	BSR Port	144.060	-1.220	1.780	144.060	1.220	1.780	
	BSR Star	144.060	1.220	1.780	144.060	-1.220	1.780	
	BSP Port	22.060	-1.220	1.780	144.060	1.220	1.780	
	BSP Star	22.060	1.220	1.780	144.060	-1.220	1.780	
	OST Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780	
	OST Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780	
	OSA Port	144.060	-1.220	1.780	22.060	1.220	1.780	
	OSA Star	144.060	1.220	1.780	22.060	-1.220	1.780	
4	5.846	Normal Ballast						
	HSM Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900	
	HSM Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900	
	HSA Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900	
	HSA Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900	
	FSM Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900	
	FSM Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900	
	BSR Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900	
	BSR Star	53.700	16.130	5.900	53.700	1.220	1.780	
	BSP Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900	
	BSP Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900	
	OST Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900	
	OST Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900	
	OSA Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900	
	OSA Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900	

Comp n°	Draught (m)	case 1			case 2		
		X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)	X ₀ (m)	Y ₀ (m)	Z ₀ (m)
4	8.901 Heavy Ballast						
	HSM Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	HSM Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	HSA Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	HSA Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	FSM Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	FSM Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	BSR Port	83.800	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSR Star	83.800	16.130	5.900	53.700	1.220	1.780
	BSP Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSP Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OST Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	OST Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	OSA Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	OSA Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
4	5.846 Normal Water Ballast Exchange						
	HSM Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	HSM Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	HSA Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	HSA Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	FSM Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	FSM Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	BSR Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSR Star	83.800	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSP Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSP Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OST Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	OST Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	OSA Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	OSA Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
4	8.901 Heavy Water Ballast Exchange						
	HSM Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	HSM Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	HSA Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	HSA Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	FSM Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	FSM Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	BSR Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	BSR Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSP Port	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	BSP Star	53.700	16.130	5.900	83.800	16.130	5.900
	OST Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	OST Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	OSA Port	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900
	OSA Star	83.800	16.130	5.900	53.700	16.130	5.900

Coordinates of center of gravity

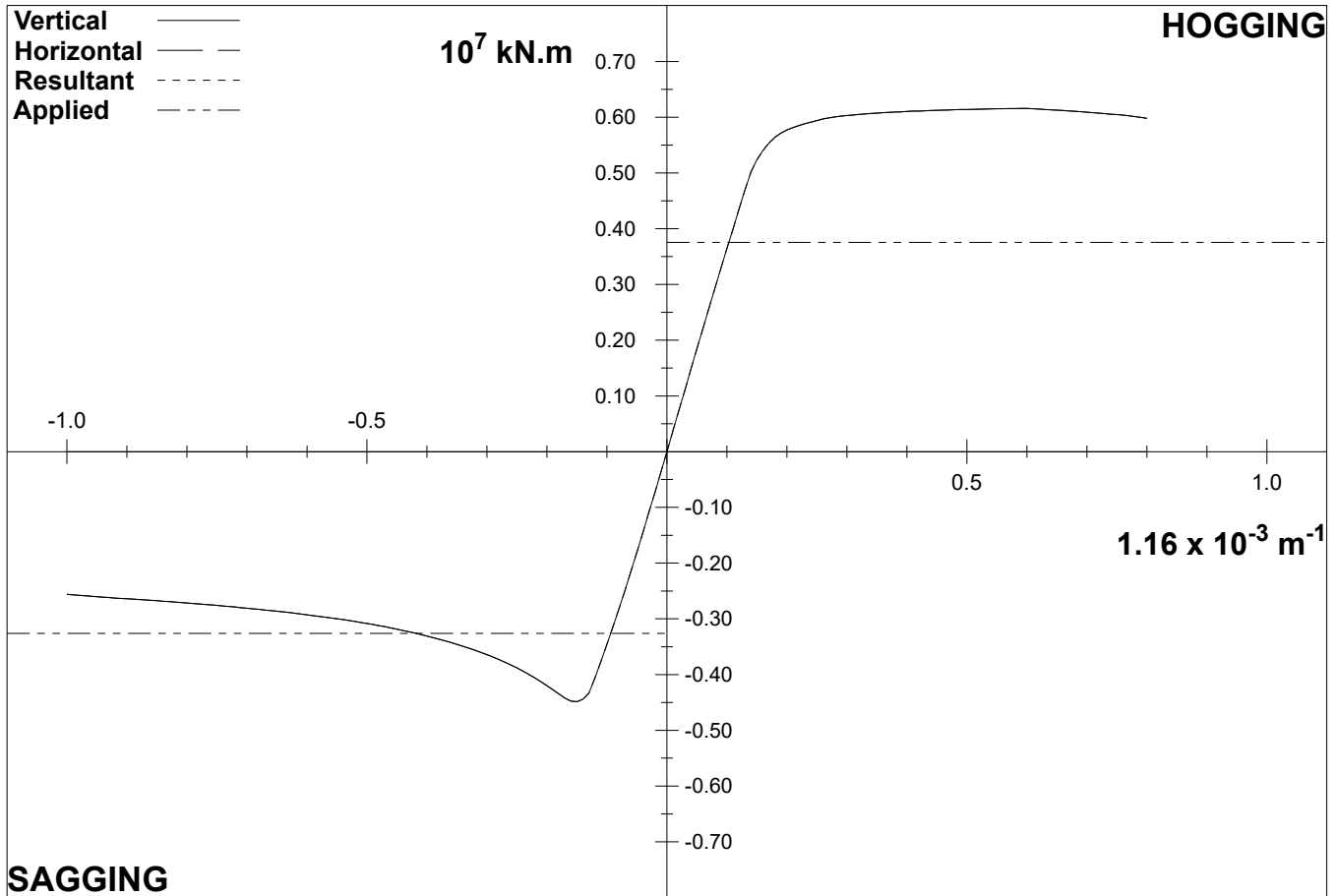
Comp n°	X _G (m)	Y _G (m)	Z _G (m)
1	68.750	0.000	10.470
2	101.720	13.423	16.703
3	101.720	0.000	0.890
4	101.720	9.947	1.505

**Ultimate strength check
 (rule calculation)**

Calculation options

Scantling: Net (with corrosion margin x 0.5)

Bending moment (kN.m)		Hogging	Sagging	
Mu		6 158 296. ...	- 4 486 325.	
		Ultimate	Mb	%
Navigation	Hogging	4 478 761.	3 756 115.	83.87
	Sagging	- 4 078 477.	- 3 260 148.	79.94
Harbour	Hogging	4 478 761.	2 514 234.	56.14
	Sagging	- 4 078 477.	- 1 966 247.	48.21
Flooded	Hogging	5 598 451.	3 768 468.	67.31
	Sagging	- 4 078 477.	- 3 802 494.	93.23



Values used to evaluate bulk pressures

Bulk compartment on section is Cargo Hold No.2 and 4

Intersection between hopper tank and side shell:	
y coordinate	16.130 m
z coordinate	5.900 m
Intersection between top side tank and side shell:	
y coordinate	16.130 m
z coordinate	13.800 m
Upper deck level	18.420 m
Shaded area S0	110.769 m ²
Trapezoidal area between inner bottom and intersection of hopper tank and side shell	114.866 m ²

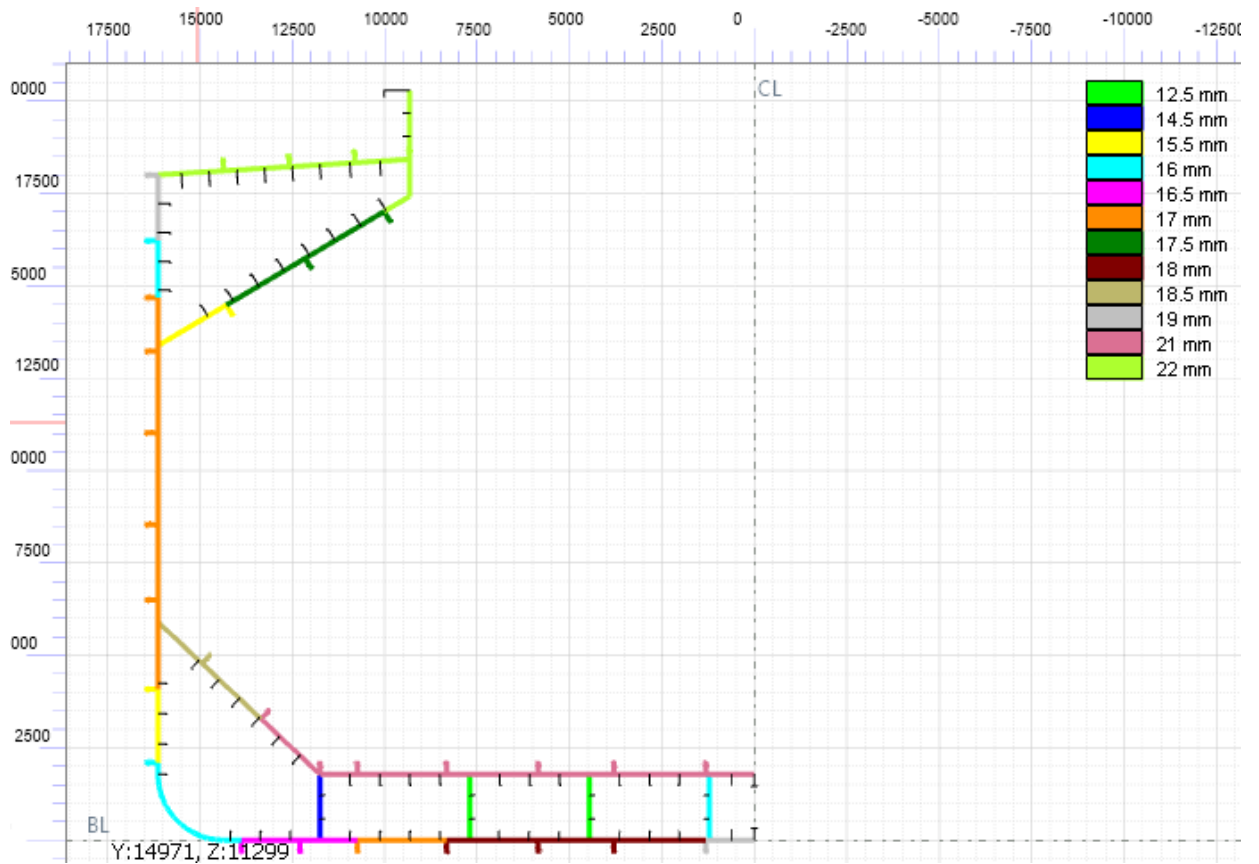
h_c values as computed by default at section's x = 68.32 m

h _c if fully filled hold	16.165 m
h _c homogeneous loading condition if partially filled hold	6.435 m
h _c alternate loading condition if partially filled hold with M _{HD} + 0.1 * M _H	0.000 m
h _c alternate loading condition if partially filled hold with M _{HD}	0.000 m

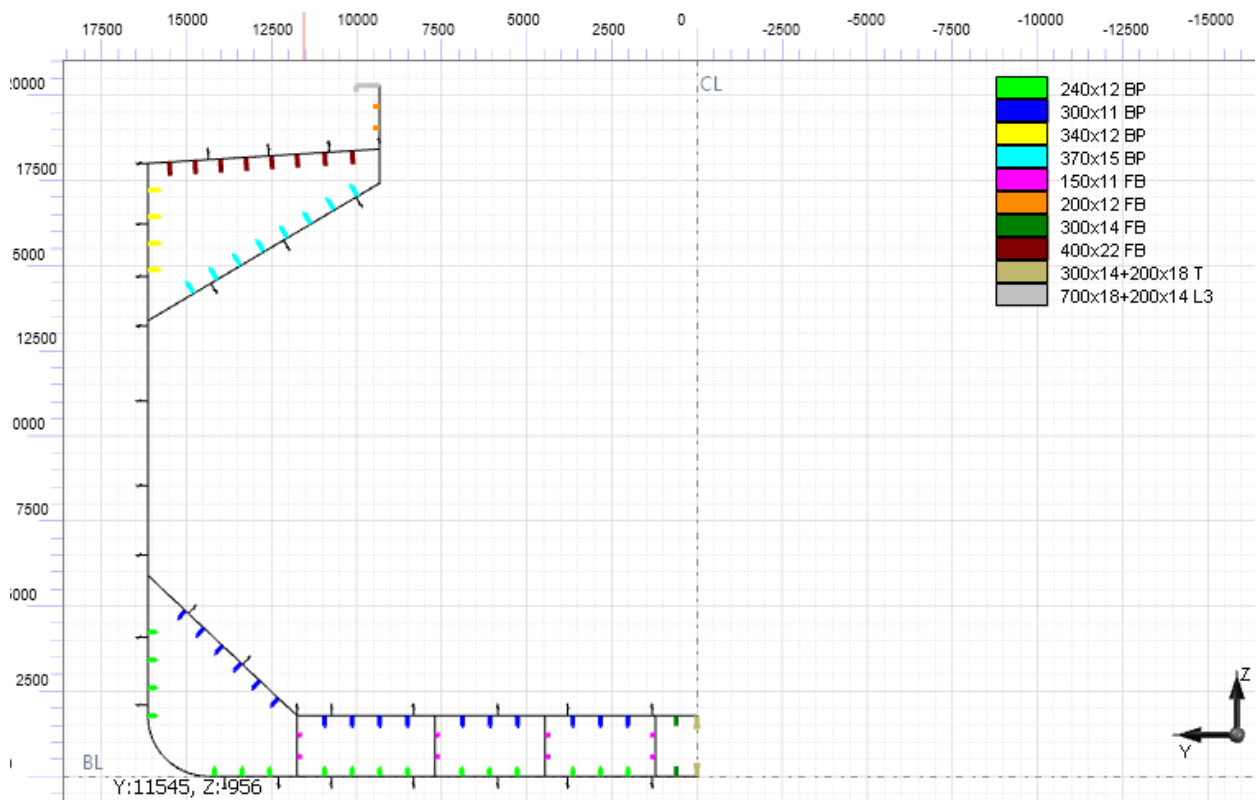
h_c values as used in the bulk pressure computations

h _c if fully filled hold	16.165 m
h _c homogeneous loading condition if partially filled hold	6.435 m
h _c alternate loading condition if partially filled hold with M _{HD} + 0.1 * M _H	0.000 m
h _c alternate loading condition if partially filled hold with M _{HD}	0.000 m

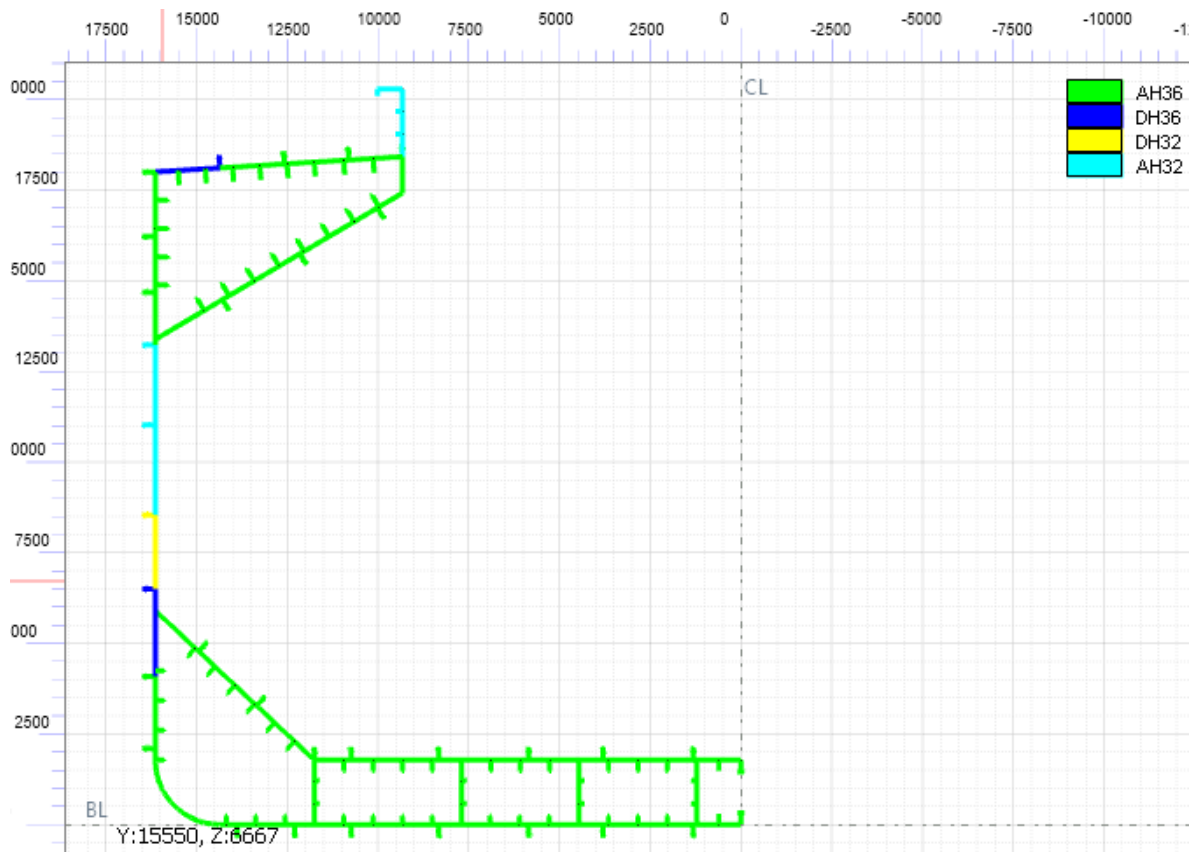
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ CSR
SOFTWARE



