



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη αντοχής των τοιχωμάτων δεξαμενής με χρήση κανονισμών  
νηογνωμόνων και της μεθόδου Πεπερασμένων Στοιχείων

Strength analysis of tank walls using the Common Structural Rules  
and the Finite Element Method

Ελισάβετ Νταλίπι

A.M.: 51114067

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Μηχ. Αλέξανδρος Θεοδουλίδης

Αιγάλεω, 2022





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία

Τίτλος : «Μελέτη αντοχής των τοιχωμάτων δεξαμενής με χρήση κανονισμών νηογνομώνων και της μεθόδου Πεπερασμένων Στοιχείων»

Συγγραφέας

Ελισάβετ Νταλίπι , Α.Μ.:51114067

Επιβλέπων

Δρ. Μηχ. Αλέξανδρος Θεοδουλίδης Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Ημερομηνία εξέτασης

25/05/2022

Εξεταστική Επιτροπή

Θεοδουλίδης Αλέξανδρος  
Επίκουρος Καθηγητής,  
ΠΑ.ΔΑ

Πολίτης Κωνσταντίνος  
Καθηγητής, ΠΑ.ΔΑ

Τίγκας Ιωάννης  
Επίκουρος Καθηγητής,  
ΠΑ.ΔΑ



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Νταλίπι Ελισάβετ του Έντουαρντ, με αριθμό μητρώου 51114067 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Ναυπηγών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Η ΔΗΛΟΥΣΑ





## Πίνακας περιεχομένων

1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	ix
1.1 Abstract .....	x
2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ CSR.....	1
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΝΟΗΓΝΩΜΟΝΩΝ ΚΑΙ CSR.....	1
2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ CSR.....	3
3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....	6
3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ... ..	6
4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ .....	9
4.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΠΛΟΙΟΥ .....	9
4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ .....	9
4.3 ΜΟΡΦΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ .....	9
4.4 ΣΧΕΔΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ .....	10
5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΑΣΚΟΥΜΕΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ .....	16
5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗ.....	17
5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ <i>SLOSHING</i> ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗ .....	18
5.2.1 ΥΠΟΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΑΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ .....	18
5.2.2 ΥΠΟΘΕΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ .....	22
5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗ.....	26
6 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΣΤΟ SOLIDWORKS .....	30
6.1 ΦΡΑΚΤΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ .....	30
6.2 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ.....	39
6.3 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΛΑΝΤΖΑΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ.....	51
6.4 ΚΥΡΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ.....	58
6.6 ΑΓΚΩΝΕΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ.....	71
7 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ.....	76
7.1 ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ .....	76
7.2 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ .....	81
7.3 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ.....	85
8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SOLIDWORKS .....	88
9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	104
10 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....	106
11 ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	107
12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	108

*APPENDICES*

*APPENDIX I* - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ..... 1

*APPENDIX II* - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ..... 1

*APPENDIX III* - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΑ ΚΥΡΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ..... 1

*APPENDIX IV* - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΑ ΚΥΡΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ..... 1

*APPENDIX V* - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ..... 1

*APPENDIX VI* - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ..... 1

*APPENDIX VII* - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ..... 1

*APPENDIX VIII* - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ..... 1

*APPENDIX XI* - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ..... 1

*APPENDIX X* - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ..... 1



## 1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση των Κοινών Κανονισμών του *IACS* με την Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων, ως προς την αντοχή των τοιχωμάτων δεξαμενής, που περιέχει γλυκό νερό. Αρχικά πραγματοποιήθηκε μελέτη των κατασκευαστικών στοιχείων και έρευνα ως προς το ιστορικό πλαίσιο, την εξέλιξη και τον σκοπό των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν. Στην συνέχεια με βάση τους Κοινούς Κανονισμούς του *IACS* υπολογίσθηκαν οι συνολικές εσωτερικές πιέσεις (Στατική, Δυναμική και *Sloshing*) που ασκούνται στην δεξαμενή σε δυο διαφορετικές καταστάσεις πληρότητας. Έπειτα διαστασιολογήθηκαν τα ελάσματα, τα δευτερεύοντα και τα κύρια ενισχυτικά. Αφού ολοκληρώθηκε το κομμάτι των υπολογισμών από τους Κοινούς Κανονισμούς του *IACS*, μοντελοποιήθηκε η δεξαμενή, σύμφωνα με τα κατασκευαστικά της σχέδια στο λογισμικό *Solidworks*. Εφαρμόστηκαν οι εσωτερικές πιέσεις στις φρακτές της δεξαμενής και με την χρήση της Μεθόδου των Πεπερασμένων Στοιχείων το λογισμικό υπολόγισε τις παραμορφώσεις της δεξαμενής. Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής και σύγκρισης των δύο αυτών μεθόδων, οι Κοινοί Κανονισμοί του *IACS* συμφωνούν με την μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων, για την συγκεκριμένη δεξαμενή.

## 1.1 Abstract

*The purpose of this Diploma Thesis, is the comparison of the Finite Element Method and the Common Structural Rules of the Classification Society, in terms of strength examination for the walls of a tank, containing fresh water. Initially, a study of the components and a research was carried out regarding the historical context, the evolution and the purpose of the methods used. Based on the Common Structural Rules, the total internal pressures of the tank (Static, Dynamic and Sloshing) was calculated, in two different states. Accordingly, the bulkheads, the secondary and the primary supporting members were then dimensioned. Then, the tank was modeled, according to its construction plans. Internal pressures were applied to the tanks walls and via using the Finite Element Method, the displacements and stresses were calculated with the assistance of the Solidworks software. The final conclusion from the results of using both methods, is that the Finite Element Method agrees with the Common Structural Rules, regarding tank design.*

## 2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ CSR

### 2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΝΟΗΓΝΩΜΟΝΩΝ ΚΑΙ CSR

Η Διεθνής Ένωση Ταξινομητικών Εταιρειών (*IACS*) είναι ένας μη κυβερνητικός οργανισμός που αποτελείται από δώδεκα μέλη θαλάσσιων νηογνώμωνων. Το 90% του παγκόσμιου στόλου των φορτηγών καλύπτεται και συμμορφώνεται από τα πρότυπα των κλάσεων που έχουν καθοριστεί από τον *IACS*.

Η ιστορία του ξεκινάει το χίλια εξακόσια ενενήντα ένα (1691) στο Λονδίνο όπου ο *Edward Lloyd*, ιδρύει με τον καιρό ένα κέντρο συνενυρέσεων ανθρώπων, το οποίο αρχικά ήταν καφενείο, που σχετίζοντας με τον χώρο της ναυτιλίας. Αργότερα για τη καλύτερη ενημέρωση των πελατών του σε σχέση με την ναυτιλία ξεκίνησε να εκδίδει την εφημερίδα “*Lloyd’s News*”. Οι απόγονοί του συνεχίζουν το έργο του με την επανέκδοση της εφημερίδας υπό το όνομα “*Lloyd’s List*”. Με το πέρασμα του χρόνου το καφενείο αυτό γίνεται ένα από τα μεγαλύτερα κέντρα στα οποία λάμβαναν μέρος σοβαρές εμπορικές συμφωνίες για τα ναύλα μεταξύ των πλοιοκτητών και των ναυλωτών. Το χίλια επτακόσια εξήντα (1760) ιδρύεται η πρώτη εταιρεία για την ασφάλιση του πλοίου και του φορτίου με το όνομα «*Register of Shipping*».

Το χίλια οχτακόσια είκοσι έξι (1826) δημιουργήθηκε ο πρώτος νηογνώμονας με το όνομα «*Lloyd’s Register of British and Foreign Shipping*», αφού είχε είδη αρχίσει η ανάγκη για την ύπαρξη μιας ανεξάρτητης πηγής η οποία θα διασφαλίζει με αντικειμενικότητα την αξιοπιστία ανάμεσα στους πλοιοκτήτες και τους ναυλωτές για το πλοίο και το φορτίο. Το χίλια οχτακόσια τριάντα τέσσερα (1834) ιδρύθηκε ο «*Lloyd’s Register of Shipping*» και λειτουργεί ως σήμερα υπό την ίδια ονομασία. Ο ελληνικός νηογνώμονας ιδρύθηκε το χίλια εννιακόσια δέκα εννέα (1919). Στις ημέρες μας οι νηογνώμονες είναι οργανισμοί πυλώνες για τον χώρο της ναυτιλίας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Στο πρώτο συνέδριο μεγάλων εταιρειών το χίλια εννιακόσια τριάντα εννέα (1939), στο οποίο συμμετείχαν οι *ABS, BV, DNV, GL, LR* και *NK*, συμφώνησαν για περαιτέρω συνεργασία μεταξύ των κοινωνιών.

Στο δεύτερο μεγάλο συνέδριο, που πραγματοποιήθηκε το χίλια εννιακόσια πενήντα πέντε (1955), οδήγησε στη δημιουργία ομάδων εργασίας για συγκεκριμένα θέματα. Το χίλια εννιακόσια εξήντα οχτώ (1968) σχηματίστηκε ο *IACS* από επτά κορυφαίες κοινωνίες.

Ιδρύθηκε επίσημα στις έντεκα (11) Σεπτεμβρίου χίλια εννιακόσια εξήντα οχτώ (1968) στο Αμβούργο της Γερμανίας και η έδρα του βρίσκεται αυτή τη στιγμή Λονδίνο. Το χίλια εννιακόσια εξήντα εννέα (1969), Ο *IACS* έλαβε συμβουλευτική υποστήριξη από τον *IMO*. Τα μέλη του αυξήθηκαν από τότε σε δώδεκα.

Οι Κοινοί Κανονισμοί του *IACS* (*CSR*) αρχικά δημιουργήθηκαν για την επίτευξη καλύτερου συντονισμού την ναυτικής και ναυπηγικής βιομηχανίας. Σκοπός κυρίως είναι η σχεδίαση, όσο είναι εφικτό, ασφαλέστερων πλοίων ως προς την κατασκευή, το προσωπικό που εργάζεται σε αυτό και το οικολογικό σύστημα.

Για πρώτη φορά οι κοινοί κατασκευαστικοί κανονισμοί προτάθηκαν το δυο χιλιάδες τέσσερα (2004) και στις δεκατέσσερις (14) Δεκεμβρίου του δυο χιλιάδες πέντε (2005), εγκρίθηκαν ομόφωνα από το Συμβούλιο *IACS* για εφαρμογή την πρώτη (1<sup>η</sup>) Απριλίου του δυο χιλιάδες έξι (2006) ενώ μέχρι και σήμερα συνεχίζεται η αναβάθμιση και ανανέωση των κανονισμών σε όλο και πιο εύστοχες απαιτήσεις.

Τα μέλη του *IACS* είναι:

- Ο Αγγλικός, (LR) [Lloyd's Register],
- Ο Αμερικάνικος, (ABS) [American Bureau of Shipping]
- Ο Γαλλικός Νηογνώμονας, (BV) [Bureau Veritas]
- Ο Γερμανικός Νηογνώμονας, (GL) [Germanischer Lloyd]
- Ο Ιαπωνικός Νηογνώμονας, (NK) [Nippon Kaiji Kyokai] (Class NK)
- Ο Ινδικός Νηογνώμονας, (IRCLASS) [Indian Register of Shipping]
- Ο Ιταλικός Νηογνώμονας, (RINA) [Registro Italiano Navale]
- Ο Κινεζικός Νηογνώμονας, (CCS) [China Classification Society]
- Ο Κορεατικός Νηογνώμονας, (KR) [K. Register of Shipping]
- Ο Κροατικός Νηογνώμονας, (CRS) [Croatian Register of Shipping]
- Ο Νορβηγικός Νηογνώμονας (DNV) [Det Norske Veritas]
- Ο Πολωνικός Νηογνώμονας, (PRS) [Polish Register of Shipping]
- Ο Ρωσικός Νηογνώμονας, (RS) [R. Register of Shipping]

## 2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ CSR

Οι CSR (κοινοί κατασκευαστικοί κανονισμοί) εφαρμόζονται για τα διπύθμενα δεξαμενόπλοια (CSR-OT) και για φορτηγά χύδην (CSR-BC). Οι κανόνες αυτοί είναι βασισμένοι για την ασφάλεια σε τεχνικά επίπεδα και επιτεύχθηκε η κύριος στόχος για την ύπαρξη ασφαλέστερων πλοίων. Ο ΟΣΔΕ αποφάσισε να εφαρμόσει αυτούς τους ανεξάρτητους κανονισμούς προκειμένου να αποφευχθούν οι παραλλαγές και να επιτευχθεί η συνέπεια της εφαρμογής τους.

Υπάρχει πλέον ένα ενιαίο σύνολο κανόνων “Κοινοί κατασκευαστικοί κανόνες” για χύδην πλοία και δεξαμενόπλοια” (CSR BC &OT) που αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελείται από κοινές απαιτήσεις τόσο για τα χύδην όσο και για τα διπύθμενα δεξαμενόπλοια με και το δεύτερο μέρος παρέχει πρόσθετες εξειδικευμένες απαιτήσεις και για τους δυο τύπους πλοίων αντίστοιχα.

Ο τρόπος ενημέρωσης για τις νέες αποφάσεις, τα ερωτήματα και τις απαντήσεις, ώστε όλα τα μέλη- κράτη και οι βιομηχανίες να εφαρμόσουν το CSR με εύκολο και συνεπή τρόπο, είναι με την δημοσίευση τους στον ιστότοπο του IACS. Για τα μέλη- κράτη υπάρχει ακόμα και συγκεκριμένη ιστοσελίδα στην οποία μπορούν να εναποθέσουν την οποιαδήποτε ερώτηση, παρατήρηση και ανατροφοδότηση που χρειάζονται.

Οι CSR δημιουργήθηκαν με βάση την συνδυασμένη εμπειρία για μια λειτουργία με σκοπό την πιο ασφαλής και σαφής μεθοδολογία για τον καθορισμό των κατασκευών. Οι απαιτήσεις των κανονισμών αφορούν την καθοδήγηση στα ιδανικά επίπεδα αντοχής την μεταλλικής κατασκευής του πλοίου. Με αυτό το τρόπο θα επιτευχθεί η μείωση του κίνδυνου αστοχίας, αυξάνοντας την ασφάλεια του περιβάλλοντος και την ανθρώπινης ζωής. Οι προηγούμενες απαιτήσεις αναθεωρήθηκαν και αναδιαμορφώθηκαν προκειμένου να συμφωνούν με τους CSR. Επιπλέον, εισήχθησαν αυστηρές απαιτήσεις για τον υπολογισμό των παρακάτω:

- ορίου διάβρωσης και την προσέγγιση καθαρού πάχους,
- για την αντοχή σε κόπωση,
- την μεθοδολογία για τον προδιαγεγραμμένο προσδιορισμό των διαστάσεων των κατασκευαστικών στοιχείων,
- και την ανάλυση της κατασκευής με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.

Οι παραπάνω καινοτομίες έχουν σκοπό την καλύτερη σχεδίαση και αξιοπιστία των κατασκευών των εμπορικών πλοίων καθ’ όλη την διάρκεια ζωής τους.

Πριν την ισχύ των κοινών κατασκευαστικών κανονισμών η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιούταν κατ’ επιλογήν σε θέματα τοπικής αντοχής, σε περιπτώσεις πρωτοποριακών σχεδιαστικών λύσεων και για εξακρίβωση των κανονισμών.

Όλα αυτά όμως διότι οι κανονισμοί δεν είχαν μια ικανοποιητική λύση ή δεν μπορούσαν να καλύψουν τις περιπτώσεις εκείνες. Με την εφαρμογή των κοινών κατασκευαστικών κανονισμών η χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων έγινε υποχρεωτική. Για

τον έλεγχο της μεταλλικής κατασκευής σε διαρροή, λυγισμό και κόπωση σε πλοία χύδην φορτίου και μεταφοράς πετρελαίου με μήκος πάνω από εκατόν πενήντα μέτρα. Η χρήση της μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων γίνεται σε τρία στάδια για τους κανονισμούς αυτούς.

Αρχικά γίνεται η μοντελοποίηση του αντικειμένου- προϊόντος, στην συνέχεια γίνεται ανάλυση στις περιοχές όπου υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση τάσεων και τέλος λεπτομερής ανάλυση στην κατασκευή για την πρόβλεψη της μελλοντικής κόπωσης. Σημειώσεις μαθήματος εφαρμογές πεπερασμένων στοιχείων στη ναυπηγική και στη θαλάσσια τεχνολογία.

Παρακάτω αναλύονται μερικά από τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής των *CSR* σε σχέση με τον τρόπο που εφαρμόζονταν πριν οι κανονισμοί.

Η πρώτη διαφορά αφορά τον τρόπο αξιολόγησης της αντοχής του πλοίου σε διαφορετικά βυθίσματα. Οι *CSR* πραγματοποίησαν μελέτες σύμφωνα με διαφορετικές καταστάσεις φορτώσεων και τις κατέταξαν σε διαφορετικές κατηγορίες. Μερικές από αυτές τις καταστάσεις είναι:

Το *Scantling draft* το οποίο είναι περίπου 4% μεγαλύτερο από το *design draft*. Θεωρείτε συντελεστής ασφάλειας διότι όσο μεγαλύτερο είναι το βύθισμα τόσο μεγαλύτερες είναι και οι υδροστατικές πιέσεις.

Το *Minimum Ballast Draft at midship*, όπου έχει εφαρμοστεί διότι στο συγκεκριμένο βύθισμα, το μέσω του πλοίου δέχεται περισσότερες δυνάμεις και φορτία.

Ακόμα ένα πλεονέκτημα είναι ο προηγμένος σχεδιασμός σε διάφορες καταστάσεις φορτώσεως του πλοίου. Μερικές σημαντικές καταστάσεις είναι το *Static Load Scenario* όπου αφορά τα φορτία που δέχεται το πλοίο στο λιμάνι ή κατά την διάρκεια αγκυροβολίας.

Μια κατάσταση είναι η *Static and Dynamic Load Scenario*, στους κανονισμούς που εφαρμόζοντας πριν τους *CSR* δεν συμπεριλάμβαναν την μεταβλητή του χρόνου στις μελέτες τους για τα δυναμικά φορτία που ασκούνται στο πλοίο σε μια τυπική κατάσταση φόρτισης. Επίσης μια κατάσταση η οποία υπολογίζεται στην συνέχεια αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι τα *Sloshing Loads*, αυτή η κατάσταση συμπεριλαμβάνει και τις επιρροές του *Sloshing* και μέσα στις δεξαμενές ακόμα και όταν το πλοίο βρίσκεται εν πλω.

Η χρήση των μεθόδων στατικού σχεδιασμού έχει θεμελιώσει τον τρόπο με τον οποίο γίνονται οι μελέτες αντοχής, μιας και παλιότερα βάση ήταν οι εμπειρικές μέθοδοι. Οι τωρινοί βασικές μέθοδοι των *CSR* είναι οι *Working Stress Design (WSD)* και οι *Partial Safety Factor (PSF)*.

Η πρώτη χρησιμοποιείται σε όλες τις καταστάσεις φόρτωσης, ορίζοντας το επιτρεπόμενο όριο, ζητούμενο είναι η τάση του φορτίου να είναι μικρότερη από την αντοχή της

δεξαμενής. Στην δεύτερη αναπτύσσεται ένας τρόπος μοντελοποίησης του φορτίου, της δομής και της αντοχής.

Άλλος ένας τομέας που δεν εξεταζόταν προηγουμένως είναι η λεπτομερής ανάλυση για διαφορετικούς τρόπους φορτώσεως. Αφορά τις διαμορφώσεις των *holds* για τα *bulk carrier* και τις δεξαμενές για τα *tankers*, μαζί με τους εναλλακτικούς τρόπους φορτώσεως για τα *bulk carriers*.

Οι καμπύλες Hold Mass εκφράζουν τα μέγιστα και ελάχιστα όρια για ένα συγκεκριμένο hold και αποτελούν εξίσου ένα καινούριο χαρακτηριστικό των κανονισμών.

Σημαντικός είναι και ο υπολογισμός του shear flow, όπου όταν υποβάλλεται σε διάμηκες κάμψη η γάστρα είναι σημαντικό να μπορέσει να υπολογιστεί και η κατεύθυνση της ροής της. Αυτό επιτυγχάνεται με την μελέτη μεμονωμένων εγκάρσιων τμημάτων.

Τέλος, οι προηγούμενοι κανονισμοί των νηογνομώνων δεν ανέλυαν λεπτομερείς οδηγίες για την μοντελοποίηση μια γάστρας με ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων. Οι CSR έχουν συμπεριλάβει λεπτομερείς οδηγίες για τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για κάθε ξεχωριστό τμήμα της γάστρας και τον ενισχυτικών. Επίσης και για τον τρόπο που πρέπει εφαρμόζονται οι ενώσεις για ακριβές αποτελέσματα.

Το συμπέρασμα είναι πως οι CSR βρίσκονται στο Level II (το Level I ήταν αυτό που εφαρμοζόταν στο παρελθόν) και η μετάβαση για το Level III, βρίσκεται σε διαδικασία εξέλιξης έτσι ώστε να εφαρμοστούν τέτοιοι κανονισμοί και για τους υπόλοιπους τύπους πλοίων.

## 3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η πρώτη μέθοδος η οποία μπορεί να παρομοιαστεί με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων είναι η επιστημονική προσέγγιση του Αρχιμήδη για τον υπολογισμό του αρρήτου αριθμού  $\pi$ . Ορισμένες θεωρίες αναφέρουν ότι η ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων αργότερα έχει ρίζες στο έργο του *Euler* στον 16ο αιώνα. Τα πρώτα μαθηματικά έγγραφα που περιγράφουν την τεχνική των πεπερασμένων στοιχείων, χρονολογούνται από το έργο του *Schellbach* το χίλια οχτακόσια πενήντα ένα (1851).

Αργότερα στα τέλη του χίλια οχτακόσια (1800), ο *Lord Rayleigh*, ανέπτυξε μια μέθοδο για την πρόβλεψη της φυσικής αντίδρασης απλών δομών. Αυτό επιτεύχθηκε υποθέτοντας ένα παραμορφωμένο σχήμα σε μια δομή, στην συνέχεια ποσοτικοποιώντας το σχήμα με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της κατανεμημένης ενέργειας στην δομή. Η επέκταση έγινε από τον *Walter Ritz*, που εφεύρε την μέθοδο *Rayleigh Ritz*, για να προβλέψει την τάση και παραμόρφωση της δομής.

Η ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων αναπτύχθηκε περαιτέρω από μηχανικούς σε διάφορες βιομηχανίες από όλο τον κόσμο. Σκοπός είναι η λύση του γενικού προβλήματος της κατασκευής προϊόντων από την γενική μηχανική μέχρι και την αεροδιαστημική. Η επίσημη πρώτη διατύπωση έγινε από τον *Alexander Hrennikoff* το χίλια εννιακόσια σαράντα ένα (1941) όπου μελέτησε την αναπαράσταση ενός συνεχές ελαστικού μέσου από ένα πεπερασμένο αριθμό ράβδων και δοκών. Το χίλια εννιακόσια σαράντα δύο (1942) ο *Richard Courant* συνείσφερε σε αυτή την μελέτη.

Η πρώτη εφαρμογή ανάλυσης μεγαλύτερων πεπερασμένων στοιχείων για γενικές εφαρμογές, εφαρμόστηκε πρώτη φορά στα μέσα της δεκαετίας του χίλια εννιακόσια πενήντα (1950).

Το χίλια εννιακόσια εξήντα (1960), ο *Dr. Ray Clough* επινόησε τον όρο “πεπερασμένα στοιχεία”. Η δεκαετία του 1960 έκανε την πραγματική αρχή του εμπορικού κομματικού της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων, καθώς οι ψηφιακοί υπολογιστές αντικατέστησαν τους αναλογικούς με την ικανότητα υπολογισμού χιλιάδων λειτουργιών ανά δευτερόλεπτο.

Μέχρι τη δεκαετία του χίλια εννιακόσια εβδομήντα (1970), οι μικροϋπολογιστές αναπτύχθηκαν και ήταν ισχυρότεροι από τους προηγούμενους κεντρικούς υπολογιστές. Ωστόσο, η εύρεση λύσεων σε περίπλοκα προβλήματα ήταν πιο προσβατή σε απλούς χρήστες παρά για την πραγματική ερευνα βελτίωσης υλικών.

Στη δεκαετία του χίλια εννιακόσια ογδόντα (1980), οι εξελίξεις στην επεξεργασία γραφικών δημιούργησαν το στίγμα τους στην μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων



καθώς οι γραφικοί επεξεργαστές έγιναν διαθέσιμοι στους μηχανικούς. Με την βοήθεια αυτή οι μηχανικοί μπορούσαν να εξετάσουν τα χρωματιστά περιγράμματα τάσης αντί να μελετούν πίνακες.

Χάρη σε αυτήν την πρόοδο, οι μηχανικοί σχεδιασμού άρχισαν να εξετάζουν σοβαρά την ενσωμάτωση των πεπερασμένων στοιχείων στη γενική διαδικασία σχεδιασμού προϊόντων.

Στα τέλη της δεκαετίας του χίλια εννιακόσια ενενήντα (1990), ο σταθερός ηλεκτρονικός υπολογιστής έγινε μια σημαντική δύναμη στην ανάλυση υψηλού επιπέδου. Μοντέλα με ένα εκατομμύριο βαθμούς ελευθερίας λειτουργούσαν σε υπερυπολογιστές “*desk side*” που μπορούσαν να εκτελέσουν ένα τρισεκατομμύριο λειτουργίες ανά δευτερόλεπτο.

Στην πραγματικότητα η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων, με την βοήθεια Η/Υ προσεγγίζει την λύση των μερικών διαφορικών εξισώσεων. Οι εξισώσεις αυτές περιγράφουν φυσικά προβλήματα που παρουσιάζονται σε σύνθετα προβλήματα μηχανικής. Η μέθοδος αυτή είναι προσεγγιστική, αλλά το πλεονέκτημα της είναι τα αξιόπιστα αποτελέσματα και η ικανότητα εφαρμογής της σε όλα τα προβλήματα με την χρήση των λογισμικών. Τα λογισμικά αυτά σε σύνθετα προβλήματα, παρουσιάζουν την ανάγκη μεγάλης υπολογιστικής ισχύος, κάτι το οποίο στις ημέρες μας δεν είναι ιδιαίτερο πρόβλημα με την βοήθεια της εξέλιξης της τεχνολογίας. Παρακάτω αναφέρονται τα στάδια εφαρμογής της μεθόδου. Σχεδίαση της γεωμετρίας της κατασκευής σε ένα λογισμικό *CAD*, για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου. Με την δημιουργία του πλέγματος το μοντέλο χωρίζεται με τμήματα με επιλεγμένο είδος ανάλυσης. Έπειτα μπορούν να εισαχθούν τα δεδομένα για τα οποία πρόκειται να εξεταστεί το μοντέλο, όπως φορτίσεις και δυνάμεις. Με την βοήθεια του *Solver* χρησιμοποιούνται αριθμητικοί μέθοδοι για την επίλυση του προβλήματος. Τέλος, ο χειριστής λαμβάνει τα αποτελέσματα.

Το πλέγμα που δημιουργείται αποτελείται από πεπερασμένα στοιχεία τα οποία συνδέονται σε ένα αριθμό κόμβων. Τα πεπερασμένα αυτά στοιχεία παρουσιάζουν τριγωνικό σχήμα και οι κόμβοι συνήθως βρίσκονται στα άκρα. Για την εφαρμογή του μεθόδου υπολογισμού απαιτείται να προσομοιώση της κατασκευής της κατασκευής με ένα πεπερασμένο αριθμό διακριτών μεταβλητών. Οι μεταβλητές αυτές είναι οι μετατοπίσεις που παρουσιάζουν οι κόμβοι αφού τους ασκηθούν τα δεδομένα του προβλήματος για το οποίο πρόκειται να εξεταστεί το μοντέλο.

Οι κομβικές μετατοπίσεις είναι το ζητούμενο, που μετατρέπει το πρόβλημα από συνεχές σε διακριτό. Το πρόβλημα εκφράζεται ως ένα σύνολο γραμμικών εξισώσεων. Σημαντικό επίσης είναι να ικανοποιούνται οι συνθήκες ισορροπίας και γεωμετρικής συμβιβαστικότητας στο εσωτερικό των στοιχείων αλλά και στα σύνορά τους.

Η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων ανήκει στα συστήματα *CAD/CAE* στα οποία επιτυγχάνεται ο σχεδιασμός, η μελέτη και η παραγωγή των επιθυμητών αντικειμένων ή προϊόντων. Η χρήση τους ξεκίνησε την δεκαετία του εξήντα ('60) από μεγάλες αυτοκινητιστικές εταιρίες, όπως *Citroen, Renault* κ.α. Η πρώτη εφαρμογή *CAD* ήταν στο ονομαζόμενο πρόγραμμα *Sketchpad* αργότερα στα τέλη του εξήντα ('60) είχε την ραγδαία εξέλιξη του να καθορίζεται το σχήμα των αεροπλάνων από την *Dassault Aviation*. Στις αρχές του ενενήντα ('90) εμφανίστηκαν και άλλα προγράμματα τα οποία είναι γνωστά μέχρι και σήμερα. Ένα από αυτά είναι το *Solid Works* το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας.

Το *Solid Works* ιδρύθηκε το χίλια εννιακόσια ενενήντα τρία (1993) από έναν απόφοιτο της Μασαχουσέτης, τον *Jon Hirschtick*. Η πρώτη έδρα της εταιρείας *Waltham, Μασαχουσέτη, Ηνωμένες Πολιτείες*. Ο αρχικός σκοπός του *Hirschtick* ήταν η δημιουργία μιας ομάδας μηχανικών όπου θα επιτυγχάνουν την ευχάριστη, προσιτή επιφάνεια εργασίας του λογισμικού *3D CAD* για *Windows*. Ο κύριος *Hirschtick* κυκλοφόρησε το πρώτο του προϊόν *Solid Works 95*, τον Νοέμβριο του χίλια εννιακόσια ενενήντα πέντε (1995). Στην συνέχεια πούλησε την εταιρεία του για αρκετά εκατομμύρια στην *Dassault*. Παρόλα αυτά συνέχισε να εργάζεται πάνω σε αυτό και έφερε ακόμα μεγαλύτερες επιτυχίες και κέρδη. Ο τρέχων διευθύνων σύμβουλος είναι ο *Gian Paolo Bassi*.

Στην ουσία το *Solidworks* είναι ένα λογισμικό παραμετρικού σχεδιασμού με αρκετά πλεονεκτήματα. Το λογισμικό αυτό χαρακτηρίζεται ως φιλικό ως προς τον χρήστη και θεωρείτε ένα σύστημα με εκτεταμένες δυνατότητες παραμετρικής σχεδίασης. Με την χρήση του μπορεί ο χρήστης να επιτυγχάνει σχεδιασμούς για εκτίμηση κόστους, σχεδίαση εξαρτημάτων και ανάλυση σχεδίου.

## 4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ

### 4.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΠΛΟΙΟΥ

Το πλοίο το οποίο μελετήθηκε είναι ένα *bulk carrier* (χύδην φορτίου). Τα κύρια μεγέθη του πλοίου είναι τα εξής:

<i>DWT</i>	→	64,000
<i>Length O.A.</i>	→	192.035 <i>m</i>
<i>Length B.P.</i>	→	194.500 <i>m</i>
<i>Breadth</i>	→	32.260 <i>m</i>
<i>Depth mld.</i>	→	18.500 <i>m</i>
<i>Des. Draft</i>	→	11.3000 <i>m</i>
$C_b$	→	0.89

### 4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Η δεξαμενή η οποία εξετάζεται τοποθετείται στο πρυμναίο μέρος, στους χώρους του μηχανοστασίου, στα αριστερά του πλοίου, 14000 *a. BL* από το *Transom* έως *Fr. 8*.

Χρησιμεύει για την αποθήκευση γλυκού νερού (*freshwater*) που είναι απαραίτητο κυρίως για τις ανάγκες των επιβατών και του πληρώματος. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται και για ορισμένες χρήσεις και λειτουργίες στο μηχανοστάσιο.

Συνήθως, αλλά και όπως στην περίπτωση του πλοίου που εξετάζεται υπάρχουν δυο δεξαμενές γλυκού νερού έτσι ώστε το πόσιμο νερό να αποθηκεύεται σε ξεχωριστή δεξαμενή από εκείνη που περιέχει νερό για τις υπόλοιπες ανάγκες και χρήσεις των ανθρώπων. Η συγκεκριμένη δεξαμενή αποτελείται από διαμήκεις και εγκάρσιες φρακτές, ελάσματα, κύρια και δευτερεύοντα ενισχυτικά για την ολοκληρωμένη αντοχή της.

### 4.3 ΜΟΡΦΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Η δεξαμενή που εξετάστηκε εκ πρώτης όψεων το σχήμα της μπορεί να παρομοιαστεί με ένα ορθογώνιο σχήμα. Στη πραγματικότητα όμως το σχήμα της είναι πολύ πιο σύνθετο διότι καμία από τις πλευρές της δεν είναι παρόμοια ή ίδια με κάποια άλλη, τόσο στις διαστάσεις όσο και στον τρόπο τον οποίο είναι ενισχυμένη.

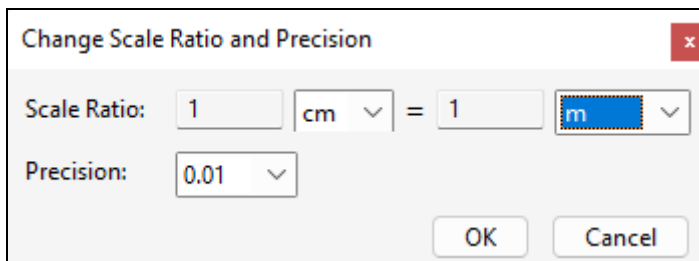
#### 4.4 ΣΧΕΔΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Τα σχέδια της δεξαμενής προβλήθηκαν και μελετήθηκαν στο πρόγραμμα *PDF*. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων ακολούθησαν οι παρακάτω εντολές:

1. Επιλογή του δέντρου ‘*Tools*’.
2. Επιλογή της εντολής ‘*Measure*’.
3. Επιλογή της εντολής ‘*Measuring Tool*’.
4. Δεξί κλικ στο ποντίκι και επιλογή του ‘*Change Scale Ratio and Precision*’.
5. Στα αριστερά επιλέχθηκε να γίνει μέτρηση σε ‘*cm*’ και στα δεξιά το αποτέλεσμα σε ‘*m*’.

Οι παραπάνω εντολές χρησίμευσαν για να πραγματοποιηθούν όλες οι μετρήσεις για τα μήκη των ελασμάτων, των κύριων και των δευτερευόντων ενισχυτικών της fresh water δεξαμενής.

Η κλίμακα του σχεδίου είναι 1:100, για τον ακριβές υπολογισμό των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το βήμα 5. Όπου το Scale Ratio έγινε από *cm* σε *m* ώστε οι μετρήσεις που από το σχέδιο να είναι κατευθείαν σε μέτρα.



Εικόνα 1- Change Scale Ratio and Precision

Στα σχέδια του πλοίου που δόθηκαν για την υλοποίηση της διπλωματικής αυτής εργασίας η δεξαμενή αυτή καθαρού έρματος παρουσιάζεται από το *Upper Platform* έως το *Upper deck*, με μέγιστο ύψος 5 *m*. Το ύψος από την *B.L.* είναι 14 *m*.

Στην συνέχεια το μέγιστο μήκος της δεξαμενής, που παρουσιάζεται από το *Transom* έως το *Frame 8*, είναι 8,30 *m*. Τέλος το μέγιστο πλάτος της δεξαμενής, από το *LP9* έως το *LP18*, έχει την τιμή των 7,86 *m*.

