



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής  
Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Προηγμένες Τεχνολογίες στη Ναυπηγική και Ναυτική Μηχανολογία»**

Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία

**Διαστασιολόγηση κατασκευαστικών στοιχείων διαιρούμενης φορτηγίδας με βάση τους  
κανονισμούς του ABS.**

**Scantlings and thickness calculation of the plates and of the stiffening system of a split  
barge, according to the regulations of ABS.**

Συγγραφέας:

Γεώργιος Τρίτος

A.M.: 1711

Επιβλέπων: Αλέξανδρος Θεοδουλίδης

Αιγάλεω, Φεβρουάριος 2021







ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών**

**«Προηγμένες Τεχνολογίες στη Ναυπηγική και Ναυτική Μηχανολογία»**

**Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία**

**Τίτλος: Διαστασιολόγηση κατασκευαστικών στοιχείων διαιρούμενης φορτηγίδας με  
βάση τους κανονισμούς του ABS.**

**Συγγραφέας**

Γεώργιος Τρίτος, AM: 1711

**Επιβλέπων**

Ονοματεπώνυμο,

Θεοδουλίδης Αλέξανδρος Επικ.Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

**Ημερομηνία εξέτασης**

12/04/2021

**Εξεταστική Επιτροπή**

Ονοματεπώνυμο,

Δημητρίλου Σωτηρία

Αναπλ.Καθηγήτρια ΠΑ.Δ.Α.

Ονοματεπώνυμο,

Θεοδουλίδης Αλέξανδρος

Επικ.Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Ονοματεπώνυμο,

Πολίτης Κωνσταντίνος

Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Τρίτος Γεώργιος του Ελευθερίου, με αριθμό μητρώου 1711 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Προηγμένες Τεχνολογίες στη Ναυπηγική και Ναυτική Μηχανολογία του Τμήματος Ναυπηγών της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών 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».

Δεν επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου.

Ο Δηλών

**Γεώργιος Τρίτος**





## Περίληψη

Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η προμελέτη και η κατασκευή σχεδίων, μιας διαιρούμενης, φορτηγίδας.

Πρωταρχικός στόχος της εργασίας είναι να δώσει μια κατεύθυνση και να προτείνει μια σειρά βημάτων για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στην διαστασιολόγηση των ενισχυτικών και των ελασμάτων που θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να κατασκευαστεί η διαιρούμενη φορτηγίδα.

Η σχεδίαση και μελέτη έγινε με βάση τους κανονισμούς του Αμερικάνικου Νηογνόμωνα – ABS. Έγιναν υπολογισμοί με την χρήση των υπολογιστικών φύλλων σε σχέση με την ροπή αντίστασης που βρήκαμε με βάση τους κανονισμούς για να καταλήξουμε στις κατάλληλες διαστάσεις και πάχη για τα ενισχυτικά και ελάσματα με τα οποία θα γίνει η κατασκευή της φορτηγίδας μας. Ταυτόχρονα, έγινε και η σχεδίαση των κατασκευαστικών σχεδίων και της γενικής διάταξης που διαλεκτικά βοηθούσαν στην μελέτη και ιδιαίτερα στην ογκομέτρηση του φορτίου. Η εργασία, συνεχίστηκε με την χρήση πεπερασμένων στοιχείων. Χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα MIDAS και αναλύονται τα βήματα που ακολουθήσαμε προκειμένου να βγάλουμε κάποια αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά: φορτηγίδα, πάχη, πεπερασμένα στοιχεία, κανονισμοί.





## **Abstract**

The purpose of this thesis is the preliminary study and the construction of drawings of a split barge.

The primary target and scope is to present a methodology and ways of how to calculate, end up and finalize the dimensions of our stiffening system and plating that we are going to use in order our split barge to be constructed.

The study and the drawings were performed with the use of American Bureau of Shipping Rules ABS. The calculations were performed with the use of excel pages and accordingly with the section modulus results that were found with the use of ABS Rules. The calculations had as result the findings of thickness and the dimensions of the plates and stiffeners.

Simultaneously with the calculations performed the construction of midship drawings and the general arrangement drawings. For the final check of our study we used the finite elements software MIDAS.

Key words: split barge, thickness, finite elements, regulations

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ.....	6
Κεφάλαιο 2: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ .....	7
Κεφάλαιο 3: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΓΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΦΟΡΤΗΓΙΔΑΣ .....	11
Κεφάλαιο 4: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ.....	14
4.1. Ελάσματα πλευράς .....	15
4.2. Ελάσματα πλευράς (πρωραίο / πρυμναίο) .....	16
4.3. Ελάσματα πυθμένα .....	18
4.4. Ελάσματα διπύθμενου .....	19
4.5. Ελάσματα πρωραίου τμήμα πυθμένα .....	21
4.6. Ελάσματα καταστρώματος.....	22
4.7. Ελάσματα καταστρώματος (πρωραίο / πρυμναίο τμήματος).....	24
4.8. Ελάσματα φρακτής προσκρούσεως.....	25
4.9. Υπόλοιπες εγκάρσιες φρακτές.....	26
Κεφάλαιο 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ.....	28
5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ INNER BOT TOM .....	29
5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ SIDE ΚΑΙ BOT TOM LONGL'S .....	34
5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΦΡΑΚΤΗΣ .....	38
Κεφάλαιο 6: ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	42
ΓΕΝΙΚΑ.....	42
6.1 Τοποθέτηση φορτίου.....	45
6.2 Property .....	46
6.3 Ανάλυση των πεπερασμένων στιχείων .....	48

6.4	Οριακές συνθήκες.....	49
6.5	Ανάλυση και αποτελέσματα.....	50
Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και προτάσεις .....		53
7.1	Συμπεράσματα.....	53
7.2	Προτάσεις.....	53
Βιβλιογραφία .....		54

## Πρόλογος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα προσπαθήσω να δείξω στον αναγνώστη, μια λογική και μεθοδολογία που ανοίγει έναν δρόμο στο να μπορέσει ο ναυπηγός –μηχανικός να σχεδιάσει μια κατασκευή ή ενδεχομένως και μια μικρής κλίμακας επισκευή –μετατροπή. Σαν προπτυχιακοί σπουδαστές όταν είμασταν ακουγάμε από τους καθηγητές μας ,πως η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός πλοίου είναι μια αλληπάλγη σπειροειδής αλληλουχία αποτελεσμάτων, που όταν θα φτάνεις σε ένα τελικό αποτέλεσμα θα ξαναπας στην αρχή για διορθωτικές αλλαγές. Φυσικά σε καμία περίπτωση δεν μπορούμε να πούμε πως τα παρακατω σχέδια και υπολογισμοί είναι έτοιμα και μπορούμε να ξεκινήσουμε να κόβουμε λαμαρίνες. Αφου γίνουν οι υπολογισμοί και τα κύρια κατασκευαστικά σχέδια, σύμφωνα με τους κανονισμούς του νηογνόμωνα που παρακολουθεί το πλοίο μας και πέρνωντας υπόψιν και οδηγίες από άλλους οργανισμούς π.χ SOLAS. Καταθέτουμε τα σχέδια και τους υπολογισμούς μας στον νηογνόμωνα, όπου θα μας κάνουν τις απαραίτητες διορθώσεις ,καθώς και θα μας συμβουλεύσουν ενδεχομένως για κάποιες μετατροπές που θα κάνουν την κατασκευή μας πιο ασφαλής και οικονομική. Ξεκινάμε λοιπόν, ορίζοντας τις κυριες διαστάσεις της φορτηγίδας μας.

ΚΥΡΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (split barge) φορτηγίδας.

Ολικό μήκος (Lo.a.) ..... 50,00 m

Μήκος Υπολογισμού (L Rule) ... 50,00 m

Πλάτος (B) ..... 11,00 m

Κοίλο (D) ..... 4,0 m

Ισαπόσταση εγκάρσιων νομέων κύτους φορτίου       $S = 600 \text{ mm}$

Ισαπόσταση ενισχυμένων εδρών ,πυθμένα       $S = 1800 \text{ mm}$

Η φορτηγίδα αυτή μελετήθηκε , σχεδιάστηκε με σκοπό να μεταφέρει ξηρό φορτίο εξυπηρετώντας πλοία αγκυροβολημένα στην περιοχή λιμένος (κοινώς , ράδα).Η κίνηση γίνεται με την χρήση ρυμουλκού.Η κύρια χρήση της όμως είναι στην κατασκευή λιμένων και λοιπών υποθαλάσσιων και παραθαλάσσιων κατασκευών.

Τις εν λόγω φορτηγίδες,τις χρησιμοποιούν για εκχωματώσεις και ρίψη άμμου και άλλων υλικών,με σκοπό την ανύψωση του βυθού και την ανέγερση κατασκευών μέσα στην θάλασσα.Αυτό επιτυγχάνεται με την διάνοιξη της τρόπιδας αλλά και όλης της μέσης τομής στην μέση της φορτηγίδας ,κατα το μήκος της centerline,με αποτέλεσμα να διαχυθούν στον βυθό αρκετοί τόνοι οικοδομικού υλικού σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.Η χρήση της φορτηγίδας τύπου split,μπορεί να βοηθήσει και όχι μονο στην μείωση του βάθους αλλά και στην αύξηση,είναι γνωστό πως με τα χρόνια αλλά και με την δημιουργία ρευμάτων στα λιμάνια μειώνεται το βάθος.Σε αυτην την περίπτωση με την χρήση της φορτηγίδας μας,μπορούμε να μεταφέρουμε τους τόνους χόματος και λάσπης που ανασύραμε απο τον βυθό της θάλασσας και να τους αδειάσουμε σε παρακείμενο σημείο της θαλάσσιας περιοχής.Αυτό σημαίνει πως γλιτώνουμε πολυ κόπο και χρόνο,επιταχύνοντας την κατασκευή του θαλάσσιου έργου μας.Στην ουσία η τύπου split barge φορτηγίδα ελλατώνει τον χρόνο,που ενδεχομένως θα έπρεπε να καταναλώσουμε με την χρήση των γερανών κατα την εκφόρτωση.

Η χρήση τους στην Ελλάδα, αλλά και παγκοσμίως είναι εκτενής.Υπαρχουν μικρά ναυπηγεία που ασχολούνται με την κατασκευή τετοιου τυπου σκαφων. Παρακάτω παρουσιάζονται φωτογραφίες απο ναυπηγεία που κατασκευάζουν τέτοιου τύπου πλοία.Καθώς και σχέδια που υπάρχουν στο διαδίκτυο.



*Οι φωτογραφίες είναι από την ιστοσελίδα της JENKINS MARINE, η εταιρεία αυτή έχει στόλο με πλοία ειδικού σκοπού. Μέσα στον στόλο της έχει και φορηγίδες δαιρούμενου τύπου.*

GANZ DANUBIUS NEWBUILDING SERVICES REFERENCES CONTACT

Recommended split barge sizes and types according to the shipping area:

- inland - self-propelled split barge 600-1000 m<sup>3</sup>, non-propelled split barge 40-1000 m<sup>3</sup>
- coastal service - self-propelled split barge 600-2700 m<sup>3</sup>, non-propelled split barge 160-1000 m<sup>3</sup>
- offshore - self-propelled split barge 600-2700 m<sup>3</sup>, non-propelled split barge 600-1000 m<sup>3</sup>

Besides we also build higher capacity split hopper barge according to customer's requirements. Ganz Danubius delivers 160 which can be detached into four parts and can be transported. The higher capacity split barge can be equipped with a conveyor system, so a barge can dispose alone the whole workflow: dredging.

Our recommended split barge types:

- 160 m<sup>3</sup> non-propelled - available in detachable version
- 400 m<sup>3</sup> self-propelled
- 335 m<sup>3</sup> non-propelled
- 450 m<sup>3</sup> non-propelled
- 600 m<sup>3</sup> non-propelled
- 1000 m<sup>3</sup> non-propelled
- 400 m<sup>3</sup> self-propelled
- 600 m<sup>3</sup> self-propelled
- 1000 m<sup>3</sup> self-propelled

*Οι φωτο είναι από το Ουγγρικό ναυπηγείο Ganz Danubius HUTI Kft. Στην δεξιά φωτογραφία βλέπουμε έναν νεοκατασκευαζόμενο τομέα, που διαφαίνεται η δεξιά πλευρά του χώρου φορτίου και η πλαινή void δεξαμενή. Στην centerline χαμηλά μπορούμε να διακρίνουμε την λάμα στεγανοποίησης.*





Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται :

- ο υπολογισμός αντοχής των βασικών στοιχείων της φορηγίδας (πάχη , ενισχυτικά).

Στα επόμενα έγγραφα :

- παρουσιάζεται μια σειρά κατασκευαστικών σχεδίων στα οποία παρουσιάζονται ο τρόπος κατασκευής της φορηγίδας.