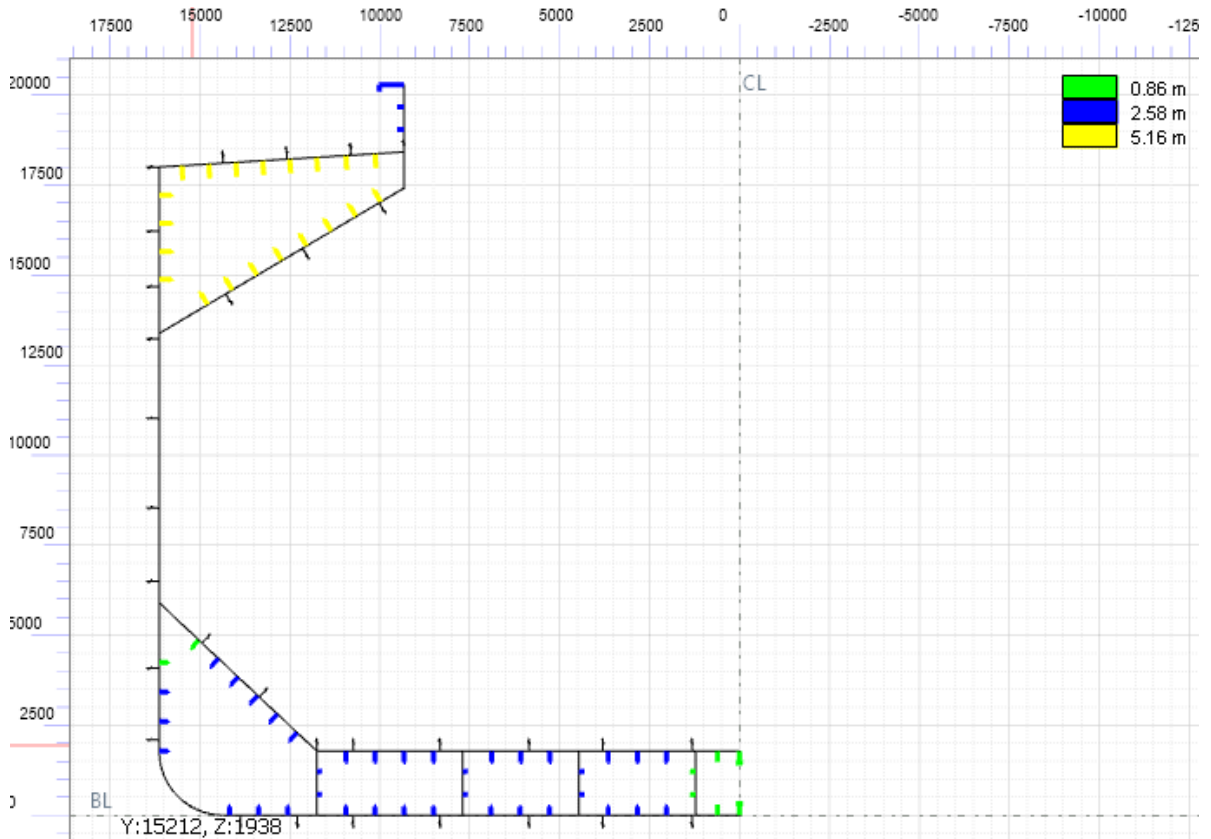
Έλεγχος ελασμάτων



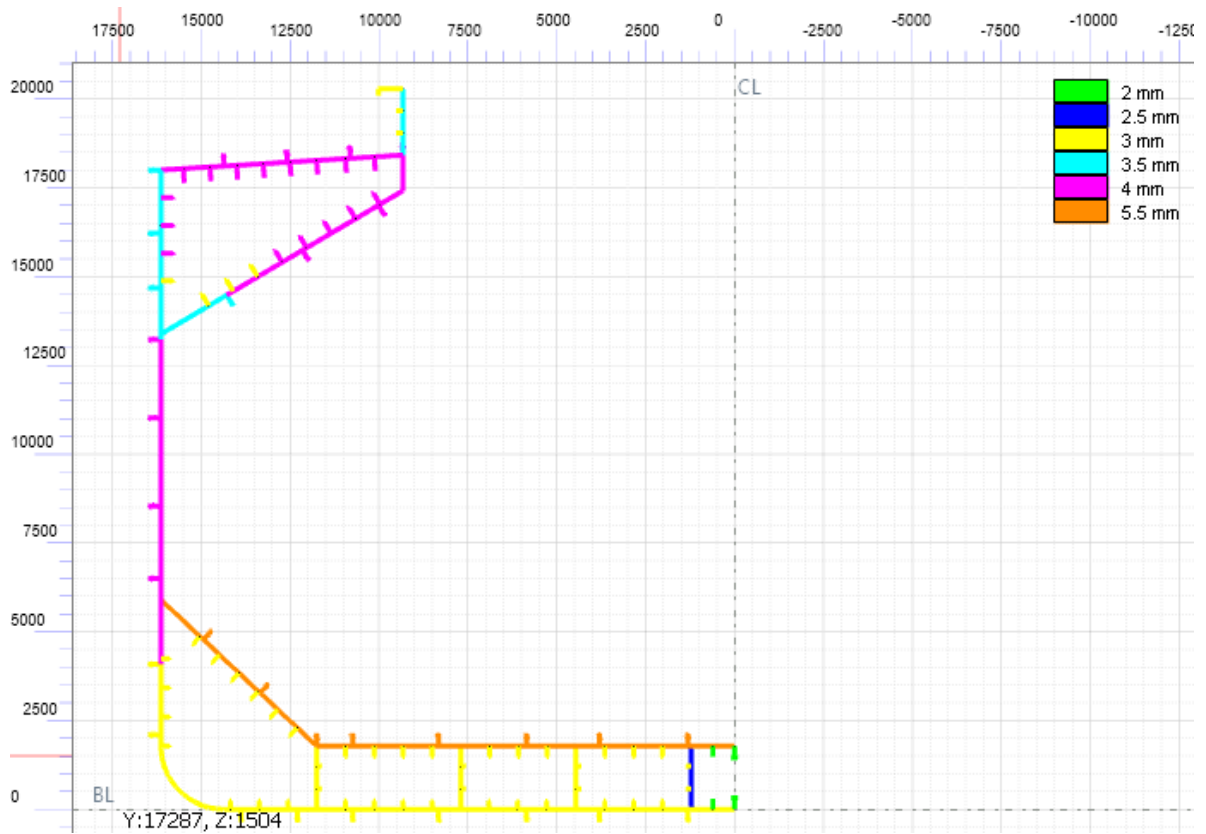
Έλεγχος ενισχυτικών



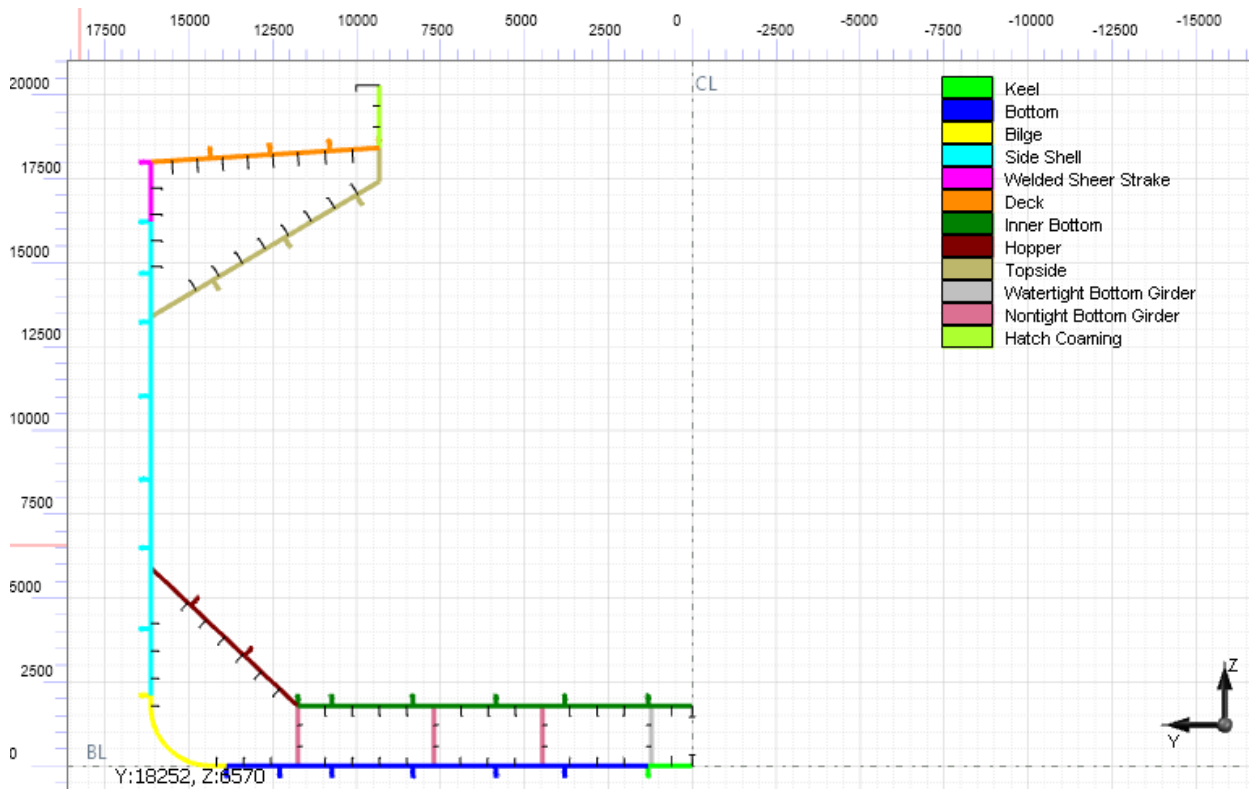
Έλεγχος ποιότητας γάλαβα



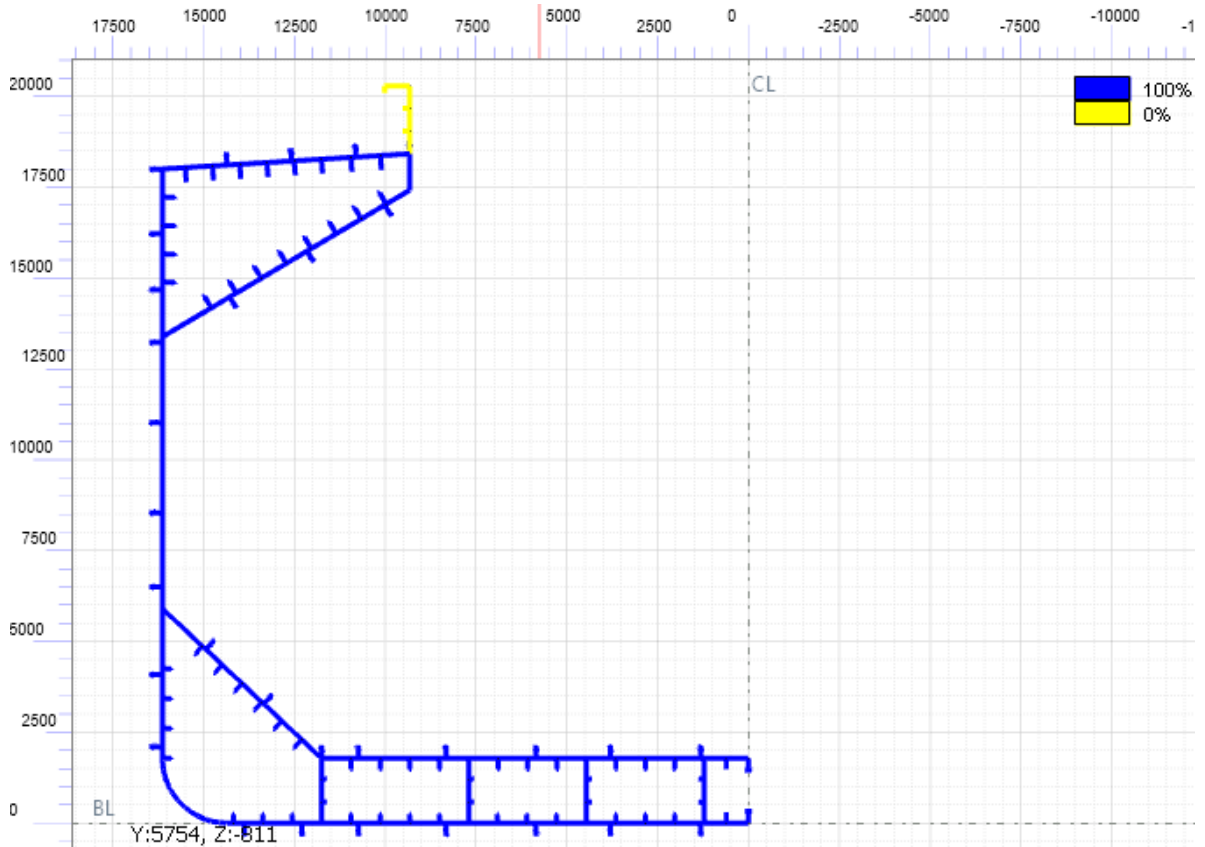
Έλεγχος ανυποστήριχτου μήκους



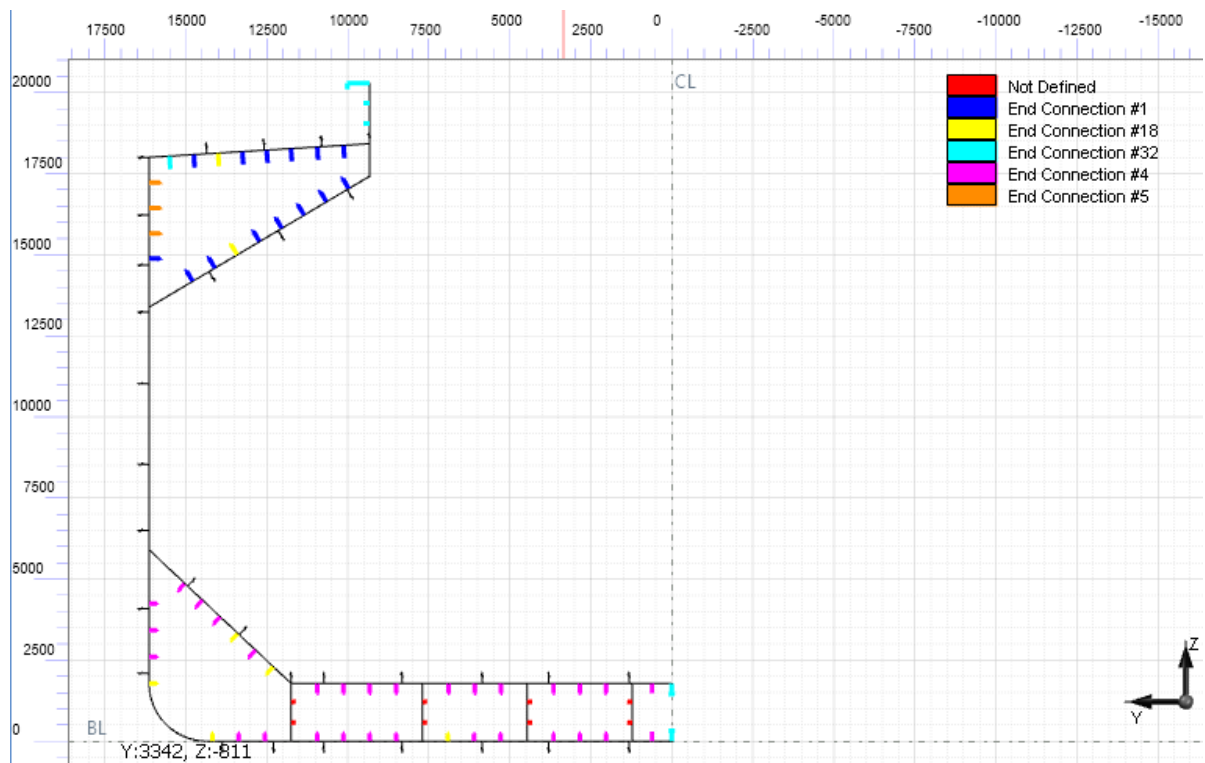
Έλεγχος επιπρόσθετου πάχους λόγω φθοράς



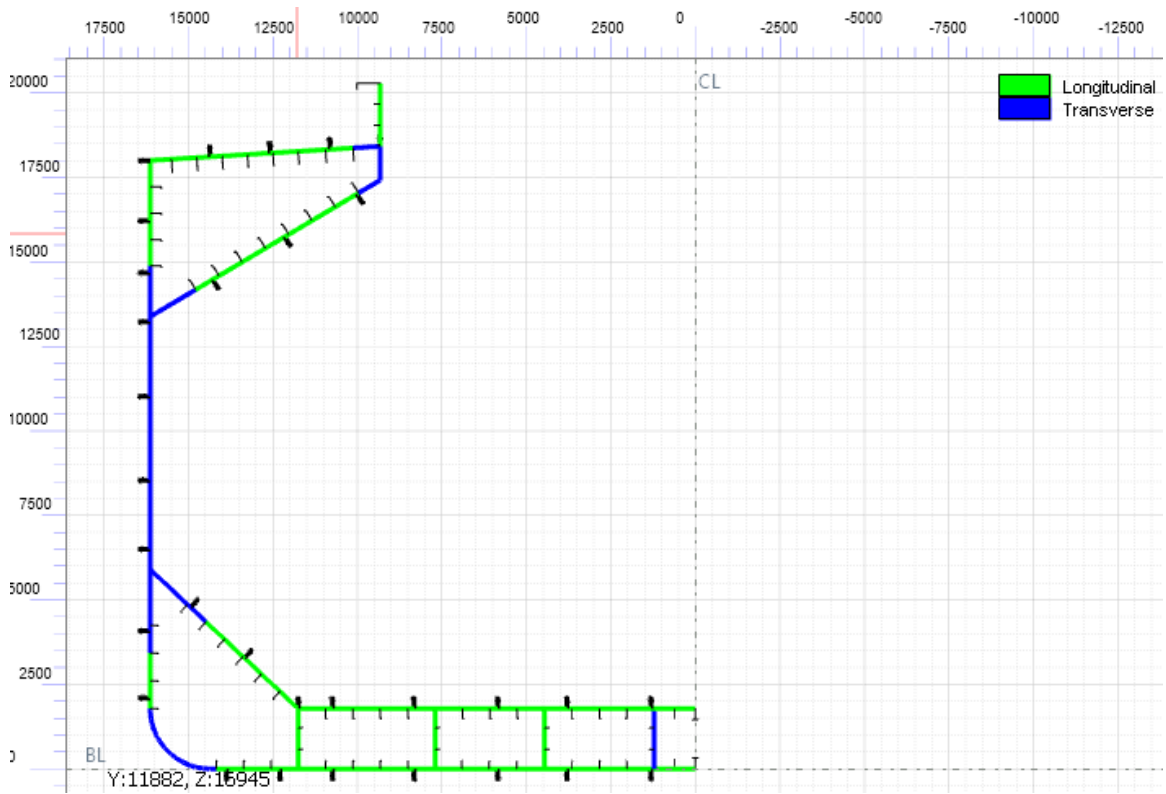
Έλεγχος προσδιορισμού ελασμάτων



Έλεγχος Bending efficiency = 0% σημαίνει ότι δεν λαμβάνεται υπόψη στην διαμήκη αντοχή.



Έλεγχος σύνδεσης διαμήκη ενισχυτικών με αγκώνες.



Έλεγχος συστήματος στήριξης ελασμάτων (εγκάρσιο ή διάμηκες).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VIII
ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ CSR SOFTWARE

CSR Prescriptive Analysis



Summary Report


UNIWA Master's degree

16 Feb. 2022

v2.5.5.214

CARGO HOLD No. 3 & 4

Table of Contents

1.0 General Ship Information	1
1.1 Project Setup	1
1.2 Principal Particulars	1
1.3 Notation	1
1.4 Proportion	2
2.0 General Arrangement	3
2.1 Frame Table	3
2.1.1 Frame Spacing	3
2.1.2 Frame Location	3
2.2 Bulkhead Frame Table	5
2.3 Web Frame Table	5
2.3.1 Floor	5
2.3.2 Hopper	5
2.3.3 Side	6
2.3.4 Deck/Topside	6
2.3.5 Duct Keel	7
2.3.6 Aft/Fore Part	7
2.4 Bulkhead Information	8
2.5 Compartment Information	8
2.5.1 Compartment Data	8
3.0 Project material list	10
4.0 Loads	11
4.1 Hull girder bending moments	11
4.2 Hull girder shear forces	13
5.0 Longitudinal Assessment	15
Fr.112+600mm, x = 91.28 m 	15
5.1 Property of Cross Section (at x = 91.28 m, Fr.112+600mm)	15
5.2 Hull girder bending assessment (Strength)	17
5.2.1 Design Bending Moment	17
5.2.2 Hull Girder Bending Stress	17
5.2.3 Section Modulus Requirements	17
5.2.4 Required Extent of High Tensile Steel Materials	17
5.2.5 Neutral Axis	17
5.2.6 Hull Girder Moment of Inertia	17
5.2.7 Horizontal Wave Bending Moment	18
5.2.8 Wave torsional moment	18
5.3 Hull girder shear assessment	19
5.3.1 Shear Strength	19
5.4 Summary of Cross Sectional Area and Weight (Port & Starboard)	19

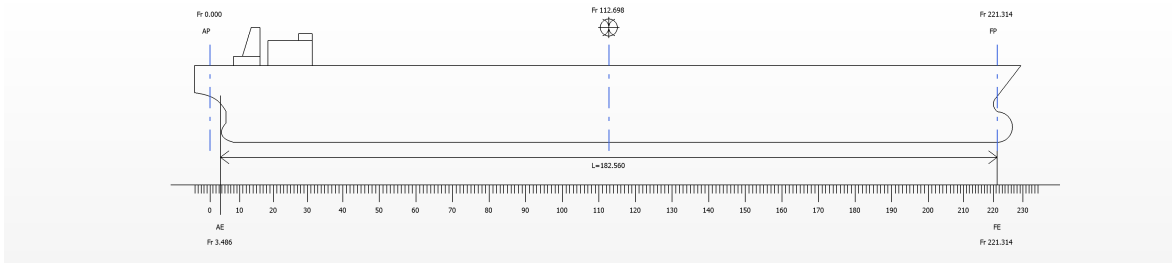
5.5 Local Scantlings Requirements	20
5.5.1 Strakes	20
5.5.2 Stiffeners	22
5.6 Hull Girder Ultimate Strength	26
5.7 Hull Girder Residual Strength	27
5.7.1 Collision	27
5.7.2 Grounding	27
6.0 Longitudinal Assessment	29
Fr.86+430mm, x = 68.75 m	29
6.1 Property of Cross Section (at x = 68.75 m, Fr.86+430mm)	29
6.2 Hull girder bending assessment (Strength)	31
6.2.1 Design Bending Moment	31
6.2.2 Hull Girder Bending Stress	31
6.2.3 Section Modulus Requirements	31
6.2.4 Required Extent of High Tensile Steel Materials	31
6.2.5 Neutral Axis	31
6.2.6 Hull Girder Moment of Inertia	31
6.2.7 Horizontal Wave Bending Moment	32
6.2.8 Wave torsional moment	32
6.3 Hull girder shear assessment	33
6.3.1 Shear Strength	33
6.4 Summary of Cross Sectional Area and Weight (Port & Starboard)	33
6.5 Local Scantlings Requirements	34
6.5.1 Strakes	34
6.5.2 Stiffeners	36
6.6 Hull Girder Ultimate Strength	40
6.7 Hull Girder Residual Strength	41
6.7.1 Collision	41
6.7.2 Grounding	41
Appendix A - Reference Tables	43
Rule Coverage	43
Rule Implementation Assumptions	45

1.0 General Ship Information

1.1 Project Setup

Project name	UNIWA Master's degree
Ship type	Bulk Carrier
Contract date	01 Jul. 2021
Rule Version Applied	2021 Version - effective 01 Jul. 2021
Name of the yard	
Hull number	
User name	Aggelos Pilatis
Classification society	BUREAU VERITAS
Class notation	CSR BC-A (holds 2, 4 may be empty), ESP, GRAB [20], Unrestricted navigation
Classification society reference number	

1.2 Principal Particulars



Length between perpendiculars	L_{pp}	185.000	m
Extreme length on the waterline at scantling draught	L_{WL}	182.209	m
Is ship fitted with rudder stock?		Yes	
Distance from FP to FE (positive fwd)		0.000	m
Rule length	L	182.560	m
Distance from AP to AE (positive fwd)		2.440	m
Freeboard length	L_{LL}	185.000	m
Distance from FP to FE of freeboard length (positive fwd)		0.000	m
Moulded breadth	B	32.260	m
Moulded depth	D	18.000	m
Scantling draught	T_{SC}	12.950	m
Normal ballast draught	T_{BAL-N}	5.846	m
Heavy ballast draught	T_{BAL-H}	8.901	m
Moulded displacement at scantling draught	Δ	68,715.150	tonnes
Block coefficient at scantling draught (based on Rule length)	C_B	0.8790	-
Maximum service speed	V	14.300	knots
Deadweight	DWT	57,981.000	tonnes
Design fatigue life	T_{DF}	25	years
Is ship fitted with bilge keel?		Yes	
Freeboard type		B-60	

1.3 Notation

BC notation	BC-A
Additional class notation GRAB [X]	Yes

Mass of unladen grab, M_{GR} (tonnes)	20
---	----

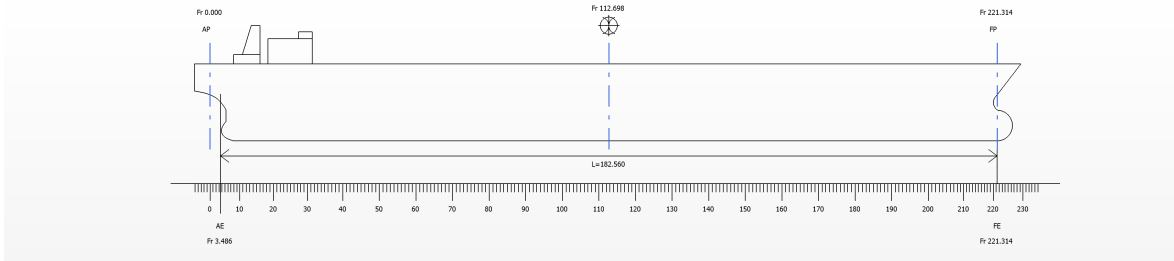
1.4 Proportion

	Required	Offered
L/B	5.000	5.659
B/D	2.500	1.792

2.0 General Arrangement

2.1 Frame Table

2.1.1 Frame Spacing



Distance from AP to FR0 (positive fwd) = 0 mm

Spacing (mm)	Start Frame No.	End Frame No.
700	-5	11
800	11	35
860	35	208
700	208	235

2.1.2 Frame Location

Frame No.	Distance from AP (m)	Distance from AE (m)	x/L
-5	-3.500	-5.940	-0.033
-4	-2.800	-5.240	-0.029
-3	-2.100	-4.540	-0.025
-2	-1.400	-3.840	-0.021
-1	-0.700	-3.140	-0.017
0	0.000	-2.440	-0.013
1	0.700	-1.740	-0.010
2	1.400	-1.040	-0.006
3	2.100	-0.340	-0.002
4	2.800	0.360	0.002
5	3.500	1.060	0.006
6	4.200	1.760	0.010
7	4.900	2.460	0.013
8	5.600	3.160	0.017
9	6.300	3.860	0.021
10	7.000	4.560	0.025
11	7.700	5.260	0.029
12	8.500	6.060	0.033
13	9.300	6.860	0.038
14	10.100	7.660	0.042
15	10.900	8.460	0.046
16	11.700	9.260	0.051
17	12.500	10.060	0.055
18	13.300	10.860	0.059
19	14.100	11.660	0.064

Frame No.	Distance from AP (m)	Distance from AE (m)	x/L
75	61.300	58.860	0.322
76	62.160	59.720	0.327
77	63.020	60.580	0.332
78	63.880	61.440	0.337
79	64.740	62.300	0.341
80	65.600	63.160	0.346
81	66.460	64.020	0.351
82	67.320	64.880	0.355
83	68.180	65.740	0.360
84	69.040	66.600	0.365
85	69.900	67.460	0.370
86	70.760	68.320	0.374
87	71.620	69.180	0.379
88	72.480	70.040	0.384
89	73.340	70.900	0.388
90	74.200	71.760	0.393
91	75.060	72.620	0.398
92	75.920	73.480	0.402
93	76.780	74.340	0.407
94	77.640	75.200	0.412
95	78.500	76.060	0.417
96	79.360	76.920	0.421
97	80.220	77.780	0.426
98	81.080	78.640	0.431
99	81.940	79.500	0.435

Frame No.	Distance from AP (m)	Distance from AE (m)	x/L
156	130.960	128.520	0.704
157	131.820	129.380	0.709
158	132.680	130.240	0.713
159	133.540	131.100	0.718
160	134.400	131.960	0.723
161	135.260	132.820	0.728
162	136.120	133.680	0.732
163	136.980	134.540	0.737
164	137.840	135.400	0.742
165	138.700	136.260	0.746
166	139.560	137.120	0.751
167	140.420	137.980	0.756
168	141.280	138.840	0.761
169	142.140	139.700	0.765
170	143.000	140.560	0.770
171	143.860	141.420	0.775
172	144.720	142.280	0.779
173	145.580	143.140	0.784
174	146.440	144.000	0.789
175	147.300	144.860	0.793
176	148.160	145.720	0.798
177	149.020	146.580	0.803
178	149.880	147.440	0.808
179	150.740	148.300	0.812
180	151.600	149.160	0.817