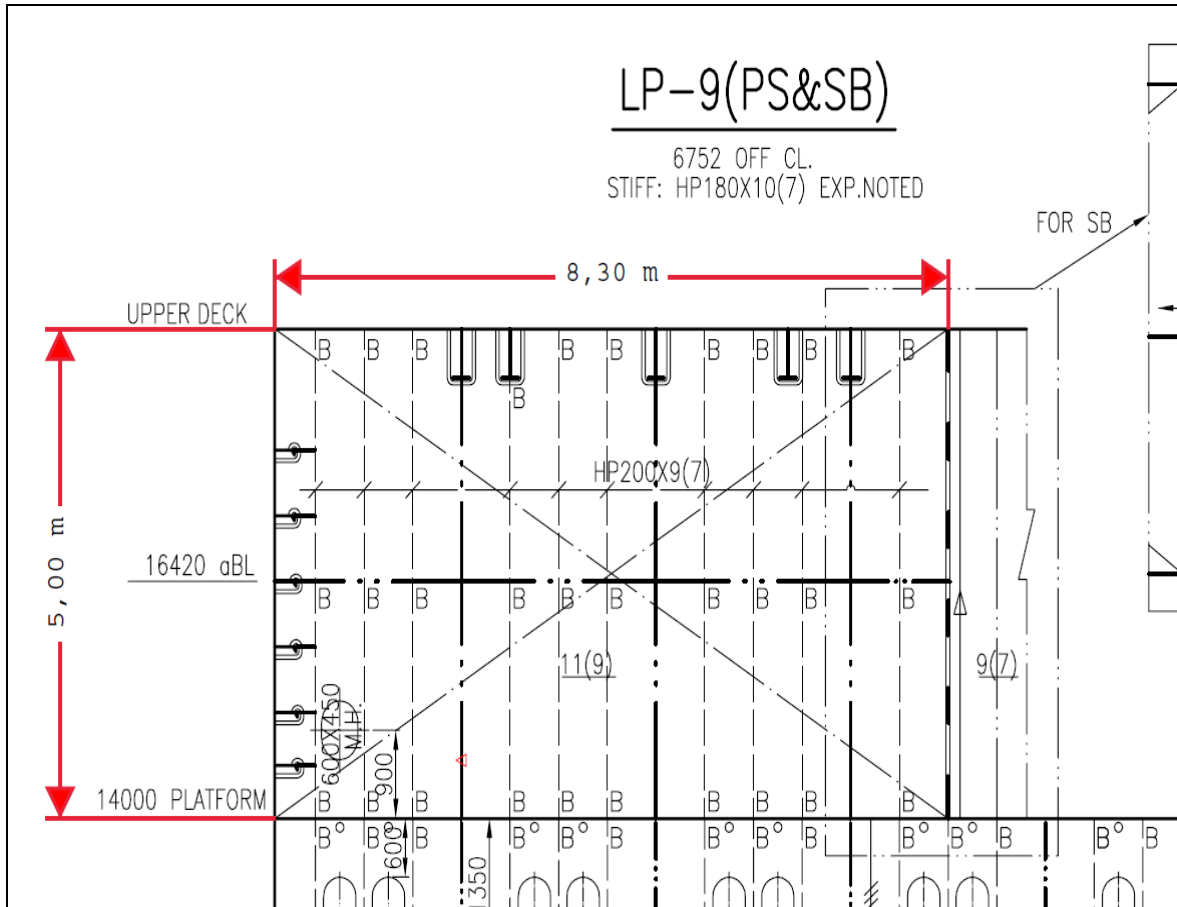
Παρακάτω εμφανίζονται οι όψεις των φρακτών στο πρόγραμμα *PDF*, που υποστήριξε την προβολή και μελέτη των σχεδίων, μαζί με τις βασικές μετρήσεις που αναφέρθηκαν.

Η όψη της φρακτής LP9 η οποία είναι η φρακτή η οποία συγκοινωνεί με το Steering Gear Room και οι βασικές διαστάσεις της Εικόνα 2 – Διαστάσεις LP9.

Μήκος → 8.30 m

Ύψος → 5.00 m

Οι ισαποστάσεις ανάμεσα στα ενισχυτικά είναι 600 mm, εκτός από το πρώτο στα αριστερά που είναι 500 mm.



Εικόνα 2 – Διαστάσεις LP9

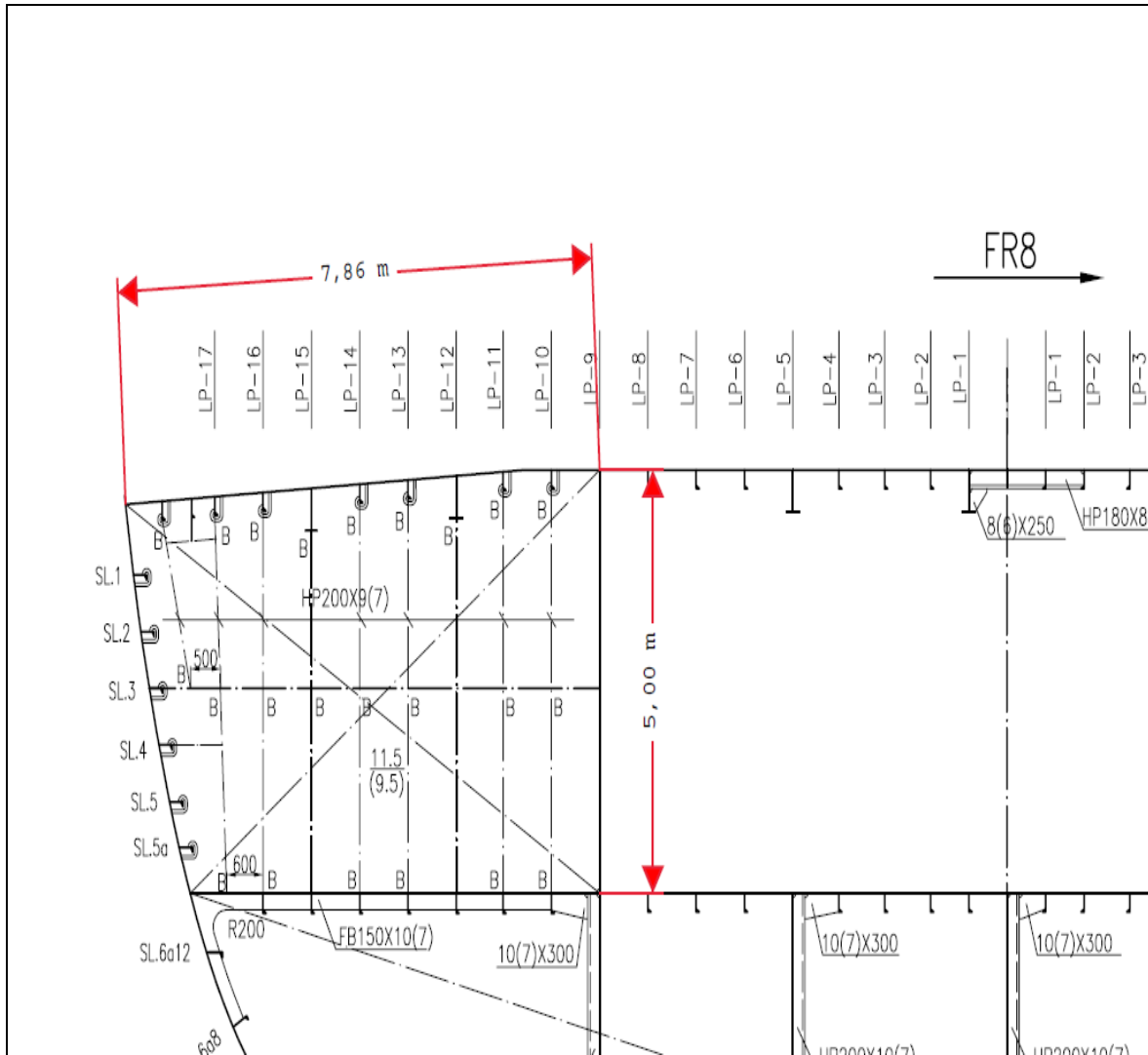
Η όψη της φρακτής Frame 8 η οποία συγκοινωνεί με τον χώρο του E/R Workshop και οι βασικές διαστάσεις της, Εικόνα 3 - Διαστάσεις LP18:

Πλάτος → 7.86 m

Ύψος → 5.00 m

Οι ισαποστάσεις ανάμεσα στα ενισχυτικά είναι 800mm, εκτός από το LP11-LP12 που είναι 778 mm.

Το κύριο ενισχυτικό βρίσκεται 2,42 m από το *Upper Platform*.



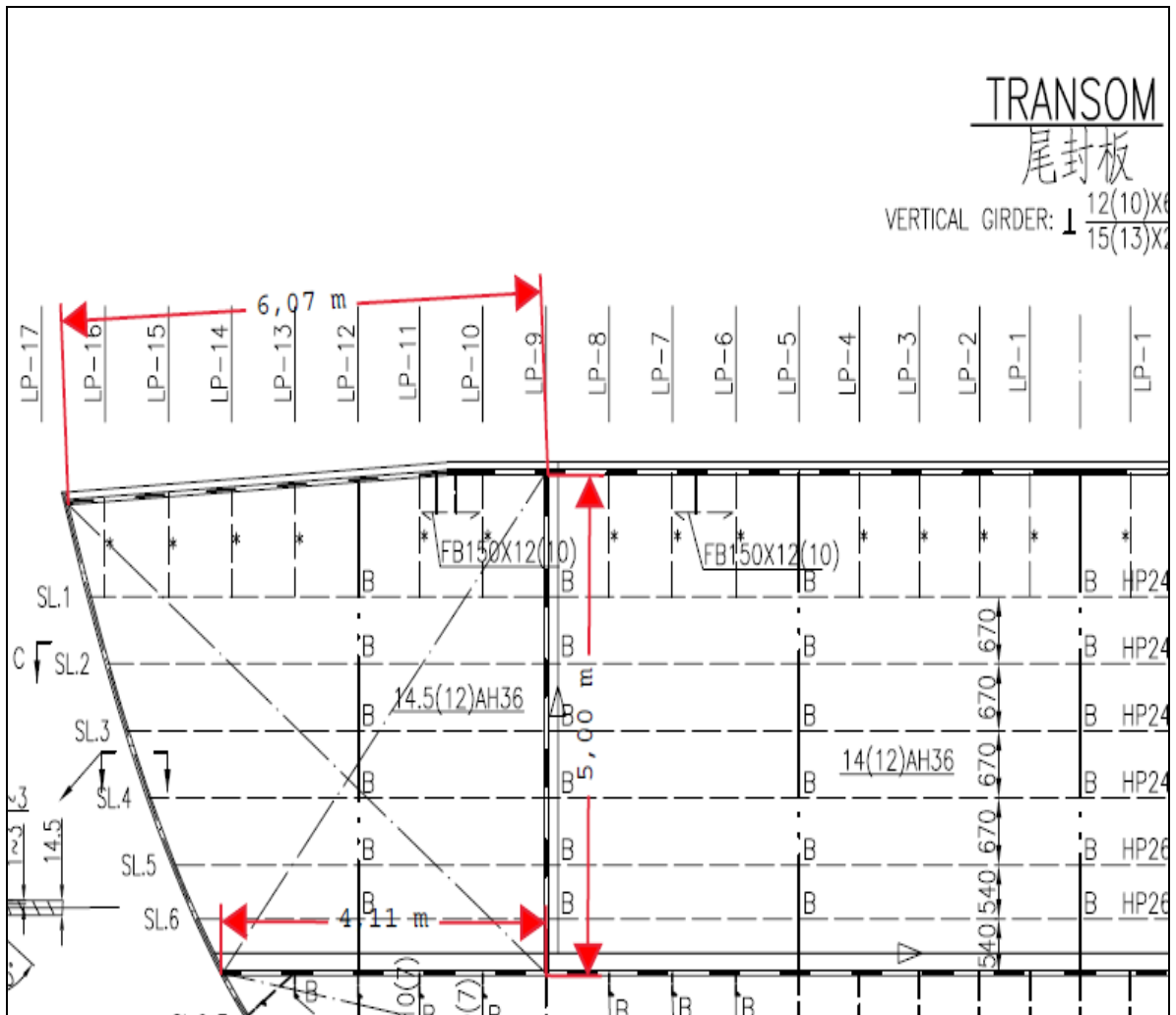
Εικόνα 3 - Διαστάσεις LP18

Η όψη της φρακτής *Transom* η οποία συγκοινωνεί με το θαλασσινό νερό διότι βρίσκεται στο πρυμναίο μέρος του πλοίου και οι βασικές διαστάσεις της, Εικόνα 4 - Διαστάσεις *Transom*:

- Μέγιστο Πλάτος → 6.07 m
- Ελάχιστο Πλάτος → 4.11 m
- Ύψος → 5.00 m

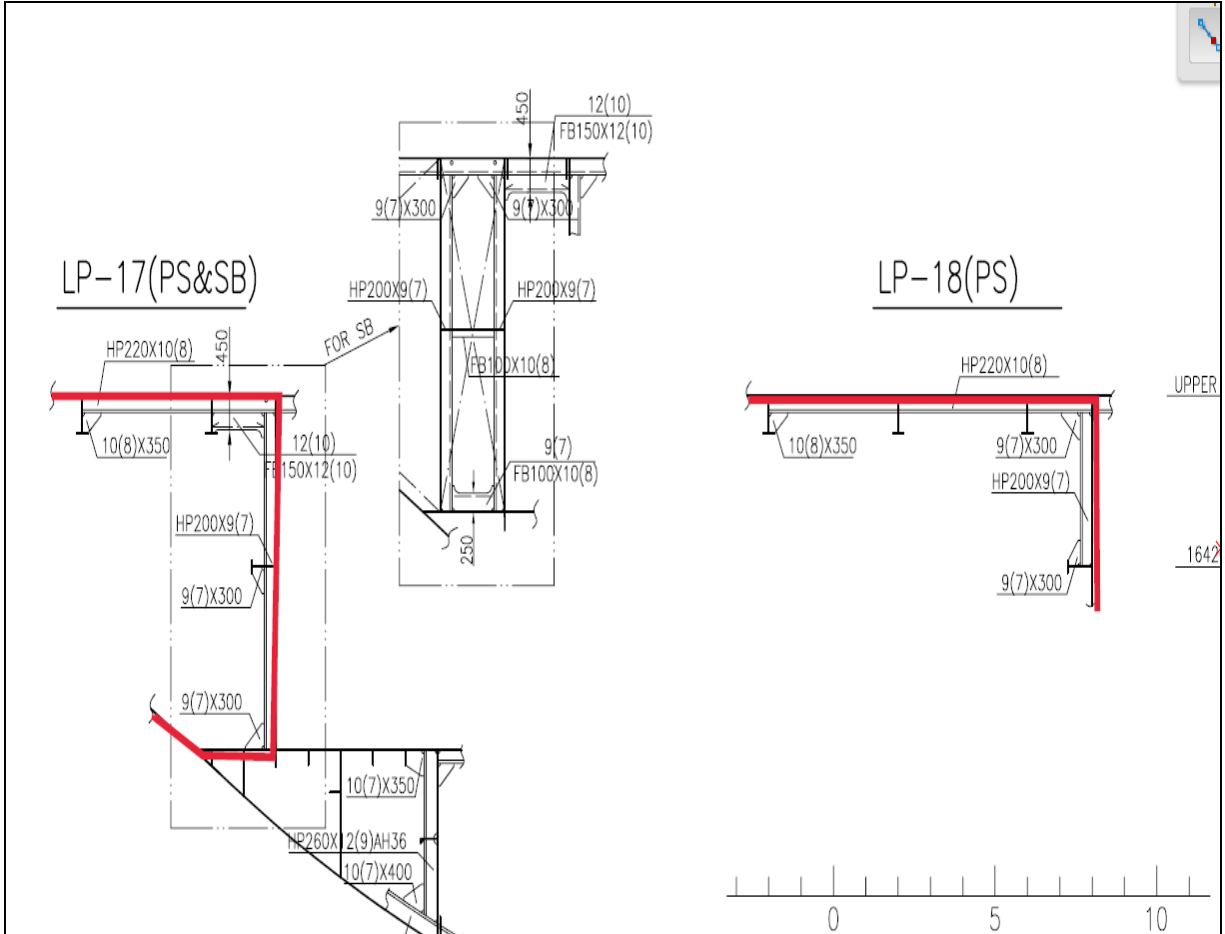
Οι ισαποστάσεις ανάμεσα στα ενισχυτικά είναι 670 mm, εκτός από το πρώτο και το δεύτερο, στο κάτω μέρος, που είναι 540 mm.

Το κύριο ενισχυτικό βρίσκεται 2,37 m από το LP9.



Εικόνα 4 - Διαστάσεις *Transom*

Η όψη της φρακτής LP18 η οποία συγκοινωνεί με το θαλασσινό νερό διότι είναι τμήμα της γάστρας, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5 - Διαστάσεις LP18, οι βασικές διαστάσεις της φρακτής δεν αναγράφονται στα σχέδια. Υπολογίστηκαν στην συνέχεια κατά την μοντελοποίηση της φρακτής στο πρόγραμμα *Solid Works*.



Εικόνα 5 - Διαστάσεις LP18



Η όψη με τις φρακτές *Upper Deck* η οποία είναι τμήμα του καταστρώματος, *Upper Platform* όπου συγκοινωνεί με το *A.P. Tank*. Οι βασικές διαστάσεις τους, Εικόνα 6 - Διαστάσεις *Upper Deck* & *Upper Platform*:

*Upper Deck*:

Μέγιστο Πλάτος → 7.86 m

Ελάχιστο Πλάτος → 6.07 m

Μήκος → 8.30 m

Οι ισαποστάσεις ανάμεσα στα ενισχυτικά είναι 800mm, εκτός από το *LP11-LP12* που είναι 778mm.

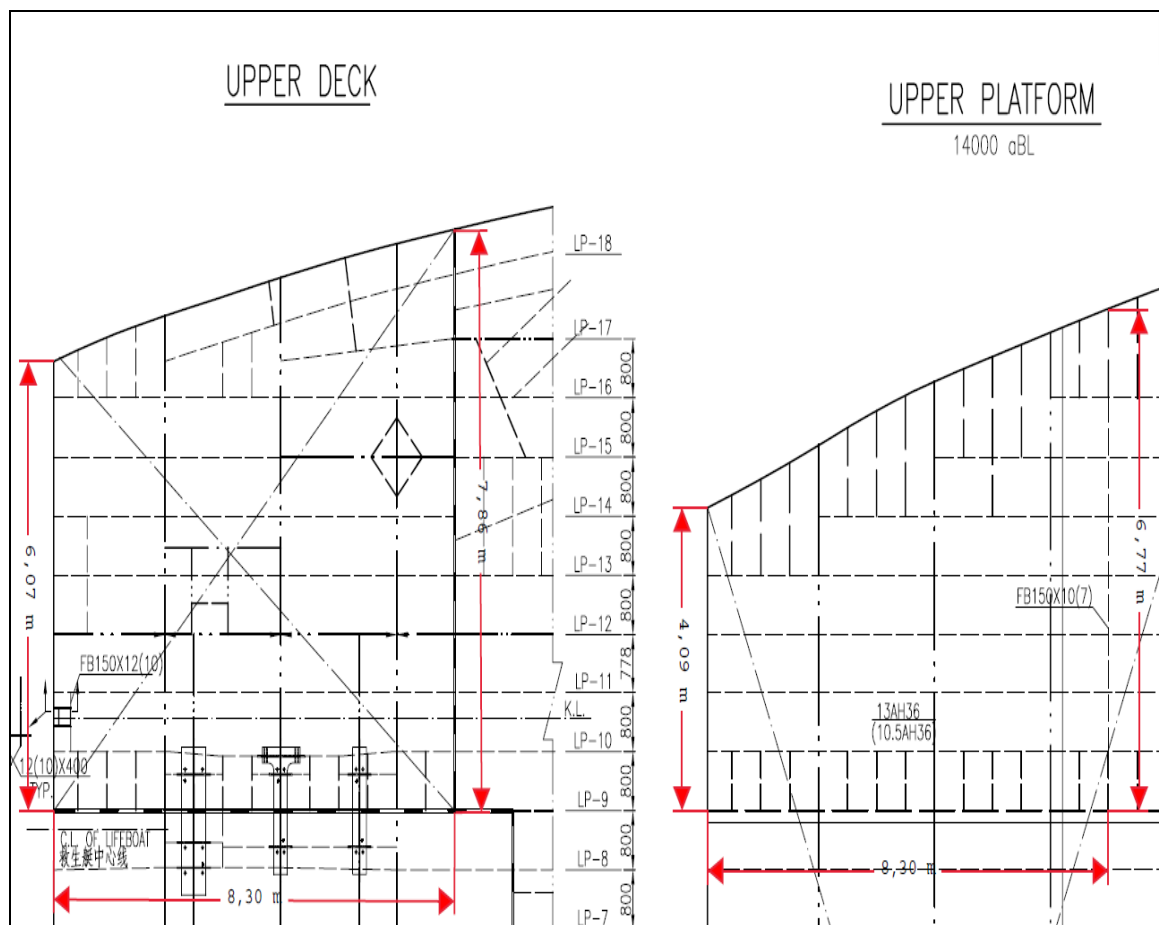
*Upper Platform*:

Μέγιστο Πλάτος → 6.77 m

Ελάχιστο Πλάτος → 4.09 m

Μήκος → 8.30 m

Οι ισαποστάσεις ανάμεσα στα ενισχυτικά είναι 800mm, εκτός από το *LP11-LP12* που είναι 778 mm.



Εικόνα 6 - Διαστάσεις *Upper Deck* & *Upper Platform*

## 5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΑΣΚΟΥΜΕΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ

Για την εύρεση των πιέσεων μέσα στην δεξαμενή, αρχικά πρέπει να βρεθούν οι συντεταγμένες κάθε τμήματος που πρόκειται να τεθεί υπό εξέταση. Η λογική της τμηματοποίησης είναι να υπάρξει ακριβής εικόνα σε κάθε περιοχή της δεξαμενής από τις εσωτερικές πιέσεις που ασκούνται σε αυτήν.

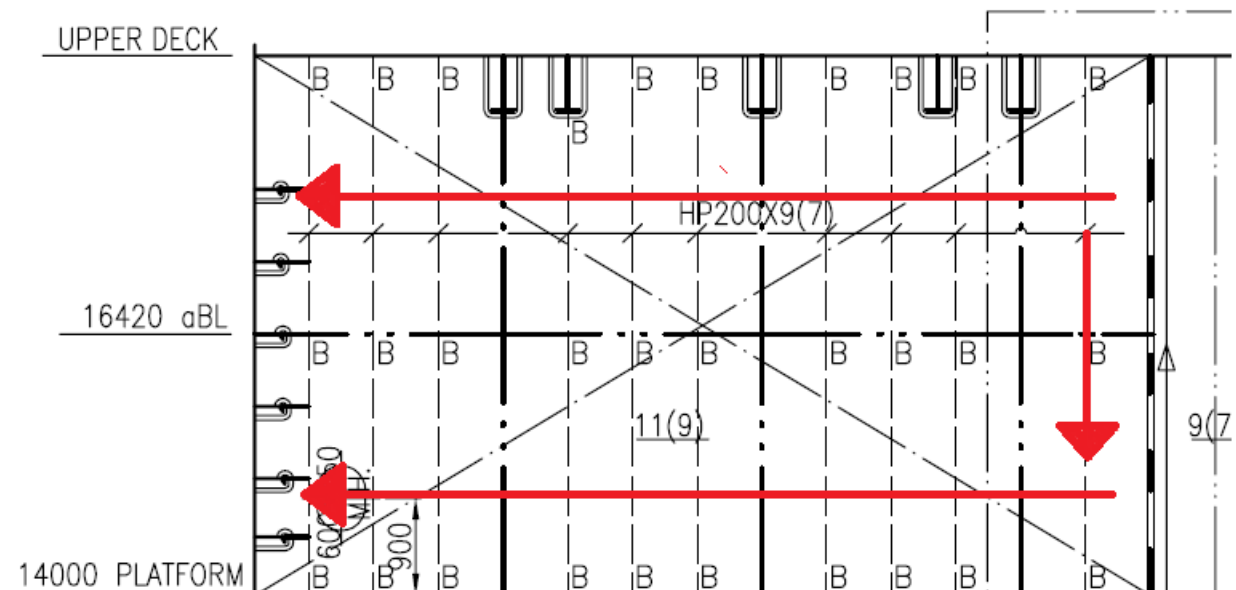
Η πρώτη πλευρά της δεξαμενής που εξετάζεται είναι η διάμηκες φρακτή LP9. Η επιφάνεια αυτή χωρίστηκε σε δεκαοχτώ τμήματα. τα τμήματα αυτά είναι χωρισμένα έτσι σύμφωνα με τις αποστάσεις που έχουν μεταξύ τους είτε οι φρακτές, είτε ένα κύριο ενισχυτικό, είτε ένα δευτερεύον ενισχυτικό.

Ως αποτέλεσμα κάθε τμήμα τα περιβάλλεται από ένα είδος ενίσχυσης ή κάποια εγκάρσια σε αυτό φρακτή.

Τα τμήματα είναι καταγεγραμμένα ξεκινώντας από πάνω δεξιά καταλήγοντας κάτω αριστερά όπως την φορά που φαίνεται παρακάτω στην εικόνα. για τον υπολογισμό των πιέσεων του ελάσματος της φρακτής και των κύριων ενισχυτικών.

LP-9(PS&SB)

6752 OFF CL.  
STIFF: HP180X10(7) EXP.NOTED



Εικόνα 7 - Τρόπος μέτρησης τμημάτων φρακτών

## 5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

Αφού πάρθηκαν μετρήσεις για τις συντεταγμένες  $x, y, z$ .

Χρησιμοποιήθηκε ένα φύλο *excel* για την καταγραφή και τους υπόλοιπους υπολογισμούς. Εφαρμόζουμε τον τύπο από το *P1.C4.S6.1.1.1*.

$$P_{in} = P_{ls} + P_{ld} + P_{slh}$$

Για την εύρεση της Στατικής πίεσης  $P_{ls}$  ( $\text{kN/m}^2$ ), χρησιμοποιήθηκε ο τύπος από το κεφάλαιο *P1.C4.S6.2.1 των κανονισμών*. Ισχύει ο τύπος :

$$P_{ls} = \rho_L g (z_{top} - z + 0.5h_{air})$$

Όπου:

$\rho_L \rightarrow 1 \quad t/m^3$  Πυκνότητα του νερού.

$g \rightarrow 9.81 \quad m/s^2$  Επιτάχυνση της βαρύτητας.

$z_{top} \rightarrow 19 \quad m$  Απόσταση από το σημείο που τελειώνει το *Hopper Tank* μέχρι την *Base Line*.

$z \rightarrow 19 \quad m$  Το εκάστοτε  $z$  από τις συντεταγμένες.

$h_{air} \rightarrow 0.76 \quad m$  Το ύψος του εξαεριστικού πάνω από την δεξαμενή σε μέτρα.

Παρατηρήθηκε στο αποτέλεσμα δυο διαφορετικές τιμές για την πίεση  $P_{ls}$  όπως φαίνεται στο Κεφάλαιο 5.4.

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις υπόλοιπες φρακτές της δεξαμενής. Οι συντελεστές που αλλάζουν σε κάθε φρακτή είναι τα τμήματα στα οποία η φρακτή χωρίζεται και η απόσταση  $x, y, z$  για κάθε τμήμα.

Αντίστοιχα με τον ίδιο τρόπο υπολογίσθηκε η στατική πίεση  $P_{ls}$  για τα κύρια ενισχυτικά των φρακτών. Στην φρακτή LP9 υπάρχουν τρία κύρια ενισχυτικά. το κάθε ένα χωρίστηκε σε δυο τμήματα και καταγράφηκαν οι  $x, y$  και  $z$  συντεταγμένες τους για ακριβής αποτελέσματα. Στην φρακτή LP18 υπάρχουν επίσης τρία κύρια ενισχυτικά. το κάθε ένα χωρίστηκε σε δυο τμήματα. Στην Frame 8 υπάρχουν δύο κύρια ενισχυτικά. το κάθε ένα χωρίστηκε σε δυο τμήματα. Στην φρακτή Transom υπάρχει ένα κύριο ενισχυτικό. είναι χωρισμένο σε δυο τμήματα. Στην φρακτή Upper Deck υπάρχουν τρία κύρια ενισχυτικά. το κάθε ένα χωρίστηκε σε τρία τμήματα. Στην φρακτή Upper Platform υπάρχουν τρία κύρια ενισχυτικά. Τα οποία δεν είναι χωρισμένα.

## 5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ SLOSHING ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

### 5.2.1 ΥΠΟΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΑΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Στην συνέχεια για τον υπολογισμό την πίεσης  $P_{slh}$ , σύμφωνα με τους κανονισμούς στο *P1.C4.S6.6.1.3*, επιλέγετε η πίεση για διάμηκες φρακτές, *LP9* & *LP18*, και ορίζεται στο *P1.C4.S6.6.4.3*.

Ισχύει ο τύπος:

$$P_{slh-t} = 7 \rho_{slh} g f_{slh} \left( \frac{b_{slh}}{B} - 0.3 \right) GM^{0.75}$$

Όπου:

$\rho_{slh} \rightarrow \rho_L \rightarrow 1 \text{ t/m}^3$  Διότι το ρευστό στην δεξαμενή είναι νερό.

$$f_{slh} = 1 - 2 \left( 0.7 - \frac{h_{fill}}{h_{max}} \right)^2$$

$f_{slh} \rightarrow 0.82$  (*P1.C4.S6.6.3.3*)

$h_{fill} \rightarrow 5 \text{ m}$  Το σημείο στο οποίο είναι γεμισμένη η δεξαμενή.

$h_{max} \rightarrow 5 \text{ m}$  Το συνολικό ύψος της δεξαμενής.

$b_{slh} \rightarrow 0.3 * B = 9.678 \text{ m}$  (*P1.C4.S6.6.4.2*)

Για τον υπολογισμό του πλάτους  $b_{slh}$  της δεξαμενής πρέπει να υπολογιστεί ο παρακάτω τύπος για *Longitudinal tight bulkheads*:

$$b_{slh} = \frac{(1+n_{WL} a_{WL})(1+f_{grd} \alpha_{grd}) b_{tk-h}}{(1+n_{WL})(1+f_{grd})}$$

Όπου:

$n_{WL} \rightarrow$  Ισούται με το 0 διότι δεν υπάρχουν *wash bulkheads* στην συγκεκριμένη δεξαμενή.

$a_{WL} \rightarrow$  Ισούται με το 0 διότι δεν υπάρχουν *wash bulkheads* στην συγκεκριμένη δεξαμενή για να γίνουν υπολογισμοί της τιμής.

Η τιμή αυτή υπολογίζεται από την σχέση:

$$f_{grd} \rightarrow f_{grd} = \frac{n_{grd}}{1 + n_{WL}}$$

Ισούται με 3.

$\alpha_{grd} \rightarrow$  Ισούται με 0 διότι δεν υπάρχουν ανοίγματα στην δεξαμενή.

$b_{tk-h} \rightarrow$  Το μέσο πλάτος της δεξαμενής ισούται με 7 m.

Το αποτέλεσμα της παραπάνω εξίσωσης για το πλάτος  $b_{slh}$  ισούται με 7 m. Ο κανονισμός όμως αναφέρει πως η τιμή του πλάτους  $b_{slh}$  δεν μπορεί να είναι μικρότερο από την τιμή

$0.3*B$ . Η τιμή αυτή ισούται με  $9.678\text{ m}$ . Οπότε ο υπολογισμός σύμφωνα με τον τύπο από τους κανονισμούς δεν θα ληφθεί υπόψη διότι:

$$7 < 9.678$$

Για το λόγο αυτό το αποτέλεσμα ισούται με  $0.3*B$ .

$$GM \rightarrow 3.871\text{ m} \quad (P1.C4.S3.2.1.1)$$

$GM$  : Metacentric height, in m, in the considered loading condition. The values in Table 1 or Table 2 are to be adopted.

**Table 1 :  $k_r$  and  $GM$  values for oil tankers**

Loading condition <sup>(4)(2)</sup>	$T_{Lc}$	$k_r$	$GM$
Full load condition	$T_{Sc}$	$0.35B$	$0.12B$

**Εικόνα 8 -  $GM$**

Το αποτέλεσμα των πράξεων της σχέσης, για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh-t} \rightarrow 0$ , στις φρακτές  $LP9$  και  $LP18$ :

**Πίνακας 1- Αποτελέσματα  $P_{slh-t}$  για τις Φρακτές  $LP9$  και  $LP18$**

Longitudinal bulkheads		
$P_{slh-t}$	0	$kN/m^2$
$f_{slh}$	0.82	
$b_{slh}$	9.678	οπότε $0,3*B$
$GM$	3.871	
$h_{fill}$	5	$m$
$h_{max}$	5	$m$

Για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh} = P_{slh-grd}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτής  $LP9$  Χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος που αναφέρεται σε *Longitudinal girders and stringers P1.C4.S6.4.4*

$$P_{slh-grd} = P_{slh-t} \left(1 - \frac{S_{grd}}{b_{slh}}\right)^2$$

Όπου:

$S_{grd} \rightarrow 0.45\text{ m}$  Η απόσταση από την φρακτή στο κύριο ενισχυτικό για την φρακτή  $LP9$  και  $0.65$  για την  $LP18$ .

$P_{slh-t} \rightarrow 0\text{ kN/m}^2$  από τον παρακάτω τύπο:

$$P_{slh-t} = 7 \rho_{slh} g f_{slh} \left(\frac{b_{slh}}{B} - 0.3\right) GM^{0.75}$$

Το παραπάνω αποτέλεσμα ισούται με μηδέν διότι η τιμή του  $b_{slh}$  είναι μηδέν.

Το αποτέλεσμα της πίεσης  $P_{slh-grd}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτής  $LP9$ :

$$P_{slh-grd} \rightarrow 0\text{ kN/m}^2.$$

Όπως απεικονίζεται και στους υπολογισμούς παρακάτω:

**Πίνακας 2-** Αποτελέσματα  $P_{slh-grd}$  για τις Φρακτές LP9

<i>Longitudinal girders and stringers</i>		
$P_{slh-grd}$	0	$kN/m^2$
$P_{slh-t}$	0.00	$kN/m^2$
$S_{grd}$	0.45	$m$
$b_{slh}$	9.678	$m$

Για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh} = P_{slh-grd}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτή LP18 χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος τύπος διότι τα κύρια ενισχυτικά δέχονται διαμήκης κυματισμούς. Η διαφορά που υπάρχει είναι στη τιμή:

$S_{grd} \rightarrow 0.45 \quad m$  Η απόσταση από την φρακτή στο κύριο ενισχυτικό.

Η πίεση  $P_{slh-t}$  θα ισούται με μηδέν και αντίστοιχα και η πίεση  $P_{slh-grd} \rightarrow 0 \quad kN/m^2$ .

Στην συνέχεια για τον υπολογισμό την πίεσης  $P_{slh}$ , σύμφωνα με τους κανονισμούς στο *PI.C4.S6.6.1.3*, επιλέγετε η πίεση για διάμηκες φρακτές. Ορίζεται στο *PI.C4.S6.6.3.3 for transverse bulkheads*.

Ισχύει ο τύπος:

$$P_{slh-ing} = \rho_{slh} g l_{slh} f_{slh} \left[ 0.4 - \left( 0.39 - \frac{1.7 l_{slh}}{L} \right) \frac{L}{350} \right]$$

Όπου:

$$\rho_{slh} \rightarrow \rho_L \rightarrow 1 \quad t/m^3$$

$$f_{slh} = 1 - 2 \left( 0.7 - \frac{h_{fill}}{h_{max}} \right)^2$$

$$f_{slh} \rightarrow 0.82 \quad (PI.C4.S6.6.3.3)$$

$$h_{fill} \rightarrow 5 \quad m \quad \text{Το σημείο στο οποίο είναι γεμισμένη η δεξαμενή.}$$

$$h_{max} \rightarrow 5 \quad m \quad \text{Το συνολικό ύψος της δεξαμενής.}$$

$$l_{slh} \rightarrow 6.93 \quad m \quad \text{Effective sloshing length (PI.C4.S6.6.3.2)}$$

Το αποτέλεσμα της πίεσης  $P_{slh-ing} \rightarrow 12.246 \quad kN/m^2$  για το *Frame 8*.

**Πίνακας 3 -** Αποτελέσματα  $P_{slh-ing}$  για την Φρακτή *Frame 8*

<i>Transverse bulkheads</i>		
$P_{slh-ing}$	12.246	$kN/m^2$
$f_{slh}$	0.82	
$l_{sh}$	6.93	$m$
$h_{fill}$	5	$m$
$h_{max}$	5	$m$

Το αποτέλεσμα της πίεσης  $P_{slh-ing} \rightarrow 8.667 \quad kN/m^2$  για το *Transom*.

**Πίνακας 4-** Αποτελέσματα  $P_{slh-lng}$  για την Φρακτή *Transom*

<i>Transverse bulkheads</i>		
$P_{slh-lng}$	8.667	$kN/m^2$
$f_{slh}$	0.82	
$l_{sh}$	5.11	$m$
$h_{fill}$	5	$m$
$h_{max}$	5	$m$

Για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh-wf}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτή *Transom & Frame 8*. Χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος που αναφέρεται σε *Web Frames and transverse stringers P1.C4.S6.3.4*

$$P_{slh-wf} = P_{slh-lng} \left(1 - \frac{S_{wf}}{l_{slh}}\right)^2$$

Όπου:

$S_{wf} \rightarrow 0.45 \text{ m}$  Η απόσταση από την φρακτή στο κύριο ενισχυτικό.