## **Υπολογισμός ελασμάτων και ενισχυτικών**

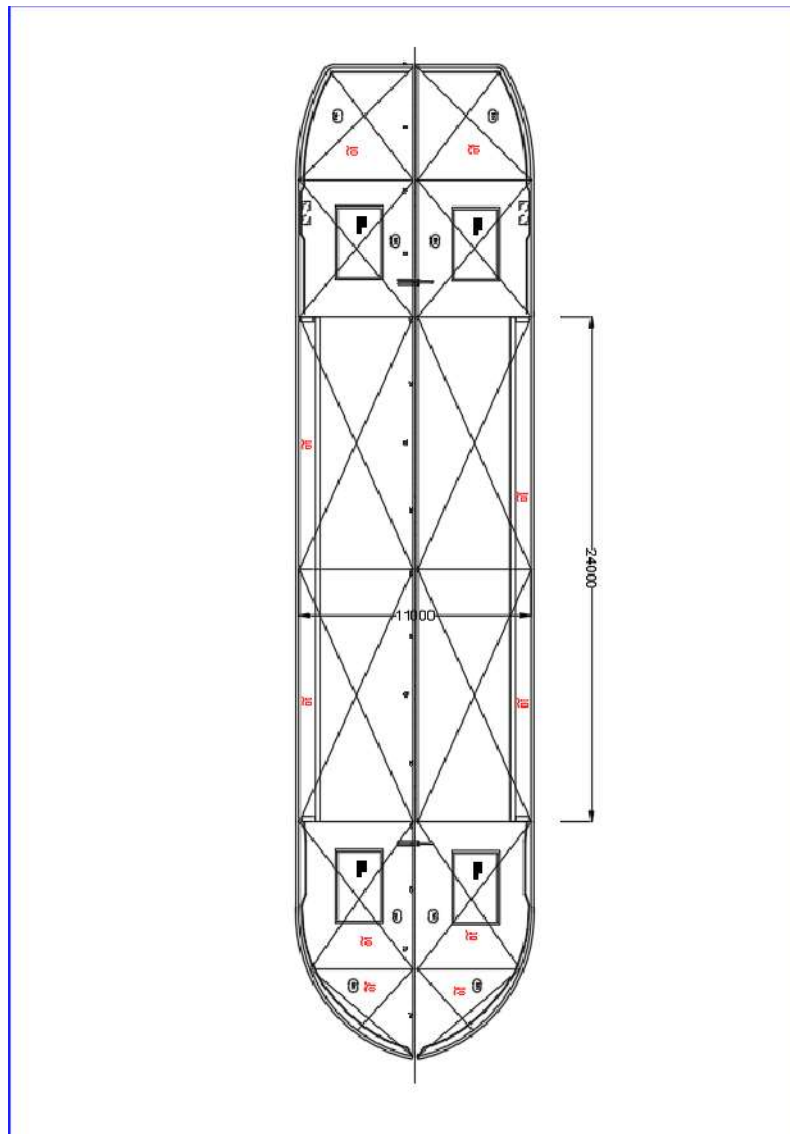
Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι υπολογισμοί :

- υπολογισμός πάχους ελασμάτων
- υπολογισμός αντοχής ενισχυτικών

Οι υπολογισμοί γίνονται εφαρμόζοντας :

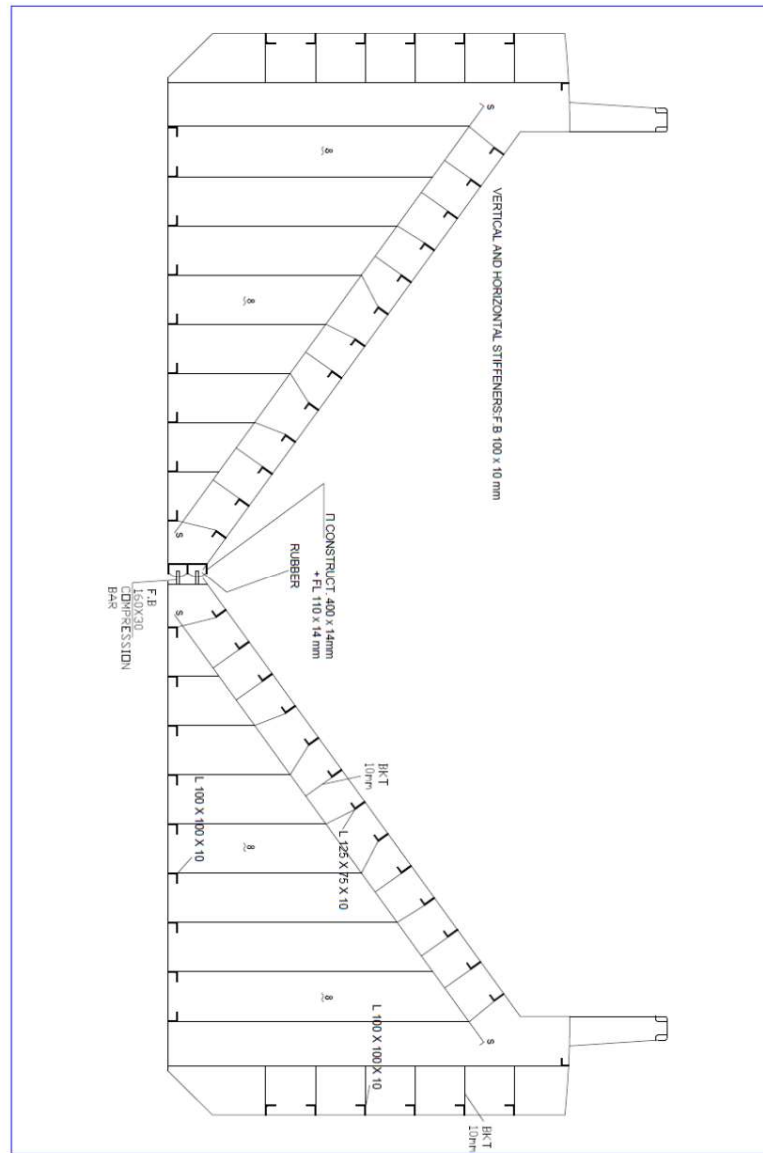
- τους κανονισμούς του Αμερικάνικου Νηογνώμονα ABS (ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

## Κεφάλαιο 1: ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ



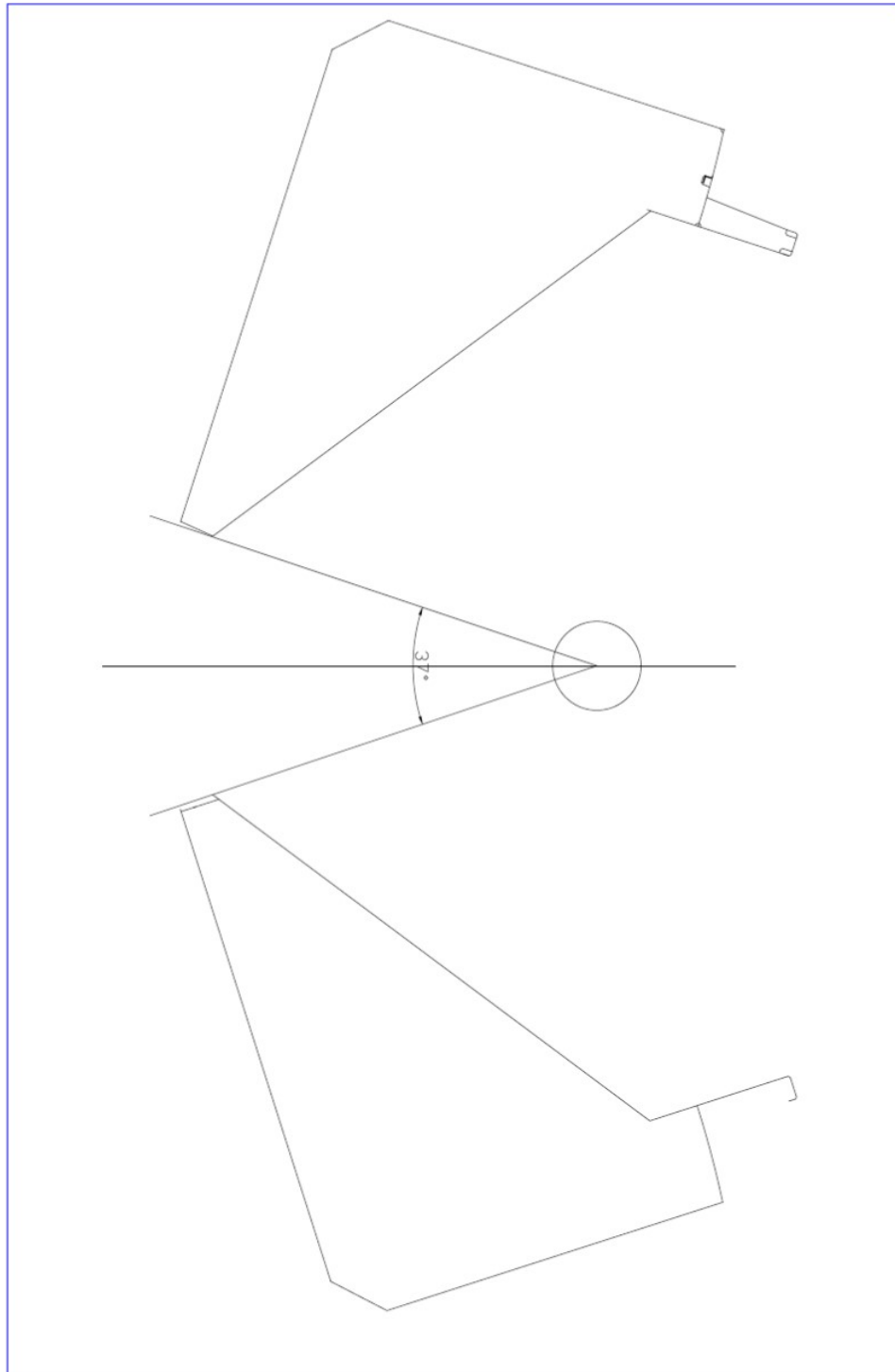
*Σχέδιο γενικής διάταξης της φορτηγίδας μας.*

## Κεφάλαιο 2: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

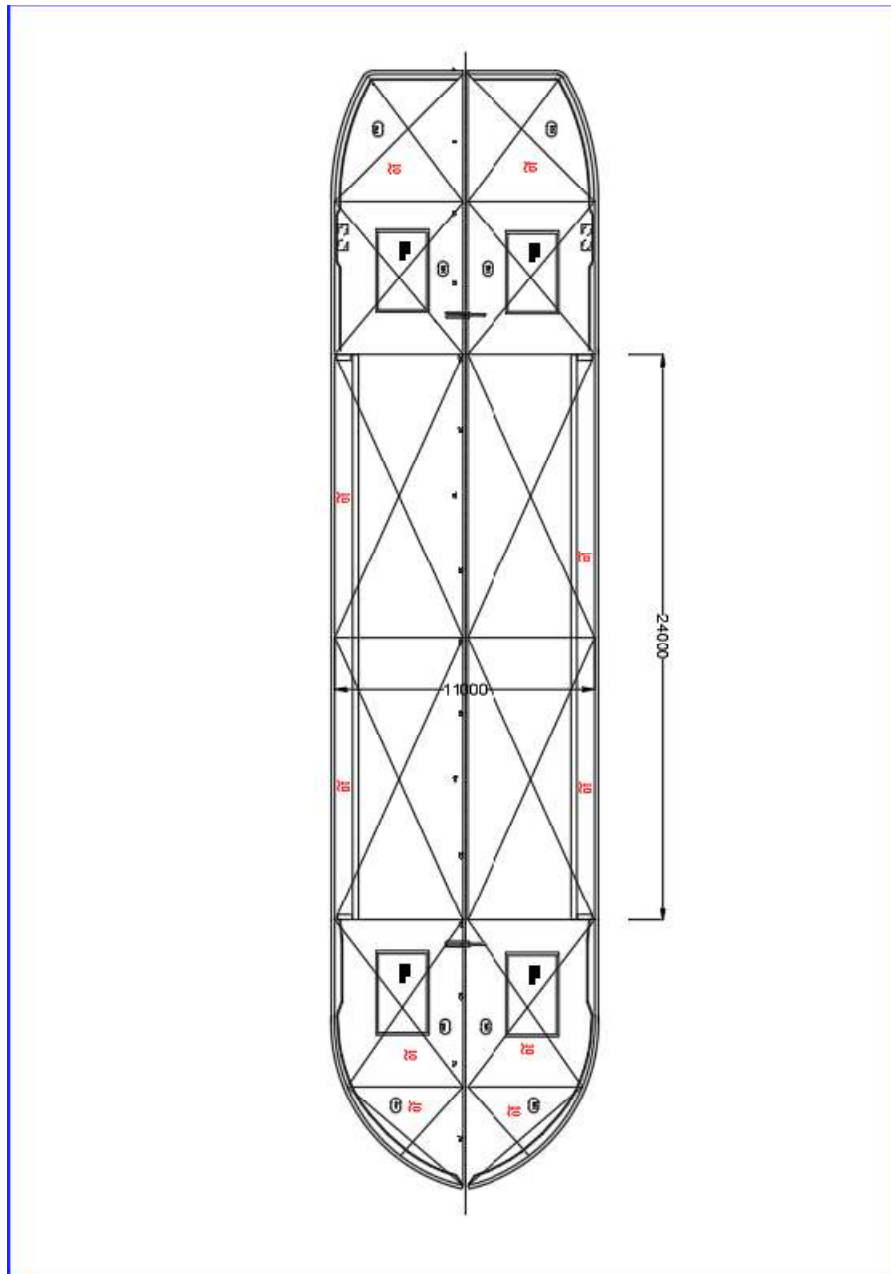


*ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΣΤΕΓΑΝΕΣ ΦΡΑΚΤΕΣ.*



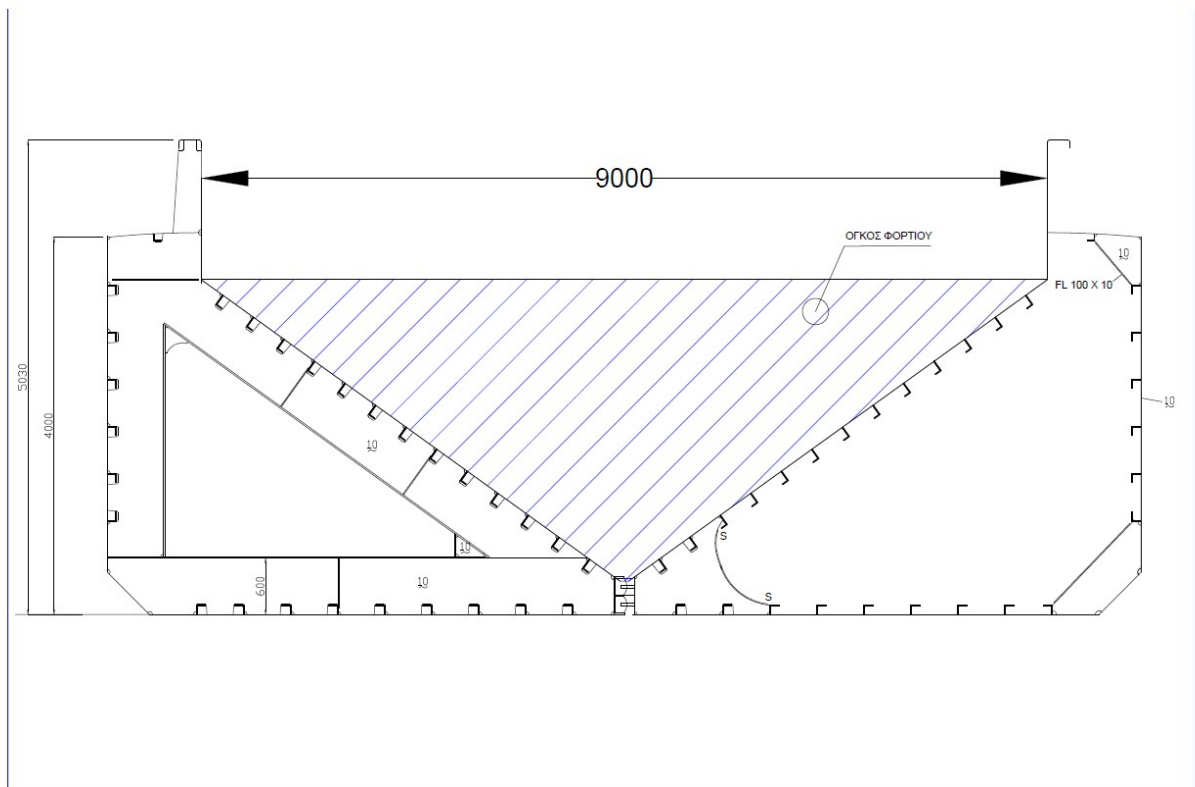


*ΜΕΓΙΣΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑ ΤΗΣ ΜΕΣΗ ΤΟΜΗΣ- 37 ΜΟΙΡΕΣ.*



### Κεφάλαιο 3: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΓΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΦΟΡΤΗΓΙΔΑΣ

Ο υπολογισμός του όγκου ,είναι απαραίτητος για να γνωρίζουμε την χωρητική και μεταφορική ικανότητα της φορτηγίδας μας.Αυτο μπορεί να γίνει,με την χρήση λογισμικών.Η ογκομέτρηση έγινε με το κατασκευαστικό σχέδιο του κυρίως καταστρώματος και της μέσης τομής.Επίσης ο όγκος θα μας χρειαστεί παρακάτω στους υπολογισμούς μας για τους υπολογισμούς των ενισχυτικών μας.