Frame No.	Distance from AP (m)	Distance from AE (m)	x/L
20	14.900	12.460	0.068
21	15.700	13.260	0.073
22	16.500	14.060	0.077
23	17.300	14.860	0.081
24	18.100	15.660	0.086
25	18.900	16.460	0.090
26	19.700	17.260	0.095
27	20.500	18.060	0.099
28	21.300	18.860	0.103
29	22.100	19.660	0.108
30	22.900	20.460	0.112
31	23.700	21.260	0.116
32	24.500	22.060	0.121
33	25.300	22.860	0.125
34	26.100	23.660	0.130
35	26.900	24.460	0.134
36	27.760	25.320	0.139
37	28.620	26.180	0.143
38	29.480	27.040	0.148
39	30.340	27.900	0.153
40	31.200	28.760	0.158
41	32.060	29.620	0.162
42	32.920	30.480	0.167
43	33.780	31.340	0.172
44	34.640	32.200	0.176
45	35.500	33.060	0.181
46	36.360	33.920	0.186
47	37.220	34.780	0.191
48	38.080	35.640	0.195
49	38.940	36.500	0.200
50	39.800	37.360	0.205
51	40.660	38.220	0.209
52	41.520	39.080	0.214
53	42.380	39.940	0.219
54	43.240	40.800	0.223
55	44.100	41.660	0.228
56	44.960	42.520	0.233
57	45.820	43.380	0.238
58	46.680	44.240	0.242
59	47.540	45.100	0.247
60	48.400	45.960	0.252
61	49.260	46.820	0.256
62	50.120	47.680	0.261
63	50.980	48.540	0.266
64	51.840	49.400	0.271
65	52.700	50.260	0.275
66	53.560	51.120	0.280
67	54.420	51.980	0.285
68	55.280	52.840	0.289
69	56.140	53.700	0.294
70	57.000	54.560	0.299
71	57.860	55.420	0.304
72	58.720	56.280	0.308

Frame No.	Distance from AP (m)	Distance from AE (m)	x/L
100	82.800	80.360	0.440
101	83.660	81.220	0.445
102	84.520	82.080	0.450
103	85.380	82.940	0.454
104	86.240	83.800	0.459
105	87.100	84.660	0.464
106	87.960	85.520	0.468
107	88.820	86.380	0.473
108	89.680	87.240	0.478
109	90.540	88.100	0.483
110	91.400	88.960	0.487
111	92.260	89.820	0.492
112	93.120	90.680	0.497
113	93.980	91.540	0.501
114	94.840	92.400	0.506
115	95.700	93.260	0.511
116	96.560	94.120	0.516
117	97.420	94.980	0.520
118	98.280	95.840	0.525
119	99.140	96.700	0.530
120	100.000	97.560	0.534
121	100.860	98.420	0.539
122	101.720	99.280	0.544
123	102.580	100.140	0.549
124	103.440	101.000	0.553
125	104.300	101.860	0.558
126	105.160	102.720	0.563
127	106.020	103.580	0.567
128	106.880	104.440	0.572
129	107.740	105.300	0.577
130	108.600	106.160	0.582
131	109.460	107.020	0.586
132	110.320	107.880	0.591
133	111.180	108.740	0.596
134	112.040	109.600	0.600
135	112.900	110.460	0.605
136	113.760	111.320	0.610
137	114.620	112.180	0.614
138	115.480	113.040	0.619
139	116.340	113.900	0.624
140	117.200	114.760	0.629
141	118.060	115.620	0.633
142	118.920	116.480	0.638
143	119.780	117.340	0.643
144	120.640	118.200	0.647
145	121.500	119.060	0.652
146	122.360	119.920	0.657
147	123.220	120.780	0.662
148	124.080	121.640	0.666
149	124.940	122.500	0.671
150	125.800	123.360	0.676
151	126.660	124.220	0.680
152	127.520	125.080	0.685

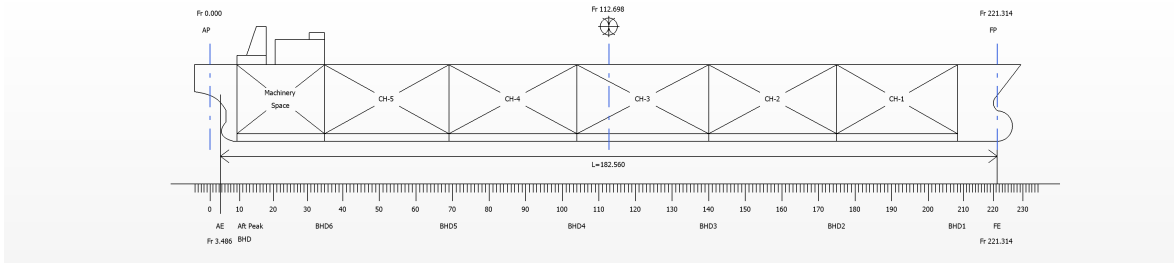
Frame No.	Distance from AP (m)	Distance from AE (m)	x/L
181	152.460	150.020	0.822
182	153.320	150.880	0.826
183	154.180	151.740	0.831
184	155.040	152.600	0.836
185	155.900	153.460	0.841
186	156.760	154.320	0.845
187	157.620	155.180	0.850
188	158.480	156.040	0.855
189	159.340	156.900	0.859
190	160.200	157.760	0.864
191	161.060	158.620	0.869
192	161.920	159.480	0.874
193	162.780	160.340	0.878
194	163.640	161.200	0.883
195	164.500	162.060	0.888
196	165.360	162.920	0.892
197	166.220	163.780	0.897
198	167.080	164.640	0.902
199	167.940	165.500	0.907
200	168.800	166.360	0.911
201	169.660	167.220	0.916
202	170.520	168.080	0.921
203	171.380	168.940	0.925
204	172.240	169.800	0.930
205	173.100	170.660	0.935
206	173.960	171.520	0.940
207	174.820	172.380	0.944
208	175.680	173.240	0.949
209	176.540	173.940	0.953
210	177.400	174.640	0.957
211	177.780	175.340	0.960
212	178.480	176.040	0.964
213	179.180	176.740	0.968
214	179.880	177.440	0.972
215	180.580	178.140	0.976
216	181.280	178.840	0.980
217	181.980	179.540	0.983
218	182.680	180.240	0.987
219	183.380	180.940	0.991
220	184.080	181.640	0.995
221	184.780	182.340	0.999
222	185.480	183.040	1.003
223	186.180	183.740	1.006
224	186.880	184.440	1.010
225	187.580	185.140	1.014
226	188.280	185.840	1.018
227	188.980	186.540	1.022
228	189.680	187.240	1.026
229	190.380	187.940	1.029
230	191.080	188.640	1.033
231	191.780	189.340	1.037
232	192.480	190.040	1.041
233	193.180	190.740	1.045

Frame No.	Distance from AP (m)	Distance from AE (m)	x/L
73	59.580	57.140	0.313
74	60.440	58.000	0.318

Frame No.	Distance from AP (m)	Distance from AE (m)	x/L
153	128.380	125.940	0.690
154	129.240	126.800	0.695
155	130.100	127.660	0.699

Frame No.	Distance from AP (m)	Distance from AE (m)	x/L
234	193.880	191.440	1.049
235	194.580	192.140	1.052

2.2 Bulkhead Frame Table



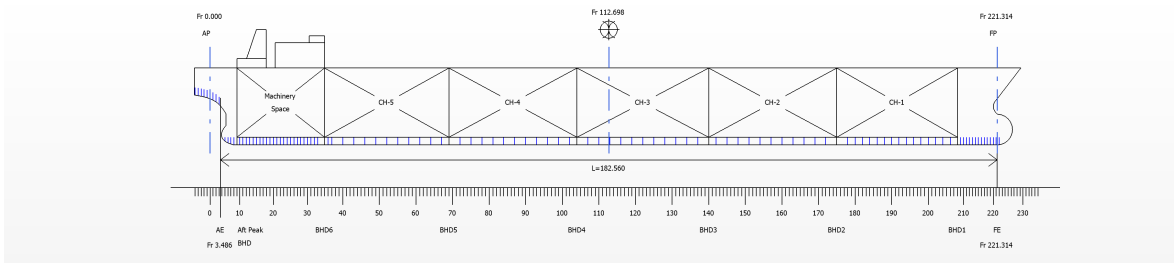
No. of cargo holds = 5

Bulkhead	Aft Peak BHD	BHD6	BHD5	BHD4	BHD3	BHD2	BHD1
Frame No.	9	35	69	104	140	175	208

Cargo Hold	Machinery Space	CH-5	CH-4	CH-3	CH-2	CH-1
Start Frame No.	9	35	69	104	140	175
End Frame No.	35	69	104	140	175	208

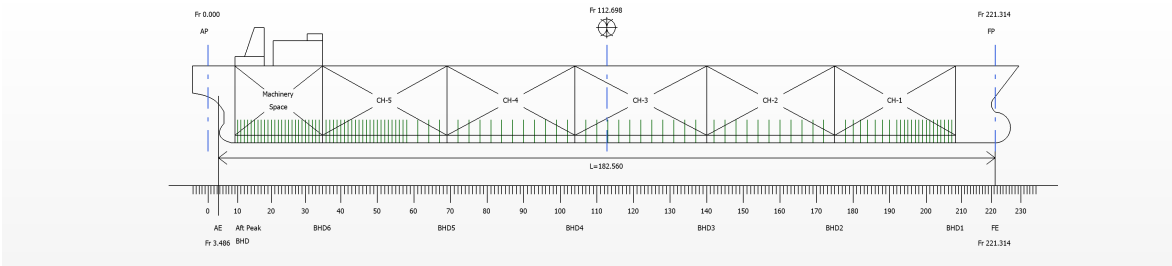
2.3 Web Frame Table

2.3.1 Floor



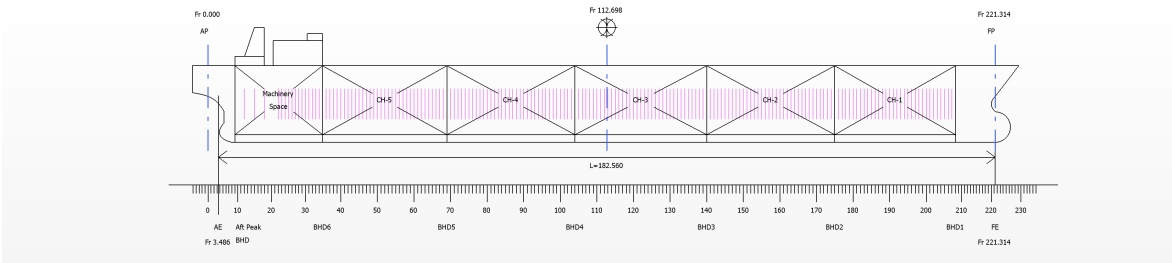
Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames
-5	11	1.0
11	33	1.0
36	37	1.0
37	67	3.0
72	102	3.0
107	137	3.0
142	172	3.0
178	206	2.0
208	222	1.0

2.3.2 Hopper



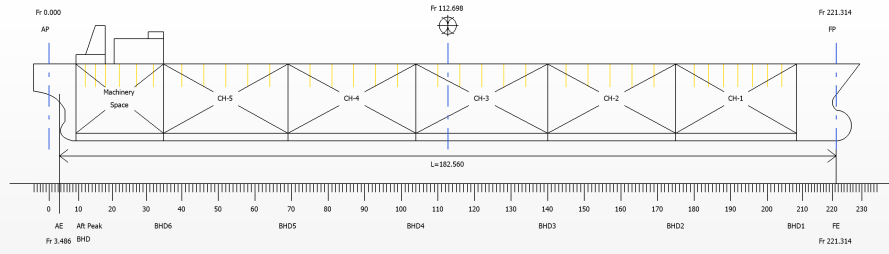
Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames
9	36	1.0
36	58	1.0
58	67	3.0
67	69	2.0
69	102	3.0
102	104	2.0
104	140	3.0
140	142	2.0
142	178	3.0
178	192	2.0
192	208	1.0

2.3.3 Side



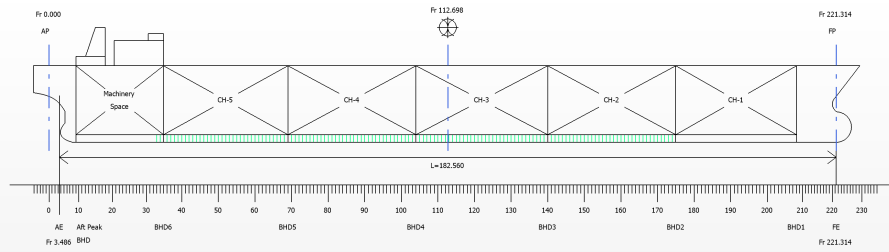
Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames
9	18	3.0
18	22	4.0
22	35	1.0
35	208	1.0

2.3.4 Deck/Topside



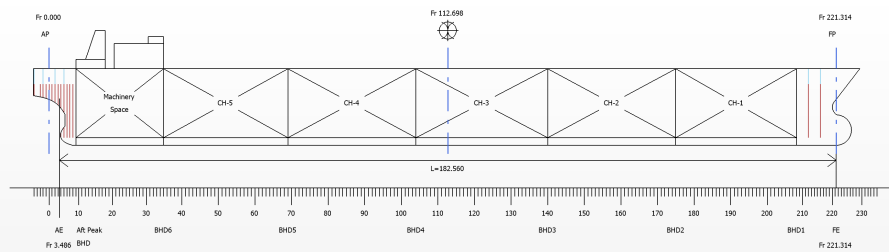
Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames
9	18	3.0
18	22	4.0
22	35	5.0
35	40	5.0
40	64	6.0
64	75	11.0
75	99	6.0
99	110	11.0
110	140	6.0
140	145	5.0
145	175	6.0
175	180	5.0
180	208	4.0

2.3.5 Duct Keel



Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames
33	175	1.0

2.3.6 Aft/Fore Part



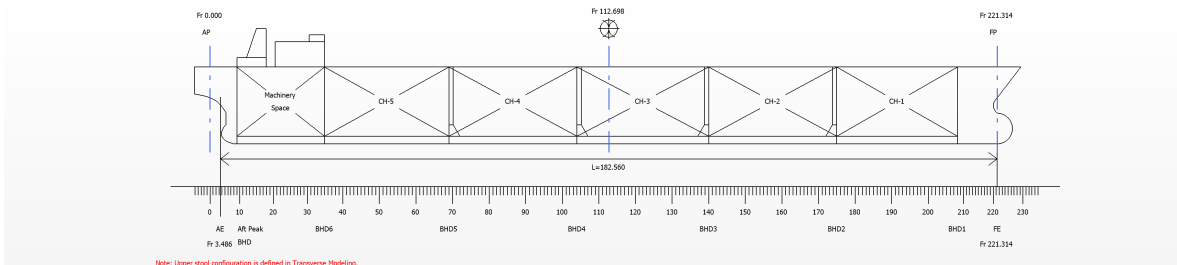
Deck

Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames
-5	-2	3.0
-2	2	4.0
2	5	3.0
5	9	0.0
208	216	4.0

Side

Start Frame No.	End Frame No.	No. of Frame Spaces between Web Frames
-5	-2	2.0
-2	9	1.0
208	216	4.0

2.4 Bulkhead Information



Bulkhead Information	BHD6	BHD5	BHD4	BHD3	BHD2	BHD1
Frame number	35	69	104	140	175	208
Corrugated bulkhead		Yes	Yes	Yes	Yes	
Depth of corrugation, d_{cg} (mm)		860	860	860	860	
Direction of corrugation		Fore	Fore	Aft	Aft	
Upper stool		Yes	Yes	Yes	Yes	
Lower stool		Yes	Yes	Yes	Yes	
Aft stool height from INB (mm)		4960	4960	4960	4960	
Fwd stool height from INB (mm)		4960	4960	4960	4960	
Aft frame number		69	104	137	172	
Fwd frame number		72	107	140	175	

2.5 Compartment Information

2.5.1 Compartment Data

S.No.	Compartment			Content Type	Max. Density (t/m^3)	Frame Location		Center Of Gravity			z top of Air Pipe (m)	P_{drop} (kN/m^2)	BWE Method	Open Ratio	Cellular Tank
	Type	ID	Name			Start	End	$X_{G, AP}$ (m)	y_G (m)	z_G (m)					
1	Cargo hold	CH-1	CH-1	Cargo	3.000	175	208	160.666	0.000	10.322					

S.No.	Compartment			Content Type	Max. Density (t/m ³)	Frame Location		Center Of Gravity			z top of Air Pipe (m)	P _{drop} (kN/m ²)	BWE Method	Open Ratio	Cellular Tank
	Type	ID	Name			Start	End	X _{G, AP} (m)	Y _G (m)	Z _G (m)					
2	Cargo hold	CH-2	CH-2	Cargo	3.000	140	175	131.780	0.000	10.299					
3	Cargo hold	CH-3	CH-3	Cargo & ballast	3.000	104	140	101.720	0.000	10.470	20.290	25.000	None		
4	Cargo hold	CH-4	CH-4	Cargo	3.000	69	104	68.750	0.000	10.470					
5	Cargo hold	CH-5	CH-5	Cargo	3.000	35	69	42.419	0.000	10.688					
6	Duct keel		Duct Keel	Void	0.000	33	175	83.060	0.000	0.890					
7	Fore and aft peak		F.P.T. (W.B.)	Ballast	1.025	208	224	179.822	0.000	7.792	19.170	25.000	Sequential	No	Yes
8	Topside tanks		TST-2,4,5	Ballast	1.025	69	104	71.190	13.423	16.703	19.170	25.000	Sequential	No	Yes
9	Topside tanks		TST-mid	Ballast	1.025	104	140	101.720	13.423	16.703	19.170	25.000	Sequential	No	Yes
10	Double bottom tanks		DBT mid	Ballast	1.025	104	140	101.720	9.947	1.505	19.170	25.000	Sequential	No	Yes
11	Double bottom tanks		DBT-4	Ballast	1.025	69	104	71.190	9.947	1.505	19.170	25.000	Sequential	No	Yes

3.0 Project material list

Material Grade	Yield Stress, R_{eH} (N/mm ²)	Tensile Strength, R_m (N/mm ²)	Material Factor, k	Young's Modulus, E (N/mm ²)
AH32	315	440	0.78	206,000
DH32	315	440	0.78	206,000
AH36	355	490	0.72	206,000
DH36	355	490	0.72	206,000
A	235	400	1.00	206,000

Material Message: First two letters of material name, AA for Aluminum Alloys, SS for Stainless steel, CS for Stainless Clad Steel.

4.0 Loads

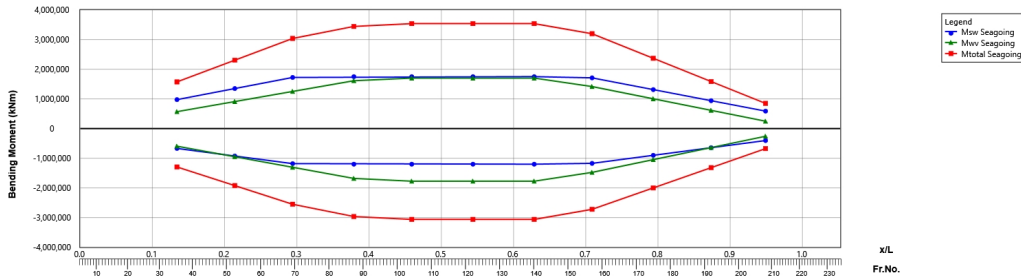
4.1 Hull girder bending moments

• Rule Vertical Wave Bending Moment (VWBM)

1. Hogging: $M_{wv-h} = 0.19 f_{nl-vh} f_m f_p C_w L^2 B C_B$

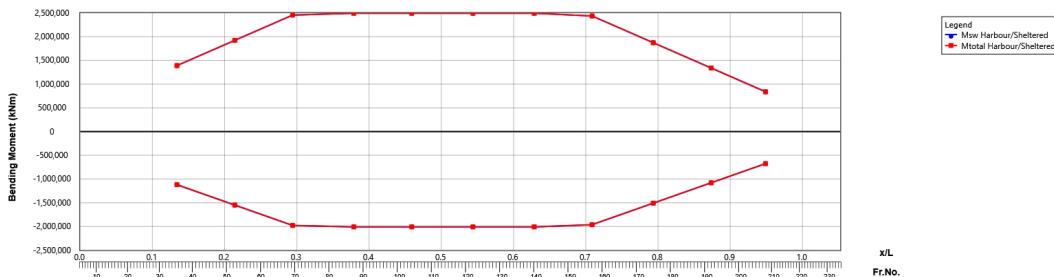
2. Sagging: $M_{wv-s} = -0.19 f_{nl-vs} f_m f_p C_w L^2 B C_B$

Seagoing



Frame No.	Offset (mm)	x/L	Hogging (kNm)				Sagging (kNm)			
			M _{sw-h-min}	M _{sw-h}	M _{wv-h}	M _{total}	M _{sw-s-min}	M _{sw-s}	M _{wv-s}	M _{total}
35	0	0.134	309,011	975,338	570,025	1,573,864	-244,820	-668,803	-593,902	-1,292,400
52	0	0.214	666,222	1,349,052	910,735	2,305,323	-527,826	-925,064	-948,884	-1,921,392
69	0	0.294	1,023,432	1,722,766	1,251,445	3,036,782	-810,832	-1,181,325	-1,303,866	-2,550,384
87	0	0.379	1,049,527	1,750,000	1,612,196	3,442,806	-831,506	-1,200,000	-1,679,729	-2,963,715
104	0	0.459	1,049,527	1,750,000	1,701,778	3,536,867	-831,506	-1,200,000	-1,773,063	-3,061,716
122	0	0.544	1,049,527	1,750,000	1,701,778	3,536,867	-831,506	-1,200,000	-1,773,063	-3,061,716
140	0	0.629	1,049,527	1,750,000	1,701,778	3,536,867	-831,506	-1,200,000	-1,773,063	-3,061,716
157	0	0.709	1,010,727	1,709,379	1,416,373	3,196,570	-800,766	-1,172,146	-1,475,703	-2,721,633
175	0	0.793	632,504	1,313,682	1,004,085	2,367,971	-501,112	-900,810	-1,046,145	-1,999,262
192	0	0.874	275,294	939,968	614,703	1,585,405	-218,106	-644,549	-640,452	-1,317,023
208	0	0.949	80,370	588,236	248,225	848,872	-63,675	-403,362	-258,623	-674,915

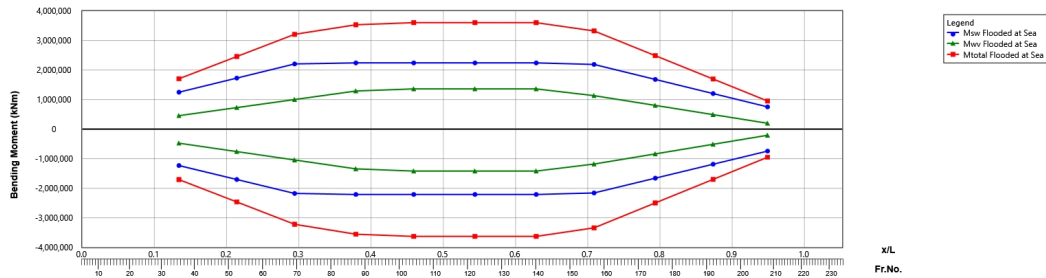
Harbour/sheltered and Testing



Frame No.	Offset (mm)	x/L	Hogging (kNm)				Sagging (kNm)			
			M _{sw-h-min}	M _{sw-h}	M _{wv-h}	M _{total}	M _{sw-s-min}	M _{sw-s}	M _{wv-s}	M _{total}
35	0	0.134	386,264	1,389,438	0	1,389,438	-306,024	-1,119,130	0	-1,119,130
52	0	0.214	832,777	1,921,821	0	1,921,821	-659,782	-1,547,941	0	-1,547,941
69	0	0.294	1,279,290	2,454,203	0	2,454,203	-1,013,540	-1,976,751	0	-1,976,751
87	0	0.379	1,311,908	2,493,000	0	2,493,000	-1,039,382	-2,008,000	0	-2,008,000