$P_{slh-lng} \rightarrow 2.18 \text{ kN/m}^2$  από τον παρακάτω τύπο:

$$P_{slh-lng} = \rho_{slh} g l_{slh} f_{slh} \left[0.4 - \left(0.39 - \frac{1.7 l_{slh}}{L}\right) \frac{L}{350}\right]$$

Το αποτέλεσμα της πίεσης  $P_{slh-wf}$  στα κύρια ενισχυτικά της *Frame 8*:

$P_{slh-wf} \rightarrow 1,908 \text{ kN/m}^2$

Όπως απεικονίζεται και στους υπολογισμούς παρακάτω:

**Πίνακας 5 -** Αποτελέσματα  $P_{slh-wf}$  για την Φρακτή *Frame 8*

<i>Web Frames and transverse stringers</i>		
$P_{slh-wf}$	1.908	$kN/m^2$
$P_{slh-lng}$	2.18	$kN/m^2$
$S_{wf}$	0.45	$m$
$l_{slh}$	6.93	$m$

Για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh} = P_{slh-wf}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτή *Transom* χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος τύπος διότι τα κύρια ενισχυτικά δέχονται εγκάρσιους κυματισμούς. Η διαφορά που υπάρχει:

$S_{wf} \rightarrow 0.5 \text{ m}$  Η απόσταση από την φρακτή στο κύριο ενισχυτικό.

$P_{slh-lng} \rightarrow 1.25 \text{ kN/m}^2$

Η πίεση  $P_{slh-wf} \rightarrow 1.014 \text{ kN/m}^2$ .

**Πίνακας 6 -** Αποτελέσματα  $P_{slh-wf}$  για την Φρακτή *Transom*

<i>Web Frames and transverse stringers</i>		
$P_{slh-wf}$	1.014	$kN/m^2$
$P_{slh-lng}$	1.25	$kN/m^2$
$S_{wf}$	0.5	$m$
$l_{slh}$	5.11	$m$

## 5.2.2 ΥΠΟΘΕΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Στην συνέχεια για τον υπολογισμό την πίεσης  $P_{slh}$ , σύμφωνα με τους κανονισμούς στο *P1.C4.S6.6.1.3*, επιλέγεται η πίεση για διάμηκες φρακτές, *LP9* & *LP18*, και ορίζεται στο *P1.C4.S6.6.4.3*.

Ισχύει ο τύπος:

$$P_{slh-t} = 7 \rho_{slh} g f_{slh} \left( \frac{b_{slh}}{B} - 0.3 \right) GM^{0.75}$$

Όπου:

$\rho_{slh} \rightarrow \rho_L \rightarrow 1 \text{ t/m}^3$  Διότι το ρευστό στην δεξαμενή είναι νερό.

$$f_{slh} = 1 - 2 \left( 0.7 - \frac{h_{fill}}{h_{max}} \right)^2$$

$f_{slh} \rightarrow 0.82$  (*P1.C4.S6.6.3.3*)

$h_{fill} \rightarrow 2.5 \text{ m}$  Το σημείο στο οποίο είναι γεμισμένη η δεξαμενή.

$h_{max} \rightarrow 5 \text{ m}$  Το συνολικό ύψος της δεξαμενής.

$b_{slh} \rightarrow 0.3 * B = 9.678 \text{ m}$  (*P1.C4.S6.6.4.2*)

Το αποτέλεσμα της παραπάνω εξίσωσης για το πλάτος  $b_{slh}$  ισούται με  $7 \text{ m}$ . Ο κανονισμός όμως αναφέρει πως η τιμή του πλάτους  $b_{slh}$  δεν μπορεί να είναι μικρότερο από την τιμή  $0.3 * B$ . Η τιμή αυτή ισούται με  $9.678 \text{ m}$ . Οπότε ο υπολογισμός σύμφωνα με τον τύπο από τους κανονισμούς δεν θα ληφθεί υπόψη διότι:

$$7 < 9.678$$

Για το λόγο αυτό το αποτέλεσμα ισούται με  $0.3 * B$ .

$GM \rightarrow 7.742 \text{ m}$  (*P1.C4.S3.2.1.1*)

$GM$  : Metacentric height, in m, in the considered loading condition. The values in Table 1 or Table 2 are to be adopted.

**Table 1 :  $k_r$  and  $GM$  values for oil tankers**

Loading condition <sup>(1)(2)</sup>	$T_{LC}$	$k_r$	$GM$
Full load condition	$T_{SC}$	$0.35B$	$0.12B$
Optional conditions that have a draught greater than $0.9T_{SC}$	Actual draught but $\geq 0.9T_{SC}$	$0.35B$	$0.12B$
Partial load condition	$\leq 0.6T_{SC}$	$0.40B$	$0.24B$

Εικόνα 9 -  $GM$



Το αποτέλεσμα των πράξεων της σχέσης. για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh-t} \rightarrow 0$ . στις φρακτές LP9 και LP18:

Πίνακας 7- Αποτελέσματα  $P_{slh-t}$  για τις Φρακτές LP9 και LP18

Longitudinal bulkheads		
$P_{slh-t}$	0	kN/m <sup>2</sup>
$f_{slh}$	0.92	
$b_{slh}$	9.678	οπότε 0,3*B
GM	7.742	
$h_{fill}$	2.5	m
$h_{max}$	5	m

Για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh} = P_{slh-grd}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτής LP9 Χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος που αναφέρεται σε *Longitudinal girders and stringers P1.C4.S6.4.4*

$$P_{slh-grd} = P_{slh-t} \left(1 - \frac{S_{grd}}{b_{slh}}\right)^2$$

Όπου:

$S_{grd} \rightarrow 0.45 \text{ m}$  Η απόσταση από την φρακτή στο κύριο ενισχυτικό για την φρακτή LP9 και 0,65 για την LP18.

$P_{slh-t} \rightarrow 0 \text{ kN/m}^2$  από τον παρακάτω τύπο:

$$P_{slh-t} = 7 \rho_{slh} g f_{slh} \left(\frac{b_{slh}}{B} - 0.3\right) GM^{0.75}$$

Το παραπάνω αποτέλεσμα ισούται με μηδέν διότι η τιμή του  $b_{slh}$  είναι μηδέν.

Το αποτέλεσμα της πίεσης  $P_{slh-grd}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτής LP9:

$P_{slh-grd} \rightarrow 0 \text{ kN/m}^2$ .

Όπως απεικονίζεται και στους υπολογισμούς παρακάτω:

Πίνακας 8- Αποτελέσματα  $P_{slh-grd}$  για τις Φρακτές LP9

Longitudinal girders and stringers		
$P_{slh-grd}$	0	kN/m <sup>2</sup>
$P_{slh-t}$	0.00	kN/m <sup>2</sup>
$S_{grd}$	0.45	m
$b_{slh}$	9.678	m

Για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh} = P_{slh-grd}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτής LP18 χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος τύπος διότι τα κύρια ενισχυτικά δέχονται διαμήκης κυματισμούς. Η διαφορά που υπάρχει είναι στη τιμή:

$S_{grd} \rightarrow 0.65 \text{ m}$  Η απόσταση από την φρακτή στο κύριο ενισχυτικό.

Η πίεση  $P_{slh-t}$  θα ισούται με μηδέν και αντίστοιχα και η πίεση  $P_{slh-grd} \rightarrow 0 \text{ kN/m}^2$ .

Στην συνέχεια για τον υπολογισμό την πίεσης  $P_{slh}$ , σύμφωνα με τους κανονισμούς στο *P1.C4.S6.6.1.3*, επιλέγετε η πίεση για διάμηκες φρακτές. Ορίζεται στο *P1.C4.S6.6.3.3 for transverse bulkheads*.

Ισχύει ο τύπος:

$$P_{slh-Ing} = \rho_{slh} g l_{slh} f_{slh} \left[ 0.4 - \left( 0.39 - \frac{1.7 l_{slh}}{L} \right) \frac{L}{350} \right]$$

Όπου:

$$\rho_{slh} \rightarrow \rho_L \rightarrow 1 \quad t/m^3$$

$$f_{slh} = 1 - 2 \left( 0.7 - \frac{h_{fill}}{h_{max}} \right)^2$$

$$f_{slh} \rightarrow 0.92 \quad (P1.C4.S6.6.3.3)$$

$$h_{fill} \rightarrow 2.5 \quad m \quad \text{Το σημείο στο οποίο είναι γεμισμένη η δεξαμενή.}$$

$$h_{max} \rightarrow 5 \quad m \quad \text{Το συνολικό ύψος της δεξαμενής.}$$

$$l_{slh} \rightarrow 6.93 \quad m \quad \text{Effective sloshing length (P1.C4.S6.6.3.2)}$$

Το αποτέλεσμα της πίεσης  $P_{slh-wf} \rightarrow 13.740 \text{ kN/m}^2$  για το *Frame 8*.

**Πίνακας 9 - Αποτελέσματα  $P_{slh-Ing}$  για την Φρακτή *Frame 8***

Transverse bulkheads		
$P_{slh-Ing}$	13.740	kN/m <sup>2</sup>
$f_{slh}$	0.92	
$l_{slh}$	6.93	m
$h_{fill}$	2.5	m
$h_{max}$	5	m

Το αποτέλεσμα της πίεσης  $P_{slh-wf} \rightarrow 9.724 \text{ kN/m}^2$  για το *Transom*.

**Πίνακας 10- Αποτελέσματα  $P_{slh-Ing}$  για την Φρακτή *Transom***

Transverse bulkheads		
$P_{slh-Ing}$	9.724	kN/m <sup>2</sup>
$f_{slh}$	0.92	
$l_{sh}$	5.11	m
$h_{fill}$	2.5	m
$h_{max}$	5	m

Για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh-wf}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτή *Transom & Frame 8*. Χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος που αναφέρεται σε *Web Frames and transverse stringers P1.C4.S6.3.4*

$$P_{slh-wf} = P_{slh-Ing} \left( 1 - \frac{S_{wf}}{l_{slh}} \right)^2$$

Όπου:

$S_{wf} \rightarrow 0.45 \text{ m}$  Η απόσταση από την φρακτή στο κύριο ενισχυτικό.

$P_{slh-lng} \rightarrow 2.45 \text{ kN/m}^2$  από τον παρακάτω τύπο:

$$P_{slh-lng} = \rho_{slh} g l_{slh} f_{slh} \left[ 0.4 - \left( 0.39 - \frac{1.7 l_{slh}}{L} \right) \frac{L}{350} \right]$$

Το αποτέλεσμα της πίεσης  $P_{slh-wf}$  στα κύρια ενισχυτικά της *Frame 8*:

$P_{slh-wf} \rightarrow 2.141 \text{ kN/m}^2$

Όπως απεικονίζεται και στους υπολογισμούς παρακάτω:

**Πίνακας 11- Αποτελέσματα  $P_{slh-wf}$  για την Φρακτή *Frame 8***

Web Frames and transverse stringers		
$P_{slh-wf}$	2.141	kN/m <sup>2</sup>
$P_{slh-lng}$	2.45	kN/m <sup>2</sup>
$S_{wf}$	0.45	m
$l_{slh}$	6.93	m

Για την εύρεση της πίεσης  $P_{slh} = P_{slh-wf}$  στα κύρια ενισχυτικά της φρακτής *Transom* χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος τύπος διότι τα κύρια ενισχυτικά δέχονται εγκάρσιους κυματισμούς. Η διαφορά που υπάρχει:

$S_{wf} \rightarrow 0.5 \text{ m}$  Η απόσταση από την φρακτή στο κύριο ενισχυτικό.

$P_{slh-lng} \rightarrow 1.40 \text{ kN/m}^2$

Η πίεση  $P_{slh-wf} \rightarrow 1.138 \text{ kN/m}^2$ .

**Πίνακας 12- Αποτελέσματα  $P_{slh-wf}$  για την Φρακτή *Transom***

Web Frames and transverse stringers		
$P_{slh-wf}$	1.138	kN/m <sup>2</sup>
$P_{slh-lng}$	1.40	kN/m <sup>2</sup>
$S_{wf}$	0.5	m
$l_{slh}$	5.11	m

Σύμφωνα με τους *CSR* οι διαστάσεις της δεξαμενής είναι τέτοιες που τη την απαλλάσσουν από τον έλεγχο του *Sloshing* για τις φρακτές του *Upper Deck & Upper Platform*.

### 5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

Αρχικά, αξίζει να σημειωθεί πως στην εργασία αυτή, στην εφαρμογή της Δυναμικής Πίεσης στα πεπερασμένα στοιχεία, πραγματοποιείται μια ισοδύναμη Στατική Θεώρηση (*Equasis Static*), διότι γίνεται προσομοίωση δυναμικών φορτίων. Το πρόβλημα της κίνησης του ρευστού στην δεξαμενή είναι ένα δυναμικό πρόβλημα, το οποίο μεταβάλλεται στην συνάρτηση του χρόνου, καθώς κινείται το υγρό στην δεξαμενή μεταβάλλονται οι πιέσεις. Προσεγγίστηκε λοιπόν το Δυναμικό πρόβλημα με ένα ισοδύναμο Στατικό.

Για τον υπολογισμό της Δυναμικής πίεσης από το ρευστό στο εσωτερικό της fresh water δεξαμενής ακολουθήθηκε ο κανονισμός *PI.C4.S6.1.3.1*.

Ο τύπος αναγράφεται παρακάτω και υπολογίζεται σε ( $kN/m^2$ ).

$$P_{id} = f_{\beta} f_{cd} \rho_L [a_z(z_0 - z) + f_{ull-l} a_x(x_0 - x) + f_{ull-t} a_y(y_0 - y)]$$

Οι συντελεστές βρέθηκαν σύμφωνα με τους *CSR* Κανονισμούς:

$f_{\beta}$	→	1.05
$f_{cd}$	→	1.0 for other cases
$f_{ull-l}$	→	1.0 for other cases
$f_{ull-t}$	→	1.0 for other cases
$\rho_L$	→	1.0 density of liquid in the tank (fresh water) $t/m^3$

Οι συντεταγμένες  $x, y, z$  είναι οι ίδιες συντεταγμένες οι οποίες πάρθηκαν για τον υπολογισμό της στατικής πίεσης αφού χωρίστηκαν οι φρακτές σε μικρά τμήματα.

Για τον υπολογισμό των υπόλοιπων στοιχείων της εξίσωσης χρειάζονται οι συντεταγμένες του κέντρου βάρους της δεξαμενής *fresh water*, οι οποίες πάρθηκαν από το *Capacity Plan* του πλοίου και έχουν τις παρακάτω τιμές:

$L.C.G. / x_G$	→	0.876	<i>m</i>
$T.C.G. / y_G$	→	9.961	<i>m</i>
$V.C.G. / z_G$	→	16.524	<i>m</i>

Για την εύρεση των επιταχύνσεων  $a_x, a_y, a_z$ , χρησιμοποιήθηκε ένα φύλλο excel, από την "*Alpha Marine P.C.*" όπου υπολογίζει τις παραπάνω επιταχύνσεις σύμφωνα με τους *CSR* κανονισμούς, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι συντεταγμένες του κέντρου βάρους του πλοίου, η πυκνότητα του θαλασσινού νερού, το μήκος, το πλάτος, το βάθος μέχρι την ίσαλο γραμμή, το μέγιστο βάθος και το εκτόπισμα της δεξαμενής, τα παραπάνω στοιχεία του πλοίου πάρθηκαν από τα σχέδια του (*Capacity Plan*):

Πίνακας 13 - Acceleration Forces

REQUIRED DATA	
Water s.g. (sailing enviroment) (T/m3)= 1.025	
Vessel's Particulars	Breadth (m)= 32.260
	Depth (m)= 18.500
	Scantling or Design Draft (m)= 13.300
Vessel's Examined Condition	Displacement (T)= 75197.100
	Water Line Length (LWL) (m)= 199.900
	Mean Draft (m)= 11.300
Longitudinal Location of examined equipment (FR)= 1.000	
Longitudinal Location of examined equipment (m)= 4.100	
Transverse Location of examined equipment (m)= 9.961	
Vertical Location of examined equipment (m)= 16.524	

Τα αποτελέσματα είναι οι μέγιστες επιταχύνσεις που υπολογίσθηκαν από το φύλλο *excel*:

$$a_x \rightarrow 1.437 \quad m/s^2$$

$$a_y \rightarrow 5.169 \quad m/s^2$$

$$a_z \rightarrow 3.558 \quad m/s^2$$

Για τις συντεταγμένες  $x_0, y_0, z_0$  οι οποίες είναι οι συντεταγμένες που μεγιστοποιούν την εξίσωση  $V_j$  όπου μας δείχνει πιο είναι το σημείο της δεξαμενής όπου μεγιστοποιείτε η τιμή της εξίσωσης. Η εξίσωση αυτή περιλαμβάνει τις επιταχύνσεις και τις συντεταγμένες του κέντρου όγκου της δεξαμενής. Οι συντεταγμένες  $x_0, y_0, z_0$  παρουσιάζουν την μια από τις τέσσερις γωνίες της οροφής της δεξαμενής η οποία βρίσκεται πιο μακριά από το σημείο του κέντρου βάρους σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις.

Για την εύρεση του σημείου αυτού, δημιουργήθηκε το σημείο κέντρου βάρους της δεξαμενής στο *SolidWorks* και μετρήθηκε η απόσταση του από τις τέσσερις γωνίες της οροφής της δεξαμενής και η γωνία ανάμεσα στην Φρακτή *LP18* και *Frame 8* παρουσιάζει μεγαλύτερη απόσταση.

Οι συντεταγμένες του σημείου αυτού είναι οι  $x_0, y_0, z_0$ :

$$x_0 \rightarrow 4.8 \quad m$$

$$y_0 \rightarrow 14.602 \quad m$$

$$z_0 \rightarrow 18.62 \quad m$$

Οι Δυναμικές  $P_{ld}$  και Στατικές  $P_{ls}$  πίεσης έχουν διαφορετικές τιμές για κάθε τμήμα, διότι είναι υπολογισμένες για κάθε με ξεχωριστές συντεταγμένες  $x, y, z$ . Η Sloshing  $P_{slh}$  πίεση, σε αντίθεση με τις παραπάνω, παρουσιάζει μια συγκεκριμένη τιμή για κάθε φρακτή, διότι για τον υπολογισμό της, σύμφωνα με τους κανονισμούς δεν χρειάστηκε να συμπεριληφθούν συντεταγμένες.

Ο Πίνακας 14 – Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή LP9, απεικονίζει στις πρώτες στήλες οι συντεταγμένες x, y, z που είναι χωρισμένες οι φρακτές της δεξαμενής, έπειτα η Στατική πίεση  $P_{ls}$  για κάθε τμήμα, στην συνέχεια η Δυναμική πίεση  $P_{ld}$  για κάθε τμήμα και τέλος το άθροισμα των εσωτερικών πιέσεων  $P_{in}$  της δεξαμενής.

$$P_{in} = P_{ls} + P_{ld} + P_{slh}$$

Πίνακας 14 – Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή LP9

LP9 Φρακτή					
x (m)	y (m)	z (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
4.5	6.75	17.71	16.383	46.470	62.852
3.9	6.75	17.71	16.383	47.377	63.760
3.3	6.75	17.71	16.383	48.284	64.667
2.7	6.75	17.71	16.383	49.191	65.574
2.1	6.75	17.71	16.383	50.098	66.481
1.5	6.75	17.71	16.383	51.006	67.388
0.9	6.75	17.71	16.383	51.913	68.296
0.3	6.75	17.71	16.383	52.820	69.203
-0.3	6.75	17.71	16.383	53.727	70.110
-0.9	6.75	17.71	16.383	54.634	71.017
-1.5	6.75	17.71	16.383	55.542	71.924
-2.1	6.75	17.71	16.383	56.449	72.832
-2.7	6.75	17.71	16.383	57.356	73.739
-3.3	6.75	17.71	16.383	58.263	74.646
4.5	6.75	15.21	40.908	55.809	96.717
3.9	6.75	15.21	40.908	56.717	97.624
3.3	6.75	15.21	40.908	57.624	98.531
2.7	6.75	15.21	40.908	58.531	99.439
2.1	6.75	15.21	40.908	59.438	100.346
1.5	6.75	15.21	40.908	60.345	101.253
0.9	6.75	15.21	40.908	61.253	102.160
0.3	6.75	15.21	40.908	62.160	103.067
-0.3	6.75	15.21	40.908	63.067	103.975
-0.9	6.75	15.21	40.908	63.974	104.882
-1.5	6.75	15.21	40.908	64.881	105.789
-2.1	6.75	15.21	40.908	65.789	106.696
-2.7	6.75	15.21	40.908	66.696	107.603
-3.3	6.75	15.21	40.908	67.603	108.511

Οι πίνακες για τις υπόλοιπες φρακτές με τον υπολογισμό των εσωτερικών πιέσεων κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX I - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΠΛΗΡΗΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ».

Οι πίνακες για τις υπόλοιπες φρακτές με τον υπολογισμό των εσωτερικών πιέσεων κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX II - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ».

Αντίστοιχα με τον ίδιο τρόπο υπολογίσθηκε η στατική πίεση  $P_{ld}$  για τα κύρια ενισχυτικά των φρακτών.

Ο Πίνακας 15 – Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή LP9, παρουσιάζει τα αποτελέσματα των εσωτερικών πιέσεων για τα κύρια ενισχυτικά σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής.

Πίνακας 15 – Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή LP9

LP9 Κύρια Ενισχυτικά					
x (m)	y (m)	z (m)	$P_{is}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
3.6	6.85	17.46	18.835	48.222	67.057
3.6	6.85	15.21	40.908	56.627	97.535
1.2	6.85	17.46	18.835	51.850	70.686
1.2	6.85	15.21	40.908	60.256	101.164
-1.2	6.85	17.46	18.835	55.479	74.314
-1.2	6.85	15.21	40.908	63.885	104.793

Οι πίνακες για υπόλοιπα κύρια ενισχυτικά με τον υπολογισμό των εσωτερικών πιέσεων κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX XI - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ».

Οι πίνακες για υπόλοιπα κύρια ενισχυτικά με τον υπολογισμό των εσωτερικών πιέσεων κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX X - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ».

# 6 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΣΤΟ SOLIDWORKS

## 6.1 ΦΡΑΚΤΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

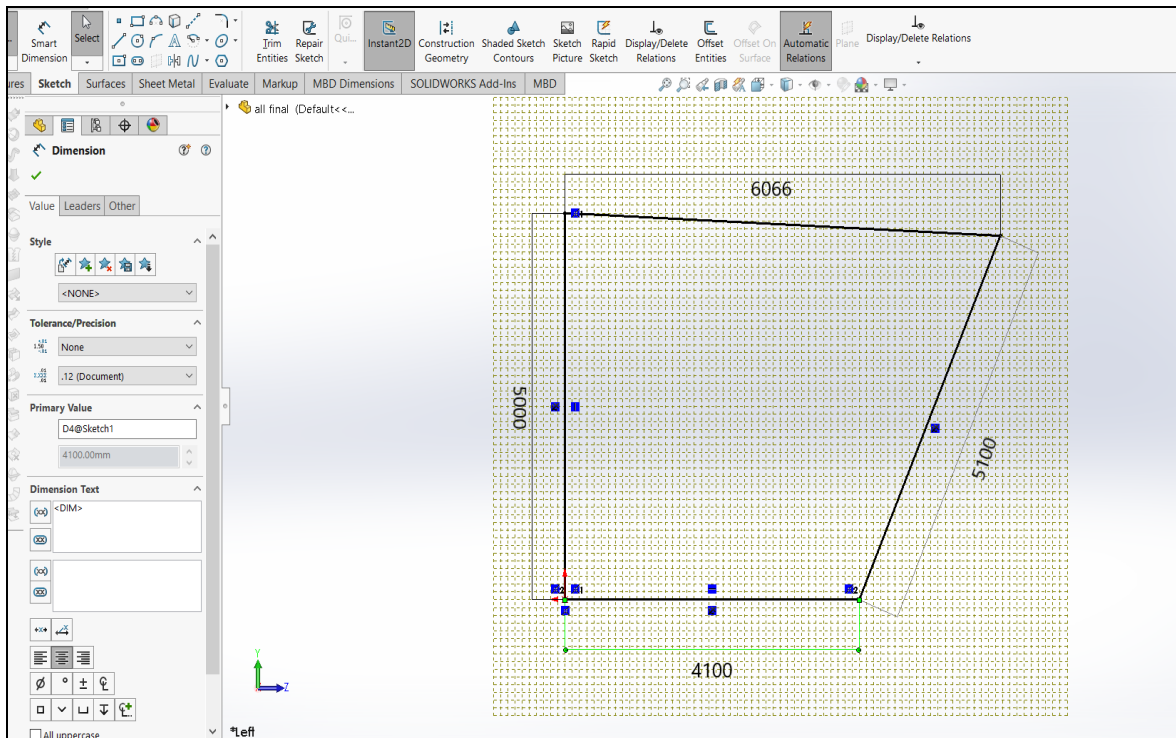
Για την βέλτιστη σχεδίαση της δεξαμενής στο πρόγραμμα *SolidWorks* η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε είχε ως πρώτο βήμα την αναλυτική μελέτη για την απόλυτη κατανόηση των σχεδίων που δόθηκαν για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Στην συνέχεια ακολούθησε η σχεδίαση και ολοκλήρωση των φρακτών της δεξαμενής για να βεβαιωθεί ο σωστός σχηματισμό της περίπλοκης μορφής της.

Το *Transom* είναι η πρώτη πλευρά που σχεδιάστηκε:

Οι διαστάσεις ελήφθησαν σύμφωνα με τα σχέδια. Οι εντολές οι ακολουθούν είναι το *sketch*, επιλογή του *plane* στο οποίο γίνεται κάθε φορά η σχεδίαση, στην προκειμένη περίπτωση η σχεδίαση του *Transom* έγινε στο *left plane*. Στην συνέχεια με την εντολή *line* και *smart dimension* δόθηκε το σχήμα με διαστάσεις:

- κάθετη δεξιά γραμμή: 5100 mm
- κάθετη αριστερή γραμμή: 5000 mm
- οριζόντια πάνω γραμμή: 6066 mm
- οριζόντια κάτω γραμμή: 4100 mm

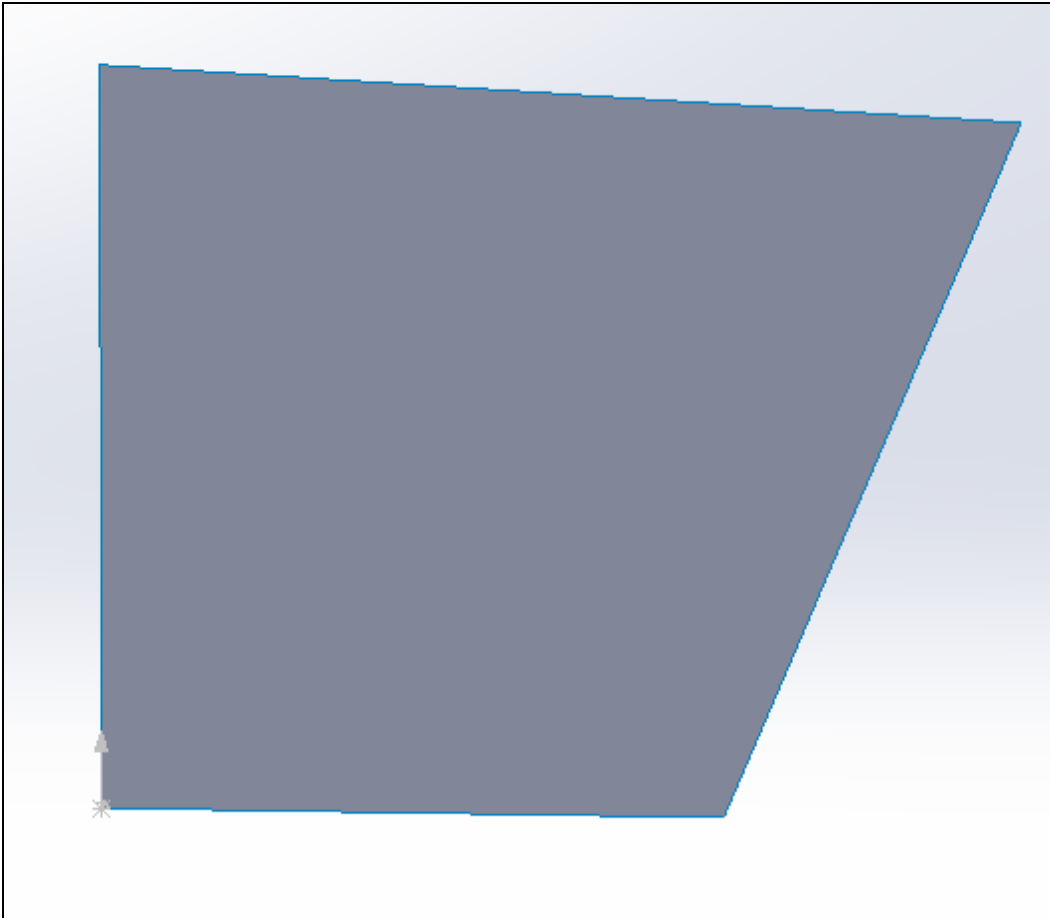
όπου απεικονίζεται και στην Εικόνα 10 - Διαστάσεις *Transom*



Εικόνα 10 - Διαστάσεις *Transom*



Έπειτα για να δημιουργηθεί η επιφάνεια επιλέχθηκε η εντολή *planar surface*, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11- Φρακτή *Transom*

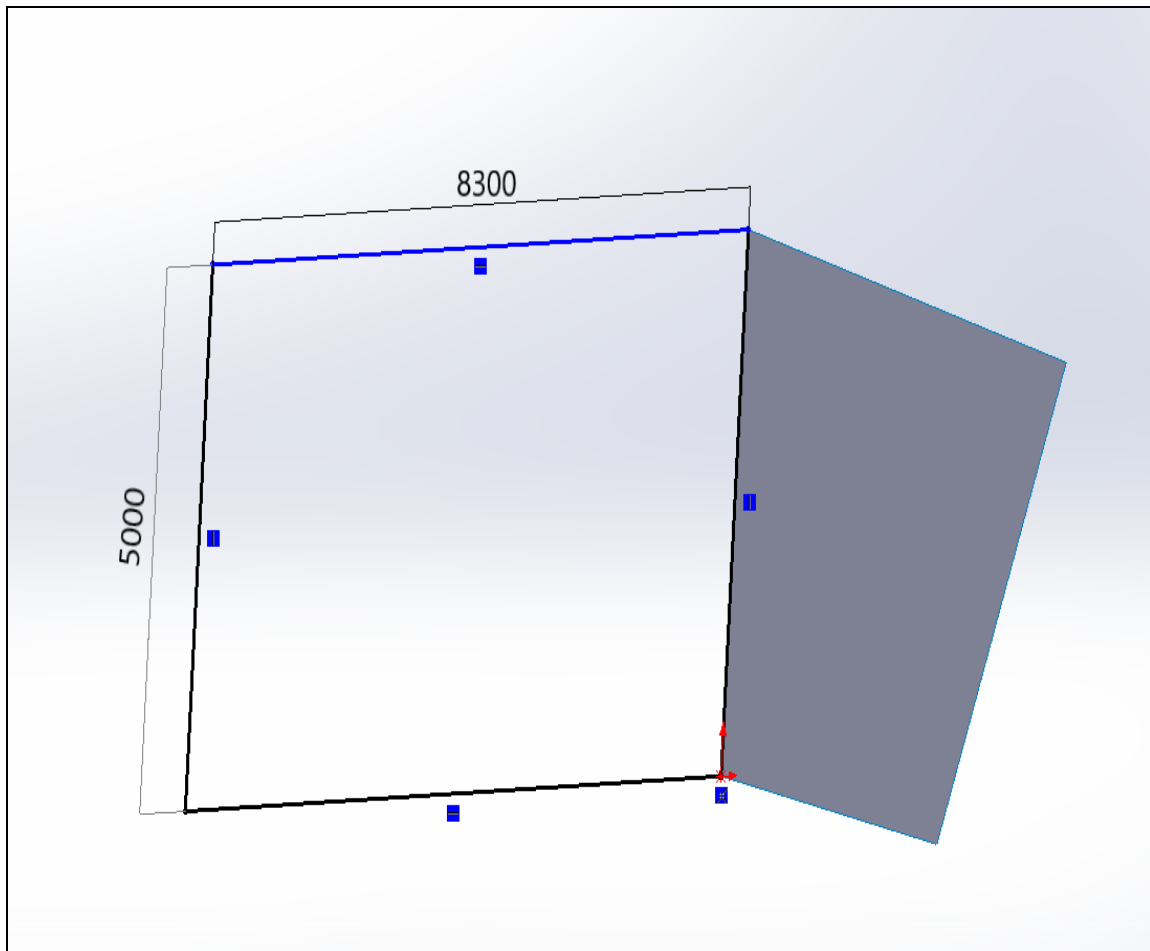


Εικόνα 11- Φρακτή *Transom*

Η επόμενη επιφάνεια, που σχεδιάστηκε με βάση το *transom*, είναι το *LP9*. Οι εντολές που ακολουθούν είναι το *sketch*, επιλογή του *front plane* με διαστάσεις:

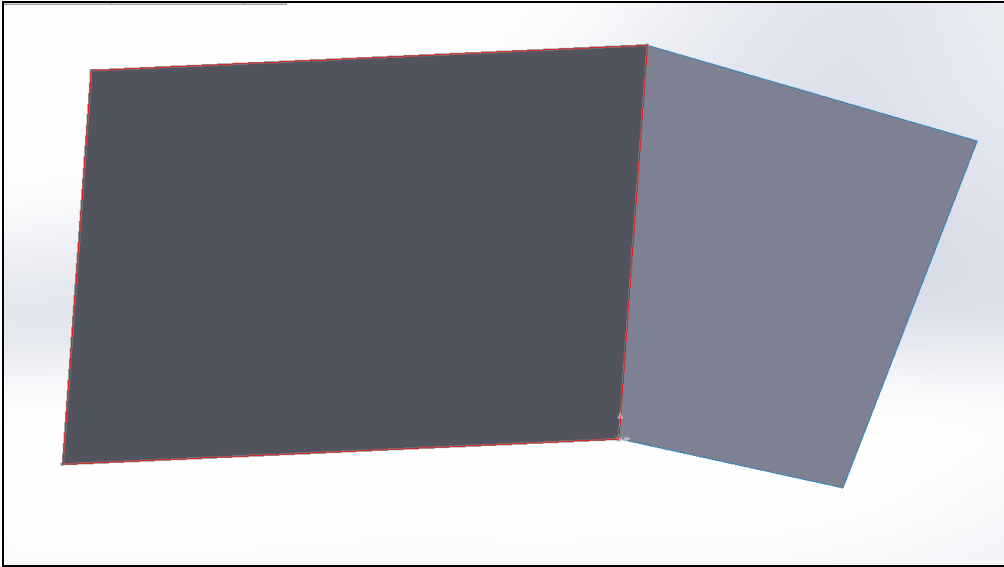
- κάθετη δεξιά και αριστερή γραμμή: 5000 mm
- οριζόντια πάνω και κάτω γραμμή: 8300 mm

Και την μορφή που φαίνονται στην Εικόνα 12 - Διαστάσεις *LP9* και Εικόνα 13 - Φρακτή *LP9*



Εικόνα 12 - Διαστάσεις *LP9*

Επιλέχθηκε η εντολή *planar surface* για την δημιουργία της επιφάνειας.