Για να γίνει η ογκομέτρηση αρκεί να πολλαπλασιάσουμε το εμβαδόν με κάποιο ύψος. Αυτό ισχύει στην περίπτωση που το σχήμα μας είναι ορθογώνιο ή τετράγωνο. Σε άλλη περίπτωση, που η γεωμετρία του σχήματός μας είναι ανομοιόμορφη μπορούμε να χωρίσουμε την γεωμετρία μας σε «εύκολα» σχήματα και να τα αρθροίσουμε στην συνέχεια. Άλλος τρόπος είναι ο κανόνας του Simpson και τέλος η εύρεση του όγκου μπορεί να γίνει και με ολοκλήρωμα. Συγκεκριμένα στην δική μας γεωμετρία χρησιμοποίησα τον τύπο εύρεσης όγκου της πυραμίδας.

$$V = \frac{1}{2} (9 \times 3,4) \times 24 = 367,2 \text{ m}^3$$

Στην συνέχεια πολλαπλασιάζουμε τον όγκο με το ειδικό βάρος του φορτίου στην περίπτωση μας επιλέξαμε ξηρό αμμοχάλικο με ειδικό βάρος  $1,9 \text{ tn/m}^3$ . Οπότε :

$$m = 367,2 \text{ m}^3 \times 1,9 \text{ ton/m}^3 = 697,3 \text{ ton}$$

Η φορτηγίδα μας μπορεί να μεταφέρει 697,3 τόνους αμμοχάλικο.

Με την παραπάνω μεθοδολογία μπορούμε να υπολογίσουμε οποιοδήποτε φορτίο, φτάνει να γνωρίζουμε τις ακριβείς διαστάσεις, για να υπολογίσουμε τον όγκο και να γνωρίζουμε το ειδικό βάρος, έτσι ώστε να μπορέσουμε να υπολογίσουμε πόσους τόνους φορτίο μπορούμε να μεταφέρουμε.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Υλικό	Ειδικό βάρος $\gamma$ (συμπ) (tn/m <sup>3</sup> )	Συντ. επιπλήσματος $\epsilon$	Ειδικό βάρος $\gamma$ (χαλαρό) (tn/m <sup>3</sup> )
Άργιλος ξηρή	2,05	1,25	1,64
Άργιλος υγρή	1,80		1,44
Σκύρα υγρά	1,70	1,12	1,42
Σκύρα ξηρά	2,10		1,87
Ασβεστόλιθος	2,50	1,6	1,56
Άμμος ξηρή	1,60	1,12	1,43
Άμμος υγρή	2,05		1,83
Αργιλική άμμος ξηρή	1,70	1,25	1,36
Αργιλική άμμος υγρή	2,00		1,60
Αμμοχάλικο ξηρό	1,90	1,12	1,70
Αμμοχάλικο υγρό	2,10		1,88
Ψαμμίτης	2,40	1,65	1,60
Σχιστόλιθος	2,65	1,60	1,66
Χώμα	1,35	1,40	0,96

12

*Πίνακας ειδικών βαρών.*

**Κανονισμοί Αμερικάνικου Νηογνώμονα ABS (2015)**  
**(ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)**

**Κεφάλαιο 4: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ**

Το πάχος το επιλέγουμε, πάντα έτσι ώστε να είναι πιο « αυστηρό » απο τα αποτελέσματα των κανονισμών του νηογνόμονα, απο την άλλη δεν θέλουμε να αυξηθεί το βάρος καθώς και το κόστος της κατασκευής.

Η επιλογή θα γίνει με τα πάχη των ελασμάτων και των ενισχυτικών που προμηθεύονται τα ναυπηγεία της χώρας μας και πιο εξειδικευμένα στο ναυπηγείο που θα κατασκευαστεί.

Αν π.χ το πλοίο κατασκευαστεί σε ναυπηγείο της Ασίας τα πάχη των ελασμάτων αλλάζουν. οπότε αλλάζει και η επιλογή μας σε πάχος ελάσματος. Η κατασκευή μας θα γίνει σε ναυπηγείο στην Ελλάδα, οπότε επιλέγουμε τα πάχη ελασμάτων και ενισχυτικών που προμηθεύεται η χώρα μας.

#### 4.1. Ελάσματα πλευράς

(Κεφ. 3-2-2 , Σελ. 40 , παρ. 3.1 ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

Το πάχος των ελασμάτων της πλευράς υπολογίζεται :

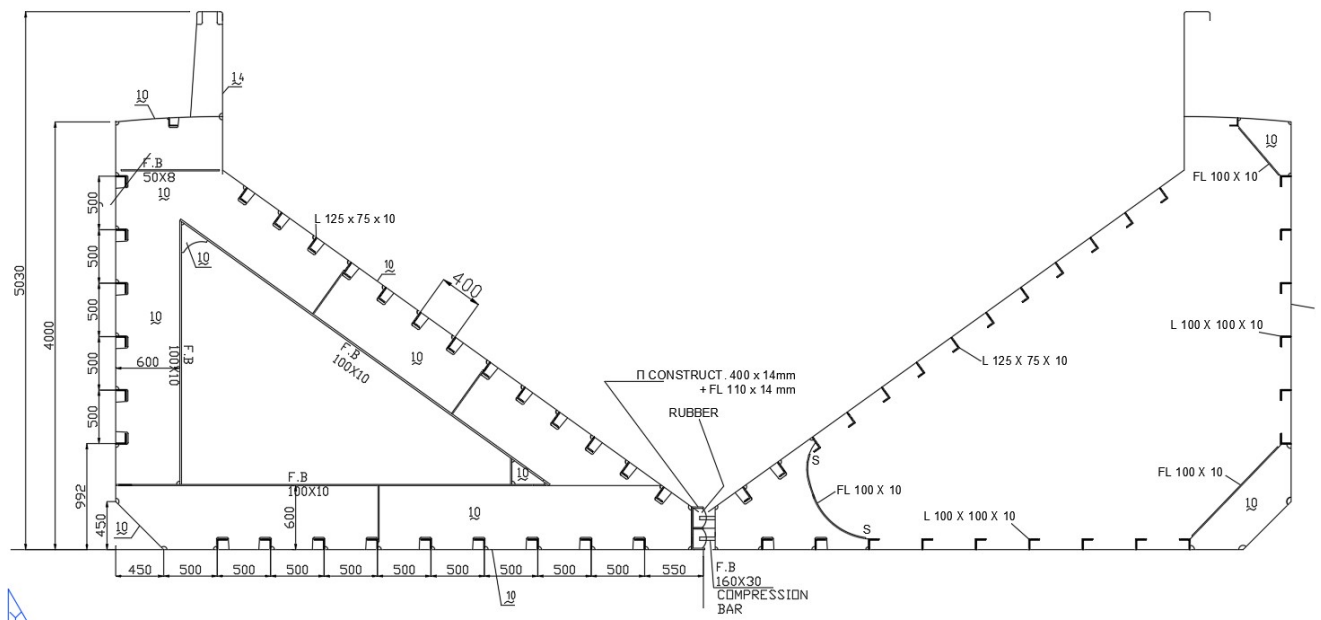
$$t = 0,07 \times L + 0,007 \times s \text{ mm} \quad \text{για } L \leq 150 \text{ m}$$

όπου:

$$L = 50,00 \text{ m}$$

$$S = 600 \text{ mm}$$

Προκύπτει :  $t = 7,7 \text{ mm}$     **Πάχος = 10 (mm)**



#### 4.2. Ελάσματα πλευράς (πρωραίο / πρυμναίο)

(Κεφ. 3-2-2 , Σελ. 40,41 , ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

Το πάχος των ελασμάτων πρωραίου / πρυμναίου τμήματος της πλευράς υπολογίζεται :

$$t = 0,055 \times L + 0,007 \times S + 1,0 \text{ mm} \quad \text{για } L \leq 76 \text{ m}$$

όπου:

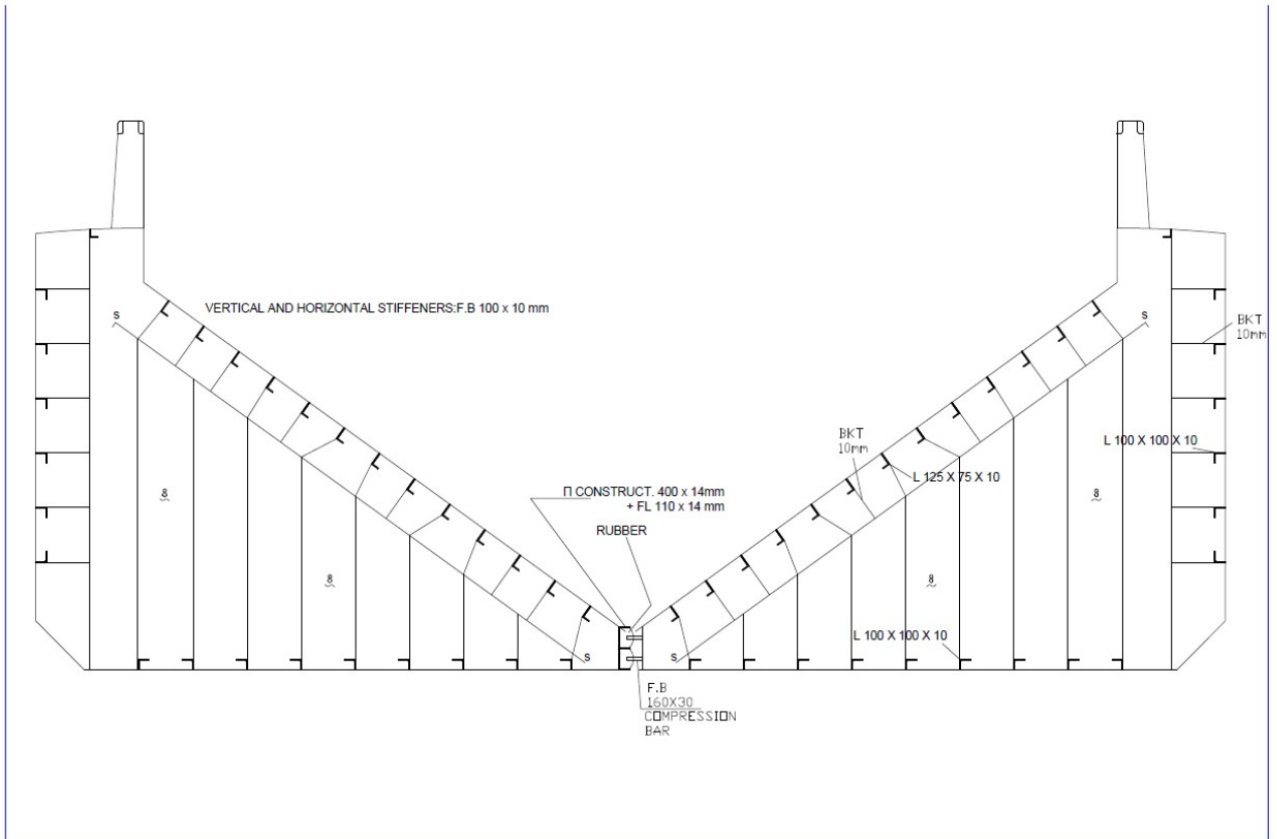
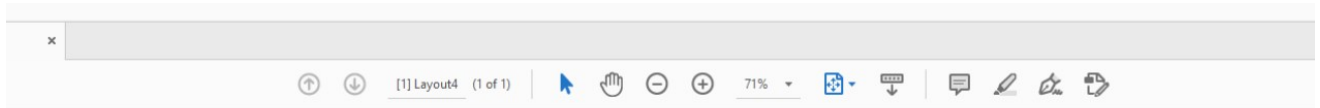
$$L = 50,00 \text{ m}$$

$$S = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Προκύπτει : } t = 2,75 + 4,2 + 1,0 = 7,95 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{\text{ΠΑΧΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ}}} = 10 \text{ (mm)}$$

**Ανώτερο έλασμα πλευράς :** Απο τους κανονισμούς προκύπτει πως το ανώτερο έλασμα πλευράς (sheer strake) δεν επιτρέπεται να έχει πάχος λιγότερο απο το πάχος ελάσματος του υπόλοιπου ελάσματος πλευράς (shell plate), καθώς και απο το κατάστρωμα ή το διάμηκες ενισχυτικό καταστρώματος (deck stringer).