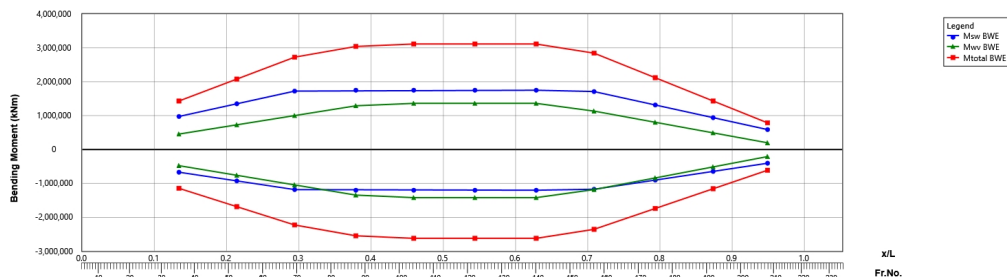
Frame No.	Offset (mm)	x/L	Hogging (kNm)				Sagging (kNm)			
			M _{sw-h-min}	M _{sw-h}	M _{wv-h}	M _{total}	M _{sw-s-min}	M _{sw-s}	M _{wv-s}	M _{total}
104	0	0.459	1,311,908	2,493,000	0	2,493,000	-1,039,382	-2,008,000	0	-2,008,000
122	0	0.544	1,311,908	2,493,000	0	2,493,000	-1,039,382	-2,008,000	0	-2,008,000
140	0	0.629	1,311,908	2,493,000	0	2,493,000	-1,039,382	-2,008,000	0	-2,008,000
157	0	0.709	1,263,409	2,435,133	0	2,435,133	-1,000,957	-1,961,391	0	-1,961,391
175	0	0.793	790,630	1,871,434	0	1,871,434	-626,390	-1,507,356	0	-1,507,356
192	0	0.874	344,117	1,339,051	0	1,339,051	-272,633	-1,078,546	0	-1,078,546
208	0	0.949	100,463	837,985	0	837,985	-79,593	-674,959	0	-674,959

Flooded at sea



Frame No.	Offset (mm)	x/L	Hogging (kNm)				Sagging (kNm)			
			M _{sw-h-min}	M _{sw-h}	M _{wv-h}	M _{total}	M _{sw-s-min}	M _{sw-s}	M _{wv-s}	M _{total}
35	0	0.134	1,072,872	1,248,432	456,020	1,704,451	-735,683	-1,231,712	-475,122	-1,706,833
52	0	0.214	1,483,957	1,726,786	728,588	2,455,373	-1,017,570	-1,703,660	-759,107	-2,462,767
69	0	0.294	1,895,043	2,205,141	1,001,156	3,206,296	-1,299,458	-2,175,608	-1,043,093	-3,218,700
87	0	0.379	1,925,000	2,240,000	1,289,757	3,529,757	-1,320,000	-2,210,000	-1,343,783	-3,553,783
104	0	0.459	1,925,000	2,240,000	1,361,423	3,601,422	-1,320,000	-2,210,000	-1,418,451	-3,628,450
122	0	0.544	1,925,000	2,240,000	1,361,423	3,601,422	-1,320,000	-2,210,000	-1,418,451	-3,628,450
140	0	0.629	1,925,000	2,240,000	1,361,423	3,601,422	-1,320,000	-2,210,000	-1,418,451	-3,628,450
157	0	0.709	1,880,317	2,188,006	1,133,098	3,321,104	-1,289,361	-2,158,702	-1,180,562	-3,339,264
175	0	0.793	1,445,050	1,681,513	803,268	2,484,781	-990,891	-1,658,993	-836,916	-2,495,909
192	0	0.874	1,033,965	1,203,159	491,762	1,694,921	-709,004	-1,187,045	-512,361	-1,699,406
208	0	0.949	647,060	752,943	198,580	951,522	-443,698	-742,859	-206,898	-949,757

Ballast Water Exchange



Frame No.	Offset (mm)	x/L	Hogging (kNm)				Sagging (kNm)			
			M _{sw-h-min}	M _{sw-h}	M _{wv-h}	M _{total}	M _{sw-s-min}	M _{sw-s}	M _{wv-s}	M _{total}
35	0	0.134	309,011	975,338	456,020	1,431,357	-244,820	-668,803	-475,122	-1,143,924
52	0	0.214	666,222	1,349,052	728,588	2,077,639	-527,826	-925,064	-759,107	-1,684,171
69	0	0.294	1,023,432	1,722,766	1,001,156	2,723,921	-810,832	-1,181,325	-1,043,093	-2,224,417
87	0	0.379	1,049,527	1,750,000	1,289,757	3,039,757	-831,506	-1,200,000	-1,343,783	-2,543,783

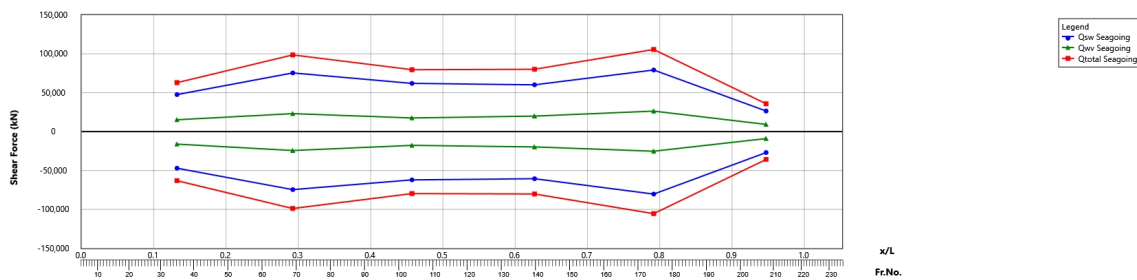
Frame No.	Offset (mm)	x/L	Hogging (kNm)				Sagging (kNm)			
			M _{sw-h-min}	M _{sw-h}	M _{wv-h}	M _{total}	M _{sw-s-min}	M _{sw-s}	M _{wv-s}	M _{total}
104	0	0.459	1,049,527	1,750,000	1,361,423	3,111,422	-831,506	-1,200,000	-1,418,451	-2,618,450
122	0	0.544	1,049,527	1,750,000	1,361,423	3,111,422	-831,506	-1,200,000	-1,418,451	-2,618,450
140	0	0.629	1,049,527	1,750,000	1,361,423	3,111,422	-831,506	-1,200,000	-1,418,451	-2,618,450
157	0	0.709	1,010,727	1,709,379	1,133,098	2,842,477	-800,766	-1,172,146	-1,180,562	-2,352,708
175	0	0.793	632,504	1,313,682	803,268	2,116,950	-501,112	-900,810	-836,916	-1,737,726
192	0	0.874	275,294	939,968	491,762	1,431,730	-218,106	-644,549	-512,361	-1,156,910
208	0	0.949	80,370	588,236	198,580	786,815	-63,675	-403,362	-206,898	-610,260

4.2 Hull girder shear forces

• Rule Vertical Wave Shear Force (VWSF)

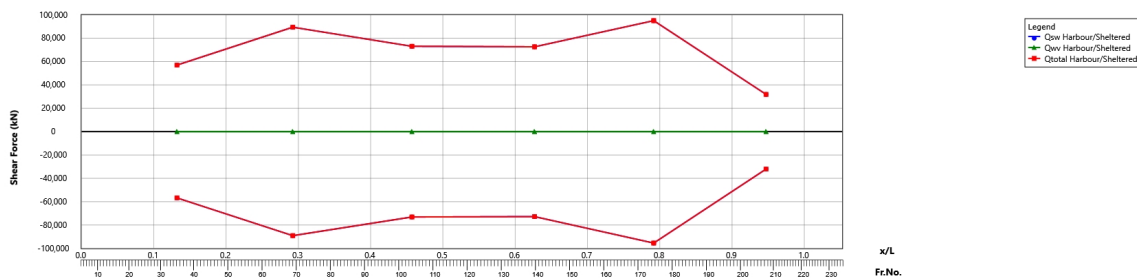
1. Positive: $Q_{WV-pos} = 0.52f_{q-pos} f_p C_w LBC_B$
2. Negative: $Q_{WV-neg} = -0.52f_{q-neg} f_p C_w LBC_B$

Seagoing



Frame No.	Offset (mm)	x/L	Positive (kN)			Negative (kN)		
			Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}	Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}
35	0	0.132	47,629	15,298	62,927	-47,000	-16,035	-63,035
69	0	0.292	75,439	23,156	98,595	-74,500	-24,271	-98,771
104	0	0.457	62,000	17,618	79,618	-62,000	-17,618	-79,618
140	0	0.627	60,200	19,964	80,164	-60,492	-19,640	-80,132
175	0	0.792	79,200	26,382	105,582	-80,220	-25,169	-105,389
208	0	0.947	26,500	9,303	35,803	-26,847	-8,876	-35,723

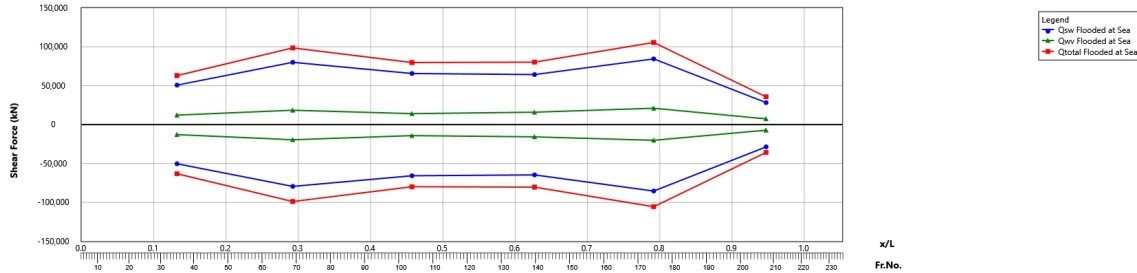
Harbour/sheltered and Testing



Frame No.	Offset (mm)	x/L	Positive (kN)			Negative (kN)		
			Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}	Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}
35	0	0.132	57,029	0	57,029	-56,777	0	-56,777

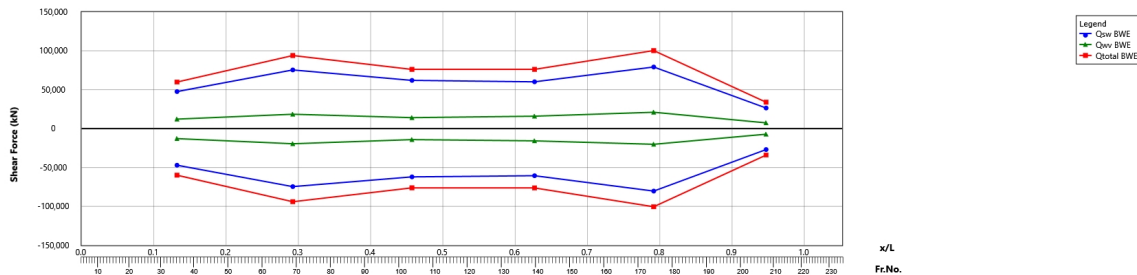
Frame No.	Offset (mm)	x/L	Positive (kN)			Negative (kN)		
			Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}	Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}
69	0	0.292	89,468	0	89,468	-89,093	0	-89,093
104	0	0.457	73,103	0	73,103	-73,103	0	-73,103
140	0	0.627	72,665	0	72,665	-72,782	0	-72,782
175	0	0.792	95,062	0	95,062	-95,470	0	-95,470
208	0	0.947	31,898	0	31,898	-32,037	0	-32,037

Flooded at sea

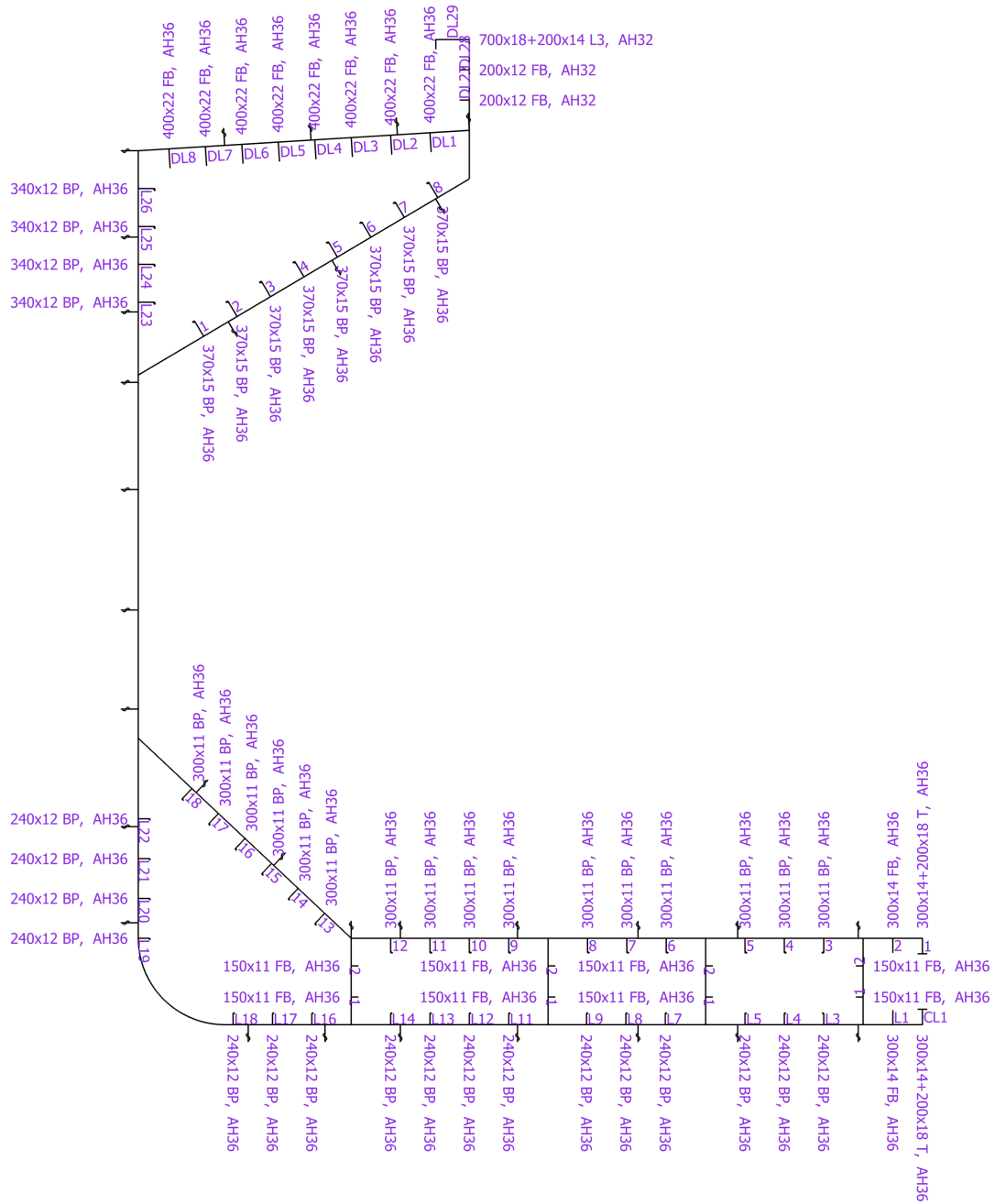


Frame No.	Offset (mm)	x/L	Positive (kN)			Negative (kN)		
			Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}	Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}
35	0	0.132	50,762	12,239	63,001	-50,259	-12,828	-63,087
69	0	0.292	80,115	18,524	98,639	-79,364	-19,417	-98,781
104	0	0.457	65,701	14,095	79,796	-65,701	-14,095	-79,796
140	0	0.627	64,355	15,971	80,326	-64,589	-15,712	-80,301
175	0	0.792	84,487	21,105	105,592	-85,303	-20,135	-105,438
208	0	0.947	28,299	7,442	35,741	-28,577	-7,100	-35,677

Ballast Water Exchange



Frame No.	Offset (mm)	x/L	Positive (kN)			Negative (kN)		
			Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}	Q _{sw}	Q _{wv}	Q _{total}
35	0	0.132	47,629	12,239	59,868	-47,000	-12,828	-59,828
69	0	0.292	75,439	18,524	93,963	-74,500	-19,417	-93,917
104	0	0.457	62,000	14,095	76,095	-62,000	-14,095	-76,095
140	0	0.627	60,200	15,971	76,171	-60,492	-15,712	-76,204
175	0	0.792	79,200	21,105	100,305	-80,220	-20,135	-100,355
208	0	0.947	26,500	7,442	33,942	-26,847	-7,100	-33,947



5.2 Hull girder bending assessment (Strength)

5.2.1 Design Bending Moment

	Seagoing		Harbour & Testing		Flooded at Sea	
	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging
f_{β}	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00
Permissible vertical still water bending moment, M_{sw} (kNm)	1,750,000	-1,200,000	2,493,000	-2,008,000	2,240,000	-2,210,000
Vertical wave bending moment, M_{ww} (kNm)	1,701,778	-1,773,063	0	0	1,361,423	-1,418,451
Total bending moment, M_{total} (kNm) ($M_{sw} + f_{\beta} * M_{ww}$)	3,536,867	-3,061,716	2,493,000	-2,008,000	3,601,423	-3,628,451

5.2.2 Hull Girder Bending Stress

		Seagoing		Harbour & Testing		Flooded at Sea	
		Hogging	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging
Normal stress, σ_L (N/mm ²)	Deck	245.2	-212.3	172.8	-139.2	249.7	-251.6
	Bottom	162.0	-140.2	114.2	-92.0	164.9	-166.2
Permissible hull girder bending stress, σ_{perm} (N/mm ²)	Deck	263.9	263.9	198.6	198.6	263.9	263.9
	Bottom	263.9	263.9	198.6	198.6	263.9	263.9

5.2.3 Section Modulus Requirements

$$Z_{Rmin} = 0.9kC_wL^2B(C_B + 0.7)10^{-6}$$

	Min. Net, Z_R (m ³)	$Z_{n50, off}$ (m ³)	$Z_{grs, off}$ (m ³)	Material	
				Type	Material Factor, k
Deck	10.43	14.42	15.98	HT36	0.72
Bottom	10.43	21.84	24.35	HT36	0.72

5.2.4 Required Extent of High Tensile Steel Materials

Extent Range	Distance Above Base Line (m)		Required Material
	From	To	
Deck	18.000	17.657	HT36
Deck	17.657	15.347	HT32
Bottom	0.000	0.000	HT32
Bottom	0.000	0.000	HT36

5.2.5 Neutral Axis

Vertical distance from baseline to horizontal neutral axis (m)	
Net	Gross
7.160	7.134

5.2.6 Hull Girder Moment of Inertia

$$I_{YR} = 2.7C_wL^3B(C_B + 0.7)10^{-8} = 79.307 \text{ (m}^4\text{)}$$

Min. Net I_{yR} (m ⁴)	$I_{y-n50\ off}$ (m ⁴)	$I_{ygrs\ off}$ (m ⁴)
79.31	156.35	173.68

5.2.7 Horizontal Wave Bending Moment

$$M_{wh} = f_{nh}f_p(0.31 + L/2800)f_m C_W L^2 T_{LC} C_B = 1,214,116 \text{ (kNm)}$$

5.2.8 Wave torsional moment

$$M_{wt1} = 0.4f_{t1} C_W (L/T_{LC})^{1/2} B^2 D C_B = 12,881 \text{ (kNm)}$$

$$M_{wt2} = 0.22f_{t2} C_W L B^2 C_B = 263 \text{ (kNm)}$$

$$M_{wt} = f_p (M_{wt1} + M_{wt2}) = 13,144 \text{ (kNm)}$$

5.3 Hull girder shear assessment

5.3.1 Shear Strength

	Shear Capacity Q_R (kN)	Q_{WV} (kN)		f_B	$Q_R - f_B Q_{WV} $ (kN)		Permissible, Q_{SW} (kN)	
	Minimum	(Pos)	(Neg)		(Pos)	(Neg)	(Pos)	(Neg)
Seagoing	71,910	17,859	-17,859	1.05	53,159	53,159	61,546	-61,619
Harbour / Sheltered	62,921	0	0	1.00	62,921	62,921	72,992	-73,022
Flooded at sea	71,910	14,287	-14,287	1.00	57,623	57,623	65,361	-65,420

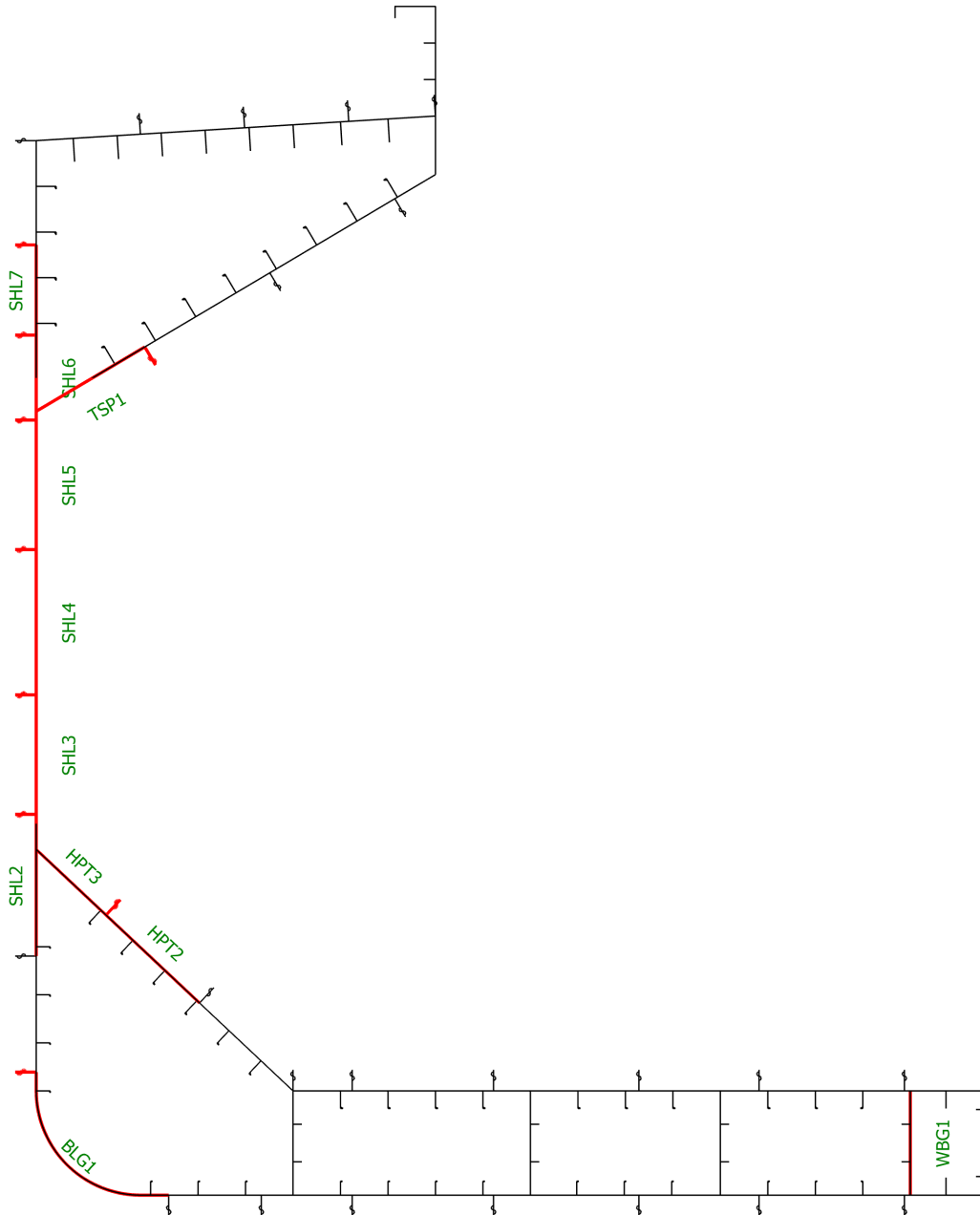
5.4 Summary of Cross Sectional Area and Weight (Port & Starboard)

Density of Steel = 7.850 t/m³

	Strakes		Stiffeners	
	Area (cm ²)	Weight (t/m)	Area (cm ²)	Weight (t/m)
Mild Steel	0.000	0.000	0.000	0.000
HT32	1,144.100	0.898	0.000	0.000
HT36	12,290.636	9.648	3,309.725	2.598
HT40	0.000	0.000	0.000	0.000
Subtotal	13,434.736	10.546	3,309.725	2.598
Total	Strakes & Stiffeners		16,744.462	13.144