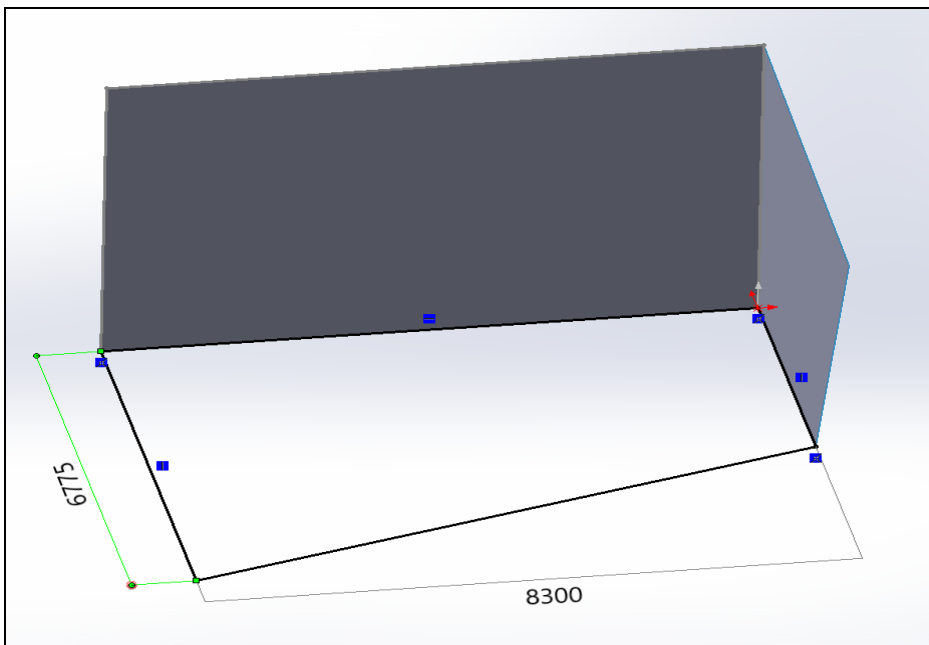


Εικόνα 13 - Φρακτή LP9

Στη συνέχεια η ακολουθεί επιφάνεια είναι το *Upper Platform*. Οι εντολές που ακολουθούν είναι το *sketch*, επιλογή του *top plane* με διαστάσεις:

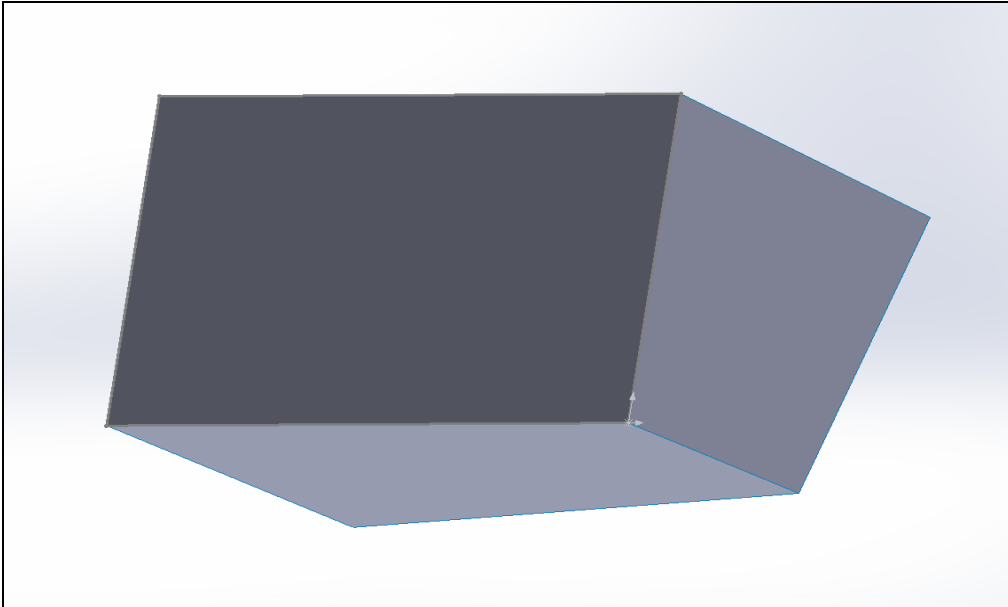
- κάθετη δεξιά γραμμή: 6775 mm
- οριζόντια κάτω γραμμή: 8300 mm

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 14 - Διαστάσεις *Upper Platform* και Εικόνα 15 - Φρακτή *Upper Platform*.



Εικόνα 14 - Διαστάσεις *Upper Platform*

Έπειτα για να δημιουργηθεί η επιφάνεια επιλέχθηκε η εντολή *planar surface*.

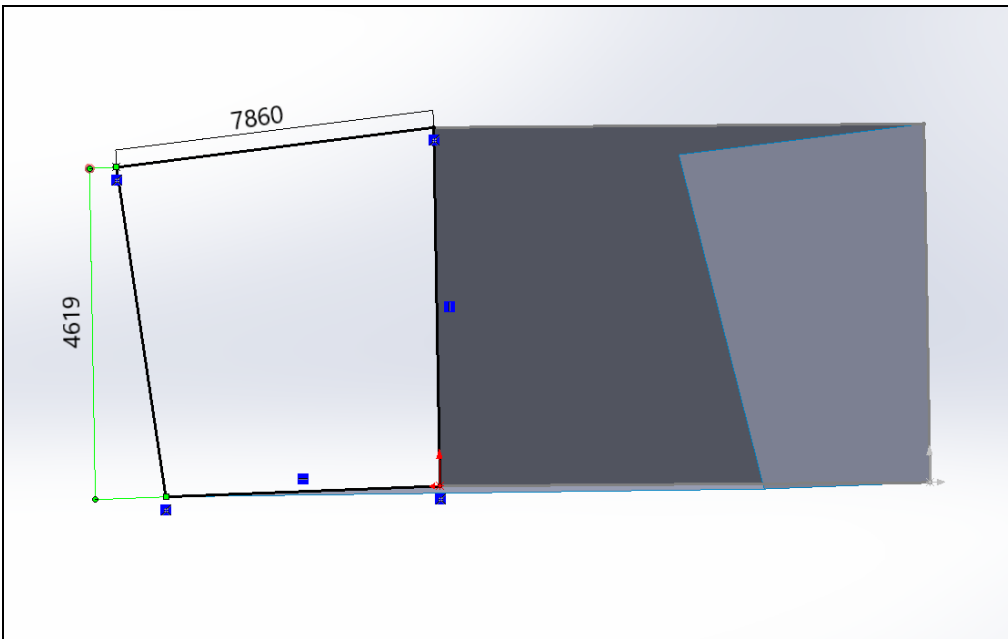


Εικόνα 15 - Φρακτή *Upper Platform*

Η επόμενη επιφάνεια, που σχεδιάστηκε με βάση τις προηγούμενες είναι το *Frame 8*. Οι εντολές οι ακολουθούν είναι το *sketch*, επιλογή του *top plane* με διαστάσεις:

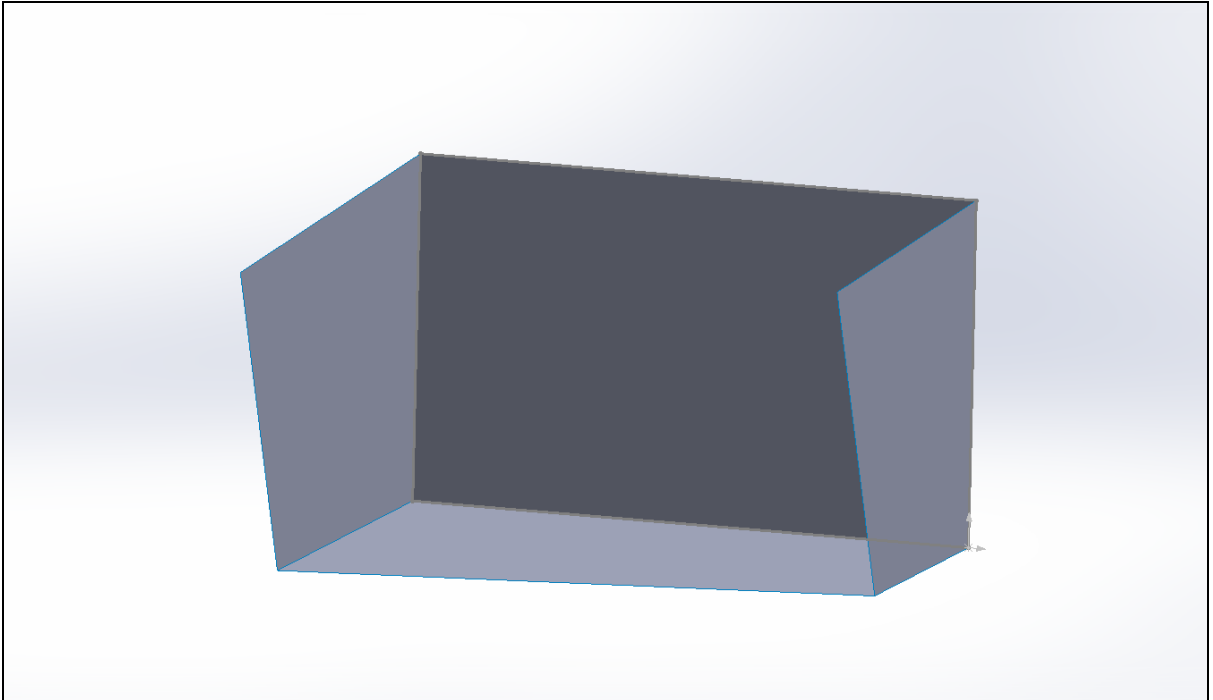
- κάθετη αριστερή γραμμή: 4619 mm
- οριζόντια πάνω γραμμή: 7860 mm

Απεικονίζονται παρακάτω στην Εικόνα 16 - Διαστάσεις *Frame 8* και Εικόνα 17- Φρακτή *Frame 8*.



Εικόνα 16 - Διαστάσεις *Frame 8*

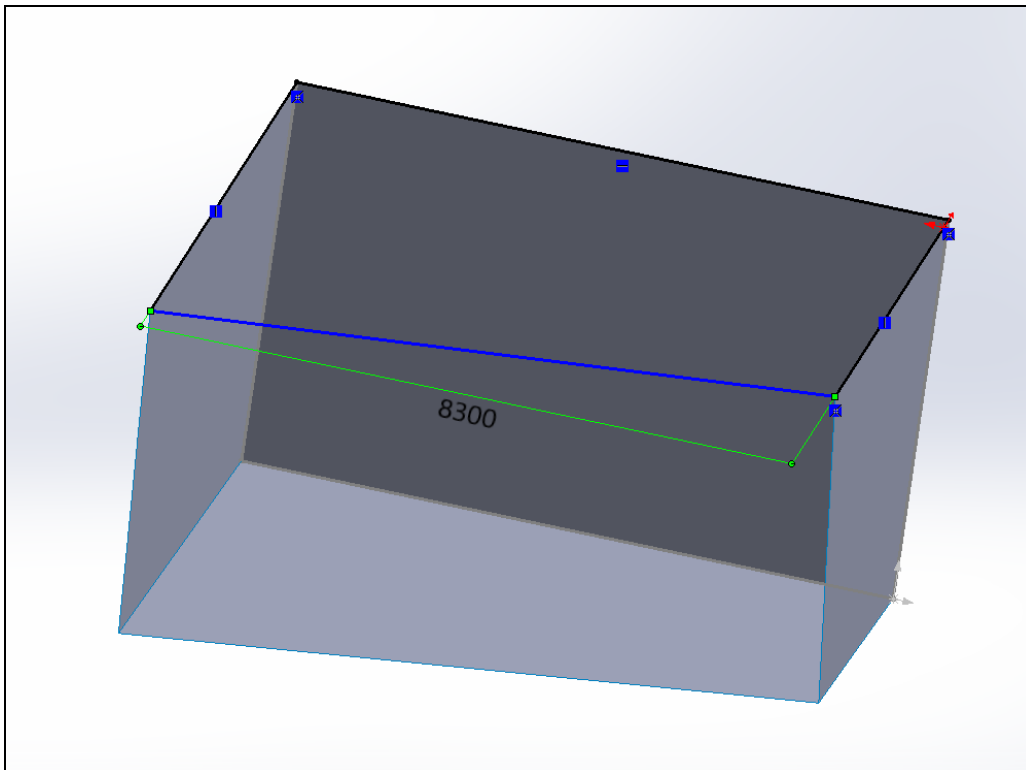
Για την επιφάνεια επιλέχθηκε η εντολή *planar surface*.



Εικόνα 17- Φρακτή *Frame 8*

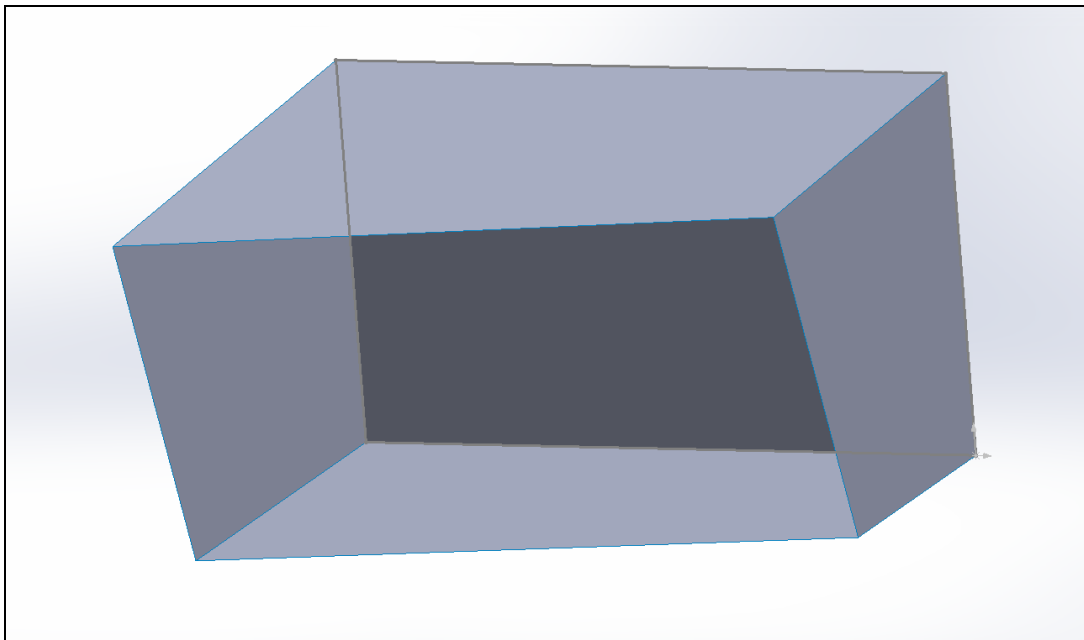
Η προτελευταία επιφάνεια που δημιουργήθηκε είναι το *Upper Deck* η οποία δημιουργήθηκε πάνω στις προηγούμενες με την επιλογή *create plane*, επιλέγοντας τις τρεις γειτονικές πλευρές και *sketch* πάνω στο καινούριο *plane*. Με αποτέλεσμα να χρειαστεί μόνο ο προσδιορισμός μιας γραμμής με διάσταση 8300 mm.

Επαληθεύοντας την σωστή σχεδίαση της δεξαμενής όπως φαίνεται στην Εικόνα 18 - Διαστάσεις *Upper Deck* και Εικόνα 19 - Φρακτή *Upper Deck*



Εικόνα 18 - Διαστάσεις *Upper Deck*

Στην συνέχεια με την επιλογή *planar surface* δημιουργήθηκε η επιφάνεια.

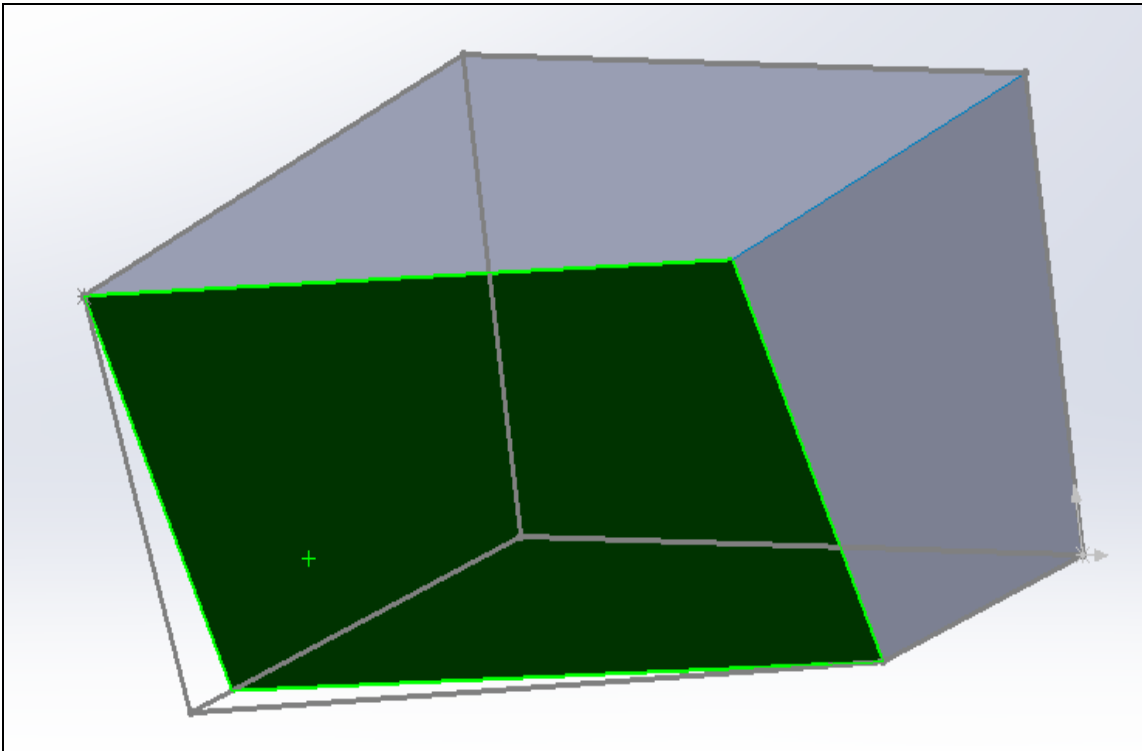


Εικόνα 19 - Φρακτή *Upper Deck*

Η τελευταία επιφάνεια για την ολοκλήρωση των επιφανειών της δεξαμενής είναι η LP18 όπου στην αρχική της σχεδίαση επειδή τα σημεία - γραμμές στα οποία βασίζεται για την δημιουργία της επιφάνειας είναι τρία, η δεξαμενή λόγω του περιεργου σχήματος της δεν κλείνει σωστά.

Με την συμβουλή του υπεύθυνου διδάσκοντα αποφασίστηκε να δημιουργηθεί με βάση τα τρία σημεία από τις γωνίες του *Upper Deck* και του *Transom* που έρχονται σε επαφή με το LP18.

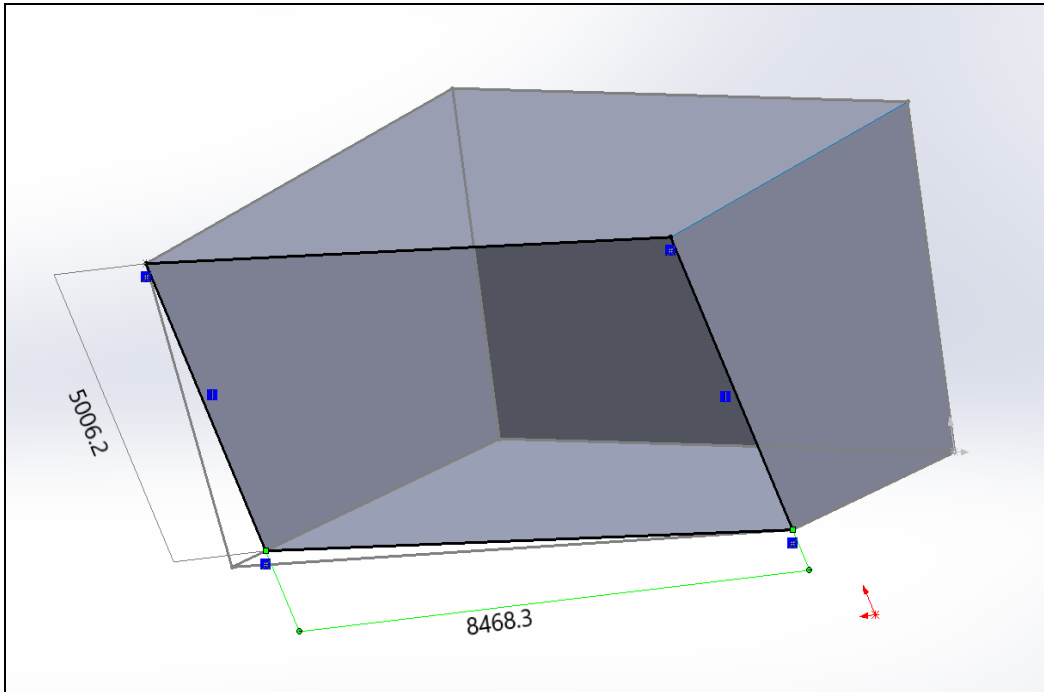
Το αποτέλεσμα είναι η μείωση υλικού του *Frame 8* και του *Upper Platform* όπου φαίνεται στην Εικόνα 20 - Σχεδιασμός φρακτής LP18 και Εικόνα 21 - Διαστάσεις πλευρών LP18.



Εικόνα 20 - Σχεδιασμός φρακτής LP18

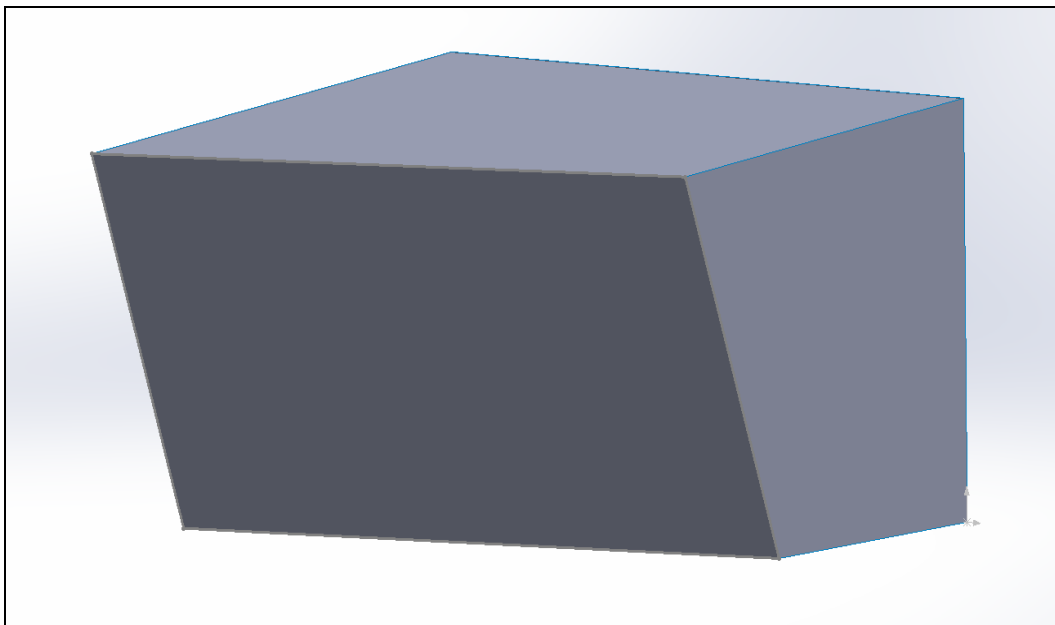
Οι καινούριες πλευρές είναι οι εξής:

- κάθετη δεξιά πλευρά: 5006.2 mm
- οριζόντια κάτω πλευρά: 8468.3 mm



Εικόνα 21 - Διαστάσεις πλευρών LP18

Με την παραπάνω μεθοδολογία ολοκληρώθηκε η διαμόρφωση των βασικών τοιχωμάτων της δεξαμενής *freshwater* που εξετάζουμε, Εικόνα 22 - Φρακτή LP18



Εικόνα 22 - Φρακτή LP18



## 6.2 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ

Αφού δημιουργήθηκαν τα ελάσματα της δεξαμενής, το επόμενο βήμα είναι η τοποθέτηση των κύριων και δευτερεύον ενισχυτικών για την αντοχή της δεξαμενής από τα φορτία που δέχεται. Αρχικά μελετήθηκαν τα σχέδια της δεξαμενής για τις ισαποστάσεις που υπάρχουν ανάμεσα στα ενισχυτικά.

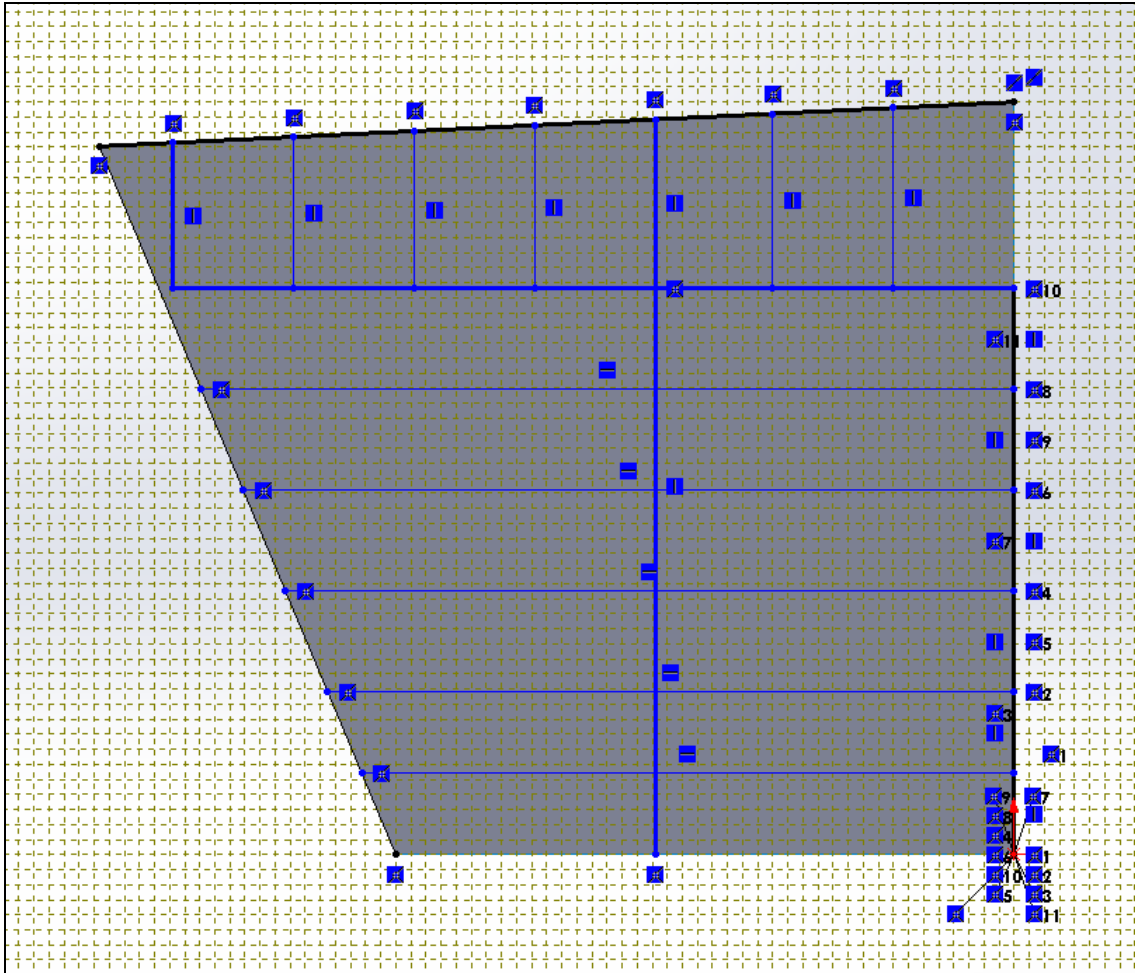
Η πρώτη επιφάνεια της δεξαμενής στην οποία δημιουργήθηκαν τα ενισχυτικά είναι το *Transom*. Η διαδικασία που ακολούθησε είναι η εξής:

Επιλογή της πλευράς *Transom*. Επιλογή της εντολής *sketch*. Με την εντολή *line* έγινε η σχεδίαση των ενισχυτικών.

Οι ισαποστάσεις στα πάνω κάθετα ενισχυτικά είναι  $800\text{mm}$  και είναι συνολικά επτά.

Οι ισαποστάσεις στα οριζόντια ενισχυτικά είναι  $670\text{mm}$  εκτός από τα δύο κάτω που είναι  $540\text{mm}$  και είναι συνολικά έξι.

Στην συνέχεια τοποθετήθηκε ένα κύριο ενισχυτικό  $2400\text{ mm}$  από την δεξιά πλευρά του τοιχώματος, Εικόνα 23 - Σχέδιο ενισχυτικών *Transom*.

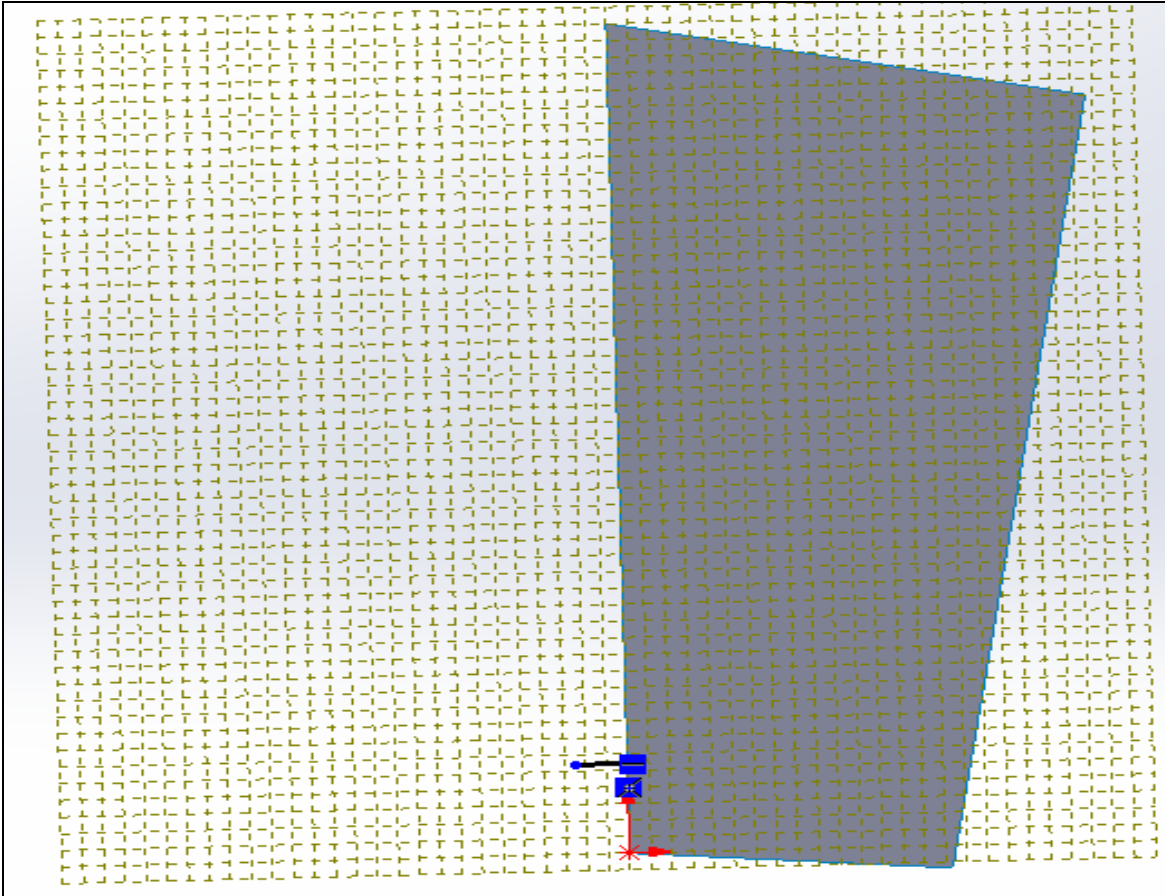


Εικόνα 23 - Σχέδιο ενισχυτικών *Transom*

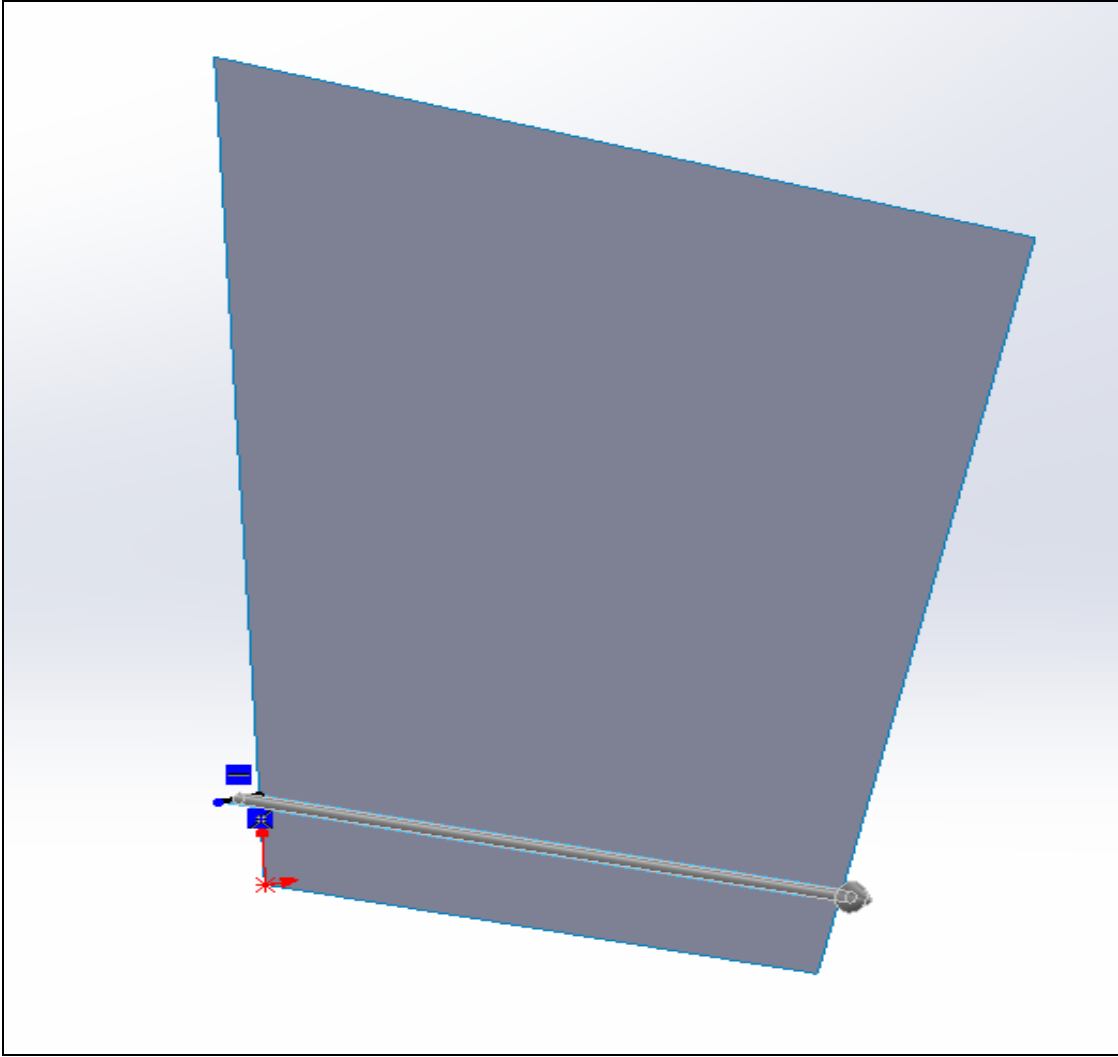
Στην συνέχεια επιλέχθηκε η επιφάνεια του *LP9* για την σχεδίαση του υπόλοιπου μέρους των ενισχυτικών. Οι εντολές που ακολούθησαν είναι οι εξής:

*Line* με απόσταση *240 mm* για το κάθε ενισχυτικό και στην συνέχεια *extrude* μέχρι να συναντήσει το ενισχυτικό την απέναντι επιφάνεια. Το μόνο που είναι διαφορετικό είναι το τέταρτο ενισχυτικό που έχει απόσταση *450 mm* από τα αριστερά γιατί στην συνέχεια θα σχεδιαστεί εκεί ένα κύριο ενισχυτικό.

Στις εικόνες παρακάτω φαίνεται αναλυτικά η διαδικασία που ακολούθησε για ένα ενισχυτικό η οποία είναι η ίδια και για τα υπόλοιπα δευτερεύον ενισχυτικά, Εικόνα 24 - Σχεδίαση ενισχυτικού *Transom* και Εικόνα 25 - Σχεδίαση ενισχυτικού *Transom*.