### 4.3. Ελάσματα πυθμένα

(Κεφ. 3-2-2 , Σελ. 41 , ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

Το πάχος των ελασμάτων του πυθμένα υπολογίζεται :

$$t = 0,045 \times L + 0,007 \times S + 1,8\text{mm} \quad \text{για } L \leq 123 \text{ m}$$

όπου:

$$L = 50,00 \text{ m}$$

$$S = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Προκύπτει : } t = 2,25 \times 4,2 + 1,8 = 8,25 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{\text{ΠΑΧΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ}}} = 10 \text{ (mm)}$$

#### 4.4. Ελάσματα διπύθμενου

(Κεφ. 5-1-2 , Σελ. 180 , παρ. 5.17 ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

Το πάχος των ελασμάτων του διπύθμενου υπολογίζεται :

$$t = 0,037 \times L + 0,009 \times S - 0,5 \text{ mm}$$

όπου:

$$L = 50,00 \text{ m}$$

$$S = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Προκύπτει : } t = 1,85 + 5,4 - 0,5 = 6,75 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{\text{ΠΑΧΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ}}} = 10 \text{ (mm)}$$





#### 4.5. Ελάσματα προωραίου τμήμα πυθμένα

(Κεφ. 3-2-2 , Σελ. 41 , παρ. 5,3 ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

Το πάχος των ελασμάτων του προωραίου τμήματος πυθμένα υπολογίζεται :

$$t = 0,055 \times L + 0,01 \times S + 1,0 \text{ mm} \quad \text{για } L \leq 110 \text{ m}$$

όπου:

$$L = 50,00 \text{ m}$$

$$S = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Προκύπτει : } t = 2,75 + 6 + 1,0 = 9,75 \text{ mm} \quad \textbf{\underline{\underline{\text{ΠΑΧΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ} = 12 (mm)}}}$$

#### 4.6. Ελάσματα καταστρώματος

(Κεφ. 3 -2-3, Σελ. 44 , παρ. 1.1 ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

Το πάχος των ελασμάτων του καταστρώματος υπολογίζεται :

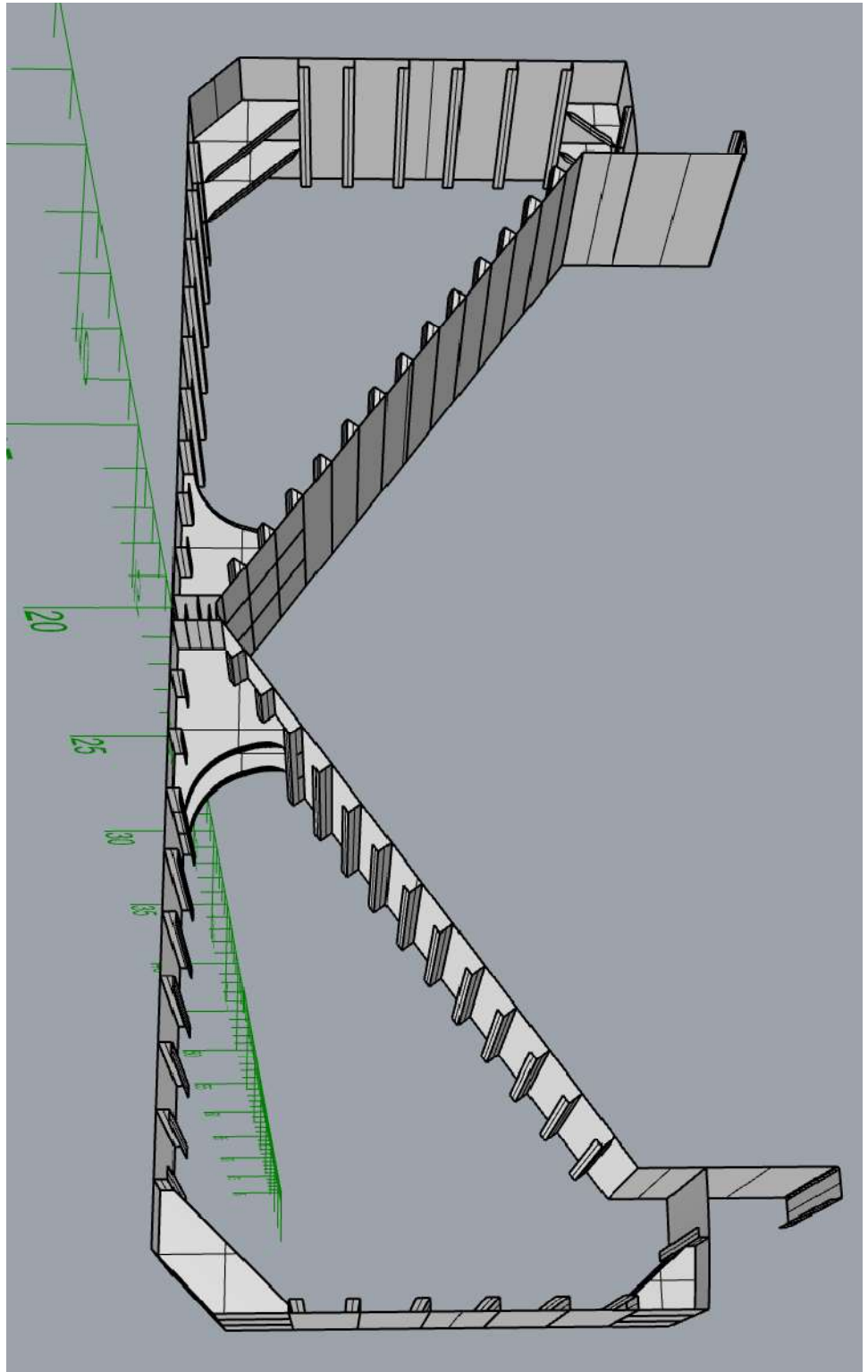
$$t = 0,01 \times S + 2,3 \text{ mm} \quad \text{για } S \leq 760 \text{ mm}$$

όπου:

$$L = 50,00 \text{ m}$$

$$S = 600 \text{ mm}$$

Προκύπτει:  $t = 6 + 2,3 = 8.3\text{mm}$       mm      **ΠΑΧΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ = 10 (mm)**



#### 4.7. Ελάσματα καταστρώματος (πρωραίο / πρυμναίο τμήματος)

(Κεφ. 3-2-3 , Σελ. 46 , παρ. 1.7 ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

Το πάχος των ελασμάτων του πρωραίου / πρυμναίου τμήματος του καταστρώματος υπολογίζεται :

$$t = 0,03L \times 0.0036S + 2,8 \text{ mm}$$

όπου:

$$L = 50,00 \text{ m}$$

$$S = 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Προκύπτει: } t &= (0,03 \times 50) \times (0.0036 \times 600) + 2,8 = 6.70 \text{ mm} \\ &= \mathbf{10} \text{ (mm)} \end{aligned}$$

**ΥΠΑΡΧΟΝ ΠΑΧΟΣ**

#### 4.8. Ελάσματα φρακτής προσκρούσεως

(Κεφ. 3-2-6, Σελ. 60, παρ. 5,1 ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

Το πάχος των ελασμάτων της φρακτής προσκρούσεως υπολογίζεται :

$$t = \frac{s \times k \times \sqrt{q \times h}}{c} + 1,50 \text{ mm}$$

Σε κάθε περίπτωση, το πάχος των εγκαρσίων φρακτών δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το μεγαλύτερο των δυο παρακάτω τιμών :

$$6 \text{ mm ή } s/200 + 2,5 \text{ mm}$$

όπου:

$$S = 600 \text{ mm}$$

$$k = 0.83$$

$$q = 235/Y \text{ όπου } Y = 324 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 4 \text{ m}$$

$$c = 254$$

Είναι :  $t = 4.83 \text{ mm}$       **ΠΑΧΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ = 8 (mm)**

**Προκύπτει** : το ελάχιστο πάχος των εγκάρσιων φρακτών είναι  $t=5$  mm, λόγω κανονισμών όμως η τιμή που επιλέγουμε είναι 10 mm.

#### 4.9. Υπόλοιπες εγκάρσιες φρακτές

(Κεφ. 3-2-6, Σελ. 60, παρ. 5,1 ABS Rules for Building and Classing Steel Barges 2015)

Το πάχος των ελασμάτων της εγκάρσιας φρακτής υπολογίζεται :

$$t = \frac{s \times k \times \sqrt{q \times h}}{c} + 1,50 \text{ mm}$$

Σε κάθε περίπτωση, το πάχος των εγκάρσιων φρακτών δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το μεγαλύτερο των δυο παρακάτω τιμών :

$$6 \text{ mm} \text{ ή } s/200 + 2,5 \text{ mm}$$

όπου:

$$S = 600 \text{ mm}$$

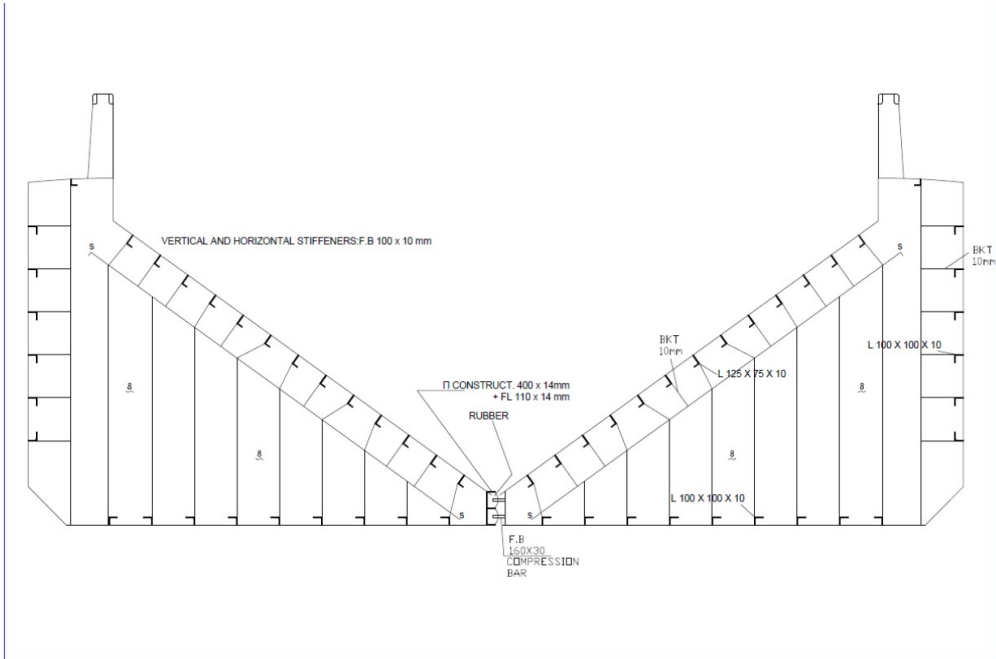
$$k = 0.83$$

$$q = 235/Y \text{ όπου } Y = 324 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 4 \text{ m}$$

$$c = 290$$

Είναι :  $t=4.5$  mm      **ΠΑΧΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ = 8 (mm)**



## Κεφάλαιο 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ

### 1. Απλά ενισχυτικά

α)Κεφ. 5 , σελ. 92 παρ. 5.3.1. , Σημειώσεις ΤΕΧΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ 2015 του κου Χατζηκωνσταντή)

β)Σημειώσεις μεταπτυχιακού του τμήματος ναυπηγών στο μάθημα του κου Θεοδοουλίδη.

β) ABS RULES page 180.

Η ροπή αντιστάσεως του κάθε ενισχυτικού μαζί με το συνεργαζόμενο έλασμα, υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$SM = 7,8 \times c \times h \times s \times (l^2) \text{ (cm)}^3$$

$$SM = 7,8 c h s n (l^2) \text{ (cm)}^3$$

Όπου :

$c = 1.75$  ,με αυξημένο συντελεστή για την μεταφορά μεταλλέυματος

$h = 3,8$ , σε (m).

$s =$  ισαπόσταση διαμήκων ενισχυτικών = 0,40 (m)

$n = 0.40 (1 + V/1041)$  για μεταφορά χύδην φορτίου.

Σε κάθε άλλη περίπτωση ο συντελεστής  $n$  δεν μπορεί να είναι λιγότερος από 0,8.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή  $n$  ,πρέπει να υπολογιστεί ο συντελεστής  $V$ ,που δεν είναι άλλος από το βάρος του φορτίου .Το βάρος του φορτίου υπολογίζεται σε κιλά που στην συνέχεια διαιρούνται με τον όγκο χωρητικότητας του χώρου φορτίου.

$l =$  ισαπόσταση εγκάρσιων εδρών στα διπύθμενα.

Προκύπτει για την φορτηγίδα μας :

$$SM = 7,8 \times 1,75 \times 3,8 \times 0,4 \times (0,5) \times 1.8^2 = 33,6 \text{ (cm)}^3.$$

Παρακάτω παρουσιάζονται , με τη βοήθεια υπολογιστικών φύλλων οι υπολογισμοί,που θα μας υποδείξουν την καταλληλότητα του διαμήκους ενισχυτικού που θα σχεδιάσουμε για την κατασκευή μας.



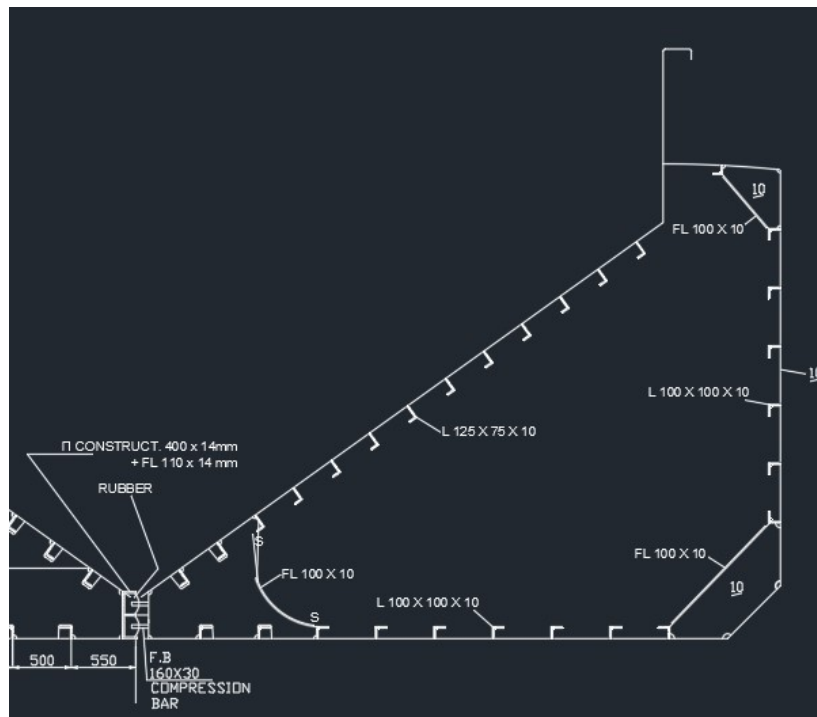
## 5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ INNER BOTTOM

Συνεργαζόμενο έλασμα :

Σαν συνεργαζόμενο έλασμα θα υπολόγισουμε το inner bottom που θα τοποθετηθεί απλό έλασμα ναυπηγικού χάλυβα με πάχος 10 χιλιοστά:

- πάχος = 10 χιλιοστά
- πλάτος : = 0,40 μ.