5.5 Local Scantlings Requirements

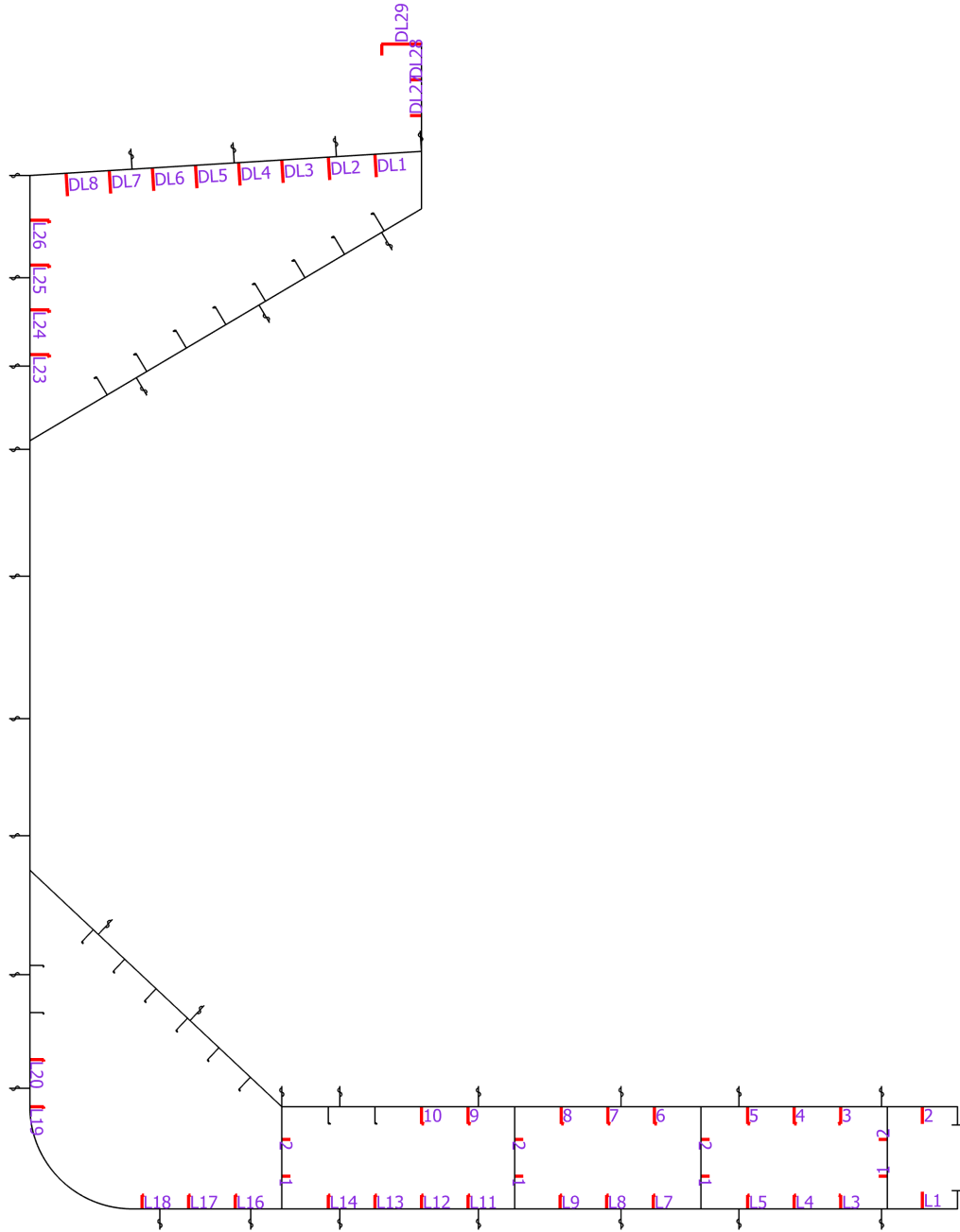
5.5.1 Strakes



Strake Name	Member Type	t_{net} (mm)		t_{grs} (mm)		Material Grade		Buckling Ratio	Corrosion addition, t_c (mm)
		Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered		
KPL1	Keel	15.0	16.0	18.0	19.0	AH	AH36	0.53	3.0
BTM1	Bottom	11.0	15.0	14.0	18.0	AH	AH36	0.57	3.0

Strake Name	Member Type	t _{net} (mm)		t _{grs} (mm)		Material Grade		Buckling Ratio	Corrosion addition, t _c (mm)
		Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered		
BTM2	Bottom	11.0	15.0	14.0	18.0	AH	AH36	0.58	3.0
BTM3	Bottom	11.0	15.0	14.0	18.0	AH	AH36	0.59	3.0
BTM4	Bottom	11.0	14.0	14.0	17.0	AH	AH36	0.63	3.0
BTM5	Bottom	11.0	13.5	14.0	16.5	AH	AH36	0.63	3.0
BTM6	Bottom	11.0	13.5	14.0	16.5	AH	AH36	0.66	3.0
BLG1	Bilge	13.5	13.0	16.5	16.0	AH	AH36	0.66	3.0
SHL1	Side Shell	11.0	12.5	14.0	15.5	AH	AH36	0.58	3.0
SHL2	Side Shell	11.0	13.0	15.0	17.0	DH	DH36	1.17	4.0
SHL3	Side Shell	11.0	13.0	15.0	17.0	AH	DH32	1.23	4.0
SHL4	Side Shell	11.0	13.0	15.0	17.0	AH	AH32	1.23	4.0
SHL5	Side Shell	11.0	13.0	15.0	17.0	AH	AH32	1.23	4.0
SHL6	Side Shell	11.0	13.5	14.5	17.0	AH	AH36	1.12	3.5
SHL7	Side Shell	11.0	12.5	14.5	16.0	AH	AH36	1.02	3.5
WSS1	Welded Sheer Strake	12.5	15.5	16.0	19.0	AH	AH36	0.74	3.5
MDK1	Deck	18.0	18.0	22.0	22.0	DH	DH36	0.70	4.0
MDK2	Deck	9.0	18.0	13.0	22.0	AH	AH36	0.70	4.0
MDK3	Deck	10.0	18.0	14.0	22.0	AH	AH36	0.71	4.0
MDK4	Deck	10.5	18.0	14.5	22.0	AH	AH36	0.71	4.0
INB1	Inner Bottom	15.5	15.5	21.0	21.0	AH	AH36	0.40	5.5
INB2	Inner Bottom	15.5	15.5	21.0	21.0	AH	AH36	0.43	5.5
INB3	Inner Bottom	15.5	15.5	21.0	21.0	AH	AH36	0.44	5.5
INB4	Inner Bottom	15.5	15.5	21.0	21.0	AH	AH36	0.44	5.5
INB5	Inner Bottom	15.5	15.5	21.0	21.0	AH	AH36	0.48	5.5
INB6	Inner Bottom	15.0	15.5	20.5	21.0	AH	AH36	0.48	5.5
HPT1	Hopper	14.0	15.5	19.5	21.0	AH	AH36	0.49	5.5
HPT2	Hopper	14.0	13.0	19.5	18.5	AH	AH36	0.57	5.5
HPT3	Hopper	13.5	13.0	19.0	18.5	AH	AH36	0.60	5.5
TSP1	Topside	10.5	12.0	14.0	15.5	AH	AH36	1.03	3.5
TSP2	Topside	10.0	13.5	14.0	17.5	AH	AH36	0.66	4.0
TSP3	Topside	10.0	13.5	14.0	17.5	AH	AH36	0.71	4.0
TSP4	Topside	10.5	18.0	14.5	22.0	AH	AH36	0.79	4.0
WBG1	Watertight Bottom Girder	16.0	13.5	18.5	16.0	AH	AH36	0.46	2.5
NBG1	Nontight Bottom Girder	9.0	9.5	12.0	12.5	AH	AH36	0.61	3.0
NBG2	Nontight Bottom Girder	9.0	9.5	12.0	12.5	AH	AH36	0.61	3.0
NBG3	Nontight Bottom Girder	9.0	11.5	12.0	14.5	AH	AH36	0.54	3.0
HCO1	Hatch Coaming	11.0	18.5	14.5	22.0		AH32	0.00	3.5

5.5.2 Stiffeners



Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w_net} (mm)			t _{f_net} (mm)		Breadth of Flange b _f (mm)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Fatigue life, T _F (years)		Buckling Ratio	Corrosion addition t _c (mm)	Plastic Net Section Modulus Z _{pl} (cm ³)	
			Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Max Allwd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	PSM			PSM +1	Reqd.
CL1	300x14+200x	AH36	29	1,107	6.0	32.0	12.0	10.0	16.0	75.6	198.0	233	26,889	143.6	143.6	0.47	2.0		1,395

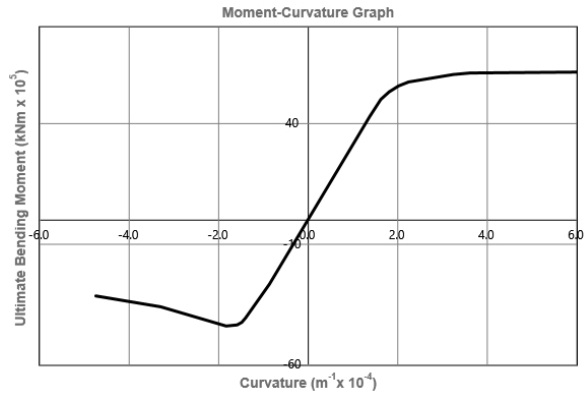
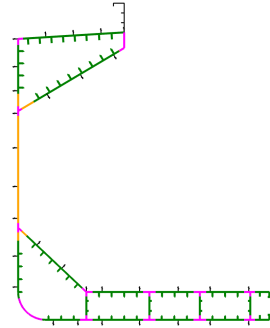
Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w,net} (mm)			t _{f,net} (mm)		Breadth of Flange b _f (mm)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Fatigue life, T _F (years)		Buckling Ratio	Corrosion addition t _c (mm)	Plastic Net Section Modulus Z _{pl} (cm ³)	
			Offered	Reqd.	Reqd.	Max Allwd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	PSM	PSM +1			Reqd.	Offered
	18 T																		
L1	300x14 FB	AH36	30	303	17.0	32.0	12.0					182	8,908	93.9	147.4	0.52	2.0		542
L3	240x12 BP	AH36	391	337	6.5	30.0	9.0					1,820	7,198	84.5	134	0.81	3.0		379
L4	240x12 BP	AH36	391	337	6.5	30.0	9.0					1,820	7,198	81.1	128.3	0.83	3.0		379
L5	240x12 BP	AH36	391	337	6.5	30.0	9.0					1,820	7,198	77.9	123	0.81	3.0		379
L7	240x12 BP	AH36	391	337	6.5	30.0	9.0					1,837	7,213	71.3	112	0.83	3.0		379
L8	240x12 BP	AH36	391	337	6.5	30.0	9.0					1,820	7,198	69.2	108.6	0.83	3.0		379
L9	240x12 BP	AH36	386	337	6.5	30.0	9.0					1,803	7,182	67.3	105.5	0.80	3.0		379
L11	240x12 BP	AH36	391	335	6.5	28.0	9.0					1,753	7,107	61.7	96.1	0.83	3.0		379
L12	240x12 BP	AH36	391	334	6.5	28.0	9.0					1,727	7,070	59.3	92.2	0.86	3.0		379
L13	240x12 BP	AH36	393	334	6.5	28.0	9.0					1,727	7,070	57.3	88.8	0.86	3.0		379
L14	240x12 BP	AH36	393	333	6.5	27.0	9.0					1,692	7,021	55.1	85.3	0.85	3.0		379
L16	240x12 BP	AH36	402	333	6.5	27.0	9.0					1,680	7,004	51.4	79.2	0.86	3.0		379
L17	240x12 BP	AH36	405	333	6.5	27.0	9.0					1,680	7,004	49.8	76.5	0.87	3.0		379
L18	240x12 BP	AH36	405	332	6.5	26.0	9.0					1,639	6,943	47.9	73.4	0.87	3.0		379
L19	240x12 BP	AH36	346	331	6.5	26.0	9.0					1,643	6,944	48.6	74	0.67	3.0		379
L20	240x12 BP	AH36	346	330	6.5	25.0	9.0					1,601	6,880	39.3	58.6	0.57	3.0		379
L21	240x12 BP	AH36	329	330	6.5	25.0	9.0					1,601	6,880	32.8	47.9	0.47	3.0		379
L22	240x12 BP	AH36	51	300	6.5	26.0	9.0					251	7,473	143.4	230.9	0.37	3.0		381
L23	340x12 BP	AH36	682	830	9.5	25.0	9.0					7,314	21,290	23.6	42.6	0.71	3.0		955
L24	340x12 BP	AH36	682	786	9.5	25.0	8.0					7,009	20,314	53.1	55.5	0.75	4.0		893
L25	340x12 BP	AH36	660	797	9.5	31.0	8.0					7,851	21,408	50.7	60.1	0.77	4.0		893
L26	340x12 BP	AH36	641	800	9.5	31.0	8.0					8,086	21,682	45.1	55.4	0.78	4.0		893
DL8	400x22 FB	AH36	546	889	22.5	36.0	18.0					9,867	27,877	76.2	76.2	0.77	4.0		1,440
DL7	400x22 FB	AH36	600	897	22.5	36.0	18.0					10,365	28,514	54.8	75.4	0.79	4.0		1,440
DL6	400x22 FB	AH36	607	897	22.5	36.0	18.0					10,365	28,514	48.5	74.6	0.79	4.0		1,440
DL5	400x22 FB	AH36	614	897	22.5	36.0	18.0					10,365	28,514	53.7	73.8	0.79	4.0		1,440
DL4	400x22 FB	AH36	620	897	22.5	36.0	18.0					10,365	28,514	53.2	73	0.79	4.0		1,440
DL3	400x22 FB	AH36	627	900	22.5	36.0	18.0					10,614	28,810	52.6	72.3	0.81	4.0		1,440
DL2	400x22 FB	AH36	627	903	22.5	36.0	18.0					10,863	29,092	52.1	71.4	0.84	4.0		1,440

Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w,net} (mm)			t _{f,net} (mm)		Breadth of Flange b _f (mm)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Fatigue life, T _F (years)		Buckling Ratio	Corrosion addition t _c (mm)	Plastic Net Section Modulus Z _{pl} (cm ³)	
			Reqd.	Offered	Reqd.	Max Allwd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered			PSM	PSM +1
DL1	400x22 FB	AH36	627	903	22.5	36.0	18.0					10,863	29,092	51.5	70.6	0.84	4.0		1,440
1	300x14 +200x18 T	AH36	51	1,107	6.0	31.0	12.0	10.0	16.0	75.9	198.0	230	26,778	255.3	255.3	0.41	2.0		1,403
2	300x14 FB	AH36	51	303	17.0	31.0	12.0					179	8,924	205	332.3	0.45	2.0		546
3	300x11 BP	AH36	607	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	578.6	938.5	0.58	3.0		650
4	300x11 BP	AH36	607	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	577.8	937.2	0.59	3.0		650
5	300x11 BP	AH36	607	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	576.1	934.7	0.58	3.0		650
6	300x11 BP	AH36	607	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	571.4	927	0.58	3.0		650
7	300x11 BP	AH36	607	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	568.9	922.9	0.59	3.0		650
8	300x11 BP	AH36	607	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	566.4	918.7	0.58	3.0		650
9	300x11 BP	AH36	577	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	560.9	909.7	0.58	3.0		650
10	300x11 BP	AH36	577	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	558.1	905.1	0.60	3.0		650
11	300x11 BP	AH36	569	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	555.2	900.3	0.60	3.0		650
12	300x11 BP	AH36	554	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	552.2	895.3	0.59	3.0		650
13	300x11 BP	AH36	491	573	8.0	31.0	8.0					1,869	14,491	872.6	1420.5	0.49	3.0		650
14	300x11 BP	AH36	481	573	8.0	31.0	8.0					1,869	14,491	1169.2	1907.5	0.43	3.0		650
15	300x11 BP	AH36	471	568	8.0	26.0	8.0					1,744	14,092	1509.6	2467	0.40	3.0		650
16	300x11 BP	AH36	462	563	8.0	26.0	8.0					1,653	13,777	1888.7	3091	0.39	3.0		650
17	300x11 BP	AH36	453	563	8.0	26.0	8.0					1,653	13,777	2255.7	3695.5	0.36	3.0		650
18	300x11 BP	AH36	65	506	8.0	26.0	8.0					247	15,051	673.7	1129.6	0.34	3.0		650
1	370x15 BP	AH36	893	1,140	10.0	24.0	12.0					8,151	29,624	129.2	187.7	0.69	3.0		1,364
2	370x15 BP	AH36	893	1,151	10.0	27.0	12.0					8,574	30,628	109.7	159.2	0.71	3.0		1,366
3	370x15 BP	AH36	893	1,155	10.0	27.0	12.0					8,704	30,924	85.9	136.4	0.73	3.0		1,366
4	370x15 BP	AH36	883	1,106	10.0	27.0	11.0					8,467	29,917	81	117.5	0.77	4.0		1,291
5	370x15 BP	AH36	845	1,106	10.0	27.0	11.0					8,467	29,917	70.8	102.5	0.80	4.0		1,291
6	370x15 BP	AH36	807	1,106	10.0	27.0	11.0					8,467	29,917	62.4	90.2	0.83	4.0		1,291
7	370x15 BP	AH36	767	1,106	10.0	27.0	11.0					8,467	29,917	55.5	80	0.85	4.0		1,291
8	370x15 BP	AH36	751	1,124	10.0	36.0	11.0					9,401	31,675	49.9	71.7	0.88	4.0		1,291
1	150x11 FB	AH36	35	59	8.5	27.0	8.0					124	908	139.7	139.7	0.29	3.0		90
2	150x11 FB	AH36	34	59	8.5	27.0	8.0					124	908	187.4	187.4	0.26	3.0		90

Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w_net} (mm)			t _{f_net} (mm)		Breadth of Flange b _f (mm)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Fatigue life, T _F (years)		Buckling Ratio	Corrosion addition t _c (mm)	Plastic Net Section Modulus Z _{pl} (cm ³)	
			Reqd.	Offered	Reqd.	Max Allwd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered			PSM	PSM +1
1	150x11 FB	AH36	16	61	8.5	19.0	8.0					834	834	153.5	153.5	0.84	3.0		90
2	150x11 FB	AH36	16	61	8.5	19.0	8.0					834	834	204.5	204.5	0.76	3.0		90
1	150x11 FB	AH36	16	61	8.5	19.0	8.0					834	834	153.5	153.5	0.84	3.0		90
2	150x11 FB	AH36	16	61	8.5	19.0	8.0					834	834	204.5	204.5	0.76	3.0		90
1	150x11 FB	AH36	16	62	8.5	23.0	8.0					973	875	153.5	153.5	0.84	3.0		90
2	150x11 FB	AH36	16	62	8.5	23.0	8.0					973	875	204.5	204.5	0.76	3.0		90
DL27	200x12 FB	AH32	98	127	10.5	37.0	9.0					1,406	2,432	60	60		3.0		180
DL28	200x12 FB	AH32	93	127	10.5	37.0	9.0					1,407	2,432	53.2	53.2		3.0		180
DL29	700x18 +200x14 L3	AH32	85	3,358	11.0	37.0	15.0	20.0	11.0	175.1	200.0	2,799	156,452	47	47		3.0		3,516

5.6 Hull Girder Ultimate Strength

■ Ultimate bending moment ■ Ultimate curvature ■ Ultimate moment



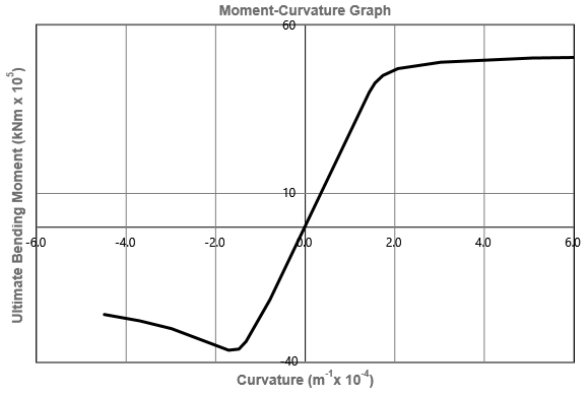
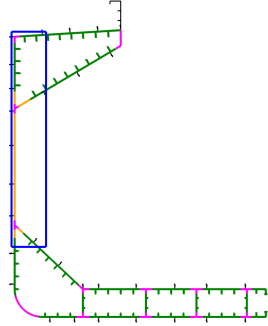
$$\gamma_S = 1.00 \quad \gamma_W = 1.20 \quad \gamma_M = 1.10$$

S.No.	Properties	Scenario-A Seagoing		Scenario-A Harbour		Scenario-A Flooding	
		Hogging	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging
1	f_b	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00
2	γ_{DB}	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00
3	$\gamma_R = (\gamma_M \times \gamma_{DB})$	1.21	1.10	1.21	1.10	1.10	1.10
4	Permissible still water bending moment, M_{sw-u} (kNm)	1,750,000	-1,200,000	2,493,000	-2,008,000	2,240,000	-2,210,000
5	Vertical wave bending moment, M_{wv} (kNm)	1,701,778	-1,773,063	680,711	-709,225	1,361,423	-1,418,451
6	Vertical bending moment $M = (\gamma_S \times M_{sw-u} + \gamma_W \times f_b \times M_{wv})$ (kNm)	3,894,241	-3,434,060	3,309,854	-2,859,070	3,873,707	-3,912,141
7	Vertical hull girder ultimate bending capacity, M_u (kNm)	6,147,715	-4,402,417	6,147,715	-4,402,417	6,147,715	-4,402,417
8	Hull girder curvature at ultimate moment, χ	6.709E-04	-1.765E-04	6.709E-04	-1.765E-04	6.709E-04	-1.765E-04
9	M_u/γ_R (kNm)	5,080,756	-4,002,198	5,080,756	-4,002,198	5,588,831	-4,002,198
10	Criteria ($M \leq M_u/\gamma_R$)	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

5.7 Hull Girder Residual Strength

5.7.1 Collision

■ Ultimate ultimate moment
■ Ultimate ultimate moment
■ Final ultimate moment
■ No damage
■ No damage
■ No damage

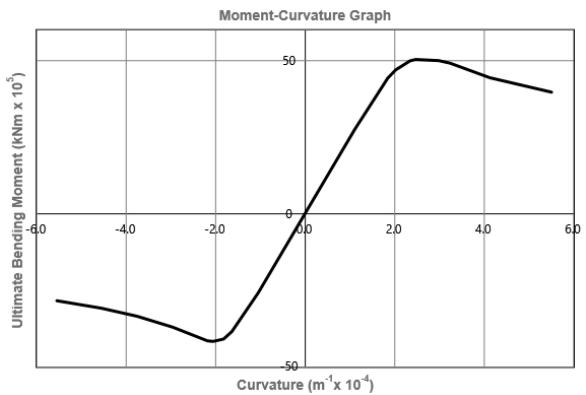
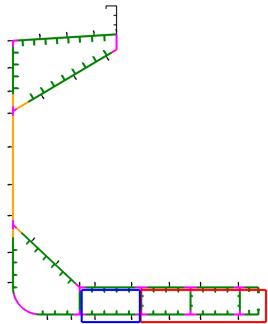


$$\gamma_{RD} = 1.00, \quad \gamma_{SD} = 1.10, \quad \gamma_{WD} = 0.67, \quad C_{NA} = 1.10$$

S.No.	Properties	Seagoing	
		Hogging	Sagging
1	Permissible still water bending moment, M_{SW-D} (kNm)	1,750,000	-1,200,000
2	Vertical wave bending moment, M_{wv} (kNm)	1,701,778	-1,773,063
3	Vertical bending moment in the damaged condition, $M_D = (\gamma_{SD} \times M_{SW-D} + \gamma_{WD} \times M_{wv})$ (kNm)	3,065,191	-2,507,952
4	Vertical hull girder ultimate bending capacity in the damaged condition, M_{UD} (kNm)	5,079,198	-3,664,342
5	Hull girder curvature at ultimate moment, γ	1.253E-03	-1.631E-04
6	$M_{UD} / (\gamma_{RD} * C_{NA})$ (kNm)	4,617,452	-3,331,220
7	Criteria ($M_D \leq M_{UD} / (\gamma_{RD} * C_{NA})$)	Pass	Pass