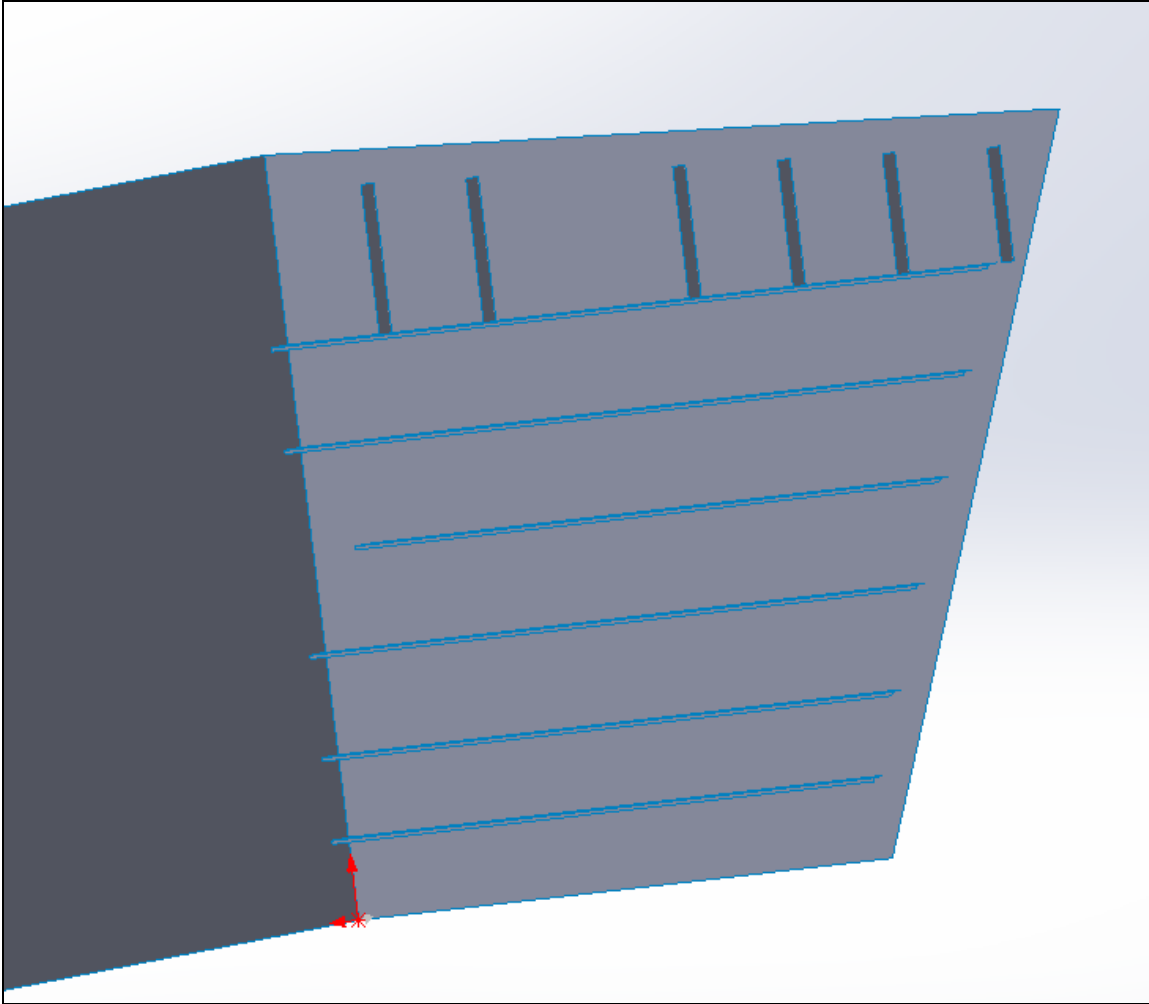
Εικόνα 24 - Σχεδίαση ενισχυτικού *Transom*



Εικόνα 25 - Σχεδίαση ενισχυτικού *Transom*

Για τα κάθετα δευτερεύοντα ενισχυτικά η διαδικασία που ακολούθησε είναι παρόμοια. Η πλευρά η οποία επιλέχθηκε για να σχεδιαστούν πάνω οι γραμμές είναι το πάνω οριζόντιο ενισχυτικό. Οι τιμή των ενισχυτικών είναι  $180mm$ . Τα ενισχυτικά αυτά έγιναν *extruded* μέχρι  $220mm$  από το κατάστρωμα, Εικόνα 26 - Δευτερεύον ενισχυτικά *Transom*.

Στις εικόνα παρακάτω απεικονίζονται τα δευτερεύοντα ενισχυτικά στην πλευρά του *Transom*.

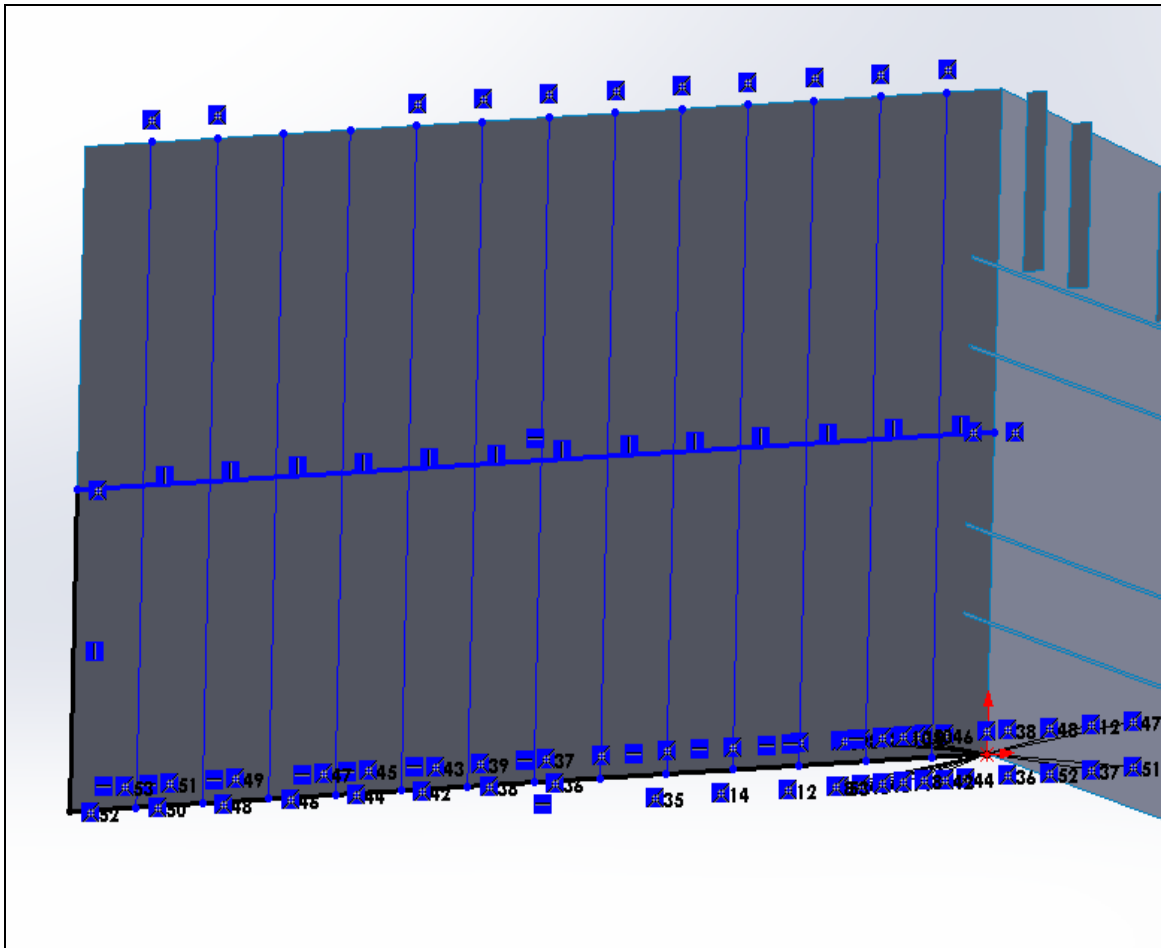


Εικόνα 26 - Δευτερεύον ενισχυτικά *Transom*

Η επόμενη πλευρά της δεξαμενής στην οποία δημιουργήθηκαν τα δευτερεύοντα ενισχυτικά είναι το LP9. Η διαδικασία που ακολούθησε είναι η εξής:  
Επιλογή της πλευράς LP9. Επιλογή της εντολής *sketch*. Με την εντολή *line* έγινε η σχεδίαση των ενισχυτικών.

Οι ισαποστάσεις στα πάνω κάθετα ενισχυτικά είναι  $600mm$ , εκτός από το δεξιά που η ισαπόσταση είναι  $500mm$  και είναι συνολικά δέκα τρία..

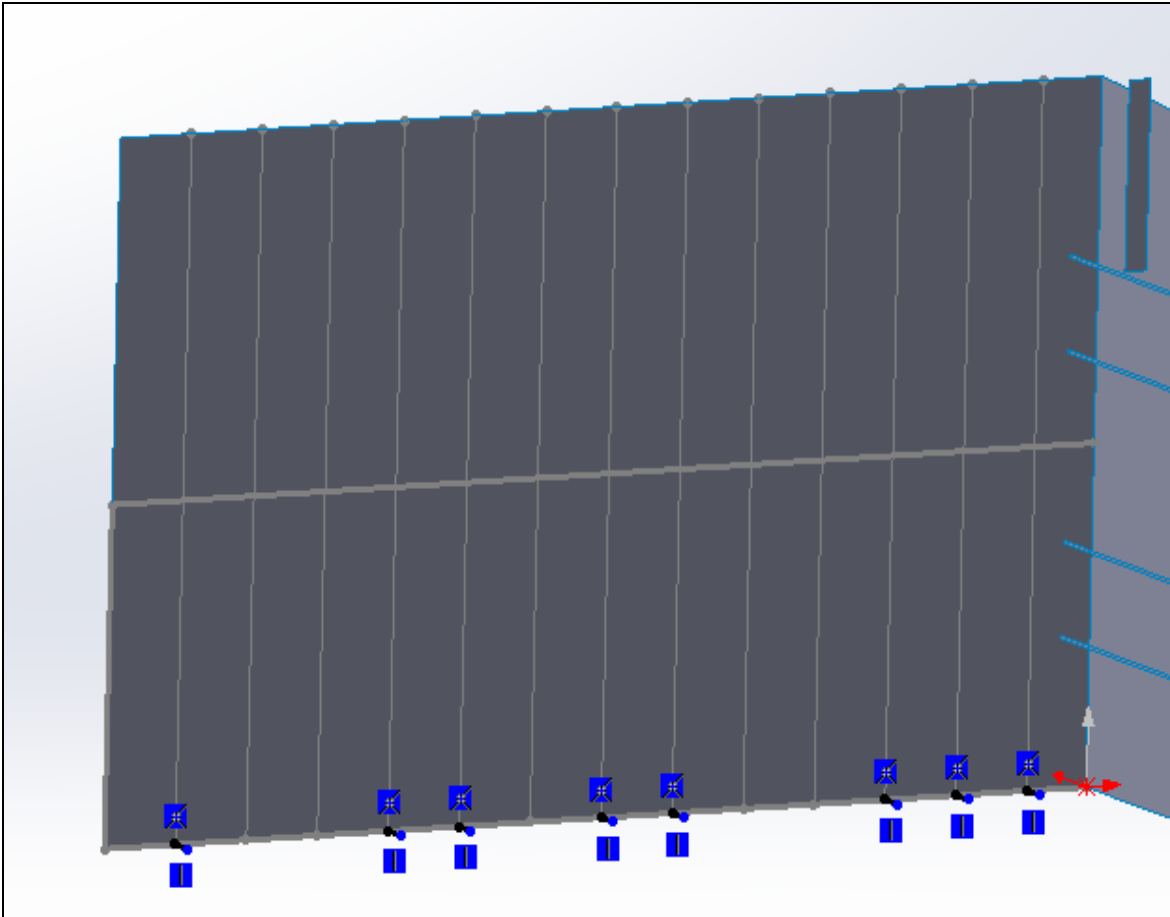
Για το οριζόντιο ενισχυτικό η απόσταση από τον πυθμένα της δεξαμενής είναι  $2420mm$ . Βρίσκεται  $16420 a.BL$ , Εικόνα 27 - Σχέδιο ενισχυτικών LP9.



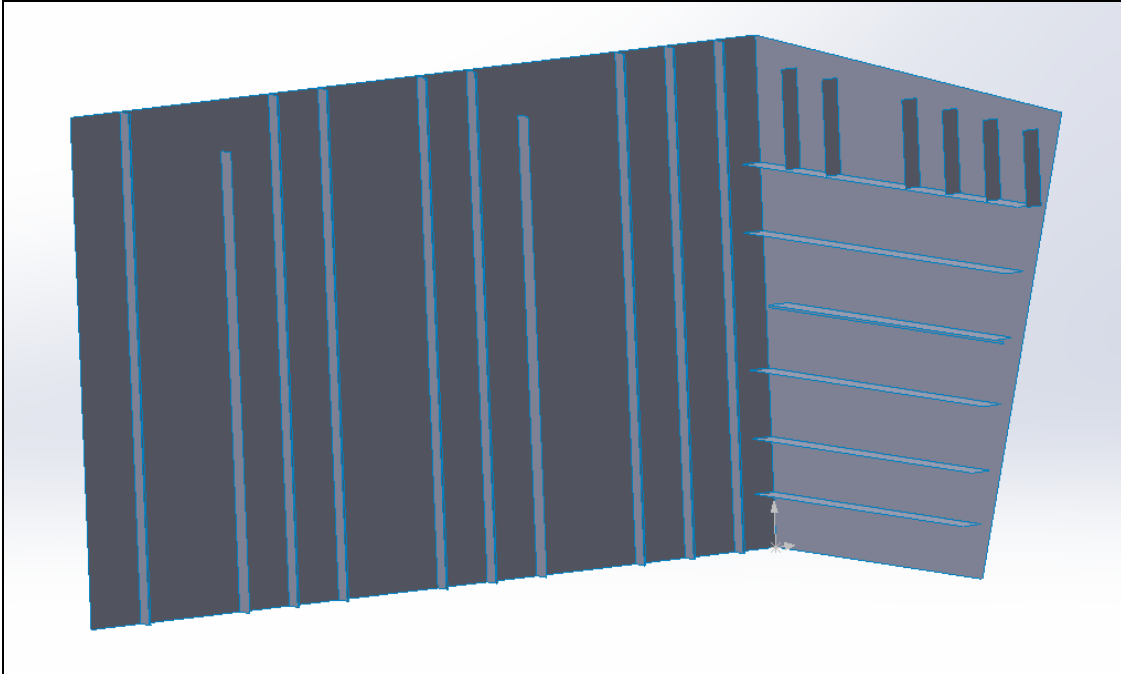
Εικόνα 27 - Σχέδιο ενισχυτικών LP9

Στην συνέχεια επιλέχθηκε η επιφάνεια του πυθμένα για την σχεδίαση του υπόλοιπου μέρους των ενισχυτικών. Οι εντολές που ακολούθησαν είναι οι εξής:

*Line* με απόσταση 200mm για το κάθε ενισχυτικό και στην συνέχεια *extrude* μέχρι να συναντήσει το ενισχυτικό το κατάστρωμα. Σε αυτή την πλευρά υπάρχουν αρκετά κύρια ενισχυτικά τα οποία θα αναλυθούν στην συνέχεια, Εικόνα 28 - Σχεδίαση ενισχυτικών LP9 και Εικόνα 29 - Δευτερεύον ενισχυτικά LP9.



Εικόνα 28 - Σχεδίαση ενισχυτικών LP9



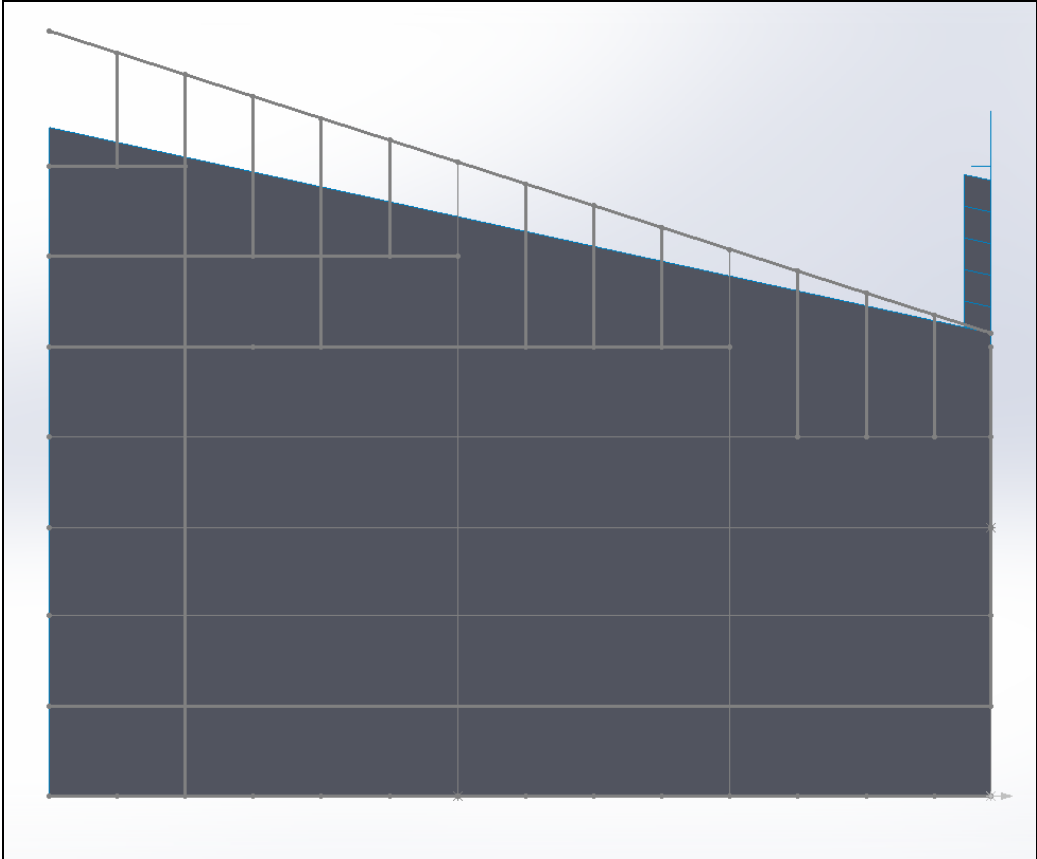
Εικόνα 29 - Δευτερεύον ενισχυτικά LP9

Η επόμενη πλευρά της δεξαμενής στην οποία δημιουργήθηκαν τα δευτερεύοντα ενισχυτικά είναι ο πυθμένας, το *Upper platform*. Η διαδικασία που ακολούθησε είναι η εξής:

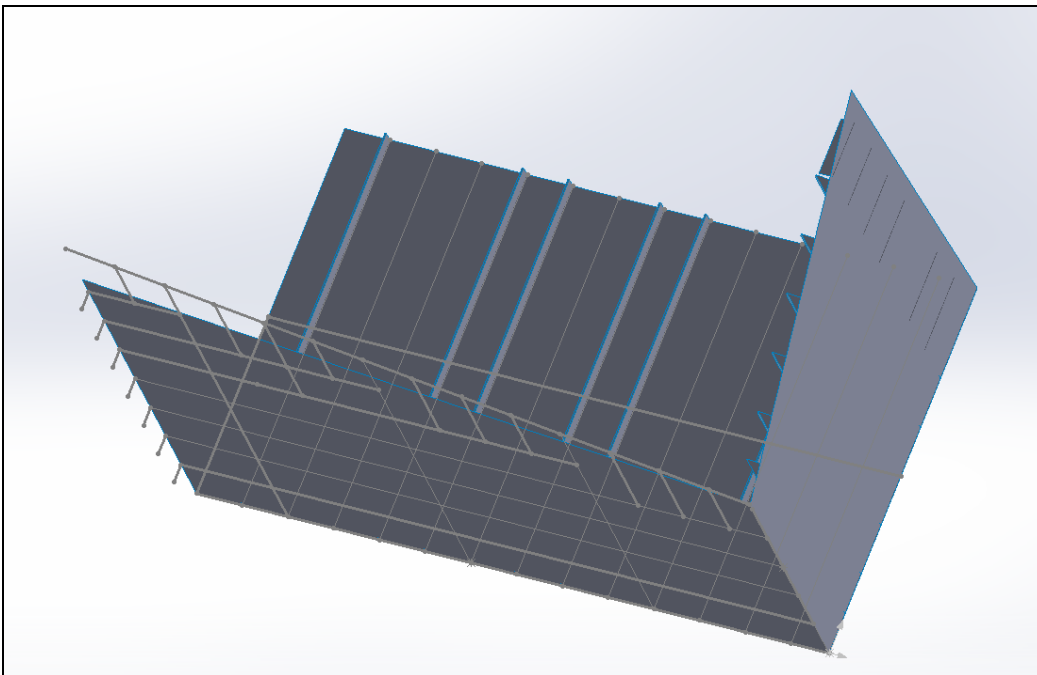
Επιλογή της πλευράς του πυθμένα. Επιλογή της εντολής *sketch*. Με την εντολή *line* έγινε η σχεδίαση των ενισχυτικών και στην συνέχεια *extrude* μέχρι το *upper deck*, εκτός από δυο ενισχυτικά τα οποία έγιναν *extrude* μέχρι 500mm πριν το κατάστρωμα λόγω των κύριων ενισχυτικών που θα τοποθετηθούν στην συνέχεια.

Για την δημιουργία των ενισχυτικών του *upper platform* η διαδικασία που ακολούθησε είναι η εξής. Αρχικά σχεδιάστηκαν οι ισαποστάσεις μεταξύ των ενισχυτικών οι οποίες είναι στα πάνω και κάτω κάθετα ενισχυτικά είναι 600mm, εκτός από το δεξιά που η ισαπόσταση είναι 500mm και είναι συνολικά δέκα. Η απόσταση στην οποία εκτίνονται τα κάτω ενισχυτικά είναι μέχρι το απέναντι κάθετο έλασμα. Η απόσταση στην οποία εκτίνονται τα πάνω ενισχυτικά είναι επίσης μέχρι το απέναντι κάθετο έλασμα εκτός το εκείνο που βρίσκεται στο *Frame 4* όπου εκτίνεται μέχρι το δεύτερο κάθετο ενισχυτικό που βρίσκεται σε απόσταση 2,15m.

Για το οριζόντια ενισχυτικά η ισαπόσταση μεταξύ τους είναι 800mm με εξαίρεση ανάμεσα στο δεύτερο και το τρίτο που η ισαπόσταση είναι 778mm. (Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται το σχέδιο για την δημιουργία των ελασμάτων το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση δημιουργήθηκε την κλείσει η δεξαμενή και μειωθεί το έλασμα.), Εικόνα 30 – Σχέδιο ενισχυτικών *Upper Platform* και Εικόνα 31 - Σχέδιο ενισχυτικών *Upper Platform*.



Εικόνα 30 – Σχέδιο ενισχυτικών Upper Platform



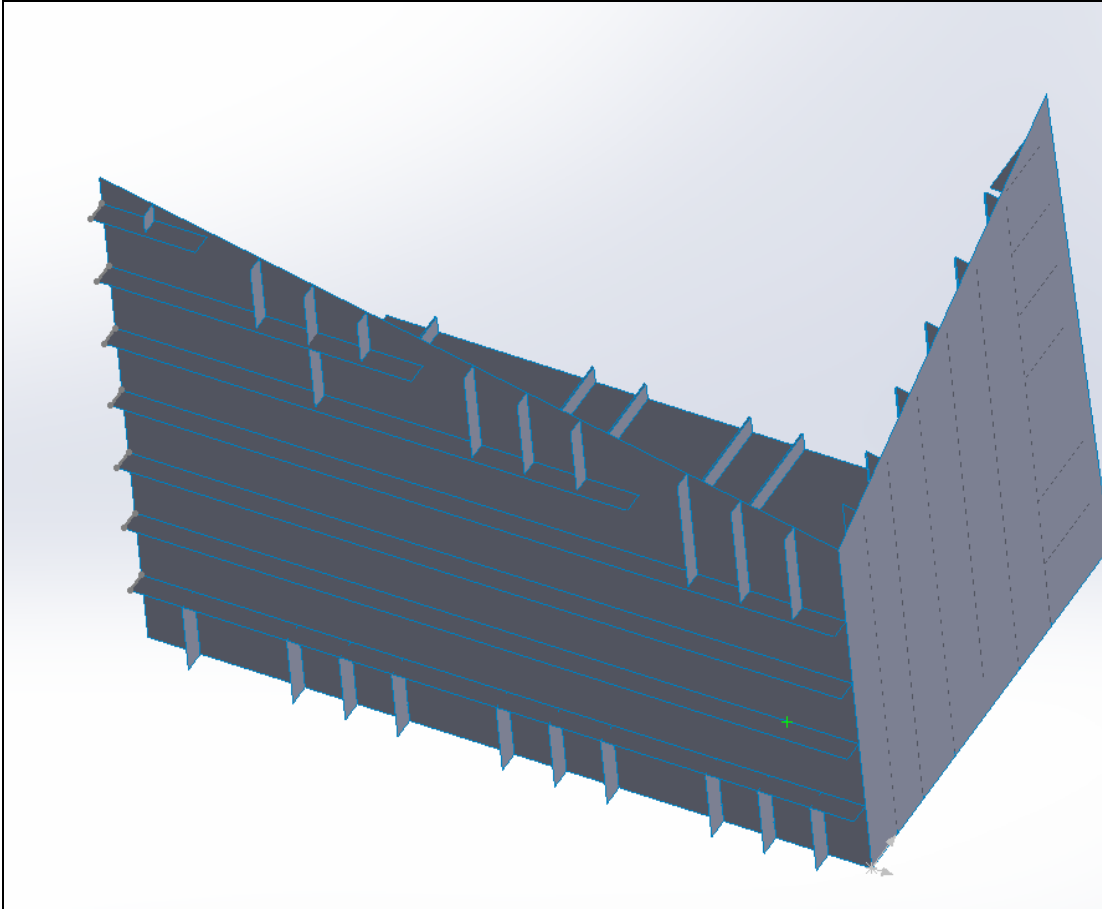
Εικόνα 31 - Σχέδιο ενισχυτικών Upper Platform



Στην συνέχεια επιλέχθηκε η *left* όψη για την σχεδίαση του υπόλοιπου μέρους των ενισχυτικών. Οι εντολές που ακολούθησαν είναι οι εξής:

*Line 240mm* για το κάθε ενισχυτικό και στην συνέχεια *extrude* μέχρι το τέλος της επιφάνειας του *Upper platform*. Για τα κάθετα ενισχυτικά ακολουθήθηκαν να ίδια βήματα με την διαφορά ότι τα κάτω *line* είναι με μήκος *250mm* ενώ τα πάνω είναι *200mm* και τα *extrude* κυμαίνονται είναι σύμφωνα με τα σχέδια που δόθηκαν.

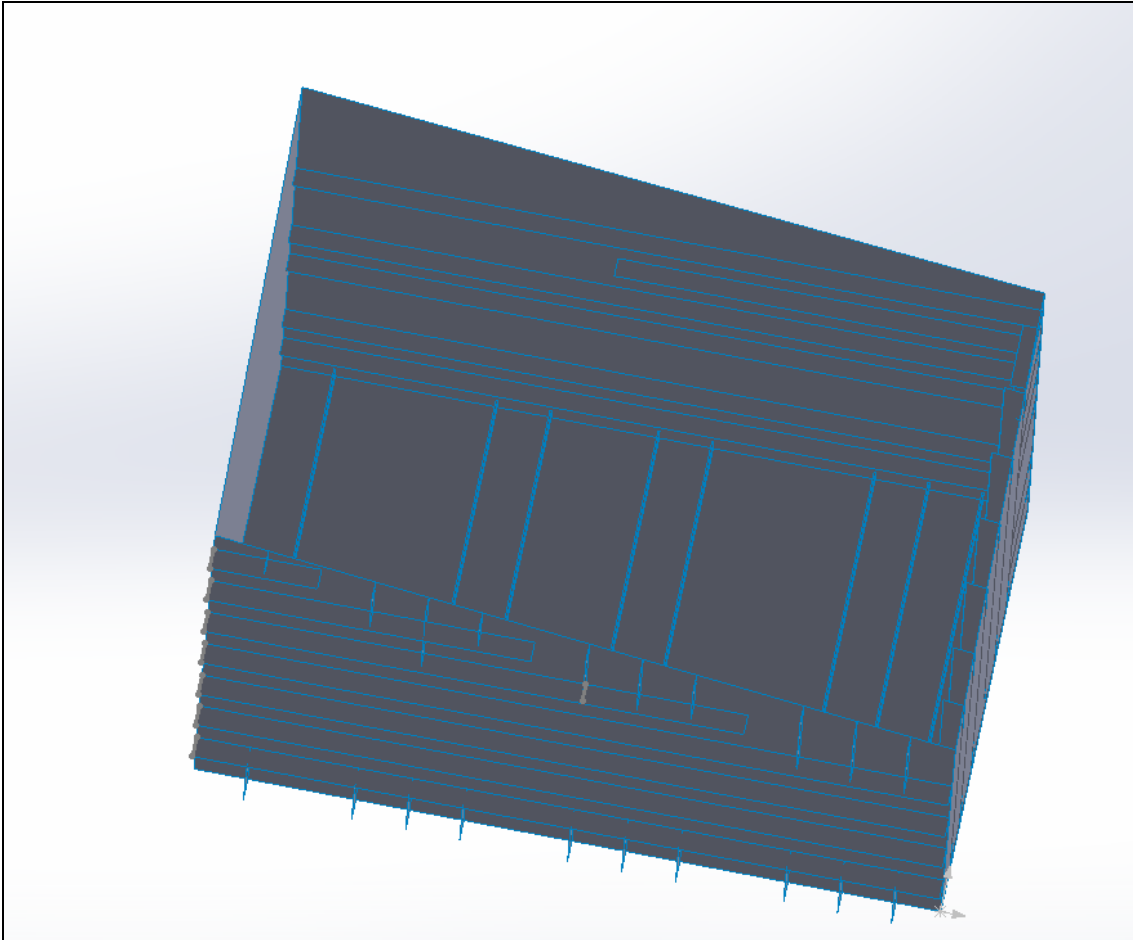
Στην Εικόνα 32 - Ολοκληρωμένη μορφή ενισχυτικών *Upper Platform* και Εικόνα 33 - Δευτερεύον ενισχυτικά *Upper Platform* απεικονίζεται η μορφή των ενισχυτικών.



Εικόνα 32 - Ολοκληρωμένη μορφή ενισχυτικών *Upper Platform*

Η ίδια διαδικασία ακολούθησε για τα δευτερεύοντα ενισχυτικά του καταστρώματος, *Upper Deck*.

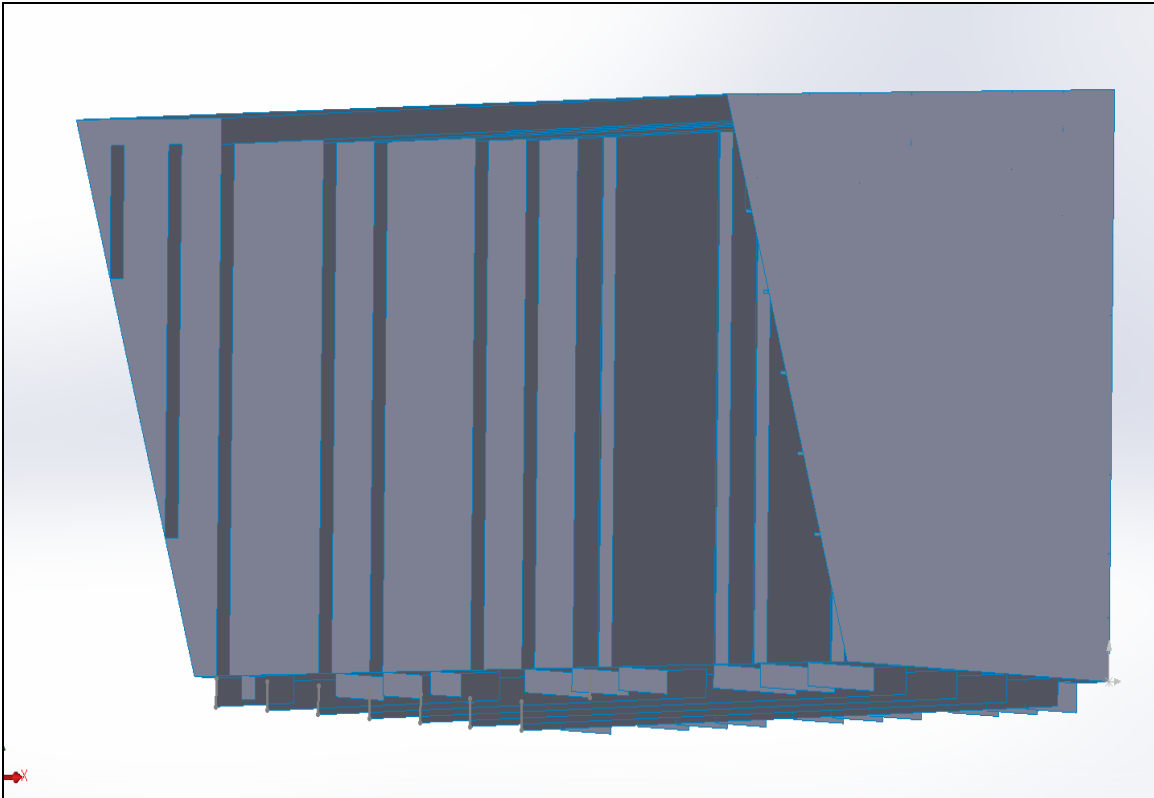
Αρχικά σχεδιάστηκαν τα οριζόντια ενισχυτικά με ισαπόσταση μεταξύ τους  $800mm$  με εξαίρεση ανάμεσα στο δεύτερο και το τρίτο που η ισαπόσταση είναι  $778mm$ . Στη συνέχεια η γραμμές αυτές έγιναν *extrude* έως το απέναντι τοίχωμα, με εξαίρεση το δεύτερο ενισχυτικό το οποίο έγινε *extrude*  $4700mm$ .



Εικόνα 33 - Δευτερεύον ενισχυτικά *Upper Platform*

Για το *Frame 8* ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία αντιστοίχως για τα δευτερεύοντα ενισχυτικά. η απόσταση μεταξύ των ενισχυτικών είναι  $600mm$ , με εξαίρεση την αριστερή η οποία έχει απόσταση  $500mm$  από την επόμενη. Τα *lines* με το μήκος του σώματος των ενισχυτικών είναι  $200mm$ . Όλα τα ενισχυτικά έχουν γίνει *extrude* μέχρι την απέναντι επιφάνεια που εκάστοτε είναι το ενισχυτικό του κάθετο τοιχώματος.

Στην Εικόνα 34 - Δευτερεύον ενισχυτικά *Frame 8* παρακάτω απεικονίζεται η μορφή των δευτερεύων ενισχυτικών.

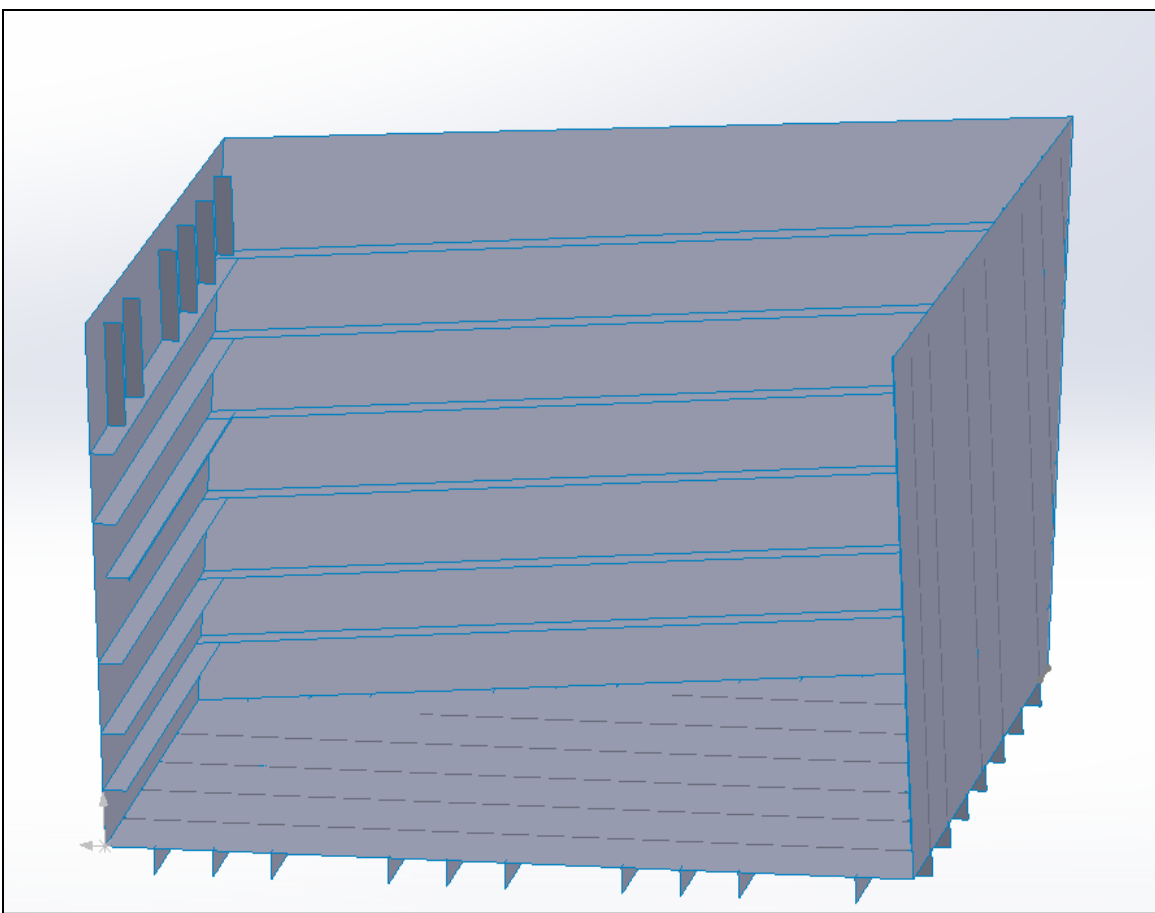


Εικόνα 34 - Δευτερεύον ενισχυτικά *Frame 8*

Τέλος στο τοίχωμα του οποίου η κατασκευή ήταν πιο σύνθετη, για την δημιουργία των ενισχυτικών ακολουθήθηκε παρακάτω διαδικασία:

- Επιλογή της εντολής *reference geometry*.
- Δημιουργία ενός καινούριου *plane* για κάθε ενισχυτικό.
- Σχεδίαση της γραμμής για τον κορμό του δευτερεύον ενισχυτικού με τιμή  $200mm$ .
- Ολοκλήρωση του σώματος του εκάστοτε ενισχυτικού με την εντολή *surface-sweep*, η οποία κάνει *extrude* το σώμα μέχρι να συναντήσει απέναντι επιφάνεια.