Επομένως , οι διαστάσεις του συνεργαζόμενου ελάσματος είναι 40 εκατοστά με πάχος 1,4 εκατοστά.

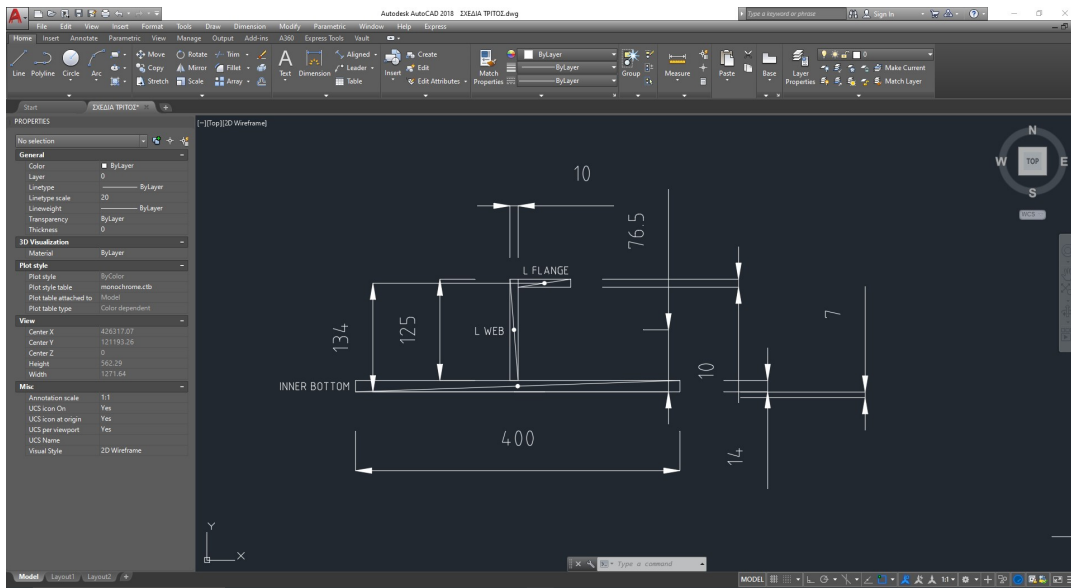


*Printscreen απο το σχεδιαστικό πρόγραμμα*

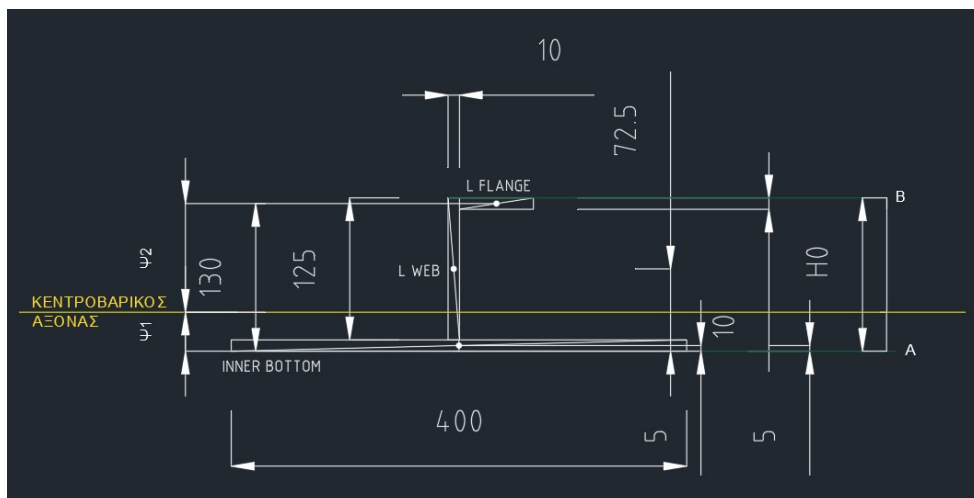
*(συνεργαζόμενο έλασμα 10 mm με διαμήκη ενισχυτικά γωνιές L 125 x 75 x 10 mm)*

Για τον υπολογισμό δοκιμάζουμε να τοποθετήσουμε διάμηκες ενισχυτικό τύπου ανισοσκελή γωνιά

L 125 x 75 x 10 mm ,με βάρος 15 kg/m. Τα ενισχυτικά μας είναι συγκολλημένα επάνω στο κεκλιμένο inner bottom plating, το οποίο διατρέχουν σε όλο το μήκος του. Η ισαπόσταση μεταξύ τους είναι 400 mm και πέρνουμε υπ'οψιν μας πως τοποθετούνται εγκάρσιες έδρες κάθε 1800 mm.



*Λεπτομέρεια της διατομής του ενισχυτικού με το συνεργαζόμενο έλασμα.*



DIMENSIONS (cm)							
AA	l	b	A (cm) <sup>2</sup>	Y (cm)	A*γ(cm <sup>3</sup> )	A*γ <sup>2</sup> (cm) <sup>4</sup>	lx'-x' (cm) <sup>4</sup>
inn.bot	40	1	40	0.5	20	10	3.333333333
L WEB	1	12.5	12.5	7.65	95.625	731.53125	162.7604167
L FLANGE	6.5	1	6.5	13.4	87.1	1167.14	0.541666667
		TOTAL	59		202.725	1908.67125	166.6354167
Y1=ΣAψi/ΣAi 3.436017 cm							
H0= 13.5		cm	Y2=H0-Y1		10.06398	cm	
Jtot=Σ(lx'-x') + Σ(A*γ <sup>2</sup> ) 2075.307							
Jx'-x'=Jtot-A*Y2 <sup>2</sup>		1974.023					
SM=Jx'-x'/Y2		196.1473					

Δημιουργούμε πίνακα στο υπολογιστικό φύλλο το οποίο,θα μας βοηθήσει με τις πράξεις. Στην πρώτη στήλη αναγράφουμε τις διατομές ,τις οποίες τις έχουμε χωρίσει σε «εύκολα» σχήματα για τους υπολογισμούς μας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι διατομές μας είναι ορθογώνιες και τις έχουμε ονομάσει σύμφωνα με το σχέδιο πιο πάνω.Στην δεύτερη και στην τρίτη στήλη βάζουμε τις διαστάσεις των διατομών προκειμένου μετα να βρούμε τα εμβαδά. Αφού αναγράψουμε τα κέντρα των βαρών των διατομών προχωρούμε στους υπολογισμούς μας που θα γίνουν σύμφωνα με τους τύπους της θεωρίας του κεντροβαρικού άξονα και του θεωρήματος Steiner.

Το section modulus που βρέθηκε απο τους υπολογισμούς είναι 196,1473 cm<sup>3</sup> ,το οποίο είναι μεγαλύτερο απο το SM=33,6 cm<sup>3</sup> που υπολογίσαμε απο τους κανονισμούς ,οπότε είναι και αποδεκτό.

$$SM=196,1473 \text{ cm}^3 > SM=33,6 \text{ cm}^3$$

Επιλέγουμε ενισχυτικό ανισοσκελούς γωνιάς με διαστάσεις L 125 x 75 x 10 mm ,με συνεργαζόμενο έλασμα 10 χιλιοστών.

Παρακάτω δίνονται αυτούσιοι οι κανονισμοί στην αγγλική γλώσσα,για να μπορέσει ο αναγνώστης να καταλάβει την μεθοδολογία.

## **5.15 Inner-Bottom Longitudinals**

### **5.15.1**

The section modulus  $SM$  of inner-bottom longitudinals, in association with the plating to which they are attached, is not to be less than 85% of that required for bottom longitudinals.

### **5.15.2**

Where bulk or ore cargoes are to be carried, each inner-bottom longitudinal, in association with the plating to which is attached, is to have a section modulus  $SM$  not less than required by the above nor less than that obtained from the following equation:

$$SM = 7.8chs_n \cdot 2 \text{ cm}^3 \quad SM = 0.0041chs_n \cdot 2 \text{ in}^3$$

where

$c = 1.12$  for barges intended for bulk cargo

$= 1.75$  for barges specially reinforced for ore cargo or for loading in alternate holds

$n = 0.40 (1 + V/1041)$  for barges intended for bulk cargo – SI or MKS units

$= V/2403$  for barges specially reinforced for ore cargo or for loading in alternate holds – SI or MKS units

$n = 0.40 (1 + V/65)$  for barges intended for bulk cargo – US units

$= V/150$  for barges specially reinforced for ore cargo or for loading in alternate holds – US units

In no case is  $n$  to be less than 0.80.

$V$  = cargo deadweight, in kg (lb), divided by the total volume of the holds, in m<sup>3</sup> (ft<sup>3</sup>). Where the cargo is not uniformly distributed in all holds, the value of  $V$  is to be checked for each hold [cargo deadweight of each hold, in kg (lb), divided by the volume of the hold, in m<sup>3</sup> (ft<sup>3</sup>)], and where in any one hold it exceeds the mean value calculated as directed above, the longitudinals of that hold are to be increased accordingly.

$h$  = distance, in m (ft), from the inner bottom to the deck at centerline, or for inner bottom longitudinals located directly under upper wing tanks to the underside of the upper wing tank.

$s$  = spacing of longitudinals, in m (ft)

$\cdot$  = spacing of the floors, in m (ft)

### 5.17 Inner-Bottom Plating

Inner bottom plating is to be of not less thickness than obtained from the following equation:

$$t = 0.037L + 0.009s - 0.5 \text{ mm} \quad t = 0.000445L + 0.009s - 0.02 \text{ in.}$$

where

$t$  = thickness, in mm (in.)

$L$  = length of the barge, as defined in 3-1-1/3

$s$  = frame spacing, in mm (in.)

Where the inner-bottom is longitudinally framed, the minimum thickness of inner-bottom plating as obtained above may be reduced by 1 mm (0.04 in).

Where there is no ceiling under hatchways, except for barges intended for the exclusive carriage of containers on the inner-bottom, the required thickness is to be increased by 2 mm (0.08 in.)

## 5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ SIDE ΚΑΙ BOTTOM LONGL'S

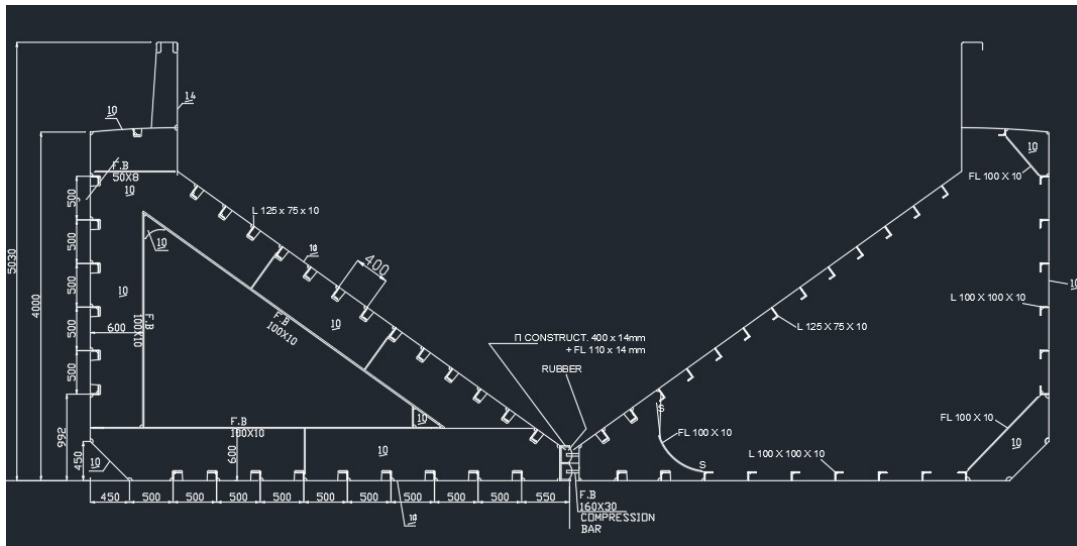
Οι υπολογισμοί που θα κάνουμε ,για τα πλαινα ενισχυτικά και το συνεργαζόμενο έλασμα θα είναι οι ίδιοι με τα ενισχυτικά του πυθμένα,αφου οι κανονισμοί μας παραθέτουν πως οι υπολογισμοί μας είναι ίδιοι για τα δυο ατά σημεία.

### Συνεργαζόμενο έλασμα :

Σαν συνεργαζόμενο έλασμα θα υπολόγισουμε το inner bottom που θα τοποθετηθεί απλό έλασμα ναυπηγικού χάλυβα με πάχος 10 χιλιοστά:

- πάχος = 10 χιλιοστά
- πλάτος : = 0,50 μ.

Επομένως , οι διαστάσεις του συνεργαζόμενου ελάσματος είναι 50 εκατοστά με πάχος 1,0 εκατοστό.

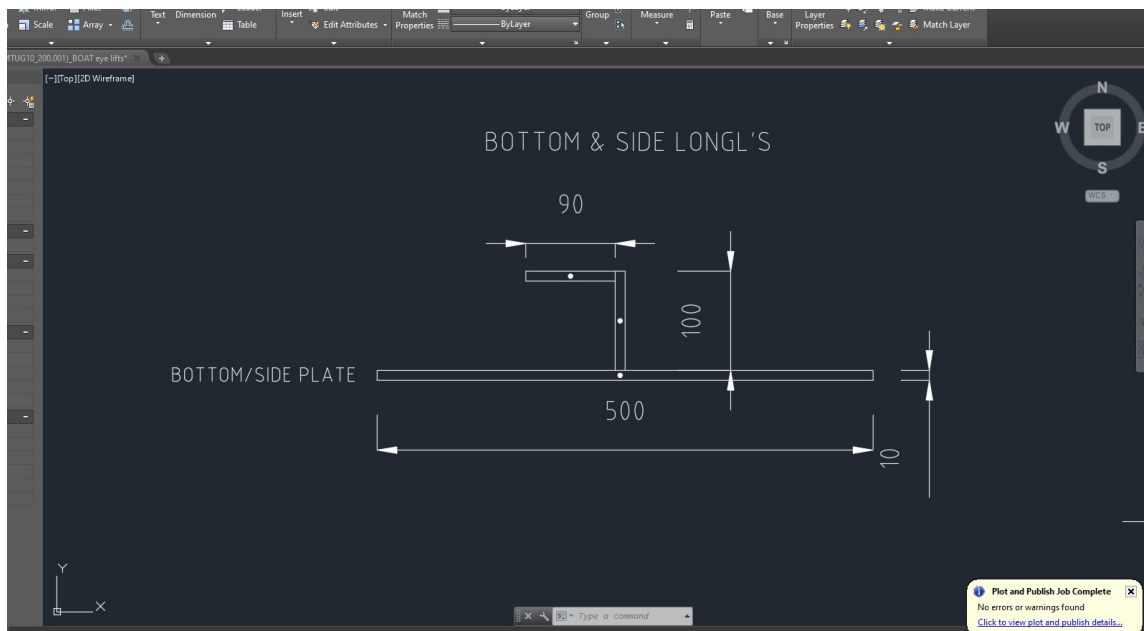


*Printscreen απο το σχεδιαστικό πρόγραμμα*

*(συνεργαζόμενο έλασμα 10 mm με διαμήκη ενισχυτικά γωνίες L 100 x 100 x 10 mm)*

Για τον υπολογισμό δοκιμάζουμε να τοποθετήσουμε διάμηκες ενισχυτικό τύπου ισοσκελούς γωνιάς

L 100 x 100 x 10 mm ,με βάρος 15,1 kg/m. Τα ενισχυτικά μας είναι συγκολλημένα επάνω στο πλαίνο side shell plating, το οποίο διατρέχουν σε όλο το μήκος του. Η ισαπόσταση μεταξύ τους είναι 500 mm και πέρνουμε υπ' οψιν μας πως τοποθετούνται εγκάρσιες έδρες κάθε 1800 mm.