5.7.2 Grounding

■ Ultimate ultimate moment
■ Ultimate ultimate moment
■ Final ultimate moment
■ No damage
■ No damage
■ No damage



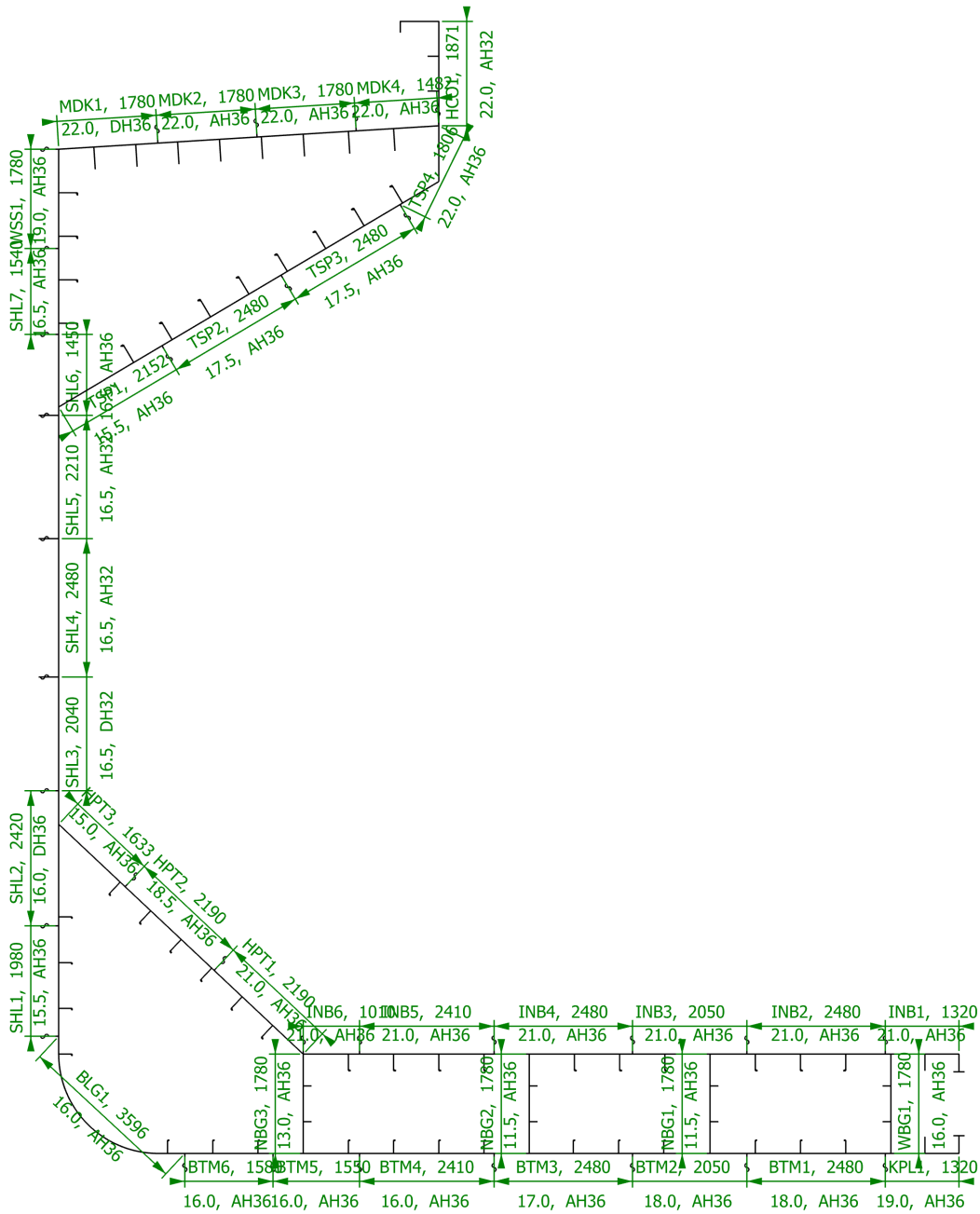
$$\gamma_{RD} = 1.00, \quad \gamma_{SD} = 1.10, \quad \gamma_{WD} = 0.67, \quad C_{NA} = 1.00$$

S.No.	Properties	Seagoing	
		Hogging	Sagging
1	Permissible still water bending moment, M_{sw-D} (kNm)	1,750,000	-1,200,000
2	Vertical wave bending moment, M_{wv} (kNm)	1,701,778	-1,773,063
3	Vertical bending moment in the damaged condition, $M_D = (\gamma_{SD} \times M_{sw-D} + \gamma_{WD} \times M_{wv})$ (kNm)	3,065,191	-2,507,952
4	Vertical hull girder ultimate bending capacity in the damaged condition, M_{UD} (kNm)	5,048,546	-4,167,963
5	Hull girder curvature at ultimate moment, χ	2.613E-04	-2.075E-04
6	$M_{UD} / (\gamma_{RD} * C_{NA})$ (kNm)	5,048,546	-4,167,963
7	Criteria ($M_D \leq M_{UD} / (\gamma_{RD} * C_{NA})$)	Pass	Pass

6.0 Longitudinal Assessment

Fr.86+430mm, x = 68.75 m

6.1 Property of Cross Section (at x = 68.75 m, Fr.86+430mm)



6.2 Hull girder bending assessment (Strength)

6.2.1 Design Bending Moment

	Seagoing		Harbour & Testing		Flooded at Sea	
	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging
f_{β}	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00
Permissible vertical still water bending moment, M_{sw} (kNm)	1,749,244	-1,199,481	2,491,922	-2,007,132	2,239,032	-2,209,045
Vertical wave bending moment, M_{wv} (kNm)	1,602,175	-1,669,288	0	0	1,281,740	-1,335,431
Total bending moment, M_{total} (kNm) ($M_{sw} + f_{\beta} * M_{wv}$)	3,431,528	-2,952,234	2,491,922	-2,007,132	3,520,772	-3,544,475

6.2.2 Hull Girder Bending Stress

		Seagoing		Harbour & Testing		Flooded at Sea	
		Hogging	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging
Normal stress, σ_L (N/mm ²)	Deck	238.4	-205.1	173.2	-139.5	244.6	-246.3
	Bottom	159.8	-137.5	116.1	-93.5	164.0	-165.1
Permissible hull girder bending stress, σ_{perm} (N/mm ²)	Deck	263.9	263.9	198.6	198.6	263.9	263.9
	Bottom	263.9	263.9	198.6	198.6	263.9	263.9

6.2.3 Section Modulus Requirements

$$Z_{Rmin} = 0.9kC_wL^2B(C_B + 0.7)10^{-6}$$

	Min. Net, Z_R (m ³)	$Z_{n50, off}$ (m ³)	$Z_{grs, off}$ (m ³)	Material	
				Type	Material Factor, k
Deck	10.43	14.39	15.95	HT36	0.72
Bottom	10.43	21.47	23.98	HT36	0.72

6.2.4 Required Extent of High Tensile Steel Materials

Extent Range	Distance Above Base Line (m)		Required Material
	From	To	
Deck	18.000	17.882	HT36
Deck	17.882	15.537	HT32
Bottom	0.000	0.000	HT32
Bottom	0.000	0.000	HT36

6.2.5 Neutral Axis

Vertical distance from baseline to horizontal neutral axis (m)	
Net	Gross
7.224	7.190

6.2.6 Hull Girder Moment of Inertia

$$I_{YR} = 2.7C_wL^3B(C_B + 0.7)10^{-8} = 79.307 \text{ (m}^4\text{)}$$

Min. Net I_{yR} (m ⁴)	$I_{y-n50\ off}$ (m ⁴)	$I_{ygrs\ off}$ (m ⁴)
79.31	155.09	172.43

6.2.7 Horizontal Wave Bending Moment

$$M_{wh} = f_{nh} f_p (0.31 + L/2800) f_m C_W L^2 T_{LC} C_B = 1,143,055 \text{ (kNm)}$$

6.2.8 Wave torsional moment

$$M_{wt1} = 0.4 f_{t1} C_W (L/T_{LC})^{1/2} B^2 D C_B = 9,676 \text{ (kNm)}$$

$$M_{wt2} = 0.22 f_{t2} C_W L B^2 C_B = 148 \text{ (kNm)}$$

$$M_{wt} = f_p (M_{wt1} + M_{wt2}) = 9,825 \text{ (kNm)}$$

6.3 Hull girder shear assessment

6.3.1 Shear Strength

	Shear Capacity Q_R (kN)	Q_{WV} (kN)		f_B	$Q_R - f_B Q_{WV} $ (kN)		Permissible, Q_{SW} (kN)	
	Minimum	(Pos)	(Neg)		(Pos)	(Neg)	(Pos)	(Neg)
Seagoing	69,570	19,173	-19,403	1.05	49,439	49,197	68,569	-68,110
Harbour / Sheltered	60,874	0	0	1.00	60,874	60,874	81,102	-80,919
Flooded at sea	69,570	15,338	-15,522	1.00	54,232	54,048	72,747	-72,380

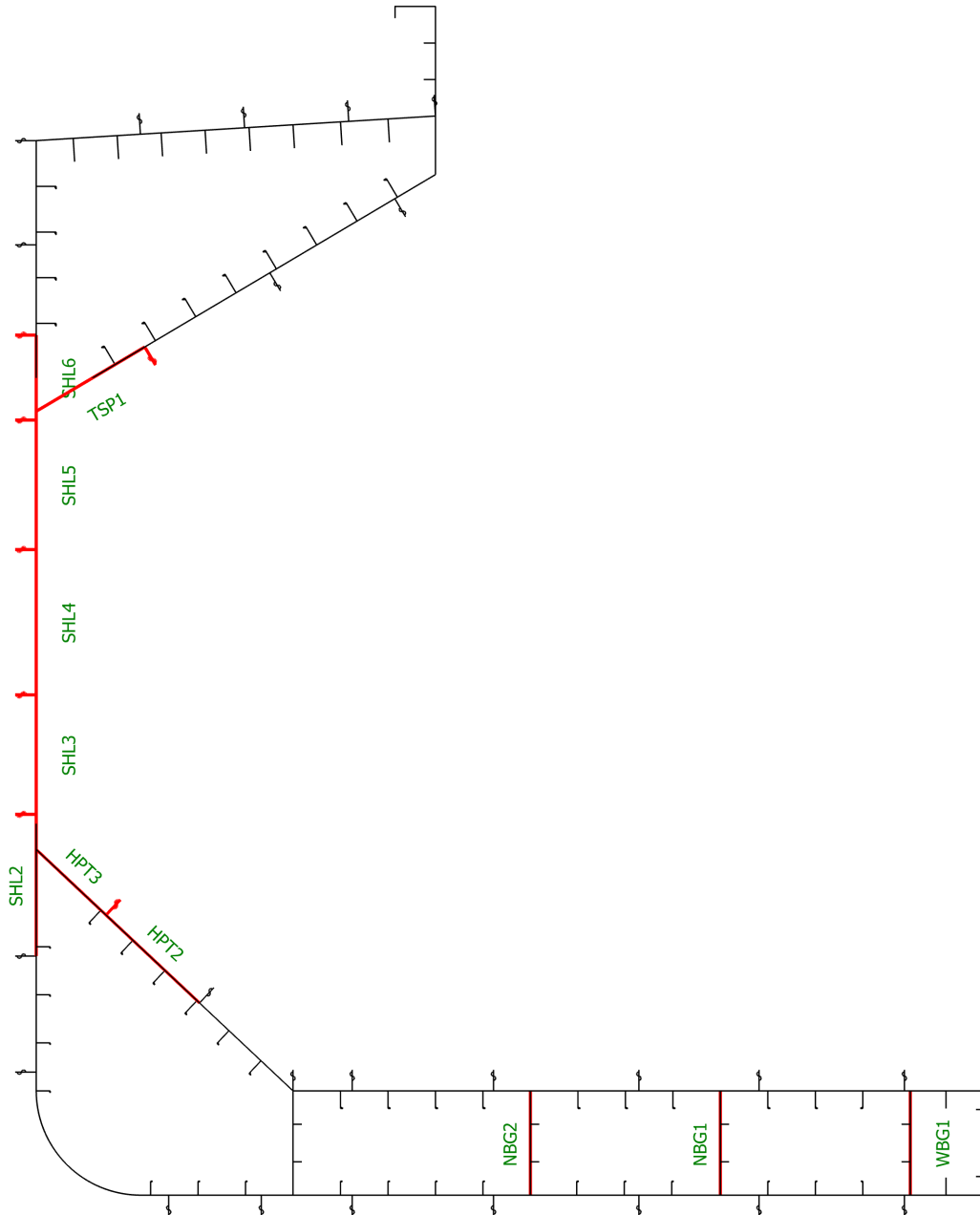
6.4 Summary of Cross Sectional Area and Weight (Port & Starboard)

Density of Steel = 7.850 t/m³

	Strakes		Stiffeners	
	Area (cm ²)	Weight (t/m)	Area (cm ²)	Weight (t/m)
Mild Steel	0.000	0.000	0.000	0.000
HT32	1,110.450	0.872	0.000	0.000
HT36	12,082.874	9.485	3,309.725	2.598
HT40	0.000	0.000	0.000	0.000
Subtotal	13,193.324	10.357	3,309.725	2.598
Total	Strakes & Stiffeners		16,503.049	12.955

6.5 Local Scantlings Requirements

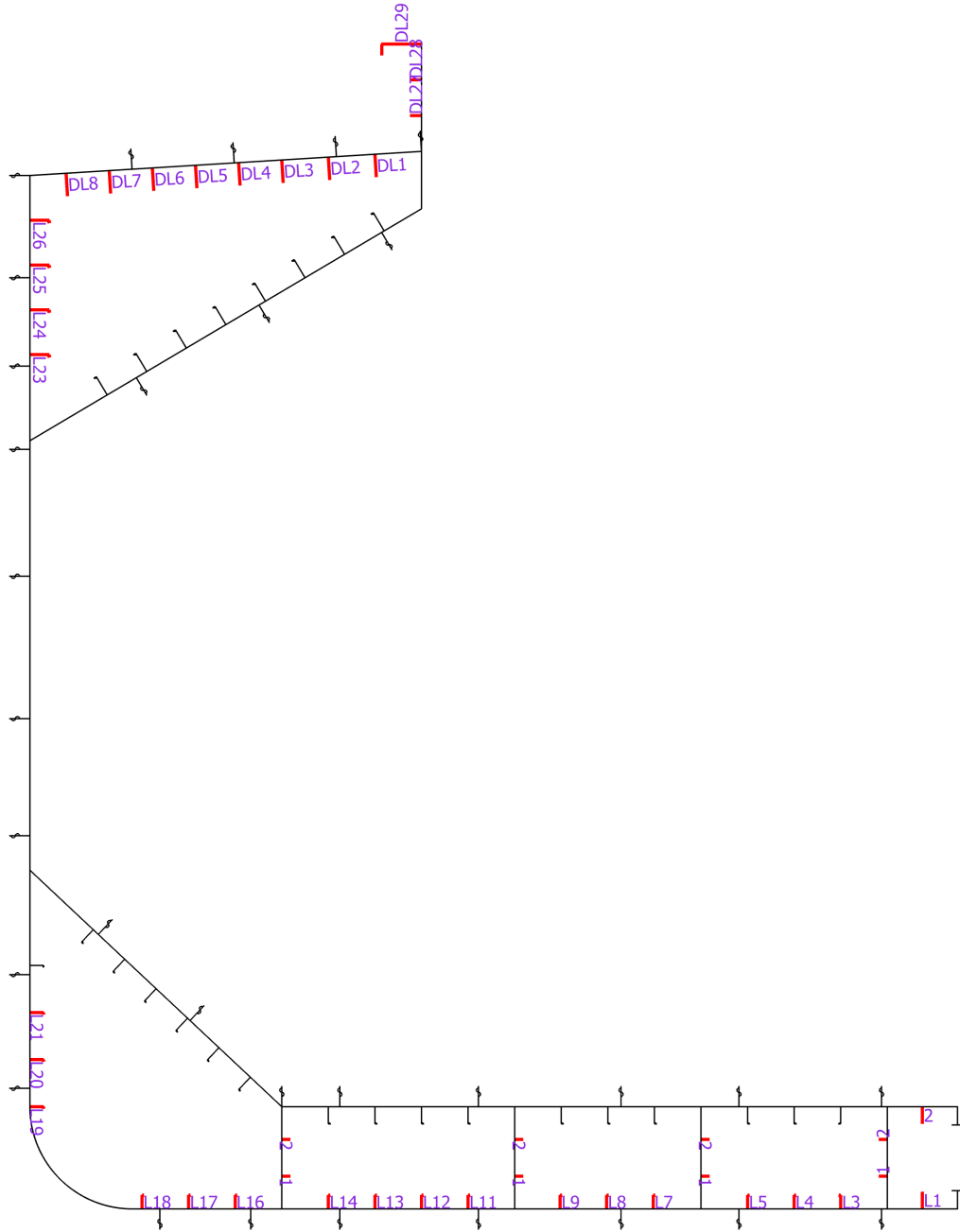
6.5.1 Strakes



Strake Name	Member Type	t_{net} (mm)		t_{grs} (mm)		Material Grade		Buckling Ratio	Corrosion addition, t_c (mm)
		Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered		
KPL1	Keel	15.0	16.0	18.0	19.0	AH	AH36	0.52	3.0
BTM1	Bottom	11.0	15.0	14.0	18.0	AH	AH36	0.56	3.0

Strake Name	Member Type	t _{net} (mm)		t _{grs} (mm)		Material Grade		Buckling Ratio	Corrosion addition, t _c (mm)
		Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered		
BTM2	Bottom	11.0	15.0	14.0	18.0	AH	AH36	0.57	3.0
BTM3	Bottom	11.0	14.0	14.0	17.0	AH	AH36	0.61	3.0
BTM4	Bottom	11.0	13.0	14.0	16.0	AH	AH36	0.67	3.0
BTM5	Bottom	11.0	13.0	14.0	16.0	AH	AH36	0.67	3.0
BTM6	Bottom	11.0	13.0	14.0	16.0	AH	AH36	0.68	3.0
BLG1	Bilge	13.0	13.0	16.0	16.0	AH	AH36	0.68	3.0
SHL1	Side Shell	11.0	12.5	14.0	15.5	AH	AH36	0.59	3.0
SHL2	Side Shell	11.0	12.0	15.0	16.0	DH	DH36	1.43	4.0
SHL3	Side Shell	11.0	12.5	15.0	16.5	AH	DH32	1.45	4.0
SHL4	Side Shell	11.0	12.5	15.0	16.5	AH	AH32	1.45	4.0
SHL5	Side Shell	11.0	12.5	15.0	16.5	AH	AH32	1.45	4.0
SHL6	Side Shell	11.0	13.0	14.5	16.5	AH	AH36	1.31	3.5
SHL7	Side Shell	11.0	13.0	14.5	16.5	AH	AH36	0.97	3.5
WSS1	Welded Sheer Strake	13.0	15.5	16.5	19.0	AH	AH36	0.71	3.5
MDK1	Deck	18.0	18.0	22.0	22.0	DH	DH36	0.68	4.0
MDK2	Deck	9.0	18.0	13.0	22.0	AH	AH36	0.67	4.0
MDK3	Deck	10.0	18.0	14.0	22.0	AH	AH36	0.68	4.0
MDK4	Deck	10.5	18.0	14.5	22.0	AH	AH36	0.69	4.0
INB1	Inner Bottom	15.0	15.5	20.5	21.0	AH	AH36	0.40	5.5
INB2	Inner Bottom	15.0	15.5	20.5	21.0	AH	AH36	0.43	5.5
INB3	Inner Bottom	15.0	15.5	20.5	21.0	AH	AH36	0.45	5.5
INB4	Inner Bottom	15.0	15.5	20.5	21.0	AH	AH36	0.45	5.5
INB5	Inner Bottom	15.0	15.5	20.5	21.0	AH	AH36	0.49	5.5
INB6	Inner Bottom	15.0	15.5	20.5	21.0	AH	AH36	0.49	5.5
HPT1	Hopper	14.0	15.5	19.5	21.0	AH	AH36	0.53	5.5
HPT2	Hopper	14.0	13.0	19.5	18.5	AH	AH36	0.61	5.5
HPT3	Hopper	11.5	9.5	17.0	15.0	AH	AH36	1.12	5.5
TSP1	Topside	10.5	12.0	14.0	15.5	AH	AH36	1.18	3.5
TSP2	Topside	10.0	13.5	14.0	17.5	AH	AH36	0.75	4.0
TSP3	Topside	10.0	13.5	14.0	17.5	AH	AH36	0.81	4.0
TSP4	Topside	10.5	18.0	14.5	22.0	AH	AH36	0.91	4.0
WBG1	Watertight Bottom Girder	16.0	13.5	18.5	16.0	AH	AH36	0.46	2.5
NBG1	Nontight Bottom Girder	9.0	8.5	12.0	11.5	AH	AH36	0.65	3.0
NBG2	Nontight Bottom Girder	9.0	8.5	12.0	11.5	AH	AH36	0.65	3.0
NBG3	Nontight Bottom Girder	9.0	10.0	12.0	13.0	AH	AH36	0.59	3.0
HCO1	Hatch Coaming	11.0	18.5	14.5	22.0		AH32	0.00	3.5

6.5.2 Stiffeners



Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w_net} (mm)			t _{f_net} (mm)		Breadth of Flange b _f (mm)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Fatigue life, T _F (years)		Buckling Ratio	Corrosion addition t _c (mm)	Plastic Net Section Modulus Z _{pl} (cm ³)	
			Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Max Allwd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	PSM			PSM +1	Reqd.
CL1	300x14+200x	AH36	29	1,107	6.0	32.0	12.0	10.0	16.0	75.6	198.0	233	26,889	174.6	166.9	0.46	2.0		1,395