Στην παρακάτω Εικόνα 35 - Δευτερεύον ενισχυτικά *LP18* απεικονίζεται το αποτέλεσμα της επανάληψη των παραπάνω εντολών και για τα έξι οριζόντια ενισχυτικά.



Εικόνα 35 - Δευτερεύον ενισχυτικά *LP18*

### 6.3 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΛΑΝΤΖΑΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ

Παρατηρήθηκε ότι τα δευτερεύοντα ενισχυτικά της δεξαμενής είναι βολβολάμες, για αυτό τον λόγο χρειάστηκε να επιλεγθούν τιμές για το πάχος της φλάντζας των ενισχυτικών. Για τα ενισχυτικά οι πληροφορίες μας δίνονται από το αρχείο “Tata\_steel\_bulb\_flats ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ”, από τον πίνακα “Dimensions and Properties”.

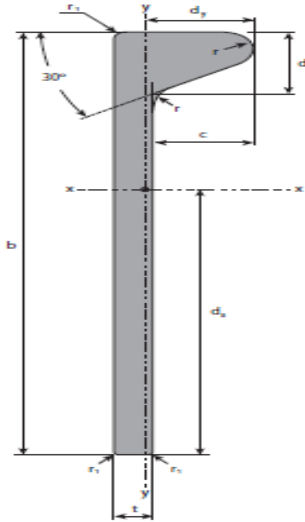
Τα δεδομένα που υπάρχουν από τα σχέδια της δεξαμενής για τις βολβολάμες του σχήματος είναι το  $b = \text{web height}$  και το  $t = \text{web thickness}$ .

Τα δεδομένα που λήφθηκαν στην προκειμένη περίπτωση από τον πίνακα είναι το  $c = \text{flange width}$  και η τιμή για την ροπή αδρανείας ως προς τον ουδέτερο άξονα  $I_x$ .

Πίνακας 16 - Tata steel bulb flats

Section Description	Section Description					Mass per metre G kg/m	Area of section F cm <sup>2</sup>	Surface area per metre U m <sup>2</sup> /m	Distance to Centre of Gravity		Second Moment of Area	
	b mm	t mm	c mm	d mm	r mm				dx mm	dy mm	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>
160x7	160	7.0	22.0	22.2	6.0	11.44	14.58	0.365	96.7	6.5	371.10	5.85
160x8	160	8.0	22.0	22.2	6.0	12.70	16.18	0.367	95.1	6.8	409.27	6.54
160x9	160	9.0	22.0	22.2	6.0	13.95	17.78	0.370	93.7	7.1	446.70	7.31
160x10	160	10.0	22.0	22.2	6.0	15.19	19.34	0.371	92.6	7.5	481.31	8.15
160x11	160	11.0	22.0	22.2	6.0	16.44	20.94	0.373	91.7	7.9	517.81	9.09
160x11.5	160	11.5	22.0	22.2	6.0	17.07	21.74	0.374	91.3	8.1	535.93	9.60
180x8	180	8.0	25.0	25.5	7.0	14.78	18.83	0.412	109.0	7.4	606.55	9.89
180x9	180	9.0	25.0	25.5	7.0	16.20	20.63	0.414	107.4	7.7	661.09	10.92
180x10	180	10.0	25.0	25.5	7.0	17.59	22.40	0.416	106.0	8.1	711.72	12.03
180x11	180	11.0	25.0	25.5	7.0	19.00	24.20	0.418	104.8	8.4	764.60	13.25
180x11.5	180	11.5	25.0	25.5	7.0	19.70	25.10	0.419	104.3	8.6	790.81	13.90
200x8.5	200	8.5	28.0	28.8	8.0	17.77	22.63	0.458	122.2	8.2	901.07	15.06
200x9	200	9.0	28.0	28.8	8.0	18.55	23.63	0.459	121.3	8.4	939.14	15.75
200x10	200	10.0	28.0	28.8	8.0	20.10	25.60	0.460	119.7	8.7	1010.47	17.18
200x11	200	11.0	28.0	28.8	8.0	21.67	27.60	0.463	118.3	9.0	1084.33	18.75
200x11.5	200	11.5	28.0	28.8	8.0	22.45	28.60	0.464	117.6	9.2	1120.89	19.57
200x12	200	12.0	28.0	28.8	8.0	23.24	29.60	0.465	117.0	9.4	1157.23	20.43
220x9	220	9.0	31.0	32.1	9.0	21.02	26.78	0.504	135.5	9.1	1290.48	22.01
220x10	220	10.0	31.0	32.1	9.0	22.72	28.94	0.505	133.7	9.3	1387.89	23.86
220x11	220	11.0	31.0	32.1	9.0	24.45	31.14	0.507	132.0	9.7	1488.07	25.83
220x11.5	220	11.5	31.0	32.1	9.0	25.31	32.24	0.509	131.2	9.8	1537.57	26.87
220x12	220	12.0	31.0	32.1	9.0	26.17	33.34	0.510	130.5	10.0	1586.73	27.94
230x11	230	11.0	32.5	33.75	9.5	25.88	32.97	0.530	138.9	10.0	1724.98	30.05
240x9.5	240	9.5	34.0	35.4	10.0	24.51	31.23	0.549	148.9	9.9	1787.40	31.12
240x10	240	10.0	34.0	35.4	10.0	25.46	32.43	0.550	147.9	10.0	1854.67	32.30
240x10.5	240	10.5	34.0	35.4	10.0	26.40	33.63	0.551	146.9	10.2	1921.25	33.52
240x11	240	11.0	34.0	35.4	10.0	27.34	34.83	0.552	145.9	10.3	1987.20	34.78
240x11.5	240	11.5	34.0	35.4	10.0	28.28	36.03	0.554	145.1	10.5	2052.60	36.06
240x12	240	12.0	34.0	35.4	10.0	29.22	37.23	0.555	144.3	10.6	2117.50	37.39

Στην παρακάτω Εικόνα 36 - Επεξηγητικό σχέδιο βολβολάμας απεικονίζεται το σχέδιο μιας βολβολάμας και η ονομασία κάθε μήκους και πάχους της, που χρησιμοποιήθηκε τον πίνακα 1 παραπάνω.



Εικόνα 36 - Επεξηγητικό σχέδιο βολβολάμας

Για να βρεθεί το ζητούμενο  $c$ , διεξήχθησαν δοκιμές για την εύρεση της ακριβέστερης τιμής.

Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

$$y_{NA} = \frac{(b \times t \times \frac{b}{2}) + (c \times b \times \frac{b}{2})}{(b \times t) + (c \times b)}$$

$$I = \frac{t \times b^3}{12} + t \times b \times \left(\frac{b}{2} - y_{NA}\right) + \frac{d \times c^3}{12} + d \times c \times \left(\frac{c}{2} - y_{NA}\right)$$

Η διαδικασία που ακολούθησε ήταν η δημιουργία ενός φύλλου *excel* για την διευκόλυνση των πράξεων, όπου σε αυτό το *excel* χρησιμοποιήθηκαν όλα τα δεδομένα που συλλέξαμε, τα μήκη και πάχη των κορμών, τα μήκη για τις φλάντζες, οι τιμές των ουδέτερων αξόνων και οι παραπάνω σχέσεις για να δοθούν τιμές και να γίνουν επαναλήψεις για την εύρεση της καταλληλότερης τιμής του  $c$  όπου θα είχε ως αποτέλεσμα μια τιμή  $I_x$  με όσο το δυνατόν μικρότερη απόκλιση από την τιμή  $I_x$  που δίνεται από τον πίνακα “*Dimensions and Properties*”.

Τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

Πίνακας 17 - Φύλλο excel υπολογισμοί για την εύρεση του  $c$

web height	web thickness	flange width	flange thickness	web height/2	flange thickness/2
b	t	d	c	B/2	D/2
180	9	25	16.9	90	8.45
200	9	28	19.1	100	9.55
220	10	31	21	110	10.5
240	10	34	23.3	120	11.65
240	11	34	23.4	120	11.7

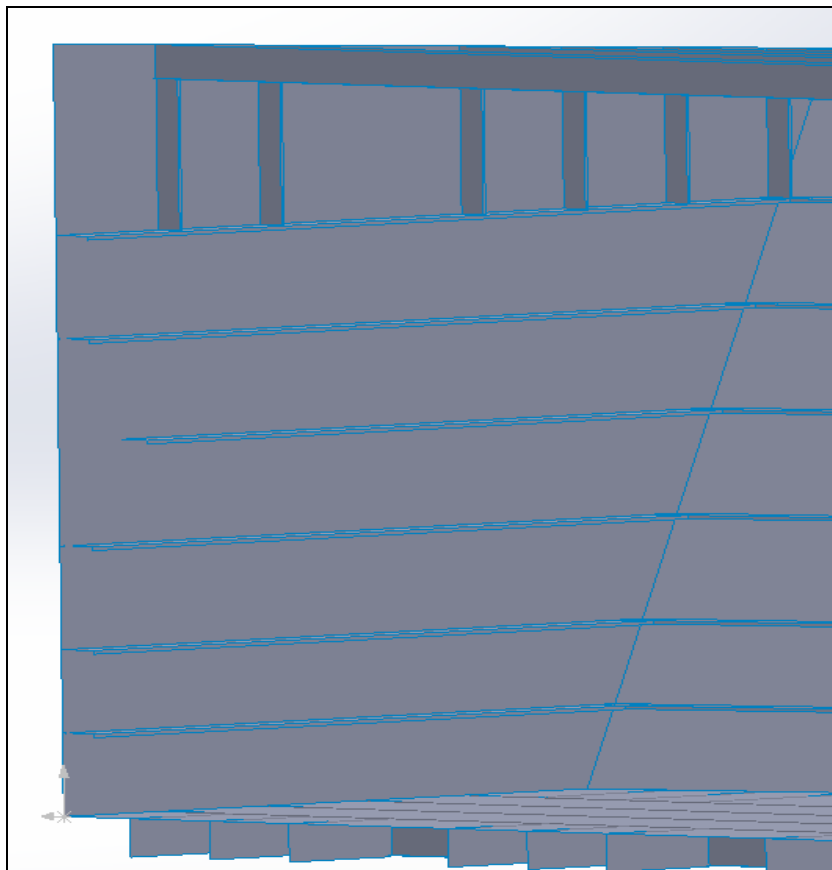
Web area	Flange area	$y_{NA}$	$I_0$ web	$I_0$ flange	$I_{NA}$ web	$I_{NA}$ flange	$I_{NA}$
1620	422.5	73.131	4374000.000	10055.852	284.562	4183.635	661.26
1800	534.8	79.282	6000000.000	16258.366	429.240	4862.535	938.94
2200	651	87.280	8873333.333	23924.250	516.195	5895.180	1387.06
2400	792.2	93.111	11520000.000	35839.788	723.015	6635.905	1854.80
2640	795.6	94.920	12672000.000	36303.228	628.986	6925.635	1987.89

Ενισχυτικά *transom*:            *HP 180x9*       $c = 16.9mm$   
 Ενισχυτικά *LP9*:                *HP 200\*9*       $c = 19.1mm$   
 Ενισχυτικά *Frame 8*:            *HP200\*9*       $c = 19,1mm$   
 Ενισχυτικά *Upper deck*:        *HP220\*10*      $c = 21 mm$   
 Ενισχυτικά *LP18*:                *HP220\*10*      $c = 21mm$   
 Ενισχυτικά *Upper platform*:    *HP240\*10*      $c = 23.3 mm$   
 Ενισχυτικά *Transom*:            *HP240\*11*      $c = 23.4mm$

Για την διαδικασία σχεδίαση της φλάντζας σε κάθε κορμό ενισχυτικού που έχει ήδη σχεδιαστεί τα βήματα που ακολούθησαν είναι τα εξής:

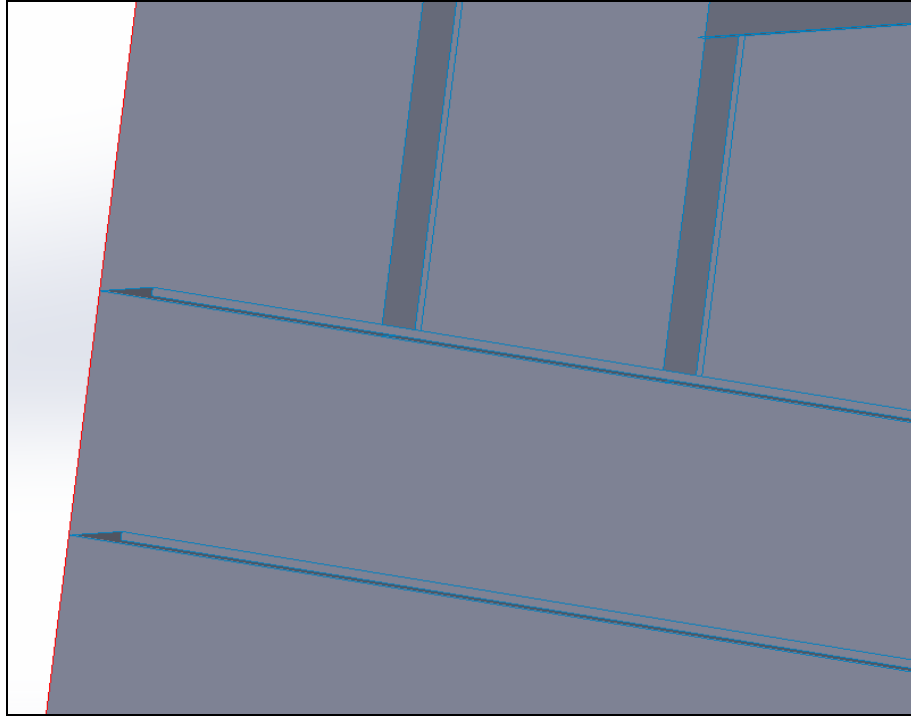
- Επιλογή προβολής μιας φρακτής και τον ενισχυτικών για πιο ακριβής εικόνα.
- Στην συνέχεια αν τα ενισχυτικά έχουν το ίδιο μήκος μπορεί να γίνει η επιλογή όλων των ενισχυτικών, ειδάλλως κάθε ενισχυτικό επιλέγεται ξεχωριστά για την σχεδίαση της φλάντζας.
- Έπειτα θα πρέπει να επιλεχθεί η επιλογή *create sketch* στο ίδιο *plane* στο οποίο είχε σχεδιαστεί κορμός του ενισχυτικού προηγουμένως και να σχεδιαστεί με την εντολή *line* το μήκος της φλάντζας *c* στην τιμή που βρέθηκε για το κάθε ενισχυτικό από το *excel*.
- Τέλος η γραμμή αυτή θα πρέπει να γίνει *extruded* όσο έγινε και ο κορμός του ενισχυτικού για να είναι σωστό το αποτέλεσμα.  
Στις εικόνες παρακάτω φαίνεται με μεγέθυνση η εισαγωγή της φλάντζας σε κάθε διαφορετικό τύπο, ως προς την τιμή του κορμού και το πάχος, του ενισχυτικού.

Απεικόνιση του *Transom* με ενισχυτικά και φλάντζες, Εικόνα 37 - Φλάντζες φρακτής *Transom* και Εικόνα 38 - Φλάντζες φρακτής *Transom*.



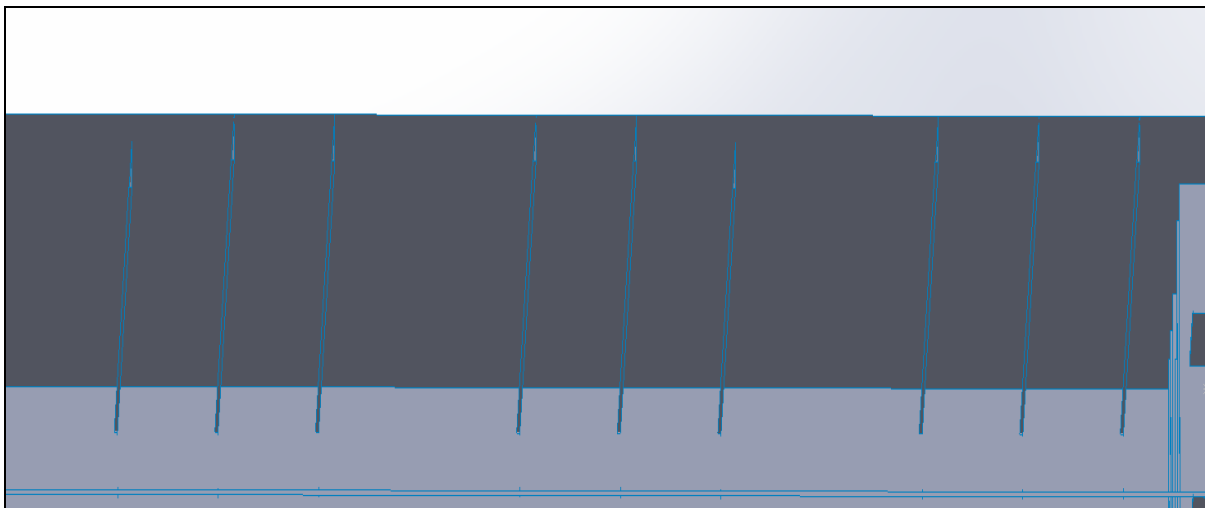
Εικόνα 37 - Φλάντζες φρακτής *Transom*





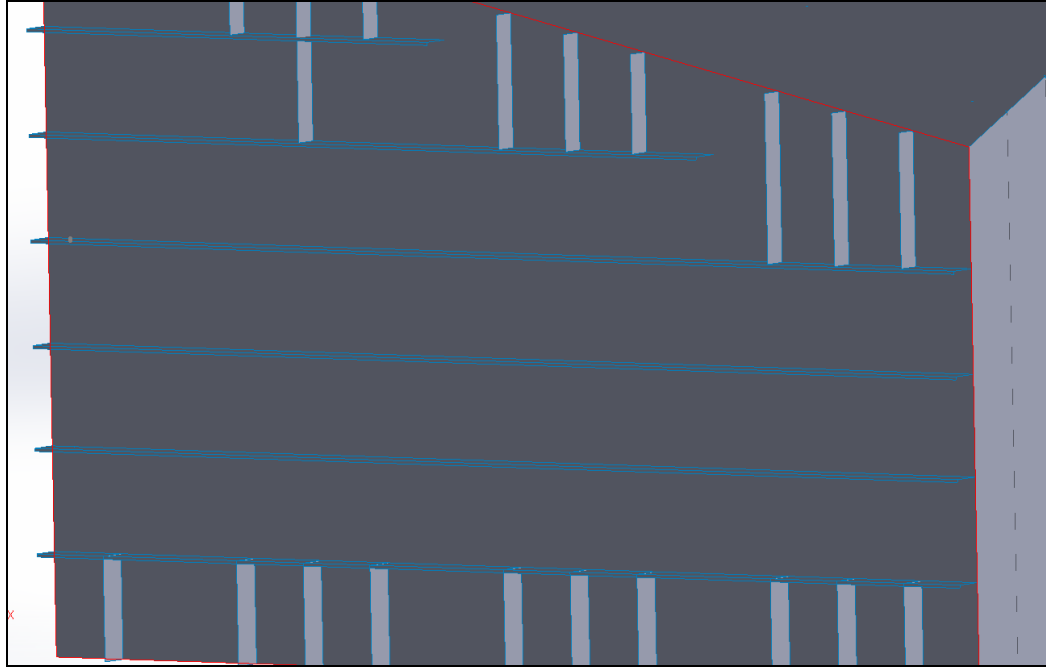
Εικόνα 38 - Φλάντζες φρακτής *Transom*

Μορφή της φρακτής *LP9* με ενισχυτικά και φλάντζες, Εικόνα 39 - Φλάντζες φρακτής *Upper Deck*.



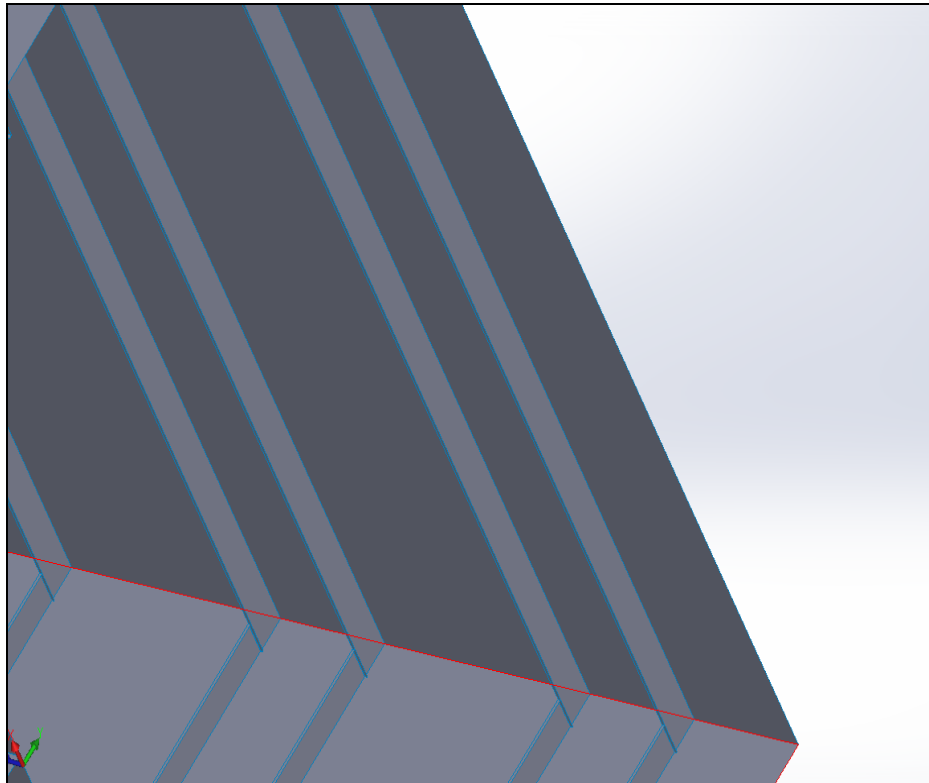
Εικόνα 39 - Φλάντζες φρακτής *Upper Deck*

Απεικόνιση του *Upper Platform* με ενισχυτικά και φλάντζες, Εικόνα 40 - Φλάντζες φρακτής *Upper Deck*.



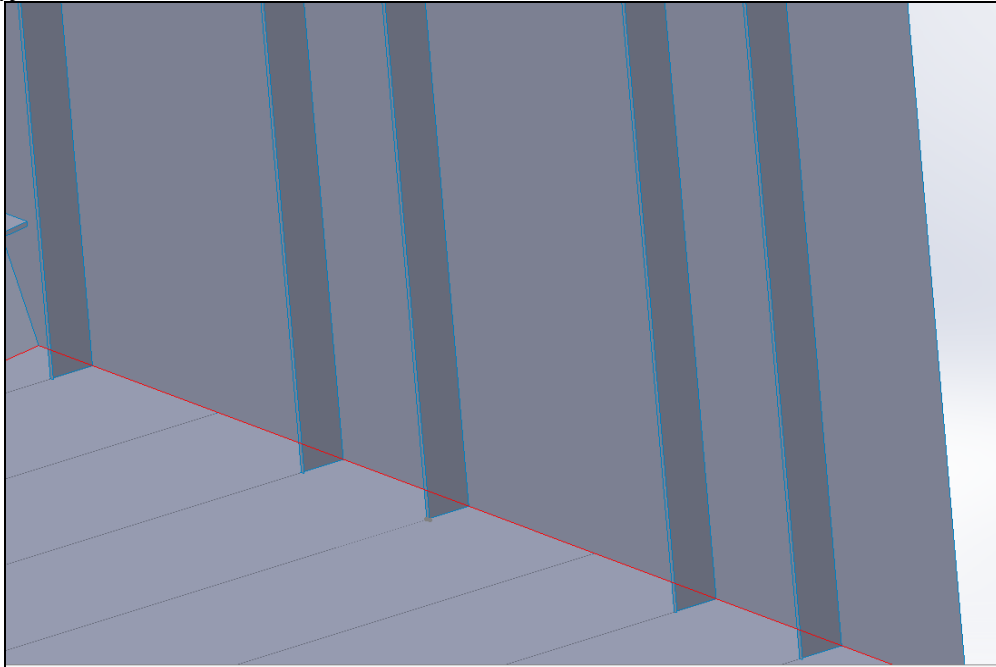
Εικόνα 40 - Φλάντζες φρακτής *Upper Deck*

Στην εικόνα παρακάτω φαίνεται το *Upper Deck* με ενισχυτικά και τις φλάντζες, Εικόνα 41 - Φλάντζες φρακτής Frame 8.



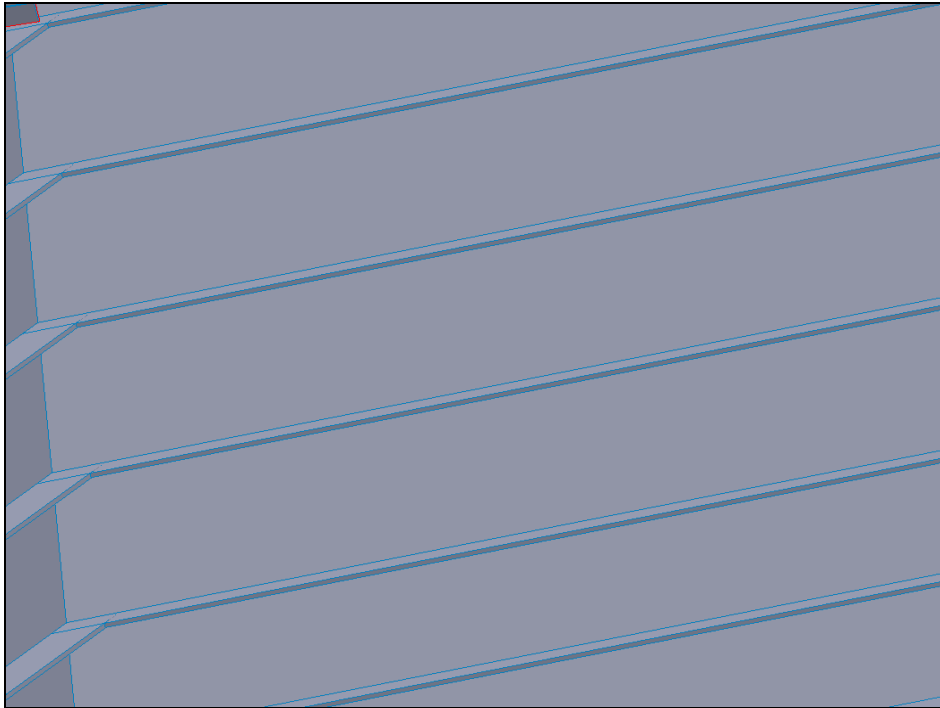
Εικόνα 41 - Φλάντζες φρακτής Frame 8

Μορφή της φρακτής *Frame 8* με ενισχυτικά και φλάντζες, Εικόνα 42 - Φλάντζες φρακτής *LP18*.



Εικόνα 42 - Φλάντζες φρακτής *LP18*

Στην εικόνα παρακάτω απεικονίζεται το *LP18* με ενισχυτικά και φλάντζες, Εικόνα 43 - Φλάντζες φρακτής *LP9*.



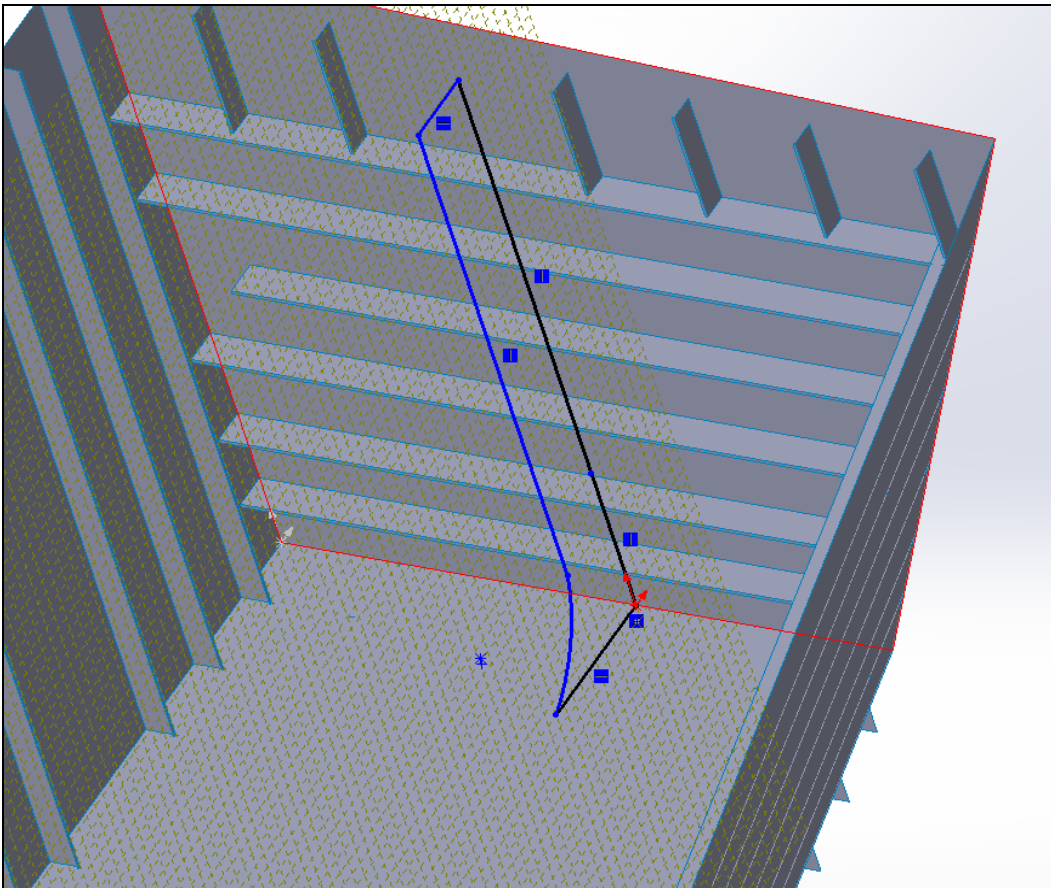
Εικόνα 43 - Φλάντζες φρακτής *LP9*

## 6.4 ΚΥΡΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ

Για την διαδικασία της δημιουργίας των κύριων ενισχυτικών της δεξαμενής *freshwater* στο *SolidWorks* το πρώτο βήμα που πραγματοποιήθηκε είναι η μελέτη των κυρίων ενισχυτικών ως προς την μορφή και τοποθεσία τους στην δεξαμενή. Στην συνέχεια όπως θα αναλυθεί και παρακάτω επιλέχθηκε μια μια η κάθε φρακτή για την τοποθέτηση των κύριων ενισχυτικών.

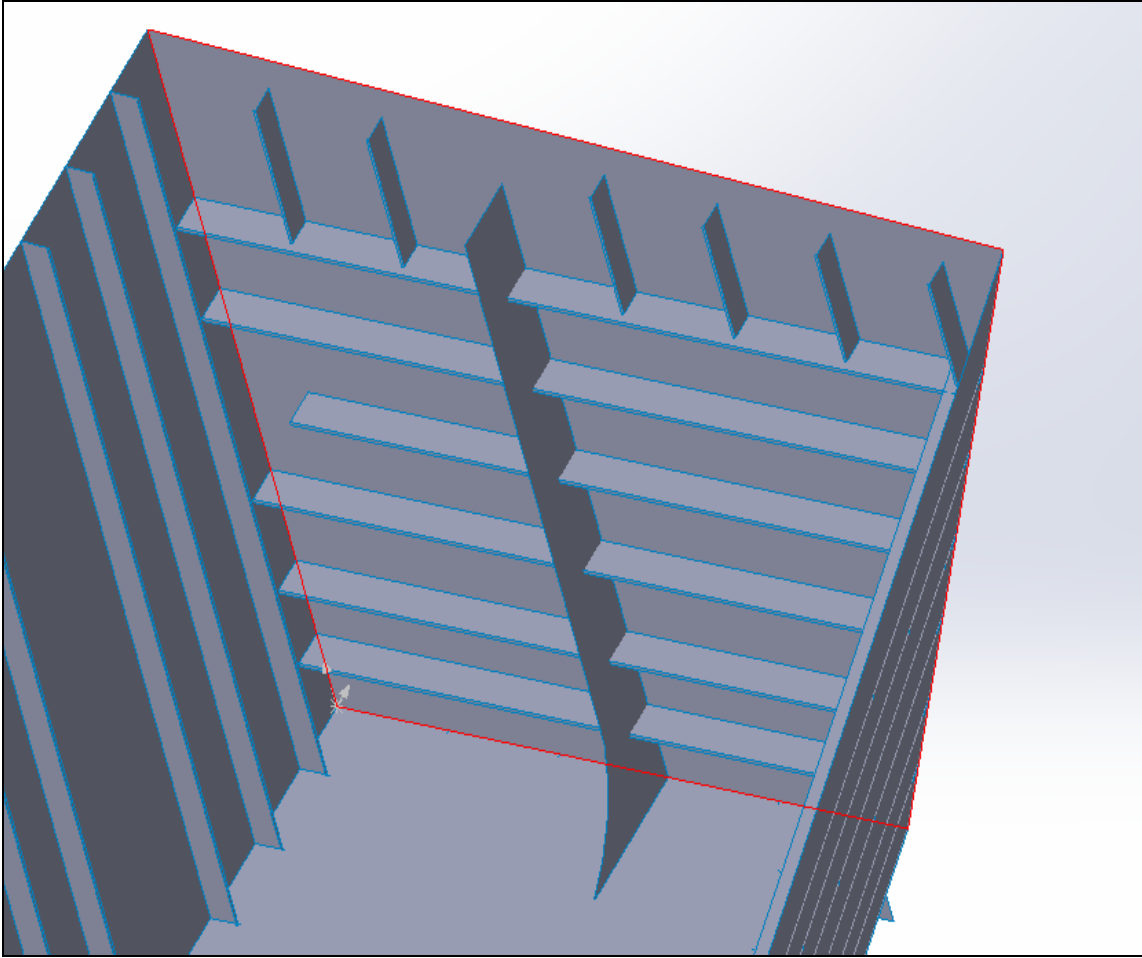
Για την δημιουργία του κάθετου κύριου ενισχυτικού στην φρακτή *Transom* οι εντολές που ακολούθησαν είναι οι εξής:

- Επιλογή του δέντρου *features*.
- Επιλογή της εντολής *reference geometry* και δημιουργία του καινούριου *plane* παράλληλα με την φρακτή *LP9* με απόσταση  $2378\text{ mm}$ .
- Σχεδίαση της μορφής του κορμού του ενισχυτικού με την εντολή *create sketch* στο δέντρο *sketch*. Το κύριο ενισχυτικό πρέπει να εμφανίζεται  $500\text{ mm}$  από το *upper deck* μέχρι το *upper platform* και με μήκος κορμού  $650\text{ mm}$ . Στο *Upper platform* το μήκος του κορμού φτάνει τα  $1000\text{ mm}$  λόγω της καμπυλότητας που εμφανίζει με ακτίνα  $R=1000\text{ mm}$ . Στην Εικόνα 44 - Σχέδιο κύριου ενισχυτικού *Transom* παρακάτω φαίνεται ο αρχικός σχεδιασμός.