*Λεπτομέρεια της διατομής του ενισχυτικού με το συνεργαζόμενο έλασμα.*

Στην σελίδα 56 των κανονισμών του ABS, θα βρούμε τον τύπο του section modulus των ενισχυτικών πλευράς και πυθμένα:

$$SM = 7,8 \times c \times h \times s \times l^2 \text{ cm}^3$$

$c = 1,34$ , για ενισχυτικά πυθμένα και  $1,25$  για πλαινά ενισχυτικά.

$$h = 5 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$\underline{\underline{SM = 117,302 \text{ cm}^3}}$$



	DIMENSIONS (cm)		BOTTOM LONGITUDINALS L 100x100x10 mm				
AA	l	b	A (cm) <sup>2</sup>	Y (cm)	A*y (cm <sup>3</sup> )	A*y <sup>2</sup> (cm) <sup>4</sup>	lx'-x' (cm) <sup>4</sup>
Bottom	50	1	50	0.5	25	12.5	4.166666667
L WEB	1	10	10	6	60	360	83.33333333
L FLANGE	9	1	9	10.5	94.5	992.25	0.75
		TOTAL	69		179.5	1364.75	88.25
Y1=ΣAψi/ΣAi		2.601449 cm					
H0= 13.9		cm	Y2=H0-Y1		11.29855 cm		
Jtot=Σ(lx'-x') <sup>2</sup> +Σ(A*y <sup>2</sup> )			1453				
Jx'-x'=Jtot-A*Y2 <sup>2</sup>		1325.343					
SM=Jx'-x'/Y2		117.302					

Δημιουργούμε πίνακα στο υπολογιστικό φύλλο το οποίο,θα μας βοηθήσει με τις πράξεις. Στην πρώτη στήλη αναγράφουμε τις διατομές ,τις οποίες τις έχουμε χωρίσει σε «εύκολα» σχήματα για τους υπολογισμούς μας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι διατομές μας είναι ορθογώνιες και τις έχουμε ονομάσει σύμφωνα με το σχέδιο πιο πάνω. Στην δεύτερη και στην τρίτη στήλη βάζουμε τις διαστάσεις των διατομών προκειμένου μετα να βρούμε τα εμβαδά. Αφού αναγράψουμε τα κέντρα των βαρών των διατομών προχωρούμε στους υπολογισμούς μας που θα γίνουν σύμφωνα με τους τύπους της θεωρίας του κεντροβαρικού άξονα και του θεωρήματος Steiner.

Το section modulus που βρέθηκε από τους υπολογισμούς είναι 117,302 cm<sup>3</sup> ,το οποίο είναι μεγαλύτερο από το SM=47 cm<sup>3</sup> που υπολογίσαμε από τους κανονισμούς ,οπότε είναι και αποδεκτό.

$$SM=117,302 \text{ cm}^3 > SM=47 \text{ cm}^3$$

**Επιλέγουμε ενισχυτικό ανισοσκελούς γωνιάς με διαστάσεις L 100 x 100 x 10 mm ,με συνεργαζόμενο έλασμα 10χιλιοστών.**

### 5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΦΡΑΚΤΗΣ

Σύμφωνα με τους κανονισμούς ο collision BHD, πρέπει να είναι το λιγότερο 2,5 μέτρα απο τη πρωραία κάθετο (Παρακάτω θα παραθέσω τους κανονισμούς).

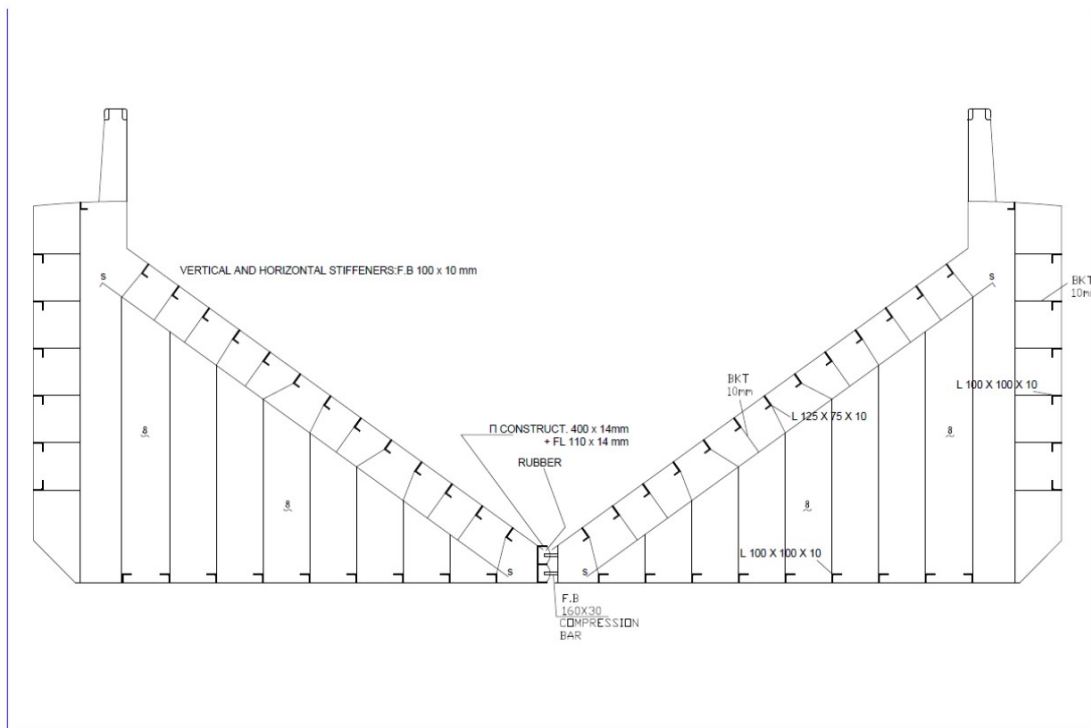
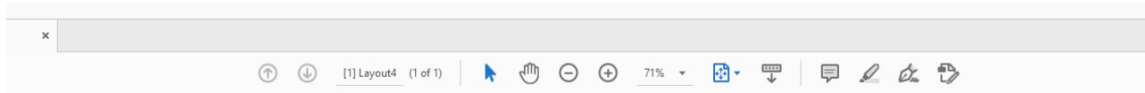
Ο νηογνώμονας μας δίνει τον τύπο για την εύρεση του πάχους του ελάσματος που θα βάλουμε στην φρακτή, στην σελίδα 60 των κανονισμών.

$$t = sk\sqrt{qh/c} + 1.5 \text{ mm}$$

Αυτός είναι ο τύπος ,με τον περιορισμό ,όμως το πάχος να μην είναι λιγότερο απο 6 mm.

Αντικαθιστώντας βρίσκουμε  $t=500 \times 1 \sqrt{1 \times 4 / 290} + 1,5= 5,4 \text{ mm}$ .

Το αποτέλεσμα που βρίσκουμε είναι 5,4. **Θα επιλέξουμε πάχος ελάσματος 8 χιλιοστά**, για όλες τις εγκάρσιες φρακτές της φορηγίδας μας.

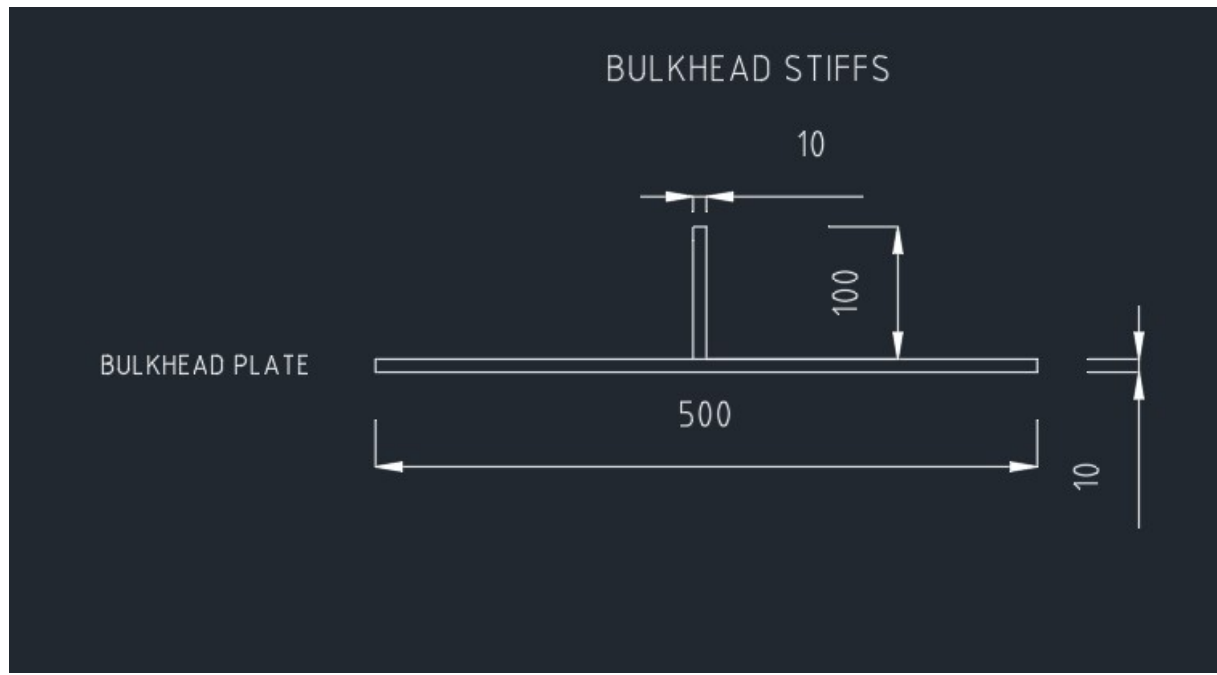


Στην συνέχεια θα υπολογίσουμε τα ενισχυτικά που θα συγκολληθούν επάνω στην εγκάρσια φρακτή.

Δηλαδή θα επιλέξουμε ως ενισχυτικό λάμα 100 χιλιοστά με πάχος 10 χιλιοστά, η οποία θα είναι συγκολλημένη με το συνεργαζόμενο έλασμα της εγκάρσιας φρακτής, που την έχουμε ορίσει 8 χιλιοστά.

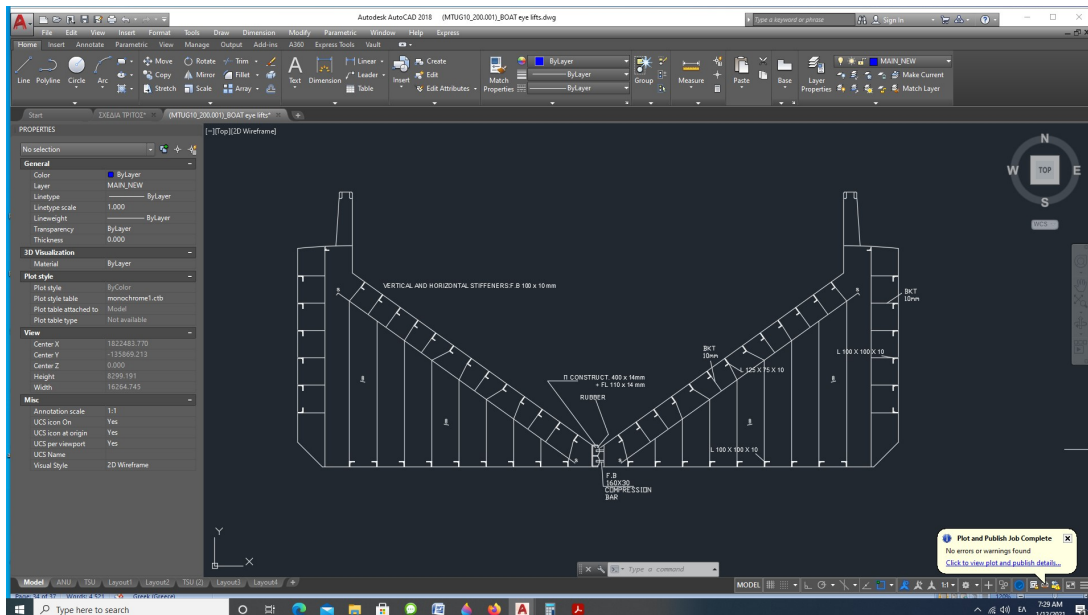
Το section modulus, που μας δίνουν οι τυποί φαίνεται παρακάτω:

$$SM = 7.8 \cdot c \cdot h \cdot I^2 \cdot Q = 2,73 \text{ cm}^3$$



Παρακάτω ,πάντα με την βοήθεια των υπολογιστικών φύλλων του excel, θα προσπαθήσουμε να βρούμε το section modulus της διατομής και να την συγκρίνουμε με το section modulus που έχουμε βρεί απο τους τύπους των κανονισμών.Αν το section modulus της διατομής μας είναι μεγαλύτερο απο αυτό των τυπών,τότε οι διάστασεις των ενισχυτικών μας αρκούν,για την κατασκευή των εγκάρσιων φρακτών μας.