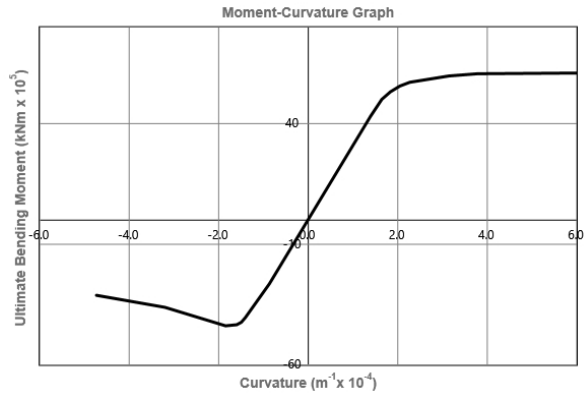
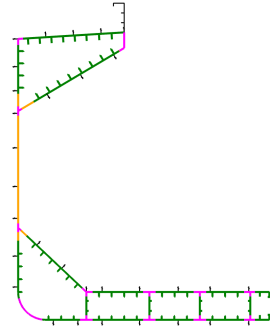
Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w,net} (mm)			t _{f,net} (mm)		Breadth of Flange b _f (mm)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Fatigue life, T _F (years)		Buckling Ratio	Corrosion addition t _c (mm)	Plastic Net Section Modulus Z _{pl} (cm ³)	
			Offered	Reqd.	Reqd.	Max Allwd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	PSM	PSM +1			Reqd.	Offered
	18 T																		
L1	300x14 FB	AH36	29	303	17.0	32.0	12.0					182	8,908	118.6	179.8	0.51	2.0		542
L3	240x12 BP	AH36	394	337	6.5	30.0	9.0					1,820	7,198	335.9	432	0.82	3.0		379
L4	240x12 BP	AH36	394	337	6.5	30.0	9.0					1,820	7,198	314.8	406.3	0.84	3.0		379
L5	240x12 BP	AH36	394	337	6.5	30.0	9.0					1,820	7,198	295.5	382.7	0.83	3.0		379
L7	240x12 BP	AH36	394	337	6.5	30.0	9.0					1,837	7,213	258.2	337	0.84	3.0		379
L8	240x12 BP	AH36	394	335	6.5	28.0	9.0					1,745	7,095	244.2	319.5	0.86	3.0		379
L9	240x12 BP	AH36	389	334	6.5	28.0	9.0					1,711	7,054	232.7	305	0.84	3.0		379
L11	240x12 BP	AH36	394	332	6.5	26.0	9.0					1,659	6,973	204	269.3	0.87	3.0		379
L12	240x12 BP	AH36	394	332	6.5	26.0	9.0					1,634	6,935	192.5	254.8	0.90	3.0		379
L13	240x12 BP	AH36	394	332	6.5	26.0	9.0					1,634	6,935	182.4	242	0.90	3.0		379
L14	240x12 BP	AH36	394	332	6.5	26.0	9.0					1,634	6,935	173	230	0.89	3.0		379
L16	240x12 BP	AH36	396	332	6.5	26.0	9.0					1,634	6,935	156.2	208.5	0.89	3.0		379
L17	240x12 BP	AH36	399	332	6.5	26.0	9.0					1,634	6,935	148.7	198.8	0.90	3.0		379
L18	240x12 BP	AH36	399	332	6.5	26.0	9.0					1,634	6,935	141.6	189.6	0.90	3.0		379
L19	240x12 BP	AH36	348	331	6.5	26.0	9.0					1,643	6,944	77.4	114.7	0.68	3.0		379
L20	240x12 BP	AH36	348	330	6.5	25.0	9.0					1,601	6,880	47.9	70.1	0.59	3.0		379
L21	240x12 BP	AH36	330	330	6.5	25.0	9.0					1,601	6,880	38	55	0.49	3.0		379
L22	240x12 BP	AH36	51	297	6.5	24.0	9.0					239	7,370	358.7	507.8	0.36	3.0		381
L23	340x12 BP	AH36	669	831	9.5	26.0	9.0					7,406	21,426	25.5	45.9	0.67	3.0		955
L24	340x12 BP	AH36	669	789	9.5	26.0	8.0					7,188	20,563	70.3	64.8	0.72	4.0		893
L25	340x12 BP	AH36	650	798	9.5	31.0	8.0					7,890	21,454	74	73.9	0.74	4.0		893
L26	340x12 BP	AH36	620	800	9.5	31.0	8.0					8,086	21,682	63.4	70.2	0.75	4.0		893
DL8	400x22 FB	AH36	519	889	22.5	36.0	18.0					9,867	27,877	91.5	76.3	0.74	4.0		1,440
DL7	400x22 FB	AH36	529	897	22.5	36.0	18.0					10,365	28,514	65.3	75.5	0.76	4.0		1,440
DL6	400x22 FB	AH36	529	897	22.5	36.0	18.0					10,365	28,514	57.5	74.7	0.76	4.0		1,440
DL5	400x22 FB	AH36	528	897	22.5	36.0	18.0					10,365	28,514	64	73.9	0.76	4.0		1,440
DL4	400x22 FB	AH36	516	897	22.5	36.0	18.0					10,365	28,514	63.3	73.1	0.76	4.0		1,440
DL3	400x22 FB	AH36	523	900	22.5	36.0	18.0					10,614	28,810	62.6	72.4	0.79	4.0		1,440
DL2	400x22 FB	AH36	529	903	22.5	36.0	18.0					10,863	29,092	61.9	71.5	0.81	4.0		1,440

Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w,net} (mm)			t _{f,net} (mm)		Breadth of Flange b _f (mm)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Fatigue life, T _F (years)		Buckling Ratio	Corrosion addition t _c (mm)	Plastic Net Section Modulus Z _{pl} (cm ³)	
			Reqd.	Offered	Reqd.	Max Allwd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	PSM	PSM +1			Reqd.	Offered
DL1	400x22 FB	AH36	522	903	22.5	36.0	18.0					10,863	29,092	61.2	70.7	0.82	4.0		1,440
1	300x14 +200x18 T	AH36	51	1,107	6.0	31.0	12.0	10.0	16.0	75.9	198.0	230	26,778	298.4	287.3	0.41	2.0		1,403
2	300x14 FB	AH36	51	303	17.0	31.0	12.0					179	8,924	216.9	337.5	0.45	2.0		546
3	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.59	3.0		650
4	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.60	3.0		650
5	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.59	3.0		650
6	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.59	3.0		650
7	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.60	3.0		650
8	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.59	3.0		650
9	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.60	3.0		650
10	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.61	3.0		650
11	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.61	3.0		650
12	300x11 BP	AH36	439	573	8.0	31.0	8.0					1,976	14,732	400	586.9	0.60	3.0		650
13	300x11 BP	AH36	492	573	8.0	31.0	8.0					1,869	14,491	590.8	867.8	0.50	3.0		650
14	300x11 BP	AH36	482	573	8.0	31.0	8.0					1,869	14,491	814.8	1198.3	0.44	3.0		650
15	300x11 BP	AH36	472	568	8.0	26.0	8.0					1,744	14,092	1145.8	1678.4	0.41	3.0		650
16	300x11 BP	AH36	463	563	8.0	26.0	8.0					1,653	13,777	1458.5	2131	0.38	3.0		650
17	300x11 BP	AH36	454	563	8.0	26.0	8.0					1,653	13,777	1662.8	2399.4	0.35	3.0		650
18	300x11 BP	AH36	49	487	8.0	19.0	8.0					208	14,204	712	1018.9	0.33	3.0		650
1	370x15 BP	AH36	761	1,140	10.0	24.0	12.0					8,151	29,624	142.9	163.6	0.65	3.0		1,364
2	370x15 BP	AH36	761	1,151	10.0	27.0	12.0					8,574	30,628	123.5	141.2	0.68	3.0		1,366
3	370x15 BP	AH36	761	1,155	10.0	27.0	12.0					8,704	30,924	97	123	0.71	3.0		1,366
4	370x15 BP	AH36	761	1,106	10.0	27.0	11.0					8,467	29,917	94.4	107.8	0.75	4.0		1,291
5	370x15 BP	AH36	737	1,106	10.0	27.0	11.0					8,467	29,917	83.6	95.4	0.79	4.0		1,291
6	370x15 BP	AH36	707	1,106	10.0	27.0	11.0					8,467	29,917	74.6	85	0.82	4.0		1,291
7	370x15 BP	AH36	674	1,106	10.0	27.0	11.0					8,467	29,917	66.9	76.8	0.85	4.0		1,291
8	370x15 BP	AH36	640	1,124	10.0	36.0	11.0					9,401	31,675	60.6	70.6	0.88	4.0		1,291
1	150x11 FB	AH36	35	59	8.5	27.0	8.0					124	908	178.1	160.7	0.29	3.0		90
2	150x11 FB	AH36	34	59	8.5	27.0	8.0					124	908	238.2	214.3	0.26	3.0		90

Stiffener Name	Stiffener Profile	Material Grade	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w_net} (mm)			t _{f_net} (mm)		Breadth of Flange b _f (mm)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Fatigue life, T _F (years)		Buckling Ratio	Corrosion addition t _c (mm)	Plastic Net Section Modulus Z _{pl} (cm ³)	
			Reqd.	Offered	Reqd.	Max Allwd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered			PSM	PSM +1
1	150x11 FB	AH36	16	60	8.5	17.0	8.0					764	811	201.4	177.6	0.84	3.0		90
2	150x11 FB	AH36	16	60	8.5	17.0	8.0					764	811	268.6	236.4	0.75	3.0		90
1	150x11 FB	AH36	16	60	8.5	17.0	8.0					764	811	201.4	177.6	0.84	3.0		90
2	150x11 FB	AH36	16	60	8.5	17.0	8.0					764	811	268.6	236.4	0.76	3.0		90
1	150x11 FB	AH36	16	61	8.5	20.0	8.0					869	844	201.4	177.6	0.82	3.0		90
2	150x11 FB	AH36	16	61	8.5	20.0	8.0					869	844	268.6	236.4	0.75	3.0		90
DL27	200x12 FB	AH32	78	127	10.5	37.0	9.0					1,406	2,432	69.8	59.2		3.0		180
DL28	200x12 FB	AH32	78	127	10.5	37.0	9.0					1,407	2,432	61.6	52.5		3.0		180
DL29	700x18 +200x14 L3	AH32	79	3,358	11.0	37.0	15.0	20.0	11.0	175.1	200.0	2,799	156,452	54.9	46.9		3.0		3,516

6.6 Hull Girder Ultimate Strength

■ Ultimate bending moment ■ Ultimate curvature ■ Ultimate moment



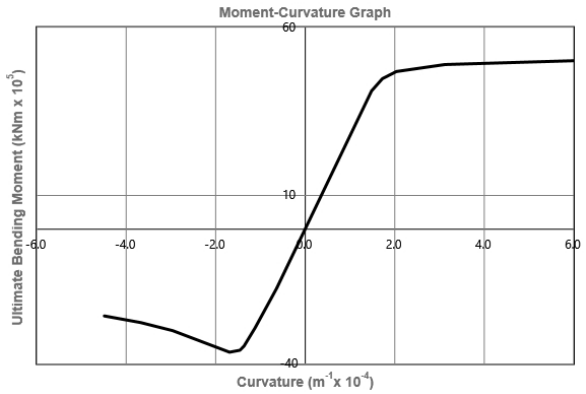
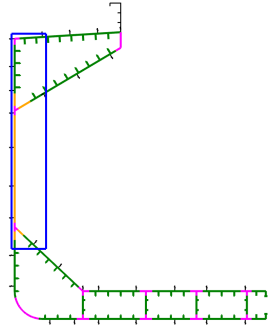
$$\gamma_S = 1.00 \quad \gamma_W = 1.20 \quad \gamma_M = 1.10$$

S.No.	Properties	Scenario-A Seagoing		Scenario-A Harbour		Scenario-A Flooding	
		Hogging	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	Sagging
1	f_b	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00
2	γ_{DB}	1.25	1.00	1.25	1.00	1.00	1.00
3	$\gamma_R = (\gamma_M \times \gamma_{DB})$	1.38	1.10	1.38	1.10	1.10	1.10
4	Permissible still water bending moment, M_{sw-u} (kNm)	1,749,244	-1,199,481	2,491,922	-2,007,132	2,239,032	-2,209,045
5	Vertical wave bending moment, M_{wv} (kNm)	1,602,175	-1,669,288	640,870	-667,715	1,281,740	-1,335,431
6	Vertical bending moment $M = (\gamma_S \times M_{sw-u} + \gamma_W \times f_b \times M_{wv})$ (kNm)	3,767,985	-3,302,784	3,260,967	-2,808,390	3,777,120	-3,811,561
7	Vertical hull girder ultimate bending capacity, M_u (kNm)	6,104,866	-4,394,505	6,104,866	-4,394,505	6,104,866	-4,394,505
8	Hull girder curvature at ultimate moment, χ	6.509E-04	-1.775E-04	6.509E-04	-1.775E-04	6.509E-04	-1.775E-04
9	M_u/γ_R (kNm)	4,439,903	-3,995,005	4,439,903	-3,995,005	5,549,879	-3,995,005
10	Criteria ($M \leq M_u/\gamma_R$)	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

6.7 Hull Girder Residual Strength

6.7.1 Collision

■ Ultimate ultimate moment
■ Ultimate ultimate moment
■ Final ultimate moment
■ No damage
■ No damage
■ No damage

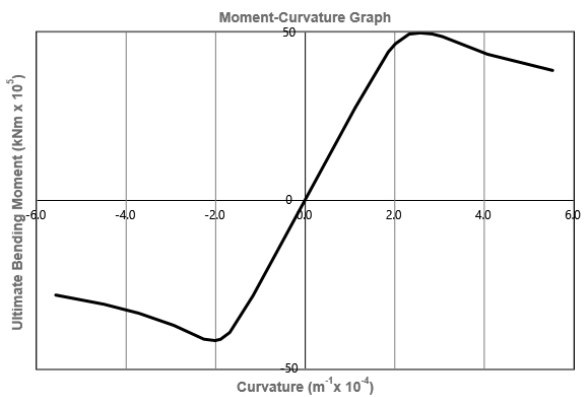
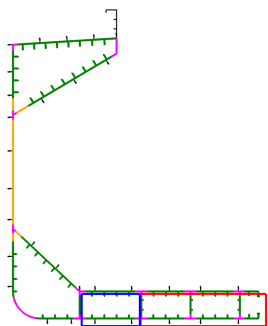


$$\gamma_{RD} = 1.00, \quad \gamma_{SD} = 1.10, \quad \gamma_{WD} = 0.67, \quad C_{NA} = 1.10$$

S.No.	Properties	Seagoing	
		Hogging	Sagging
1	Permissible still water bending moment, M_{SW-D} (kNm)	1,749,244	-1,199,481
2	Vertical wave bending moment, M_{wv} (kNm)	1,602,175	-1,669,288
3	Vertical bending moment in the damaged condition, $M_D = (\gamma_{SD} \times M_{SW-D} + \gamma_{WD} \times M_{wv})$ (kNm)	2,997,625	-2,437,852
4	Vertical hull girder ultimate bending capacity in the damaged condition, M_{UD} (kNm)	5,047,675	-3,658,351
5	Hull girder curvature at ultimate moment, γ	1.267E-03	-1.64E-04
6	$M_{UD} / (\gamma_{RD} * C_{NA})$ (kNm)	4,588,796	-3,325,773
7	Criteria ($M_D \leq M_{UD} / (\gamma_{RD} * C_{NA})$)	Pass	Pass

6.7.2 Grounding

■ Ultimate ultimate moment
■ Ultimate ultimate moment
■ Final ultimate moment
■ No damage
■ No damage
■ No damage



$$\gamma_{RD} = 1.00, \quad \gamma_{SD} = 1.10, \quad \gamma_{WD} = 0.67, \quad C_{NA} = 1.00$$

S.No.	Properties	Seagoing	
		Hogging	Sagging
1	Permissible still water bending moment, M_{sw-D} (kNm)	1,749,244	-1,199,481
2	Vertical wave bending moment, M_{wv} (kNm)	1,602,175	-1,669,288
3	Vertical bending moment in the damaged condition, $M_D = (\gamma_{SD} \times M_{sw-D} + \gamma_{WD} \times M_{wv})$ (kNm)	2,997,625	-2,437,852
4	Vertical hull girder ultimate bending capacity in the damaged condition, M_{UD} (kNm)	4,978,851	-4,164,342
5	Hull girder curvature at ultimate moment, χ	2.554E-04	-2.069E-04
6	$M_{UD} / (\gamma_{RD} * C_{NA})$ (kNm)	4,978,851	-4,164,342
7	Criteria ($M_D \leq M_{UD} / (\gamma_{RD} * C_{NA})$)	Pass	Pass

Appendix A - Reference Tables

Rule Coverage

The following table provides the out of scope items for CSR Prescriptive Analysis v2.5.

Rule Reference	Remarks
1-2-2/1.1.4/Table 1	For Bulk Carriers the number of bulkheads requirement is not covered.
1-2-2/2.1	The extent and position of the collision bulkhead is to be determined by the user.
1-2-3/7.1.1	Ship's draft and trim requirements are not covered.
1-3-1/2.3.1/Table 3, C9	The Material grade requirements for end brackets and deckhouse transition of longitudinal cargo hatch coamings are not covered.
1-3-1/2.3.1/Table 6	Material grade requirements for lower bracket of ordinary side frame are not covered.
1-3-1/2.3.1/Table 7	Material grade requirements for shell strakes in way of ice strengthening area for plates are not covered.
1-3-1/4.4.1	Material factor for aluminium alloy is to be entered by the user.
1-3-3/1.2.1/Table 1	The corrosion addition for chain locker is not covered.
1-3-6/3.2	Bracketed end connections of non-continuous stiffeners are not covered.
1-3-6/3.4	Requirements for sniped ends stiffener given in this section are not covered.
1-3-6/7.1.6	Spacing check between duct keel girder is not covered.
1-3-6/7.5	Bilge keel requirements are not covered.
1-3-6/8.2.4	Radius and seam location checks for rounded sheer strake are not covered.
1-3-6/8.2.4	Requirement of sheer strake breadth is not covered.
1-3-6/9.2.1	Web depth check for deck longitudinals is not covered.
1-3-6/10.4.3	The requirements for depth of corrugation are not covered.
1-3-6/10.5	Non-tight bulkhead requirements are not covered.
1-3-7/1.1.5	Effective span of stiffeners supported by struts is not covered.
1-3-7/1.3.3	Effective area of attached plating and flanges for offered section modulus of PSM, is not covered.
1-4-3/2.1.1/Table 1	Optional conditions that have a draught greater than $0.9T_{SC}$ is not covered.
1-4-5/4	External pressures on superstructure and deckhouses are not covered.
1-4-5/5	External pressure on hatch covers is not covered.
1-4-6/3.2	The double bottom in cargo hold region of a Bulk Carrier in flooded conditions is not covered.
1-4-6/5.2	Pressure due to distributed load on internal decks and platforms is not covered.
1-4-6/5.3	Concentrated force due to unit load on internal decks and platforms is not covered.
1-4-6/6.4	The modelling and assessment of longitudinal wash bulkhead is not covered.
1-4-6/7.1.1	Design testing load height for chain locker and ballast duct are not covered.
1-5-1/2.4.2	Longitudinal extent of HT steel is not covered.
1-5-1/3.6	Shear force correction for Bulk carriers is not covered.
1-6-4/2.2.5	Hull envelope framing in bilge area is not covered.
1-6-5/1.1.4	Plate and stiffener of different material requirement is not covered in the reports.
1-8-1/2.1.3	Under longitudinal members, buckling assessment of enlarged stiffeners (PMA) with web stiffening is not covered.
1-8-3/3.5	Buckling assessment of horizontally corrugated longitudinal bulkhead is not covered.
1-9-1/1.1.2	Fatigue cracks initiating from free edge of non-welded details are not covered.
1-9-3/3.1.3	Fatigue stress range for base material free edge is not covered.
1-9-3/3.2.1(b)	The mean stress correction factor for base material is not covered.
1-9-3/3.2.2	Mean stress for base material free edge is not covered.
1-9-3/4.2.2	S-N curve for base material free edge is not covered.
1-9-3/4.2.3	Surface finishing factor is not covered.
1-9-3/6	Weld Improvement Methods are not covered.
1-9-3/7	Not covered.
1-9-4/5.2.2	For fatigue assessment, Other connect types are not covered.
1-9-4/5.2.3	For fatigue assessment, overlapped connections are not covered.
1-9-4/5.2.4	For fatigue assessment, end stiffener without connection to a web stiffener are not covered.
1-9-4/5.2.5	Soft toe of web stiffener and backing bracket are not covered.
1-9-4/5.2.6	Recommended detail designs are not covered. While defining end connections, care should be taken with the recommended design.
1-10-1/3	Sections 3.2 and 3.3 are covered except 3.3.6 (g). All other sections are not covered.
1-10-4/1.3.7	Additional sloshing impact assessment is not covered.

1-11	Not covered.
1-12	Not covered.
1-13	Not covered.
2-1-1	Not covered.
2-1-2/2	Corrosion protection is not covered.
2-1-2/3.1.3	Girder spacing is not covered.
2-1-2/3.1.4	Floor spacing is not covered.
2-1-2/3.3.1	Web frame spacing in topside tanks check is not covered.
2-1-2/3.3.4	Openings in strength deck, corner of hatchway is not covered.
2-1-4/2	Struts connecting stiffeners are not covered.
2-1-4/4.5	Stringers of double side structures for Bulk Carrier having $L < 150m$ are not covered.
2-1-5	2-1-5/6.3.1 and 6.3.2 are covered except the end span of stiffeners at the coaming corners. All other sections are not covered.
2-2-3/1.2.1/Table 1	Design load sets for double bottom girder are not covered.
2-2-3/1.4	Double bottom girder requirements are not covered.
2-2-4	Not covered.

Rule Implementation Assumptions

Rule Reference	Rule Implementation Assumptions
1-3-7/1.1	Effective spans are unable to idealize an integrated bracket based on the end connection types available. When an integrated bracket is arranged for vertical stiffeners on WT BHD in COT, the end connection can be left blank and the effective bending span and shear span under the stiffener property will need to be overridden.
1-4-4/2.3.5	For Bulk Carriers, the permissible vertical still water shear force in flooded condition at sea is taken as user defined, with no comparison to the user defined permissible vertical still water shear force in seagoing conditions.
1-4-6/Symbol, 6.3	For cargo tanks with a heavy liquid cargo density equal to ρ_{part} associated with a partially filled cargo tank, the filling levels are currently calculated based on the maximum tank height instead of h_{part} , for example, from $0.05 h_{max}$ to h_{part} in $0.05 h_{max}$ increments. The difference of the filling level reduces the accuracy of sloshing pressure for cargo tanks with a heavy liquid cargo density.
1-5-1 1-5-2 1-5-3	The hull girder yielding strength, ultimate strength and residual calculation considers the moulded line between strake and stiffener.
1-5-1/3.5	Buttress is identified based on the load breadth acting on the lowest stringer b_{st-k} . When user defined b_{st-k} is less than 90% of half value of total breadth for abreast cargo tanks the presence of buttress is assumed. Where, the abreast cargo tanks are port and starboard tanks for a ship with centreline longitudinal bulkhead, port and centre tanks for a ship with two longitudinal bulkheads between the cargo tanks.
1-5/Appendix 1	The direct calculation of shear flow does not consider the moulded line between strake and stiffener, but follows Appendix 1 of the Rule calculation procedure.
1-6-4/1.2.2	In the case of longitudinal corrugated bulkhead, built-up corrugations with a flange and web plate of different thickness requirement is currently applied to those with a flange and web plate of the same thickness.
1-6-5/1.1.1	In the case of vertical stiffener in plane bulkhead, both ends of the stiffener are considered as fixed. Stiffeners with reduced end fixity are not considered. Shear force distribution factor f_{shr} will be taken equal to 0.7
1-6-5/1.1.2	Bending moment factor f_{bdg} will be taken equal to 10.
1-6-5/1.1.4	The different material requirement of plate and stiffener is not displayed in the Summary or Intermediate windows. However, this is displayed in the Detail window.
1-8-1/2.1.3	The material of the PMA web stiffener is assumed to be the same as the PMA stiffener.
1-8-2/3.1.3	The bending stiffness of stiffeners takes the effective bending span instead of the total span for the length of stiffener between effective supports, l (m).
1-8-5/3.1.3	In the case of the cross tie on transverse web in COT, only the first and fourth configurations of table 7 are covered by CSR Prescriptive Analysis.
1-9-4/5.2 Table 4	Where the longitudinal stiffener is a flat bar and there is a web stiffener/bracket welded to the flat bar stiffener, the stress concentration factor listed in the table 4 is not multiplied by a factor of 1.12 assuming that the thickness of attachment is thinner than the 0.7 times thickness of flat bar stiffener. This is because the Longitudinal Assessment has no information of the web stiffener/bracket.
1-9-4/2.1	In the case of Finite Element method, stresses due to relative displacement in wave, σ_{dD} , is considered as zero if there is no relative displacement data.
1-9-4/4.2	For Not Inline bulkheads, relative displacement is not covered.
1-10-4	For sloshing requirement PMA is considered as ordinary stiffener.
2-1-4/4.3	Centre girders and side girders are assessed based on the dynamic load cases without static load cases.
2-1-4/4.5.1	The distance between upper end of hopper tank and the lower end of topside tank in mid hold h_{DS} is the same as that of the referenced longitudinal section.
2-2-3/1.1.2	The section modulus and shear area criteria for primary supporting members are not applicable to the lowest horizontal stringer fitted with buttress or other intermediate supports.
2-2-3/1	The thickness of a welded type bracket is considered the same as that of an adjacent transverse web. The welded type bracket will appear in transverse web in COT and horizontal stringer(s) of WT BHD in COT. When a welded type bracket faces multiple transverse webs with a different thickness, the lowest thickness is taken for the thickness of the welded type bracket and used for the cross sectional property calculation.