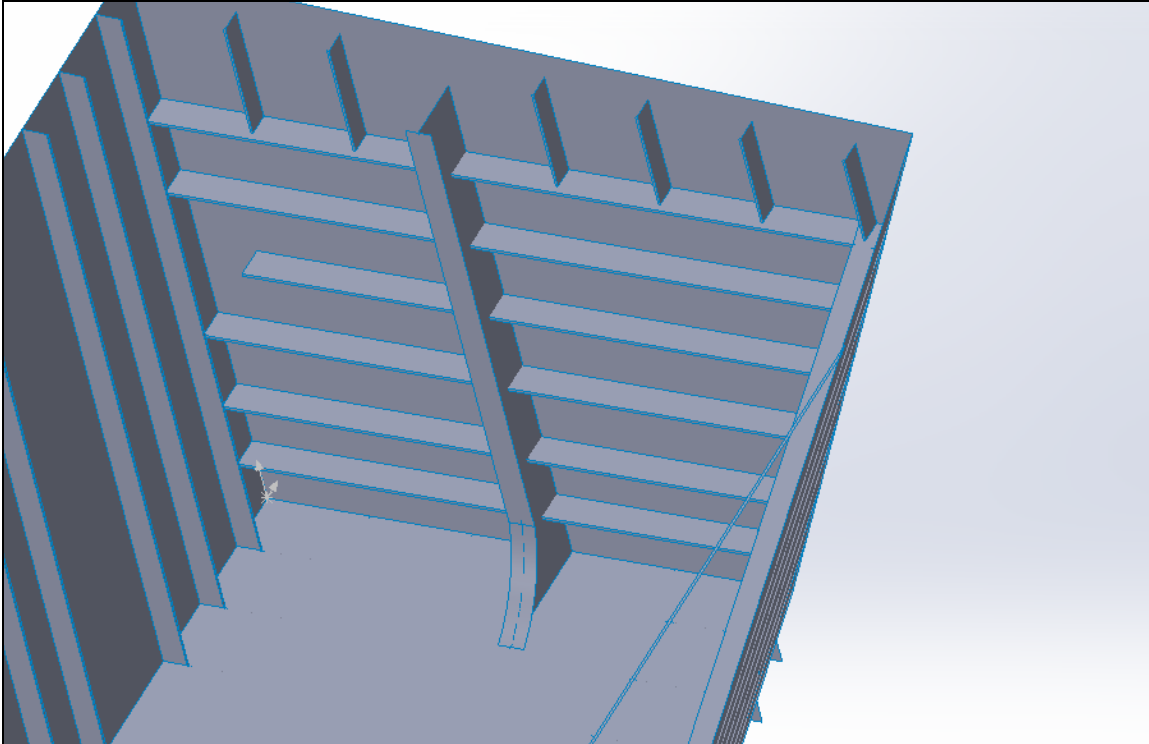
Εικόνα 44 - Σχέδιο κύριου ενισχυτικού *Transom*

- Στην συνέχεια επιλέγεται η εντολή *planar surface* για να δώσει σώμα στο σχήμα,  
Εικόνα 45 - Κορμός κύριου ενισχυτικού *Transom*.



Εικόνα 45 - Κορμός κύριου ενισχυτικού *Transom*

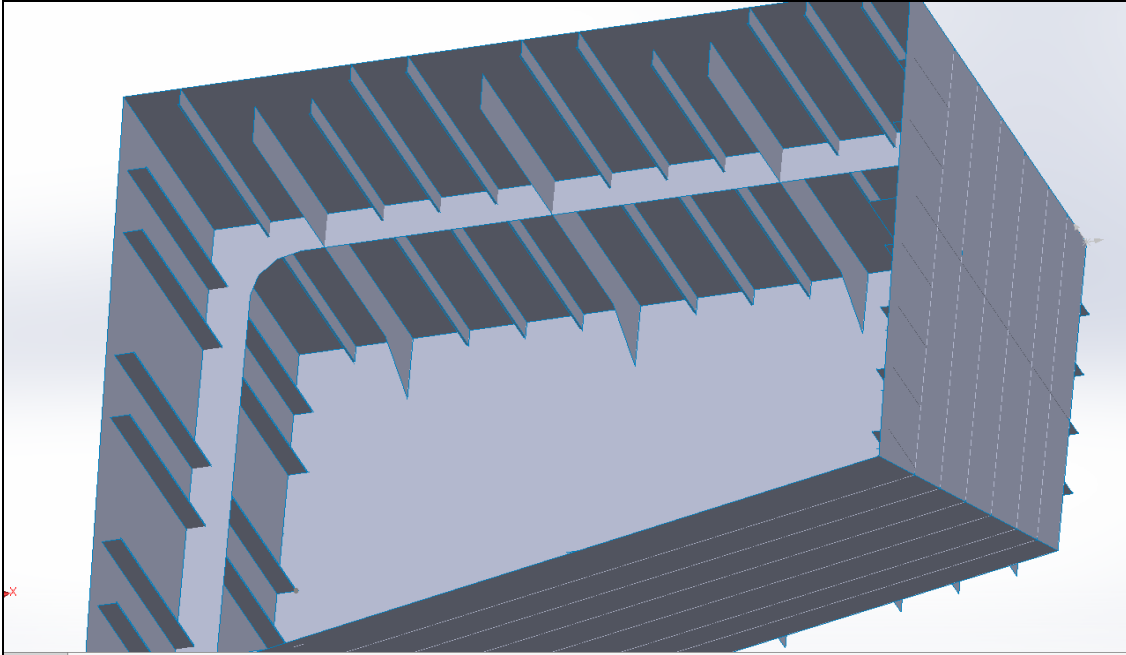
- Έπειτα ακολουθεί το πέλμα του κύριου ενισχυτικού όπου δημιουργήθηκε με την ίδια ακολουθία του κορμού. Δημιουργήθηκαν δυο ξεχωριστά *plane* λόγω του σύνθετου σχήματος. Το μήκος του πέλματος είναι  $250mm$  και συνδέεται με τον κορμό στο κέντρο του.
- Με την εντολή *swept surface* δημιουργήθηκε το σώμα του πέλματος. Στην Εικόνα 46 - Ολοκληρωμένο κύριο ενισχυτικό *Transom* παρακάτω φαίνεται το τελειοποιημένο σχήμα του κύριου ενισχυτικού.



Εικόνα 46 - Ολοκληρωμένο κύριο ενισχυτικό *Transom*

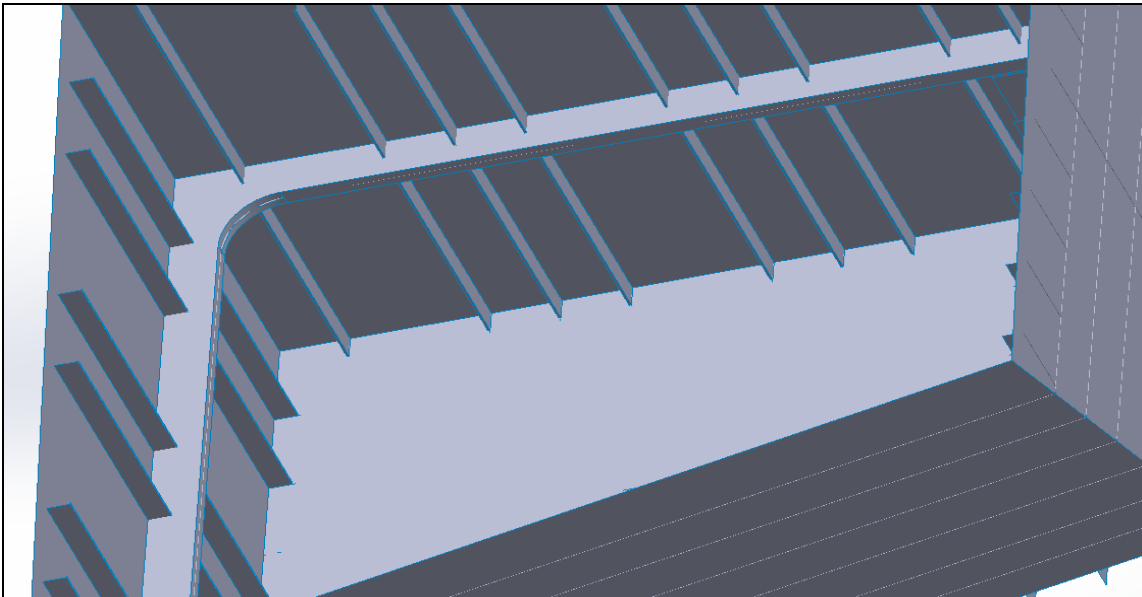
Για την δημιουργία του οριζόντιου κύριου ενισχυτικού στις φρακτές *LP9* και *Frame 8* οι εντολές που ακολούθησαν είναι οι παρακάτω:

- Επιλογή της εντολής *sketch* και δημιουργία δυο βοηθητικών γραμμών στις φρακτές *LP9* και *Frame 8*, με απόσταση  $2420mm$  απο το *Upper platform*.
- Επιλογή του δέντρου *features*.
- Επιλογή της εντολής *reference geometry* και δημιουργία του καινούριου *plane* σύμφωνα με τις βοηθητικές γραμμές.
- Σχεδίαση της μορφής του κορμού του ενισχυτικού με την εντολή *create sketch* στο δέντρο *sketch*. Το κύριο ενισχυτικό έχει μήκος κορμού  $450mm$  και η ακτίνα της καμπυλότητας για την ένωση των δυο φρακτών είναι  $500mm$ .
- Στην συνέχεια επιλέγεται η εντολή *planar surface* για να δώσει σώμα στο σχήμα. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 47 - Κορμός κύριου ενισχυτικού *LP9* και *Frame 8* παρακάτω.



Εικόνα 47 - Κορμός κύριου ενισχυτικού LP9 και Frame 8

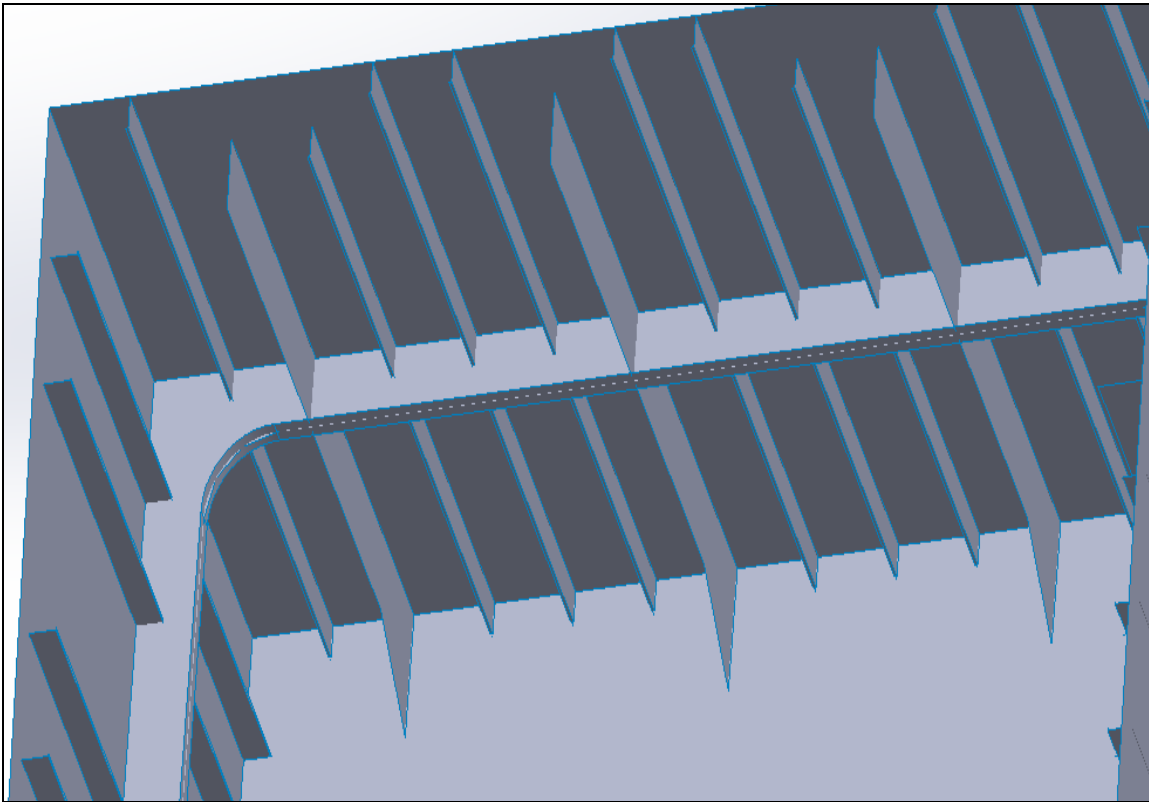
- Έπειτα ακολουθεί το πέλμα του κύριου ενισχυτικού όπου δημιουργήθηκε με την ίδια ακολουθία του κορμού. Δημιουργήθηκαν τρία ξεχωριστά *plane*, λόγω της πολυπλοκότητας του ενισχυτικού. Το μήκος του πέλματος είναι 150 mm και συνδέεται με τον κορμό στο κέντρο του.
- Με την εντολή *swept surface* δημιουργήθηκε το σώμα του πέλματος. Στην Εικόνα 48 - Ολοκληρωμένο κύριο ενισχυτικό LP9 και Frame 8 παρακάτω φαίνεται το τελειοποιημένο σχήμα του κύριου ενισχυτικού.



Εικόνα 48 - Ολοκληρωμένο κύριο ενισχυτικό LP9 και Frame 8

Στην συνέχεια ακολουθεί η δημιουργία των κατακόρυφων κύριων ενισχυτικών στην φρακτή LP9, οι εντολές που ακολουθήθηκαν για την δημιουργία τους έχουν ως εξής:

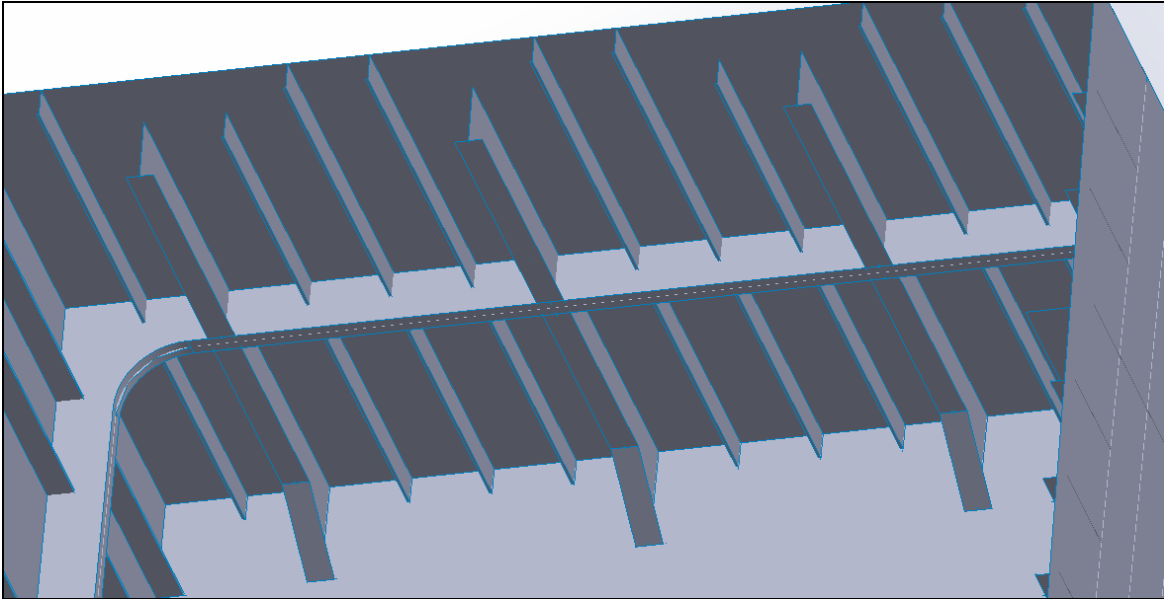
- Επιλογή της εντολής *sketch* και δημιουργία τριών βοηθητικών γραμμών στο πυθμένα της φρακτής LP9 με απόσταση 2300 mm, 4700 mm και 7100 mm από την φρακτή *transom*.
- Επιλογή του δέντρου *features*.
- Επιλογή της εντολής *reference geometry* και δημιουργία καινούργιων *plane* σύμφωνα με τις βοηθητικές γραμμές.
- Σχεδίαση της μορφής των κορμών των ενισχυτικών με την εντολή *create sketch* στο δέντρο *sketch*. Το κύριο ενισχυτικό έχει μήκος κορμού 450 mm.
- Στην συνέχεια επιλέγεται η εντολή *planar surface* για να δώσει σώμα στο σχήμα. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 49 - Κορμός κύριων ενισχυτικών LP9 παρακάτω.



Εικόνα 49 - Κορμός κύριων ενισχυτικών LP9



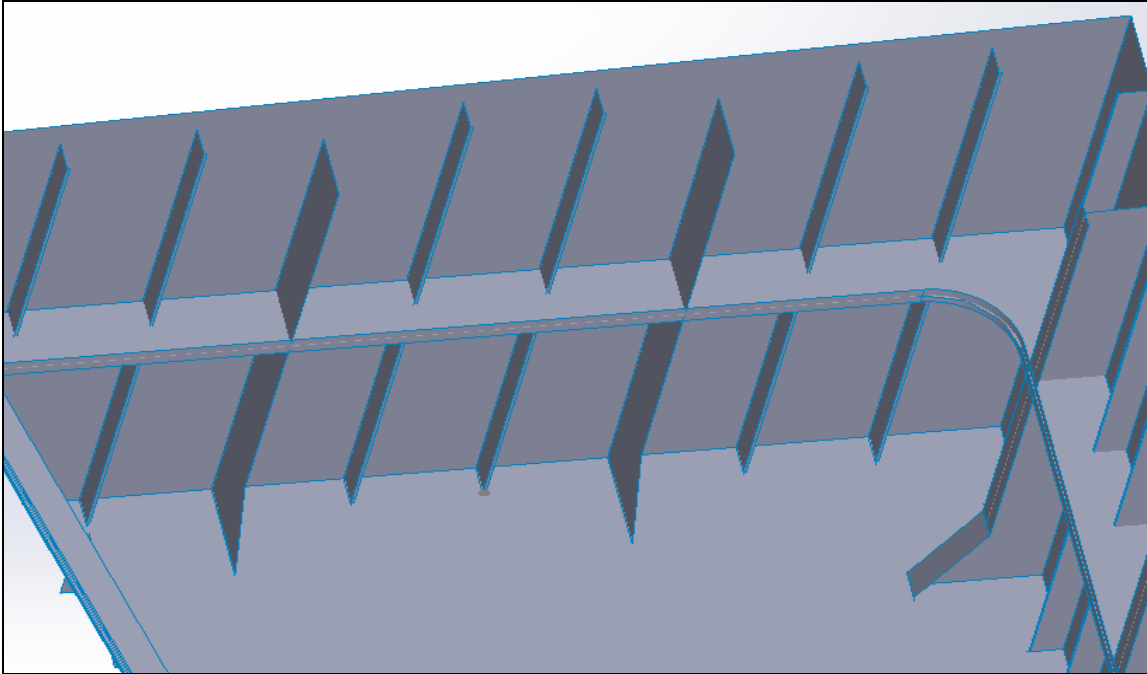
- Έπειτα ακολουθεί το πέλμα των κύριων ενισχυτικών όπου δημιουργήθηκε με την ίδια ακολουθία του κορμού. Δημιουργήθηκαν δυο ξεχωριστά *plane*, για το κάθε κύριο ενισχυτικό, λόγω του σύνθετου σχήματος. Το μήκος του πέλματος είναι  $200\text{ mm}$  και συνδέεται με τον κορμό στο κέντρο του.
- Με την εντολή *swept surface* δημιουργήθηκε το σώμα του πέλματος. Στην Εικόνα 50 - Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *LP9* παρακάτω φαίνεται το τελειοποιημένο σχήμα του κύριου ενισχυτικού.



Εικόνα 50 - Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *LP9*

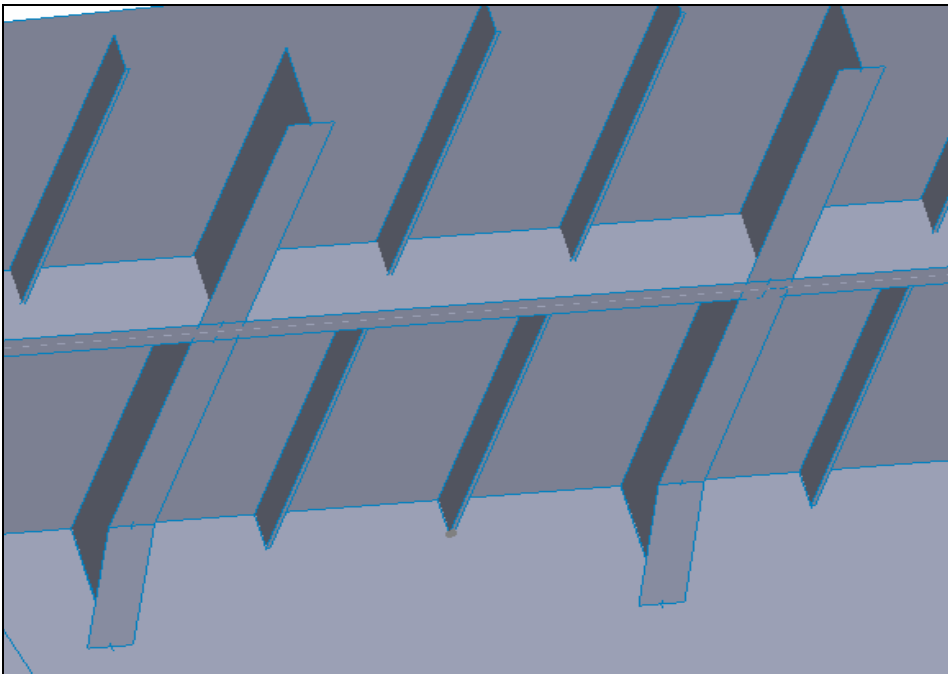
Για τα κατακόρυφα κύρια ενισχυτικά στην φρακτή *LP9*, οι εντολές που ακολούθησαν είναι οι εξής:

- Επιλογή της εντολής *sketch* και δημιουργία δυο βοηθητικών γραμμών στο πυθμένα της φρακτής *Frame 8* με απόσταση  $4778\text{ mm}$  και  $2380\text{ mm}$  από την φρακτή *LP9*.
- Επιλογή του δέντρου *features*.
- Επιλογή της εντολής *reference geometry* και δημιουργία καινούργιων *plane* σύμφωνα με τις βοηθητικές γραμμές.
- Σχεδίαση της μορφής του κορμού του ενισχυτικού με την εντολή *create sketch* στο δέντρο *sketch*. Το κύριο ενισχυτικό πρέπει να εμφανίζεται  $500\text{ mm}$  από το *upper deck* μέχρι το *upper platform* και με μήκος κορμού  $450\text{ mm}$ . επίσης  $700\text{ mm}$  πριν το *upper platform* το μήκος του κορμού φτάνει τα  $700\text{ mm}$  και πάνω σε αυτό το μήκος είναι εξίσου  $700\text{ mm}$ .
- Στην συνέχεια επιλέγεται η εντολή *planar surface* για να δώσει σώμα στο σχήμα. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 51 - Κορμός ενισχυτικών *Frame 8*.
- Ακολουθεί το πέλμα του κύριου ενισχυτικού όπου δημιουργήθηκαν δύο ξεχωριστά *plane* για κάθε ενισχυτικό λόγω του σύνθετου σχήματος. Το μήκος του πέλματος είναι  $200\text{ mm}$ .



Εικόνα 51 - Κορμός ενισχυτικών *Frame 8*

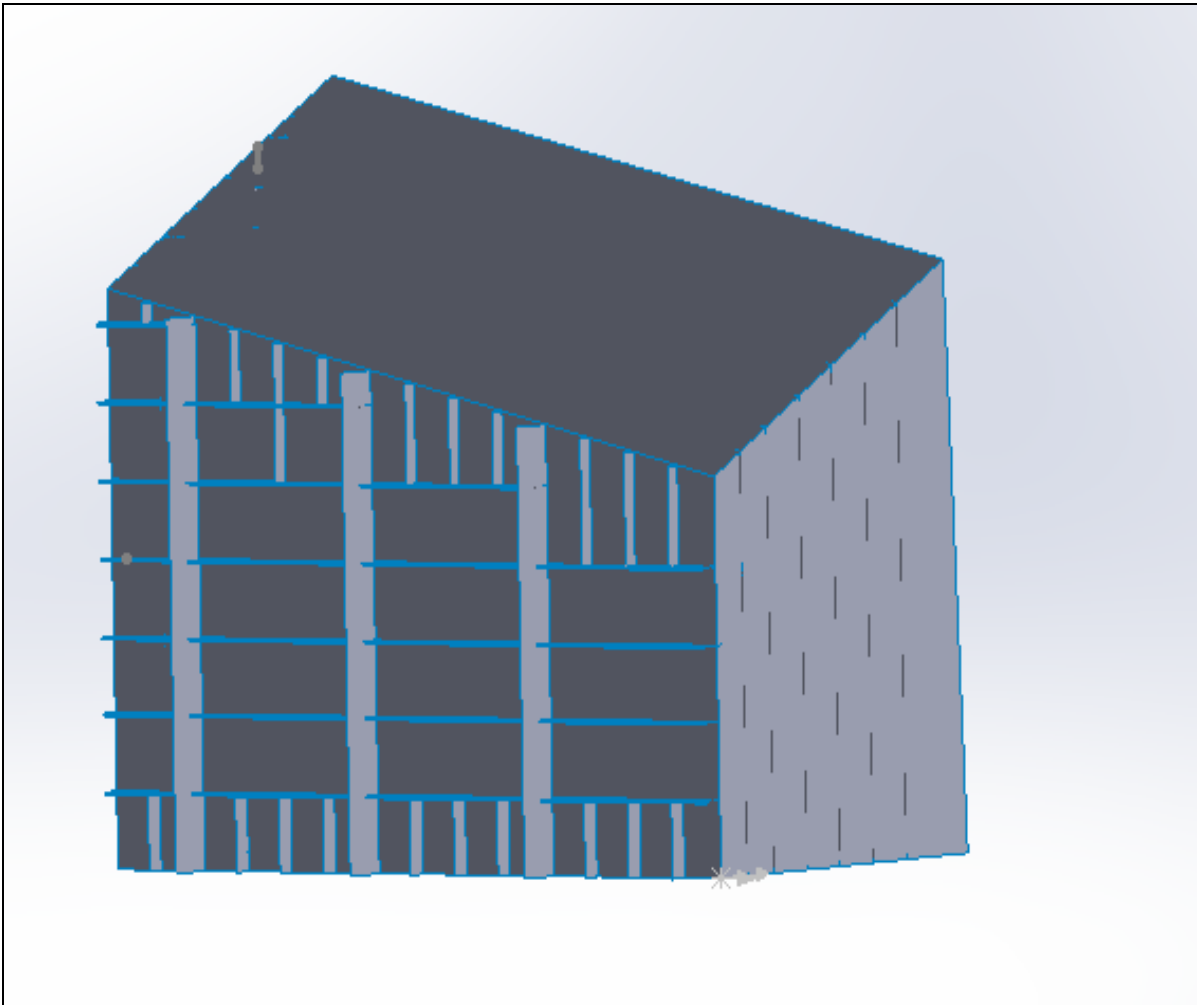
Με την εντολή *swept surface* δημιουργήθηκε το σώμα του πέλματος. Στην και Εικόνα 52 - Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *Frame 8*, φαίνεται το τελειοποιημένο σχήμα του κύριου ενισχυτικού.



Εικόνα 52 - Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *Frame 8*

Στην συνέχεια σειρά έχει το *upper platform* με εγκάρσια κύρια ενισχυτικά και εντολές που ακολούθησαν είναι οι παρακάτω:

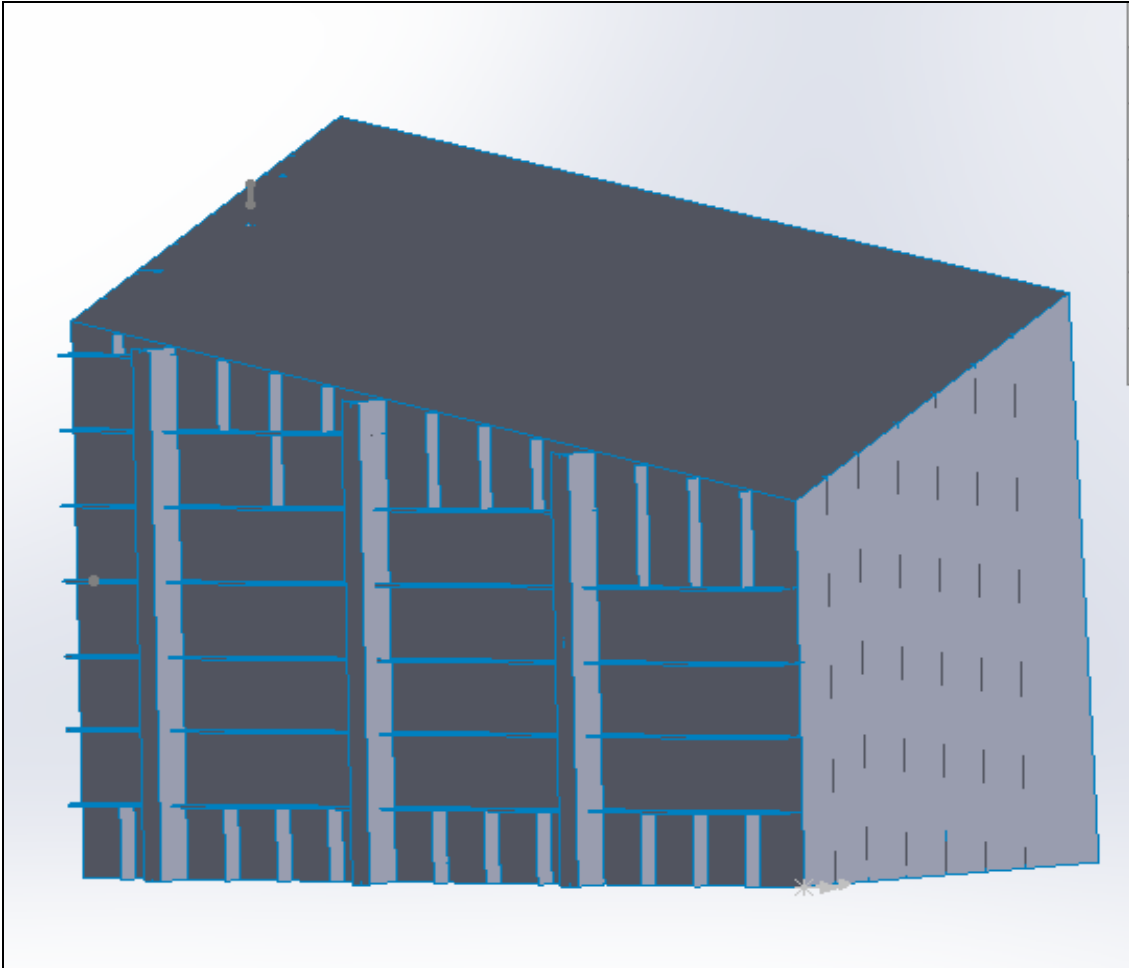
- Επιλογή της εντολής *sketch* και δημιουργία τριών βοηθητικών γραμμών από το *LP9* στο *LP18* με απόσταση *2300mm*, *4700mm* και *7100mm* από την φρακτή *transom*.
- Επιλογή του δέντρου *features*.
- Επιλογή της εντολής *reference geometry* και δημιουργία καινούργιων *plane* σύμφωνα με τις βοηθητικές γραμμές.
- Σχεδίαση της μορφής του κορμού του ενισχυτικού με την εντολή *create sketch* στο δέντρο *sketch*. Ο κορμός του κύριου ενισχυτικού έχει μήκος *600mm*.
- Στην συνέχεια επιλέγεται η εντολή *planar surface* για να δώσει σώμα στο σχήμα. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 53 - Κορμός ενισχυτικών *Upper Platform*.



Εικόνα 53 - Κορμός ενισχυτικών *Upper Platform*

Έπειτα ακολουθεί το πέλμα του κύριου ενισχυτικού όπου δημιουργήθηκε *plane* για κάθε ενισχυτικό. Το μήκος του πέλματος είναι  $200mm$ .

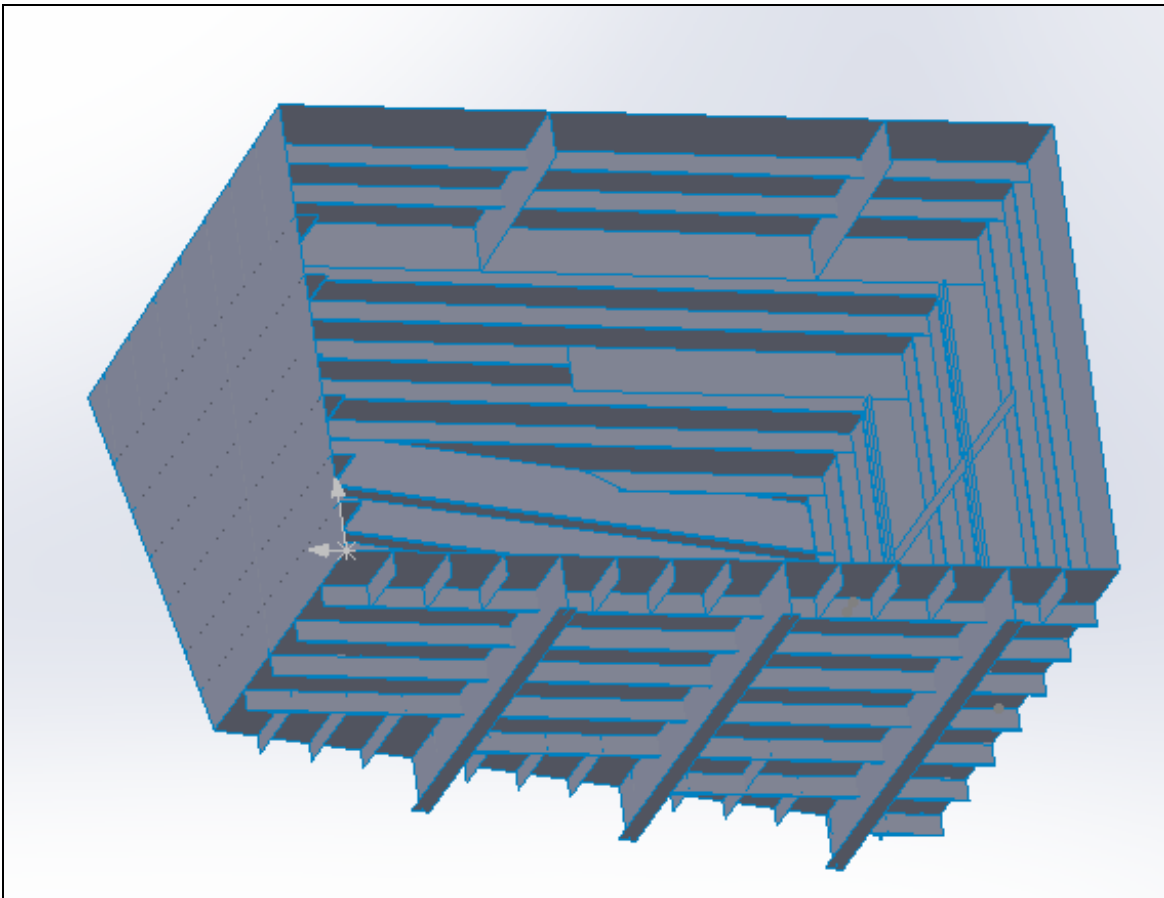
- Με την εντολή *swept surface* δημιουργήθηκε το σώμα του πέλματος. Παρακάτω Εικόνα 54- Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *Upper Platform* απεικονίζεται η τελειοποιημένη μορφή του κύριου ενισχυτικού.