		DIMENSIONS (cm)		BHD STIFFS F.B 100x6 mm				
AA	l	b	A (cm) <sup>2</sup>	Y (cm)	A*y(cm <sup>3</sup> )	A*y <sup>2</sup> (cm) <sup>4</sup>	lx'-x' (cm) <sup>4</sup>	
BHD	50	0.8	40	0.8	32	25.6	2.13333333	
FB	1	10.8	10.8	5.8	62.64	363.312	104.976	
		TOTAL	50.8		94.64	388.912	107.1093333	
		$Y1 = \Sigma A\psi_i / \Sigma A_i$ 1.862992 cm						
		H0= 13.9 cm	$Y2 = H0 - Y1$ 12.03701 cm					
		$J_{tot} = \Sigma (lx' - x') + \Sigma (A * y^2)$ 496.0213						
		$Jx' - x' = J_{tot} - A * Y2^2$		351.1318				
		SM = $Jx' - x' / Y2$		29.17102				



*Printscreen απο το σχεδιαστικό πρόγραμμα*

*(συνεργαζόμενο έλασμα 8 mm με flat bars 100 x 10 mm)*

Το section modulus που βρέθηκε απο τους υπολογισμούς είναι  $29,17 \text{ cm}^3$ , το οποίο είναι μεγαλύτερο απο το  $SM=2.73 \text{ cm}^3$  που υπολογίσαμε απο τους κανονισμούς ,οπότε είναι και αποδεκτό.

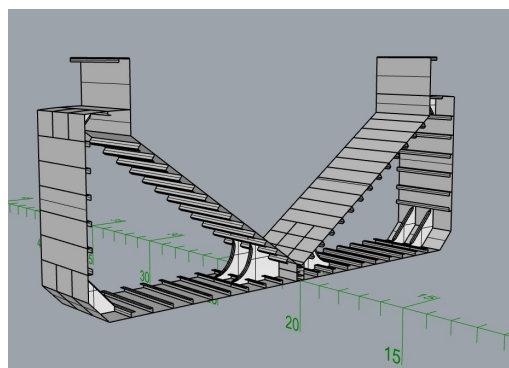
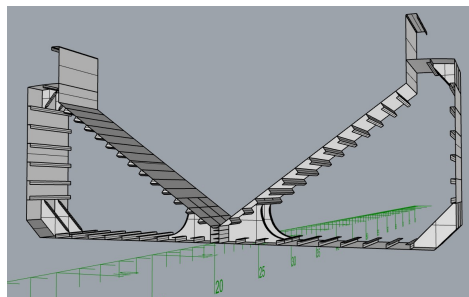
$$SM=29,17 \text{ cm}^3 > SM=2.73 \text{ cm}^3$$

## Κεφάλαιο 6: ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### ΓΕΝΙΚΑ

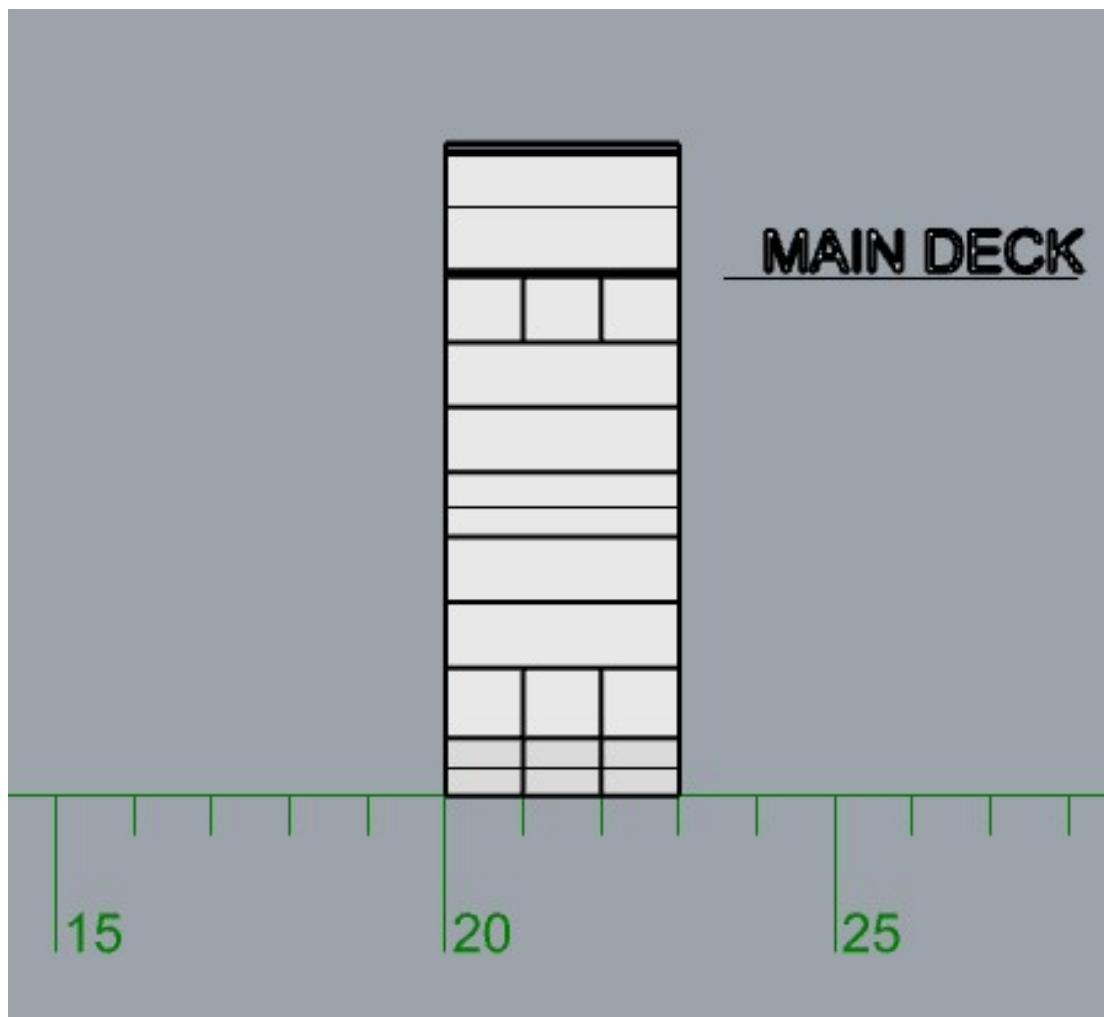
---

Η τεχνική έκθεση που συντάχθηκε θα μας παρουσιάσει μια ανάλυση αντοχής ,με την χρήση των πεπερασμένων στοιχείων.Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το MIDAS NFX και μας έδωσε αποτελέσματα ,για την φορτηγίδα που έχουμε σχεδιάσει.



*Figure 1,2. Προοπτική όψη τρισδιάστατης μορφής της εγκάρσιας τομής μεταξύ των νομέων 20-23.*

Η τοποθέτηση της φορτηγίδας μας, με την αρίθμηση των νομέων, κοιτώντας προς τα Αριστερά:



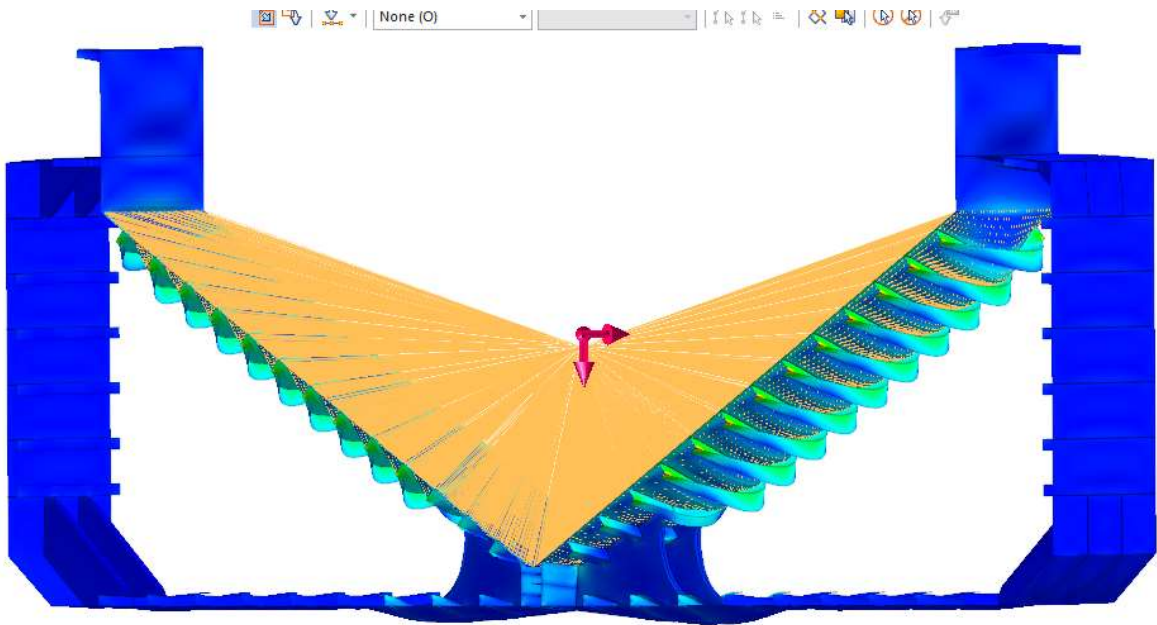
*Figure 3. τοποθέτηση της εγκάρσιας τομής μεταξύ των νομέων 20-23 κοιτώντας Αριστερά.*





## 6.1 Τοποθέτηση φορτίου

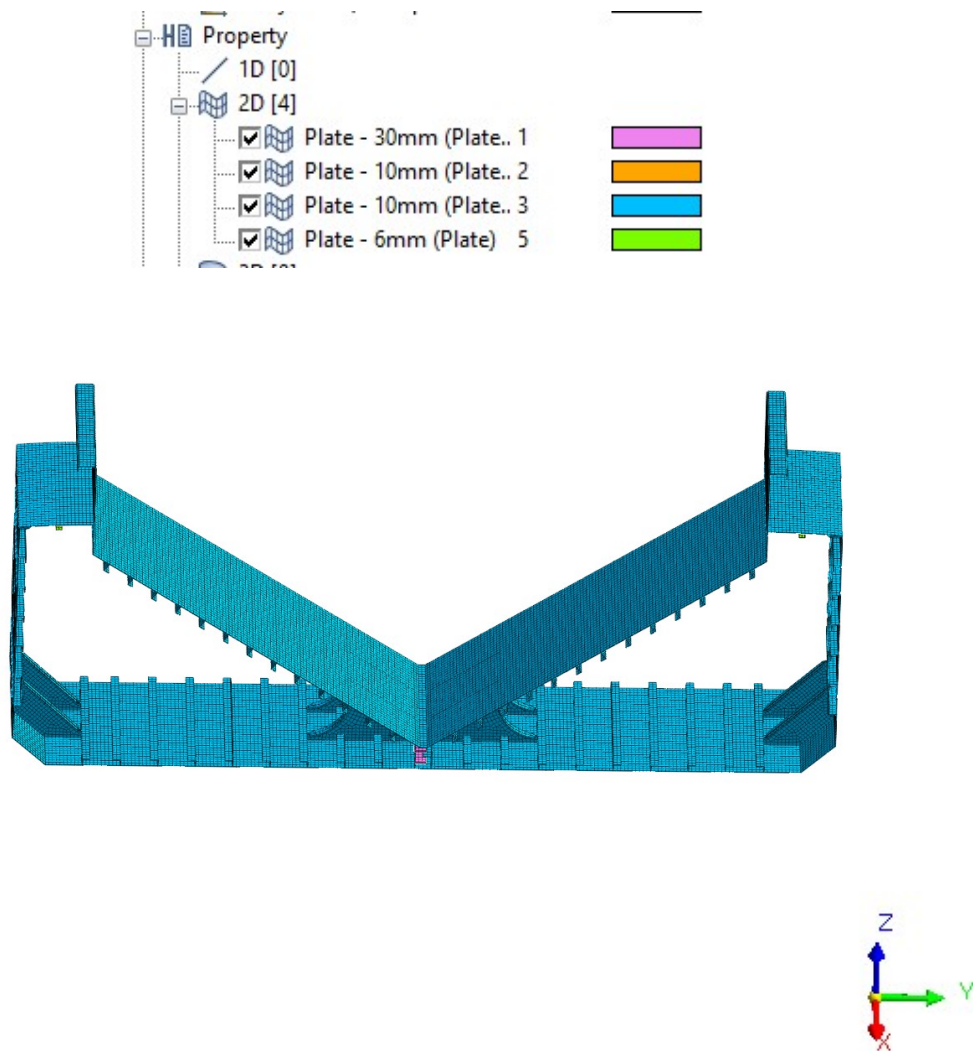
Το φορτίο που τοποθετήσαμε ορίζεται στους πενήντα τόνους και θα ασκεί πίεση επάνω στα τοιχώματα του hopper plating σε  $0.025 \text{ N/mm}^2$  (MPa). Η πίεση των  $0,025 \text{ MPa}$  προέκυψε από την διαίρεση των πενήντα τόνων προς την επιφάνεια του hopper plating. Επίσης για πιο ρεαλιστική προσαρμογή τοποθετήσαμε και μια επιταχυνση της βαρύτητας, για να δείχνει μια μετακίνηση του φορτίου, κατά την πλευση της φορτηγίδας. Το φορτίο των πενήντα τόνων υπολογίστηκε αναλογικά σε σχέση με το μήκος φορτίου που είναι τα 24 μέτρα προς το μήκος του 1,8 μέτρων που θα υπολογίσουμε.



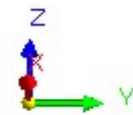
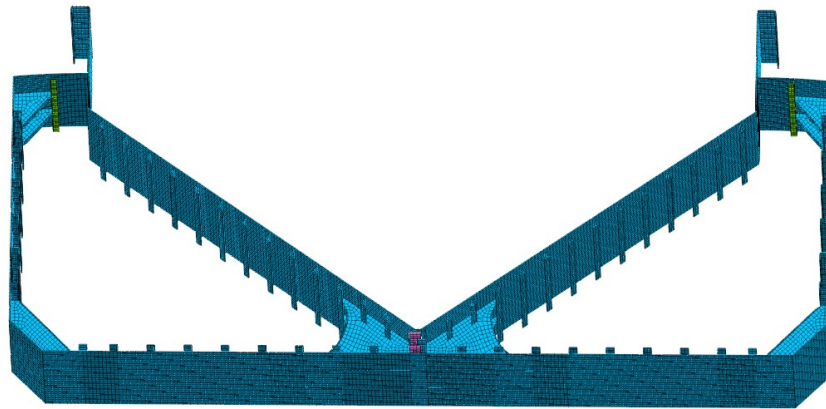
**Figure 5.** Η Πίεση τοποθέτηθηκε να εκτονώνεται επάνω στα τοιχώματα του plating και το βλέπουμε οπτικά με την εντολή *interpolation* του MIDAS.