CSR Prescriptive Analysis



Summary Report

UNIWA Master's degree

16 Feb. 2022

v2.5.5.214

FRAMES IN CARGO HOLD No. 3 & 4

Table of Contents

1.0 Transverse Assessment	1
Fr.112+0mm, x = 93.12 m	1
1.1 Scantlings Requirements	1
1.1.1 Side Frame	1
2.0 Transverse Assessment	3
Fr.86+0mm, x = 70.76 m	3
2.1 Scantlings Requirements	3
2.1.1 Side Frame	3
Appendix A - Reference Tables	5
Rule Coverage	5
Rule Implementation Assumptions	7

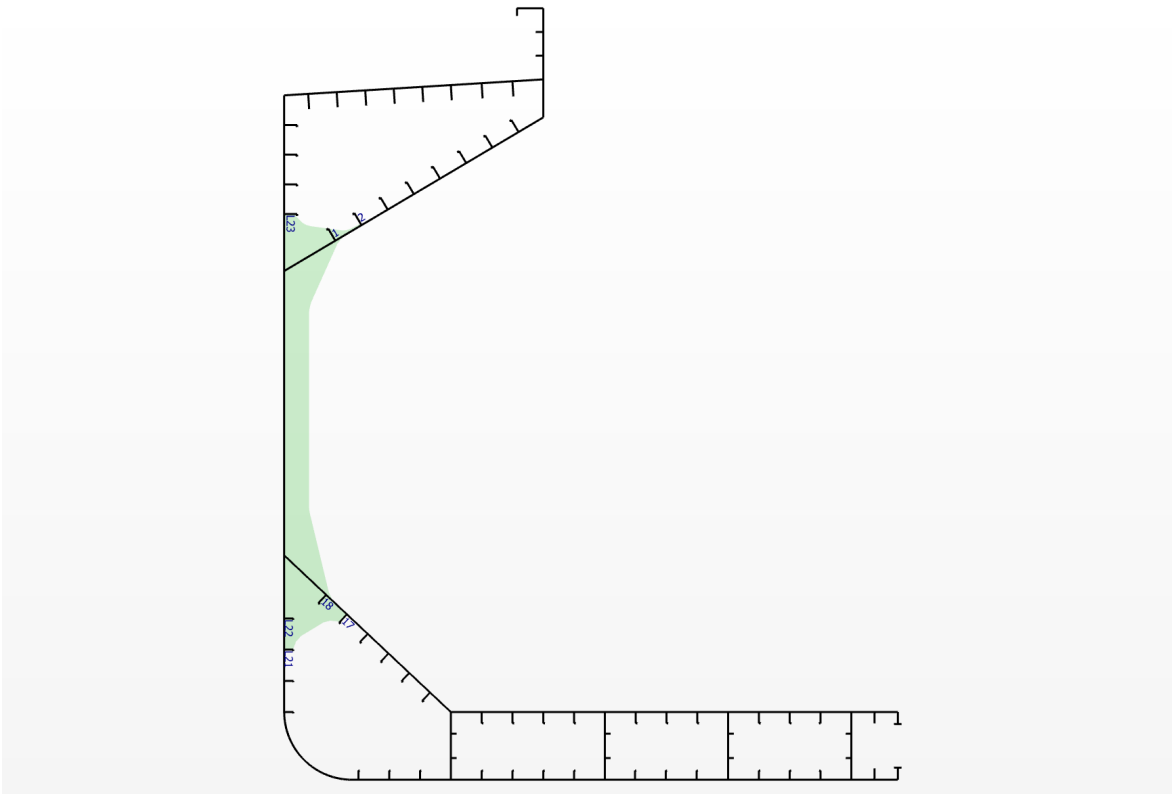
1.0 Transverse Assessment

Fr.112+0mm, x = 93.12 m

1.1 Scantlings Requirements

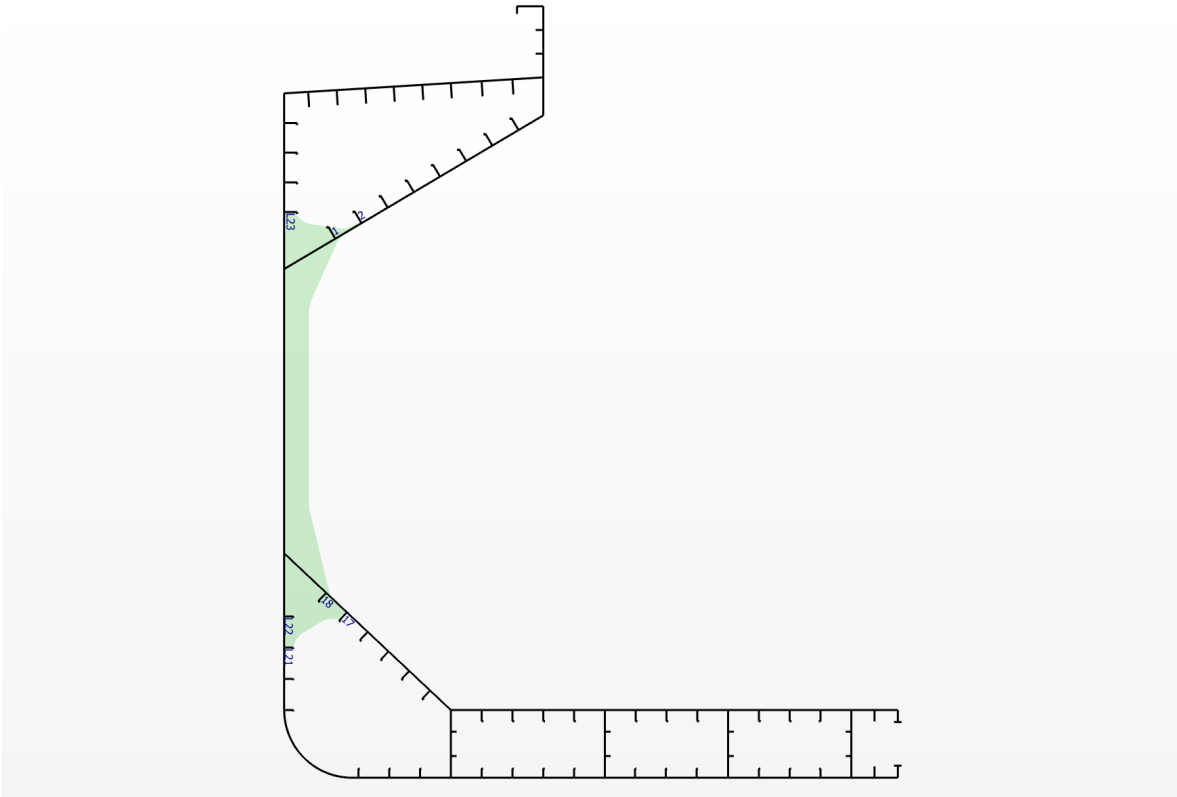
1.1.1 Side Frame

Side Frame



Structure	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w_net} (mm)			t _{f_net} (mm)		Net Shear area, A _{shr-n50} (cm ²)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Material	Buckling Ratio	Height & Length	Radius (mm)		Corrosion Addition t _c (mm)
	Reqd.	Offered	Reqd.	Max Allwd	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered				Reqd.	Offered	
Upper Bracket	3,836	6,230	11.5		11.5							AH32		Pass	648	1,000	4.5
Middle Part	1,918	3,052	10.0	26.0	11.5	8.5	15.5	21	79	10,365	144,750	AH32	0.66				4.5
Lower Bracket	3,836	5,885	13.0		13.0							DH32		Fail	540	1,000	5.0

Connecting Bracket



Connecting Bracket	Net Section Modulus Capacity (cm ³ -m)		Net moment of connecting bracket (KN-m)		Material
	Required	Offered	Required	Offered	Offered
Upper	3,043	6,792	11,165	26,022	A
Lower	1,521	4,029	22,330	56,108	A

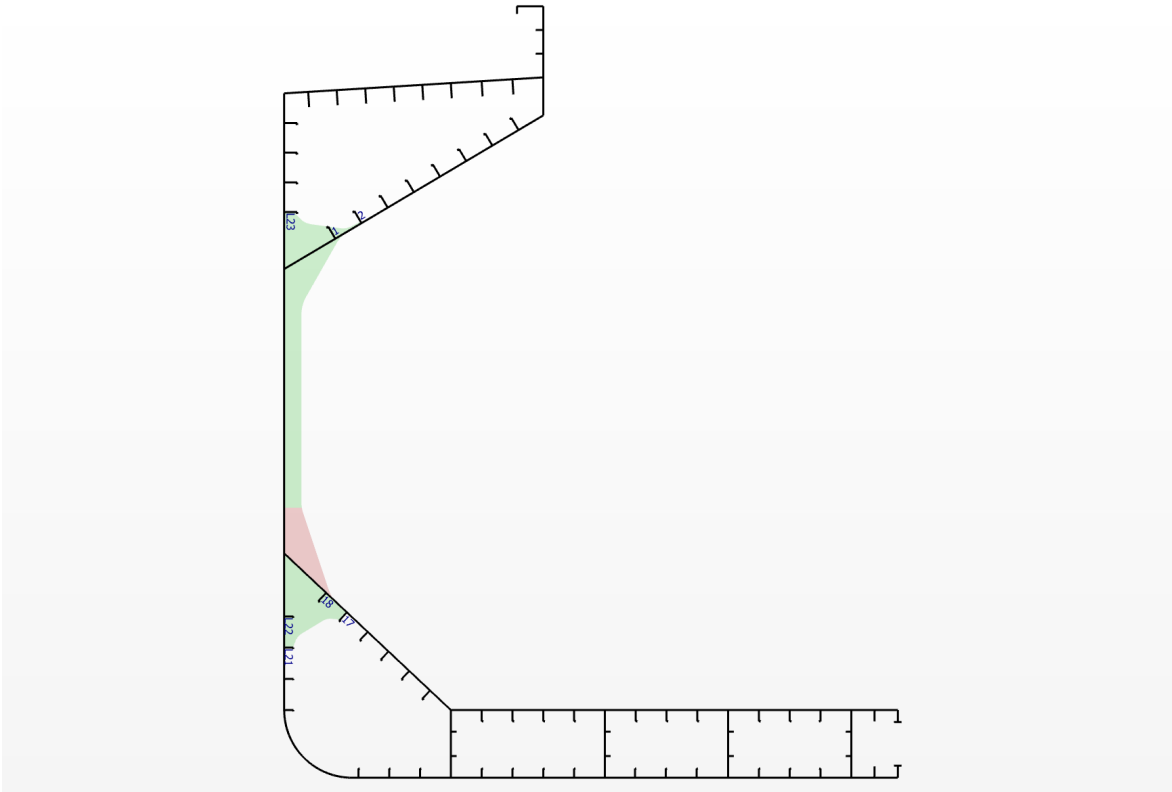
2.0 Transverse Assessment

Fr.86+0mm, x = 70.76 m

2.1 Scantlings Requirements

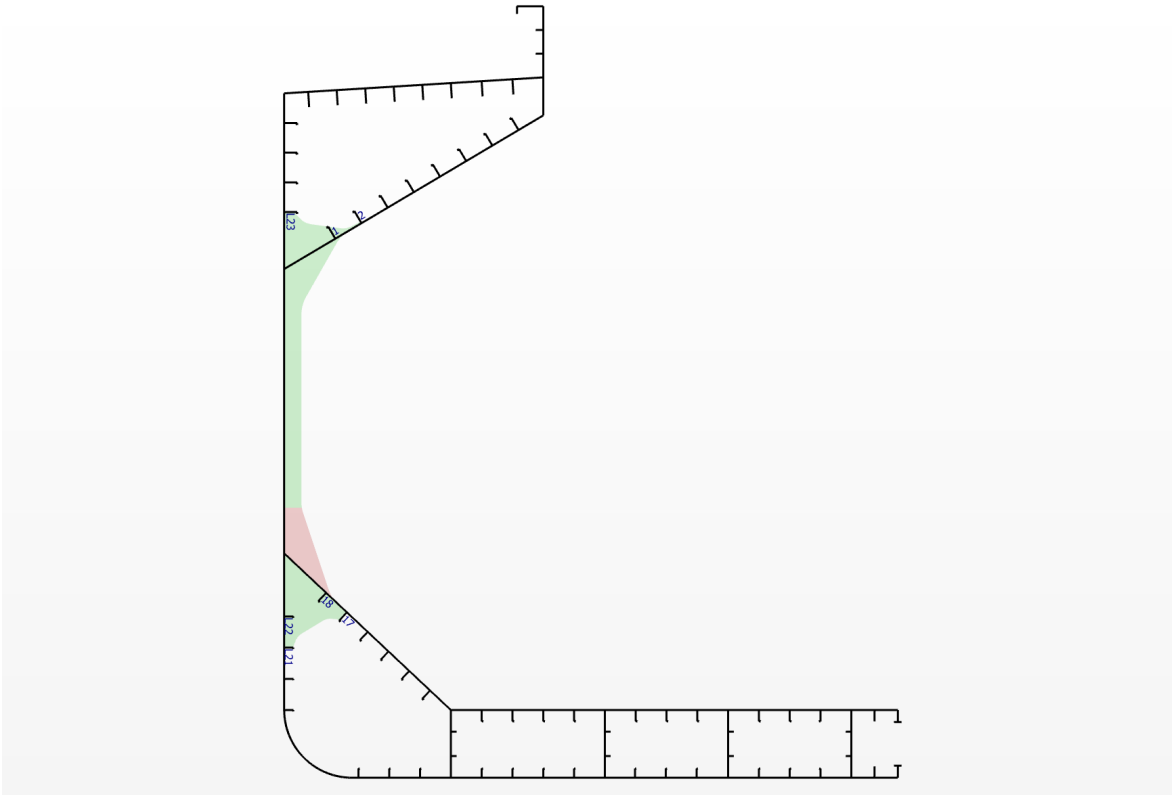
2.1.1 Side Frame

Side Frame



Structure	Net Section Modulus Z (cm ³)		t _{w_net} (mm)			t _{f_net} (mm)		Net Shear area, A _{shr-n50} (cm ²)		Net moment of inertia, I (cm ⁴)		Material	Buckling Ratio	Height & Length	Radius (mm)		Corrosion Addition t _c (mm)
	Reqd.	Offered	Reqd.	Max Allwd	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered	Reqd.	Offered				Reqd.	Offered	
Upper Bracket	2,414	4,266	9.5		9.5							AH32		Pass	640	1,000	4.5
Middle Part	1,207	1,375	9.5	26.0	9.5	7.5	11.5	20	45	8,129	50,280	AH32	0.96				4.5
Lower Bracket	2,414	3,241	11.0		9.0							DH32		Pass	640	1,000	5.0

Connecting Bracket



Connecting Bracket	Net Section Modulus Capacity (cm ³ -m)		Net moment of connecting bracket (KN-m)		Material
	Required	Offered	Required	Offered	Offered
Upper	2,960	6,792	10,862	26,022	A
Lower	1,480	4,029	21,725	56,108	A

Appendix A - Reference Tables

Rule Coverage

The following table provides the out of scope items for CSR Prescriptive Analysis v2.5.

Rule Reference	Remarks
1-2-2/1.1.4/Table 1	For Bulk Carriers the number of bulkheads requirement is not covered.
1-2-2/2.1	The extent and position of the collision bulkhead is to be determined by the user.
1-2-3/7.1.1	Ship's draft and trim requirements are not covered.
1-3-1/2.3.1/Table 3, C9	The Material grade requirements for end brackets and deckhouse transition of longitudinal cargo hatch coamings are not covered.
1-3-1/2.3.1/Table 6	Material grade requirements for lower bracket of ordinary side frame are not covered.
1-3-1/2.3.1/Table 7	Material grade requirements for shell strakes in way of ice strengthening area for plates are not covered.
1-3-1/4.4.1	Material factor for aluminium alloy is to be entered by the user.
1-3-3/1.2.1/Table 1	The corrosion addition for chain locker is not covered.
1-3-6/3.2	Bracketed end connections of non-continuous stiffeners are not covered.
1-3-6/3.4	Requirements for sniped ends stiffener given in this section are not covered.
1-3-6/7.1.6	Spacing check between duct keel girder is not covered.
1-3-6/7.5	Bilge keel requirements are not covered.
1-3-6/8.2.4	Radius and seam location checks for rounded sheer strake are not covered.
1-3-6/8.2.4	Requirement of sheer strake breadth is not covered.
1-3-6/9.2.1	Web depth check for deck longitudinals is not covered.
1-3-6/10.4.3	The requirements for depth of corrugation are not covered.
1-3-6/10.5	Non-tight bulkhead requirements are not covered.
1-3-7/1.1.5	Effective span of stiffeners supported by struts is not covered.
1-3-7/1.3.3	Effective area of attached plating and flanges for offered section modulus of PSM, is not covered.
1-4-3/2.1.1/Table 1	Optional conditions that have a draught greater than $0.9T_{SC}$ is not covered.
1-4-5/4	External pressures on superstructure and deckhouses are not covered.
1-4-5/5	External pressure on hatch covers is not covered.
1-4-6/3.2	The double bottom in cargo hold region of a Bulk Carrier in flooded conditions is not covered.
1-4-6/5.2	Pressure due to distributed load on internal decks and platforms is not covered.
1-4-6/5.3	Concentrated force due to unit load on internal decks and platforms is not covered.
1-4-6/6.4	The modelling and assessment of longitudinal wash bulkhead is not covered.
1-4-6/7.1.1	Design testing load height for chain locker and ballast duct are not covered.
1-5-1/2.4.2	Longitudinal extent of HT steel is not covered.
1-5-1/3.6	Shear force correction for Bulk carriers is not covered.
1-6-4/2.2.5	Hull envelope framing in bilge area is not covered.
1-6-5/1.1.4	Plate and stiffener of different material requirement is not covered in the reports.
1-8-1/2.1.3	Under longitudinal members, buckling assessment of enlarged stiffeners (PMA) with web stiffening is not covered.
1-8-3/3.5	Buckling assessment of horizontally corrugated longitudinal bulkhead is not covered.
1-9-1/1.1.2	Fatigue cracks initiating from free edge of non-welded details are not covered.
1-9-3/3.1.3	Fatigue stress range for base material free edge is not covered.
1-9-3/3.2.1(b)	The mean stress correction factor for base material is not covered.
1-9-3/3.2.2	Mean stress for base material free edge is not covered.
1-9-3/4.2.2	S-N curve for base material free edge is not covered.
1-9-3/4.2.3	Surface finishing factor is not covered.
1-9-3/6	Weld Improvement Methods are not covered.
1-9-3/7	Not covered.
1-9-4/5.2.2	For fatigue assessment, Other connect types are not covered.
1-9-4/5.2.3	For fatigue assessment, overlapped connections are not covered.
1-9-4/5.2.4	For fatigue assessment, end stiffener without connection to a web stiffener are not covered.
1-9-4/5.2.5	Soft toe of web stiffener and backing bracket are not covered.
1-9-4/5.2.6	Recommended detail designs are not covered. While defining end connections, care should be taken with the recommended design.
1-10-1/3	Sections 3.2 and 3.3 are covered except 3.3.6 (g). All other sections are not covered.
1-10-4/1.3.7	Additional sloshing impact assessment is not covered.

1-11	Not covered.
1-12	Not covered.
1-13	Not covered.
2-1-1	Not covered.
2-1-2/2	Corrosion protection is not covered.
2-1-2/3.1.3	Girder spacing is not covered.
2-1-2/3.1.4	Floor spacing is not covered.
2-1-2/3.3.1	Web frame spacing in topside tanks check is not covered.
2-1-2/3.3.4	Openings in strength deck, corner of hatchway is not covered.
2-1-4/2	Struts connecting stiffeners are not covered.
2-1-4/4.5	Stringers of double side structures for Bulk Carrier having $L < 150m$ are not covered.
2-1-5	2-1-5/6.3.1 and 6.3.2 are covered except the end span of stiffeners at the coaming corners. All other sections are not covered.
2-2-3/1.2.1/Table 1	Design load sets for double bottom girder are not covered.
2-2-3/1.4	Double bottom girder requirements are not covered.
2-2-4	Not covered.

Rule Implementation Assumptions

Rule Reference	Rule Implementation Assumptions
1-3-7/1.1	Effective spans are unable to idealize an integrated bracket based on the end connection types available. When an integrated bracket is arranged for vertical stiffeners on WT BHD in COT, the end connection can be left blank and the effective bending span and shear span under the stiffener property will need to be overridden.
1-4-4/2.3.5	For Bulk Carriers, the permissible vertical still water shear force in flooded condition at sea is taken as user defined, with no comparison to the user defined permissible vertical still water shear force in seagoing conditions.
1-4-6/Symbol, 6.3	For cargo tanks with a heavy liquid cargo density equal to ρ_{part} associated with a partially filled cargo tank, the filling levels are currently calculated based on the maximum tank height instead of h_{part} , for example, from $0.05 h_{max}$ to h_{part} in $0.05 h_{max}$ increments. The difference of the filling level reduces the accuracy of sloshing pressure for cargo tanks with a heavy liquid cargo density.
1-5-1 1-5-2 1-5-3	The hull girder yielding strength, ultimate strength and residual calculation considers the moulded line between strake and stiffener.
1-5-1/3.5	Buttress is identified based on the load breadth acting on the lowest stringer b_{st-k} . When user defined b_{st-k} is less than 90% of half value of total breadth for abreast cargo tanks the presence of buttress is assumed. Where, the abreast cargo tanks are port and starboard tanks for a ship with centreline longitudinal bulkhead, port and centre tanks for a ship with two longitudinal bulkheads between the cargo tanks.
1-5/Appendix 1	The direct calculation of shear flow does not consider the moulded line between strake and stiffener, but follows Appendix 1 of the Rule calculation procedure.
1-6-4/1.2.2	In the case of longitudinal corrugated bulkhead, built-up corrugations with a flange and web plate of different thickness requirement is currently applied to those with a flange and web plate of the same thickness.
1-6-5/1.1.1	In the case of vertical stiffener in plane bulkhead, both ends of the stiffener are considered as fixed. Stiffeners with reduced end fixity are not considered. Shear force distribution factor f_{shr} will be taken equal to 0.7
1-6-5/1.1.2	Bending moment factor f_{bdg} will be taken equal to 10.
1-6-5/1.1.4	The different material requirement of plate and stiffener is not displayed in the Summary or Intermediate windows. However, this is displayed in the Detail window.
1-8-1/2.1.3	The material of the PMA web stiffener is assumed to be the same as the PMA stiffener.
1-8-2/3.1.3	The bending stiffness of stiffeners takes the effective bending span instead of the total span for the length of stiffener between effective supports, l (m).
1-8-5/3.1.3	In the case of the cross tie on transverse web in COT, only the first and fourth configurations of table 7 are covered by CSR Prescriptive Analysis.
1-9-4/5.2 Table 4	Where the longitudinal stiffener is a flat bar and there is a web stiffener/bracket welded to the flat bar stiffener, the stress concentration factor listed in the table 4 is not multiplied by a factor of 1.12 assuming that the thickness of attachment is thinner than the 0.7 times thickness of flat bar stiffener. This is because the Longitudinal Assessment has no information of the web stiffener/bracket.
1-9-4/2.1	In the case of Finite Element method, stresses due to relative displacement in wave, σ_{dD} , is considered as zero if there is no relative displacement data.
1-9-4/4.2	For Not Inline bulkheads, relative displacement is not covered.
1-10-4	For sloshing requirement PMA is considered as ordinary stiffener.
2-1-4/4.3	Centre girders and side girders are assessed based on the dynamic load cases without static load cases.
2-1-4/4.5.1	The distance between upper end of hopper tank and the lower end of topside tank in mid hold h_{DS} is the same as that of the referenced longitudinal section.
2-2-3/1.1.2	The section modulus and shear area criteria for primary supporting members are not applicable to the lowest horizontal stringer fitted with buttress or other intermediate supports.
2-2-3/1	The thickness of a welded type bracket is considered the same as that of an adjacent transverse web. The welded type bracket will appear in transverse web in COT and horizontal stringer(s) of WT BHD in COT. When a welded type bracket faces multiple transverse webs with a different thickness, the lowest thickness is taken for the thickness of the welded type bracket and used for the cross sectional property calculation.