## 6.2 Property

Όπως φαίνεται παρακάτω χρησιμοποιούμε τα properties του προγράμματος για να φτιάξουμε και να παρουσιάσουμε τα πάχη των ελασμάτων που έχουμε επιλέξει από την προμελέτη μας με τους κανονισμούς του ABS.



**Figure 6a.** – Οψη της τομής με τα αντίστοιχα χρώματα από τα πάχη των ελασμάτων. Κοιτώντας από πάνω.

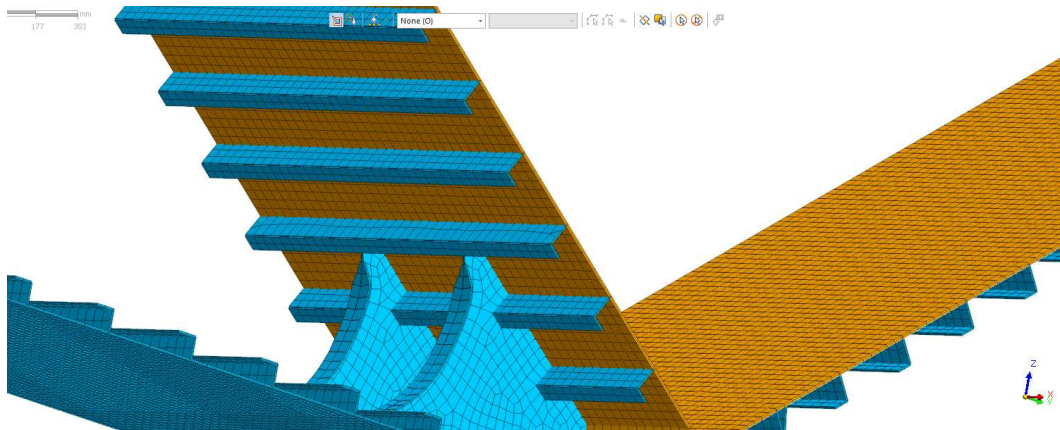


**Figure 6b.** – Οψη της τομής με τα αντίστοιχα χρώματα απο τα πάχη των ελασμάτων.Κοιτώντας απο κάτω.

### 6.3 Ανάλυση των πεπερασμένων στοιχείων

---

Με βάση τα κατασκευαστικά σχέδια σχεδιάστηκε ένα μοντέλο για τα πεπερασμένα στοιχεία. Στο μοντέλο δημιουργήθηκε mesh από στοιχεία των 50 mm. Το υλικό του χάλυβα που χρησιμοποιήσαμε είναι κοινός ναυπηγικός χάλυβας grade A. Παρακάτω βλέπουμε μια λεπτομέρεια του mesh που κατασκευάστηκε.

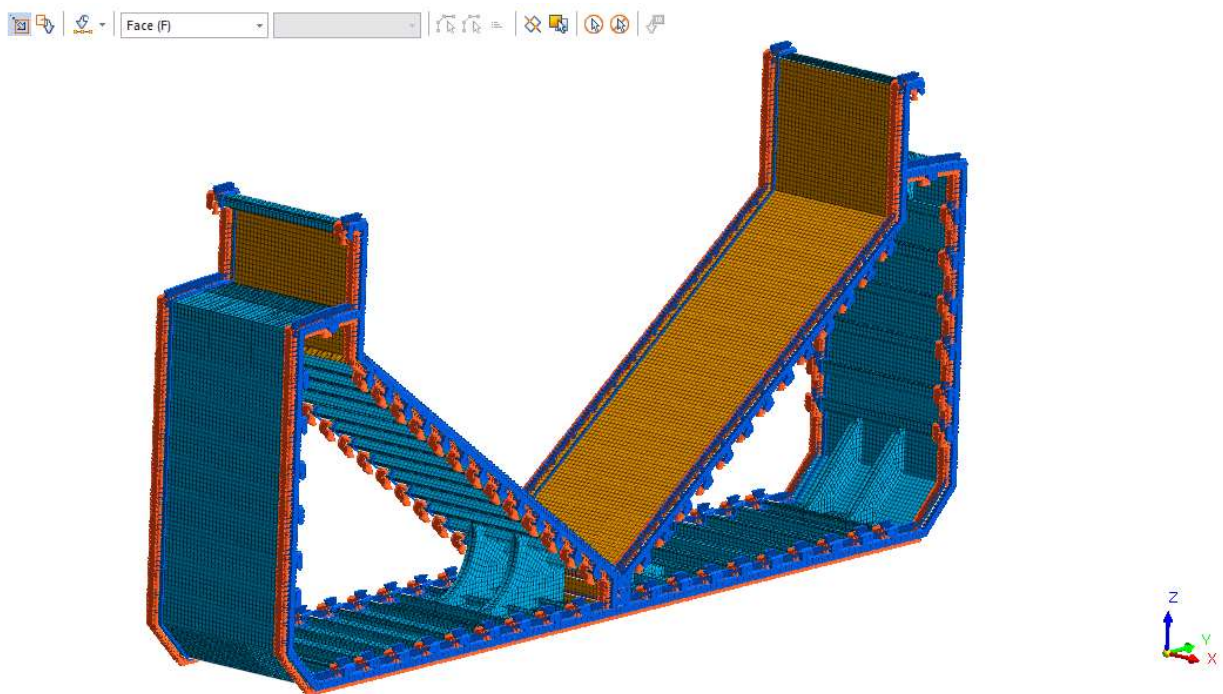


**Figure 7a** – Overall FE Structural Model

<b>Number of Nodes</b>	: 39075
<b>Number of 2D Elements</b>	: 38388
<b>Solver</b>	: midasNFX
<b>Analysis Type</b>	: Linear Static

#### 6.4 Οριακές συνθήκες

Οι άκρες του πυθμένα ,των πλαινων και του hopper plating θεωρούνται πακτωμένες(fixed). Όπως φαίνεται και στην παρακάτω όψη.

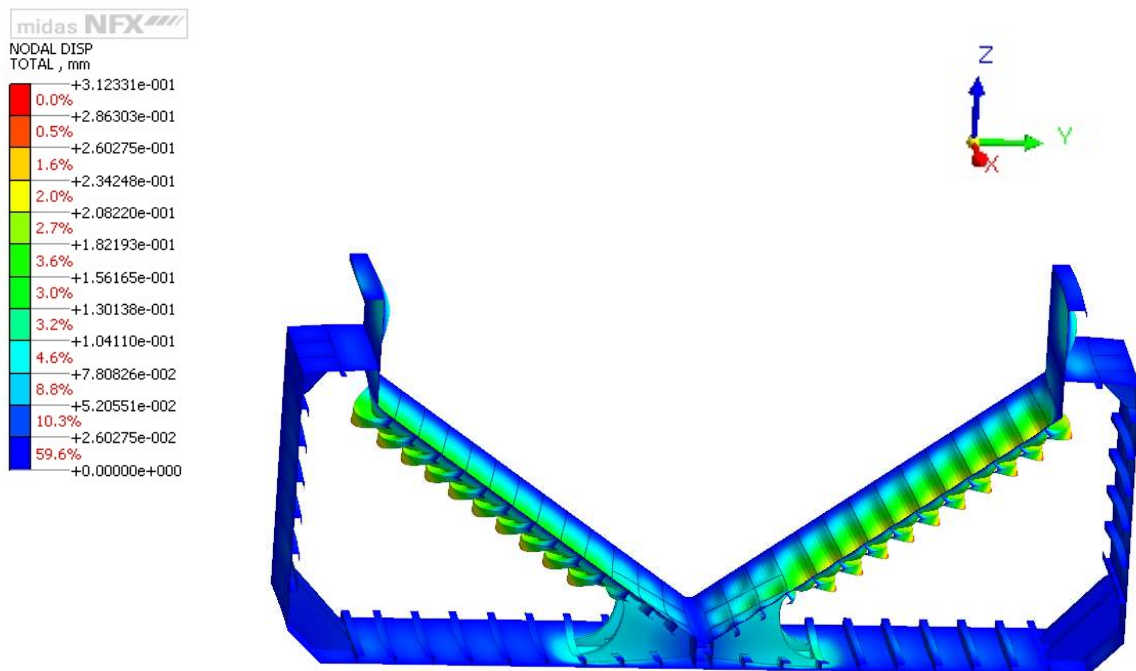


**Figure 7b** – Γενική όψη της εγκάρσιας τομής με πακτωμένες τις άκρες της εγκάρσιας τομής.

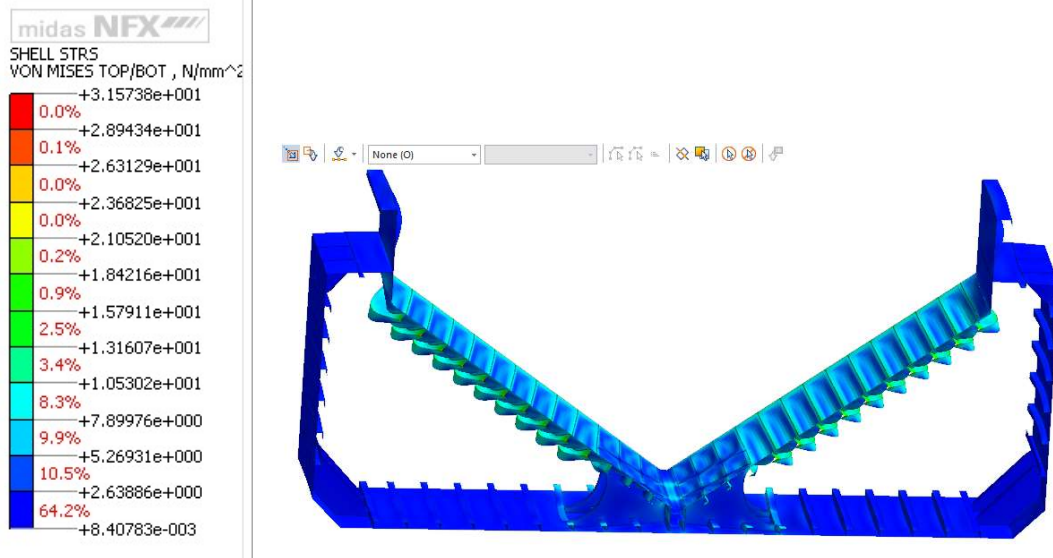
## 6.5 Ανάλυση και αποτελέσματα

Στην συνέχεια έγινε επίλυση του μοντέλου που κατασκευάσαμε. Θα παρουσιάσουμε με γράφημα και με απεικονίσεις την μετατόπιση καθώς και το κριτήριο von mises, που είναι και το πιο καθοριστικό για την κατασκευή μας. Γιατι μας δείχνει αν η κατασκευή μας λόγω των τάσεων που δέχεται, παθαίνει μόνιμες παραμορφώσεις. Για τον κοινό ναυπηγικό χάλυβα το όριο διαρροής είναι 235 Mpa ή 235 Nt/mm<sup>2</sup>.

Θα είναι πιο σωστό καθε φορά που διενεργούμε μια μελέτη με πεπερασμένα στοιχεία να βάζουμε και έναν λόγο ασφαλείας εδώ διαλέξαμε έναν λόγο ασφαλείας 1.6 δηλαδή **147 Mpa**.



*Figure 8 – τα αποτελέσματα της μετατόπισης.*



*Figure 9 – τα αποτελέσματα του κριτηρίου Von Mises.*

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως φαίνεται απο τα αποτελέσματα ,οι τάσεις που αναπτύσσονται στην προς μελέτη κατασκευή είναι μέσα στα επιτρεπόμενα όρια σχεδίασης.Η υψηλότερη μετατόπιση (displacement) που παρουσιάστηκε είναι στα 0.3 mm,ενώ η ψηλότερη τάση με το κριτήριο του von mises είναι κοντά στα 32 Mpa ή 32 Nt/mm<sup>2</sup>.

Που σε σχέση με την ταση ασφαλειας που βάλαμε στα 147 Mpa είναι πολύ χαμηλή.



## Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και προτάσεις

### 7.1 Συμπεράσματα

Η χρήση των πεπερασμένων στοιχείων, μπορεί να βοηθήσει τον μηχανικό στην καθημερινή του ενασχόληση με τον υπολογισμό της αντοχής ώστε να μπορέσει να κατασκευάσει αξιόπιστες κατασκευές, πιο όμορφες αισθητικά με χαμηλότερο κόστος υλικών.

### 7.2 Προτάσεις

Η προσομοίωση με τα πεπερασμένα στοιχεία μπορεί να συνεχιστεί για να μελετηθεί η αντίσταση πάνω στην γάστρα του πλοίου και να γίνει εύρεση του αριθμού Froude.

## Βιβλιογραφία

ABS (American Bureau of Shipping) for steel Barges 2015.

Βουθούνης, Π. (2013). Αντοχή των υλικών. Αθήνα.

Θεοδουλίδης, Α. (2018). Δομική σχεδίαση του πλοίου.

Καρύδης, Π. (2000). Η Μεταλλική Κατασκευή του Πλοίου. Θέματα Τοπικής Αντοχής. Γ. Αργυρόπουλος Ε.Π.Ε. Αθήνα.

Κώστας, Κ. (2014). 3D Σχεδίαση & Υπολογισμοί με το Rhino 3D. DaVinci.

MIDAS. Building Better Products with Finite Element Analysis.

Χατζηκωνσταντής, Γ. (2018). Τεχνική νομοθεσία και ναυπηγικό σχέδιο.

<https://jenkinsmarine.co.uk/>

Ιστοσελίδα ναυπηγείου στην Μεγάλη Βρετανία κατασκευής διαιρούμενων φορτηγίδων.

<http://ganzdanubius.eu/>

Ιστοσελίδα ναυπηγείου στην Ουγγαρία κατασκευής διαιρούμενων φορτηγίδων.

<https://www.spanopoulos-group.com/>

Ιστοσελίδα ναυπηγείου στην Ελλάδα κατασκευής διαιρούμενων φορτηγίδων.

Τα προγράμματα (RHINOCEROS, AUTOCAD, MIDAS) που χρησιμοποιήθηκαν είναι με άδεια και ευχαριστώ το ναυπηγικό γραφείο SIM FWD για την χορήγηση ηλεκτρονικού υπολογιστή για να χρησιμοποιήσω τα αναφερόμενα προγράμματα.