Εικόνα 54- Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *Upper Platform*

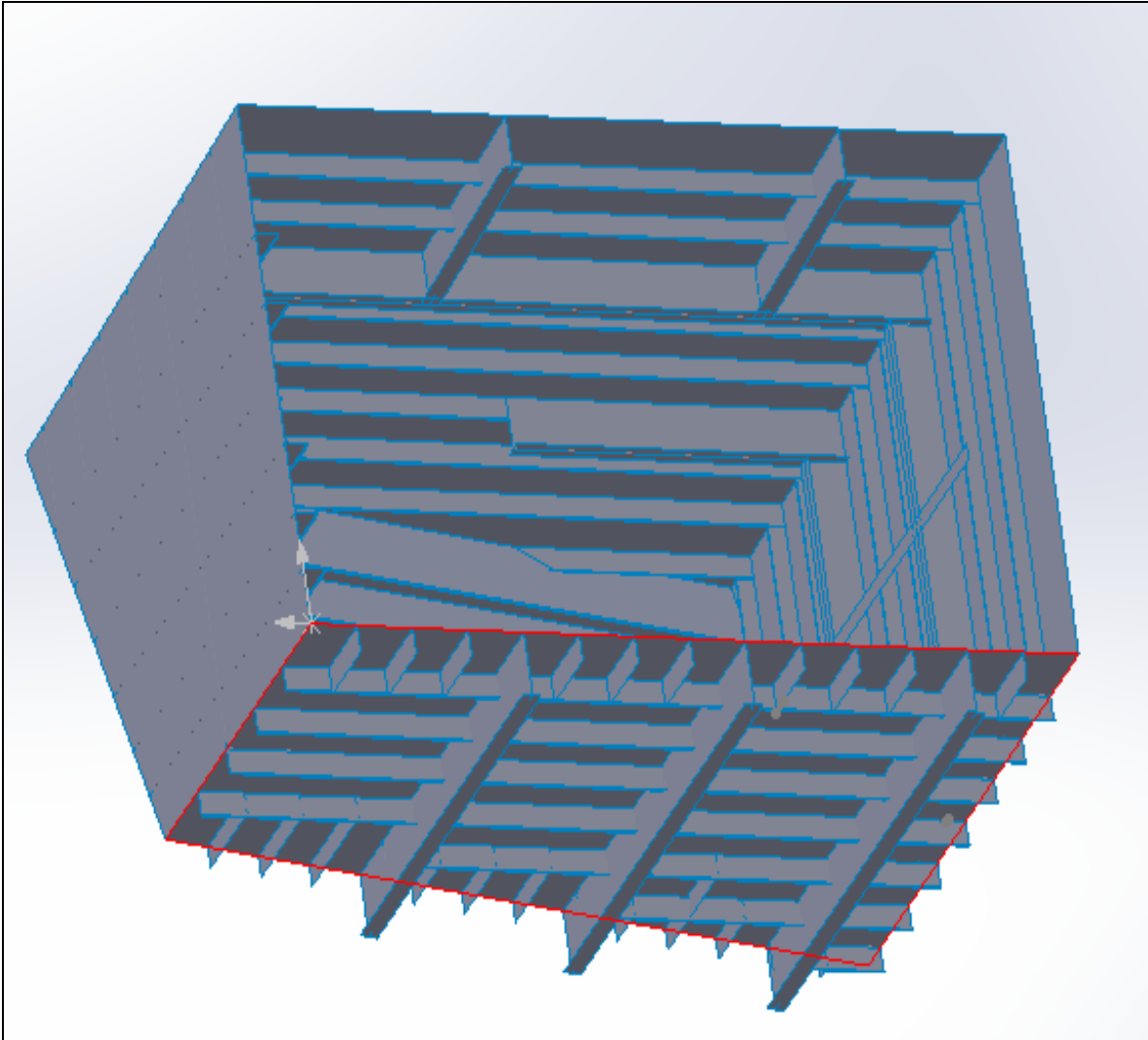
Επόμενη φρακτή είναι το *upper deck* στην οποία εμφανίζονται εγκάρσια και διαμήκη κύρια ενισχυτικά.

- Επιλογή της εντολής *sketch* και δημιουργία τεσσάρων βοηθητικών γραμμών. Αρχικά σχεδιάστηκαν δυο γραμμές από το *LP9* στο *LP18* με απόσταση  $6500\text{ mm}$ ,  $2900\text{ mm}$  και μήκος  $2390\text{ mm}$  από το *LP9*. Οι άλλες δύο διαμήκης γραμμές που σχεδιάστηκαν ήταν η μια από το *transom* στο *Frame 8* με απόσταση  $2480\text{ mm}$  από το *LP9* και η άλλη είχε μήκος  $3600\text{ mm}$  ξεκινώντας από το *Frame 8* και απόσταση  $4780\text{ mm}$  από το *LP9*.
- Επιλογή του δέντρου *features*.
- Επιλογή της εντολής *reference geometry* και δημιουργία καινούργιων *plane* σύμφωνα με τις βοηθητικές γραμμές.
- Σχεδίαση της μορφής των κορμών των ενισχυτικών με την εντολή *create sketch* στο δέντρο *sketch*. Οι κορμοί των εγκάρσιων και διαμήκων ενισχυτικών έχουν μήκος  $500\text{ mm}$ .
- Στην συνέχεια επιλέγεται η εντολή *planar surface* για να δώσει σώμα στα σχήματα. Όπως απεικονίζεται και παρακάτω στην Εικόνα 55 - Κορμός ενισχυτικών *Upper Deck*.



Εικόνα 55 - Κορμός ενισχυτικών *Upper Deck*

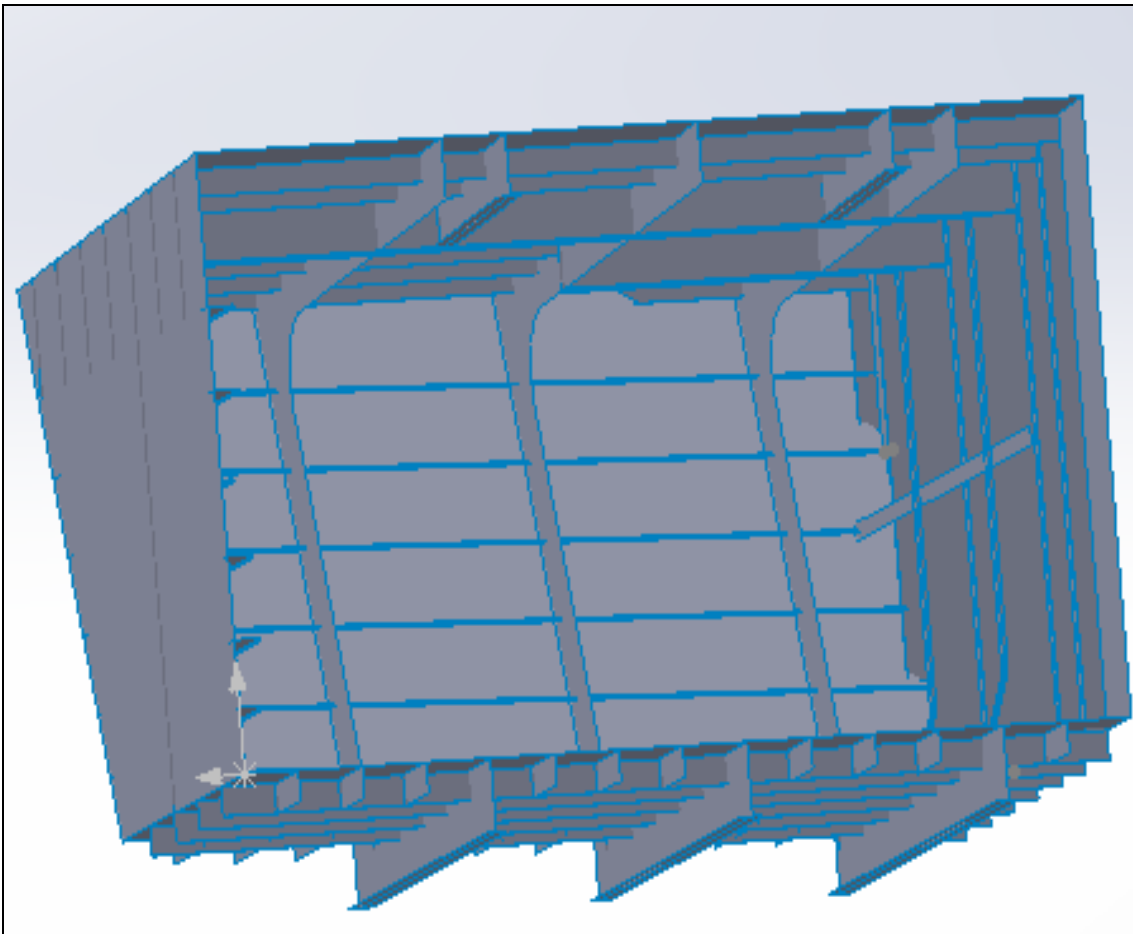
- Στην συνέχεια ακολουθεί το πέλμα των κύριων ενισχυτικών όπου δημιουργήθηκε *plane* για κάθε ενισχυτικό. Το μήκος του πέλματος είναι  $200mm$ .
- Με την εντολή *sweptsurface* δημιουργήθηκε το σώμα του πέλματος. Στην Εικόνα 56 - Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *Upper Deck* απεικονίζεται η τελειοποιημένη μορφή του κύριου ενισχυτικού.



Εικόνα 56 - Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *Upper Deck*

Τέλος υπάρχουν ακόμη τρία εγκάρσια κύρια ενισχυτικά τα οποία τοποθετούνται στο *upper deck* και το *LP18*. Οι εντολές που ακολούθησαν για την δημιουργία τους είναι οι εξής:

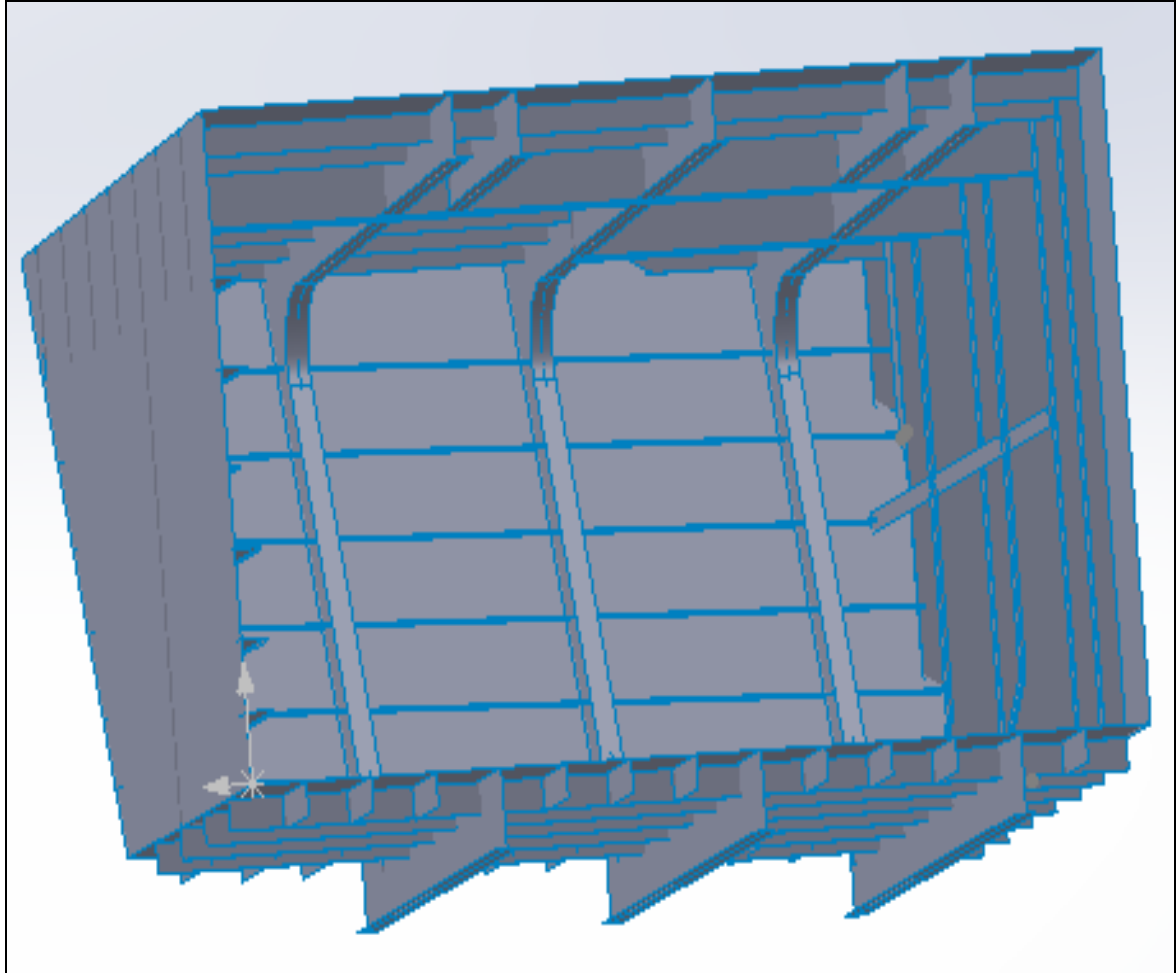
- Επιλογή της εντολής *sketch* και δημιουργία δυο βοηθητικών γραμμών για κάθε ενισχυτικό στις φρακτές *upper deck* και το *LP18*, με απόσταση 1200 mm, 3600mm και 6000 mm απο το *Frame 8*.
- Επιλογή του δέντρου *features*.
- Επιλογή εντολής *reference geometry* και δημιουργία τριών διαφορετικών *plane* σύμφωνα με τις βοηθητικές γραμμές.
- Σχεδίαση της μορφής του κορμού του ενισχυτικού με την εντολή *create sketch* στο δέντρο *sketch*. Τα κύρια ενισχυτικά έχουν μήκος κορμού 5000mm και η ακτίνα για την καμπυλότητα της ένωσης των δυο φρακτών είναι 500mm.
- Στην συνέχεια επιλέγεται η εντολή *planar surface* για να δώσει σώμα στα σχήματα. Στην Εικόνα 57 - Κορμός ενισχυτικών *LP18* και *Upper Deck* απεικονίζεται η μορφή των κορμών.



Εικόνα 57 - Κορμός ενισχυτικών *LP18* και *Upper Deck*

- Έπειτα ακολουθεί το πέλμα των κύριων ενισχυτικών όπου δημιουργήθηκε με την ίδια ακολουθία του κορμού. Δημιουργήθηκαν δυο ξεχωριστά *plane*, για το κάθε κύριο ενισχυτικό, λόγω του σύνθετου σχήματος. Το μήκος του πέλματος είναι  $200mm$  και συνδέεται με τον κορμό στο κέντρο του.
- Με την εντολή *swept surface* δημιουργήθηκε το σώμα του πέλματος.

Παρακάτω στην Εικόνα 58 - Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *LP18* και *Upper Deck* φαίνεται το τελειοποιημένο σχήμα του κύριου ενισχυτικού.



Εικόνα 58 - Ολοκληρωμένα κύρια ενισχυτικά *LP18* και *Upper Deck*



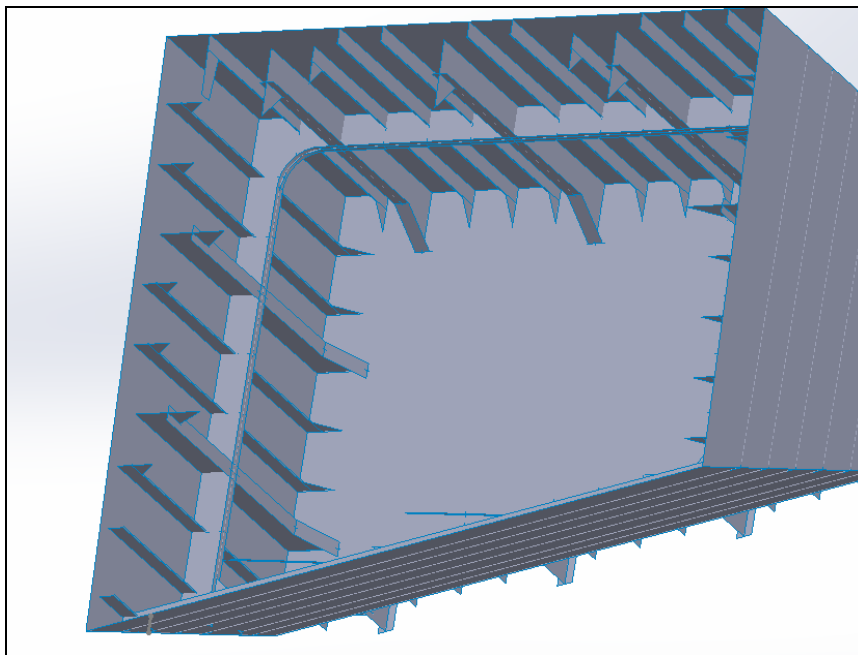
## 6.6 ΑΓΚΩΝΕΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Για την κατανόηση των αγκώνων σύνδεσης, αρχικά έγινε μελέτη των σχεδίων της δεξαμενής *fresh water*. Για την τοποθέτηση του οι εντολές που ακολούθησαν είναι οι εξής:

- Επιλογή του δέντρου *features*.
- Επιλογή εντολής *reference geometry* και δημιουργία *plane* για κάθε αγκώνα σύνδεσης.
- Επιλογή της εντολής *create sketch* στο δέντρο *sketch*.
- Σχεδίαση της μορφής του αγκώνα σύνδεσης με την εντολή *line*, σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια.
- Στην συνέχεια επιλέχθηκε η εντολή *planar surface* για την δημιουργία σώματος στο σχήμα.

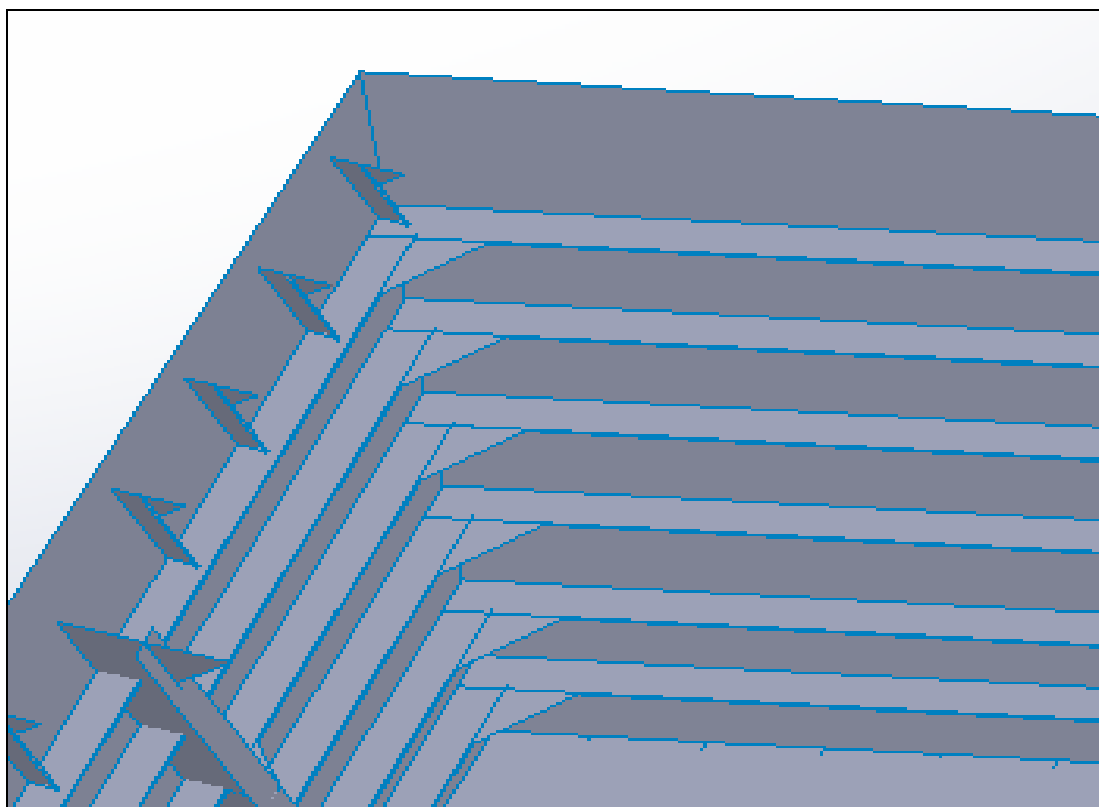
Οι πρώτοι αγκώνες συνδέσεις οι οποίοι αναλύονται είναι μεταξύ του πυθμένα και των κατακόρυφων ενισχυτικών των φρακτών *LP9* και *Frame 8*. Το σχήμα των αγκώνων είναι τριγωνικό και οι δύο πλευρές του τριγώνου που βρίσκονται πάνω στις φρακτές έχουν τιμή *300 mm*.

Στην παρακάτω Εικόνα 59 - Αγκώνες σύνδεσης πυθμένα *Frame 8* και *LP18* φαίνεται το αποτέλεσμα της σχεδίασης τους.



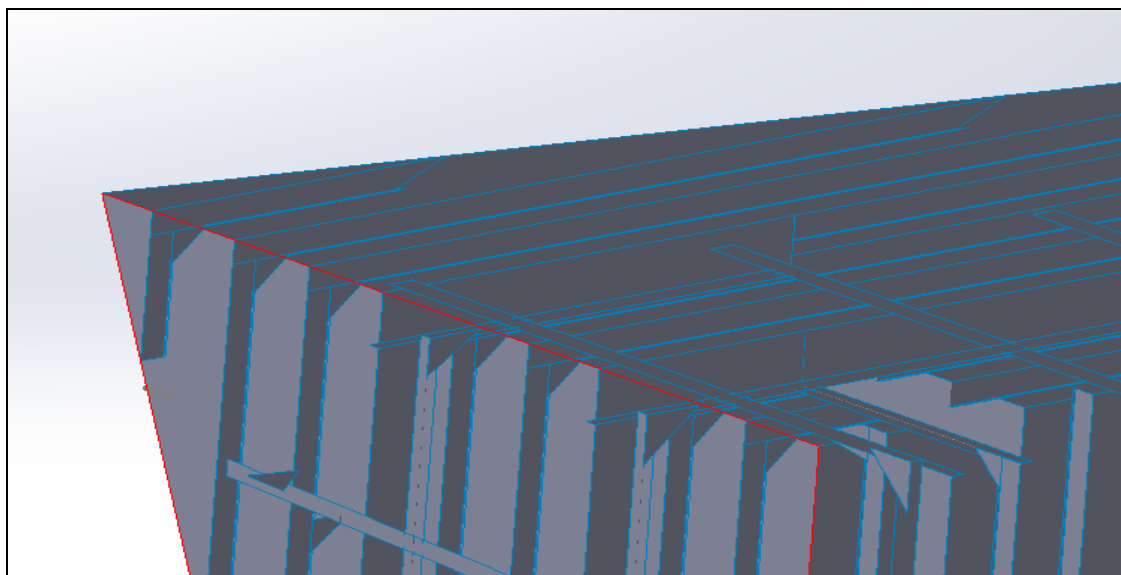
Εικόνα 59 - Αγκώνες σύνδεσης πυθμένα *Frame 8* και *LP18*

Έπειτα για τους αγκώνες σύνδεσης ανάμεσα στα δευτερεύοντα ενισχυτικά της φρακτής *Transom* και *LP18*, το σχήμα των αγκώνων είναι τριγωνικό και οι δύο πλευρές του τριγώνου που βρίσκονται πάνω στις φρακτές έχουν τιμή *300mm*. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 60 - Αγκώνες σύνδεσης *Transom* και *LP18* παρακάτω.



Εικόνα 60 - Αγκώνες σύνδεσης *Transom* και *LP18*

Έπειτα για τους αγκώνες σύνδεσης ανάμεσα στα δευτερεύοντα ενισχυτικά της φρακτής *Frame 8* και του *Upper Deck*, το σχήμα των αγκώνων είναι τριγωνικό και οι δύο πλευρές του τριγώνου που βρίσκονται πάνω στις φρακτές έχουν τιμή  $300\text{ mm}$ . Στα κύρια ενισχυτικά οι δύο πλευρές του τριγώνου που βρίσκονται πάνω στις φρακτές έχουν τιμή  $450\text{ mm}$ . Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 61 - Αγκώνες σύνδεσης *Frame8* και *Upper Deck* παρακάτω.

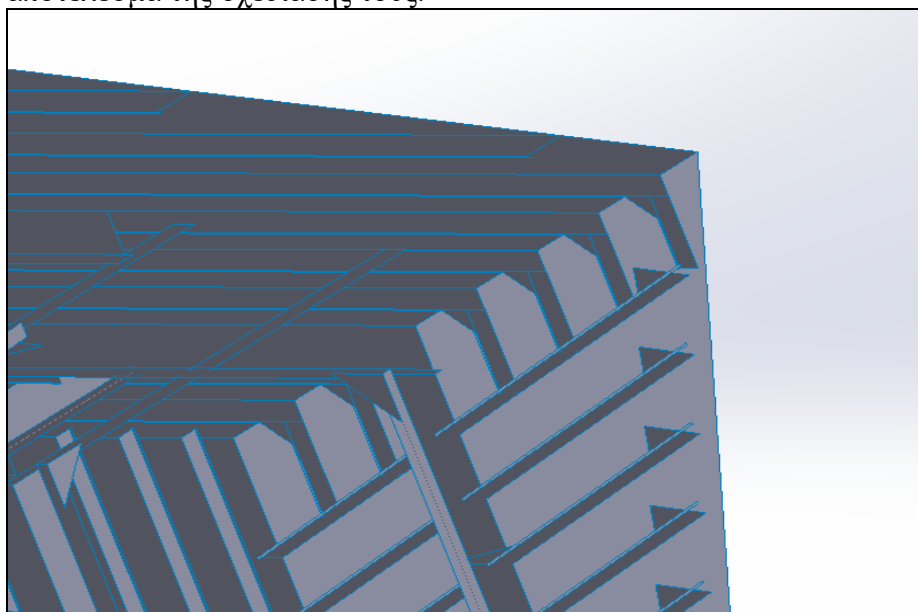


Εικόνα 61 - Αγκώνες σύνδεσης *Frame8* και *Upper Deck*

Για τους αγκώνες σύνδεσης ανάμεσα στα δευτερεύοντα ενισχυτικά της φρακτής *Transom* και του *Upper Deck*, το σχήμα των αγκώνων είναι τριγωνικό και οι δύο πλευρές του τριγώνου που βρίσκονται πάνω στις φρακτές έχουν τιμή  $250\text{ mm}$ . Στο

κύριο ενισχυτικό οι δύο πλευρές του τριγώνου που βρίσκονται πάνω στις φρακτές έχουν τιμή  $500\text{ mm}$ .

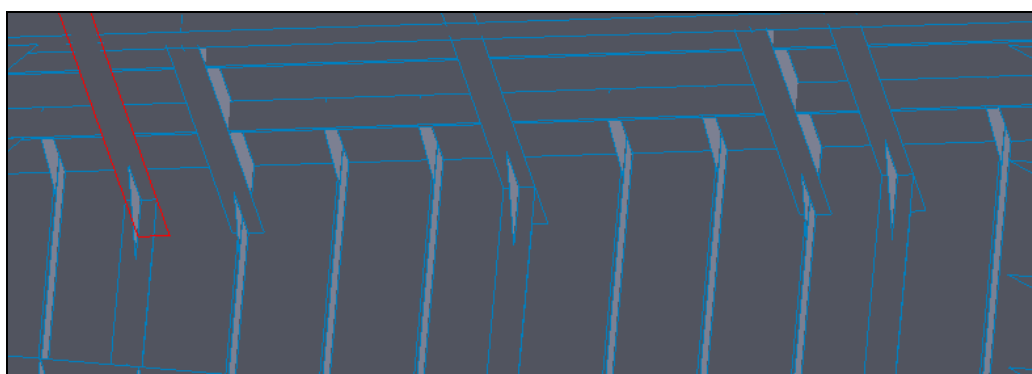
Στην παρακάτω Εικόνα 62 - Αγκώνες σύνδεσης *Transom* και *Upper Deck* φαίνεται το αποτέλεσμα της σχεδίασης τους.



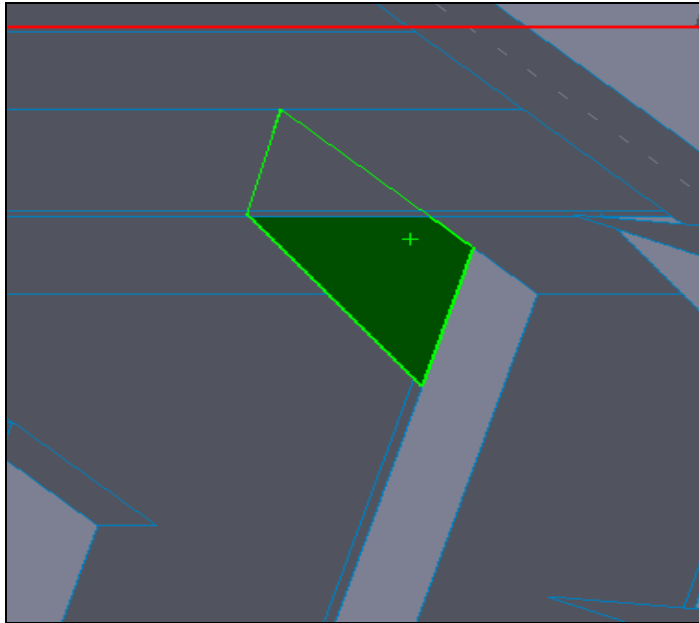
Εικόνα 62 - Αγκώνες σύνδεσης *Transom* και *Upper Deck*

Άλλη μια φρακτή που μοιράζεται αγκώνες ενίσχυσης με το *Upper deck* είναι η *LP9*. Το σχήμα των αγκώνων που βρίσκεται στα μισά κύρια ενισχυτικά είναι επίσης τριγωνικό και οι δύο πλευρές του τριγώνου που βρίσκονται πάνω στις φρακτές έχουν τιμή  $300\text{ mm}$ . Στα άλλα δυο κύρια ενισχυτικά οι δύο πλευρές του τριγώνου που βρίσκονται πάνω στις φρακτές έχουν τιμή  $450\text{ mm}$ . Στα υπόλοιπα δευτερεύον ενισχυτικά παρουσιάζεται διαφορετικό σχήμα ενίσχυσης όπου η πάνω πλευρά του αγκώνα έχει το μήκος της απόστασης μέχρι το κάθετο ενισχυτικό. Το μήκος του αγκώνα στην φρακτή *LP9* είναι  $300\text{ mm}$ .

Στην παρακάτω Εικόνα 63 - Αγκώνες σύνδεσης *Upper Deck* και *LP9* και Εικόνα 64 - Αγκώνας σύνδεσης διαφορετικής μορφής *Upper Deck* και *LP9* φαίνεται το αποτέλεσμα της σχεδίασης τους.

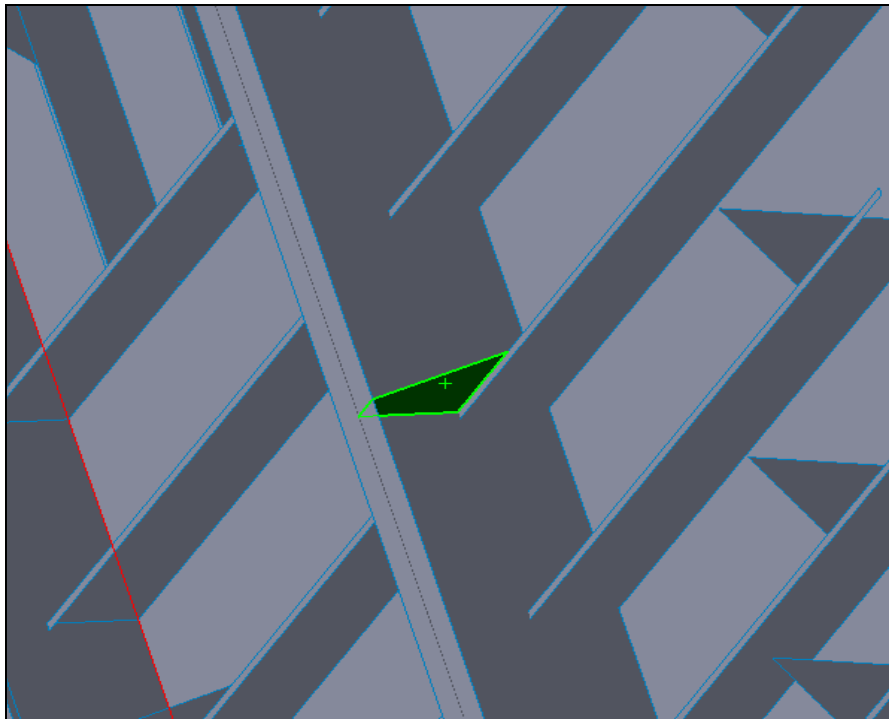


Εικόνα 63 - Αγκώνες σύνδεσης *Upper Deck* και *LP9*



Εικόνα 64 - Αγκώνας σύνδεσης διαφορετικής μορφής *Upper Deck* και *LP9*

Ένας ακόμα αγκώνας σύνδεσης τοποθετείται στο μέσο του κύριο ενισχυτικού της φρακτής *Transom*. Όπου το μισό πέλμα του ενισχυτικού είναι μια πλευρά που ισούται με  $100\text{ mm}$ , η επόμενη είναι όσο το μήκος του κορμού πλην το ενισχυτικό, δηλαδή  $260\text{ mm}$ , και η πλευρά στο ενισχυτικό ισούται με  $350\text{ mm}$ , Εικόνα 65 - Αγκώνας σύνδεσης *Transom* κύριου ενισχυτικού.



Εικόνα 65 - Αγκώνας σύνδεσης *Transom* κύριου ενισχυτικού

Τέλος οι επόμενοι αγκώνες σύνδεσης εμφανίζονται στο κύριο ενισχυτικό της φρακτής *Frame 8* και *Upper deck*. Ο αγκώνας έχει μήκος όσο ο κορμός του ενισχυτικού,  $450\text{ mm}$  και λαμβάνει χώρο και στο κάτω μέρος του πέλματος που είναι με  $75\text{ mm}$ . Στα τοιχώματα των φρακτών το μήκος του είναι  $300\text{ mm}$ .

Στην Εικόνα 66 - Αγκώνες σύνδεσης *Upper Deck* και *Frame 8* κύριου ενισχυτικού παρακάτω απεικονίζεται το αποτέλεσμα.



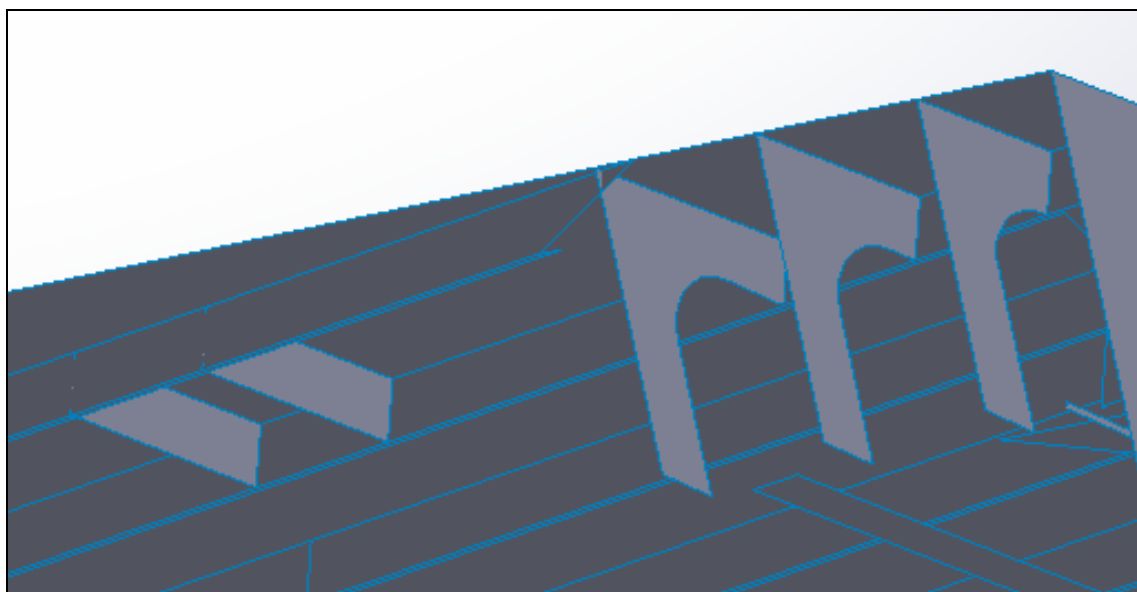
Εικόνα 66 - Αγκώνες σύνδεσης *Upper Deck* και *Frame 8* κύριου ενισχυτικού

Στα σχέδια της δεξαμενής *freshwater* ανάμεσα στην φρακτή *LP18* και *Upper Deck* και στο *Upper deck* μόνο εμφανίζονται κάποια ενισχυτικά για την ενίσχυση της δεξαμενής.

Τα τρία πρώτα ενισχυτικά που ενώνουν τις δεξαμενές βρίσκονται ανάμεσα στις δεξαμενές έχουν καμπύλη ίση με  $R=200\text{ mm}$  η πάνω πλευρά είναι ίση με  $650\text{ mm}$ , μέχρι δηλαδή να συναντήσει το κάθετο ενισχυτικό που *Upper deck*. Η κάτω πλευρά είναι ίση με  $1000\text{ mm}$ .

Τα δυο επιπλέον ενισχυτικά στο *Upper deck*, είναι εγκάρσια και έχουν μήκος όσο και τα ενισχυτικά που ενώνουν, ίση με  $220\text{ mm}$  και απόσταση όσο τα ενισχυτικά μεταξύ τους, δηλαδή  $800\text{ mm}$ .

Η μορφή τους φαίνεται στην Εικόνα 67 - Αγκώνες σύνδεσης *LP18* και *Upper Deck*.



Εικόνα 67 - Αγκώνες σύνδεσης *LP18* και *Upper Deck*

## 7 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

### 7.1 ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ

Εφόσον βρέθηκε η εσωτερική συνολική πίεση της δεξαμενής, συνέχεια έχουν οι υπολογισμοί για τα πάχη ελασμάτων.

Το κάθε πάχος ελάσματος, σύμφωνα με τους κανονισμούς *P1.C6.S4.1.1.1*. Το πάχος υπολογίζεται σε mm και ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

Εξίσωση 1- Το πάχος των ελασμάτων

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

Όπου το  $a_{\pi}$  δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την μονάδα και αναλύεται από την σχέση παρακάτω:

Εξίσωση 2- Σχέση για το  $a_{\pi}$

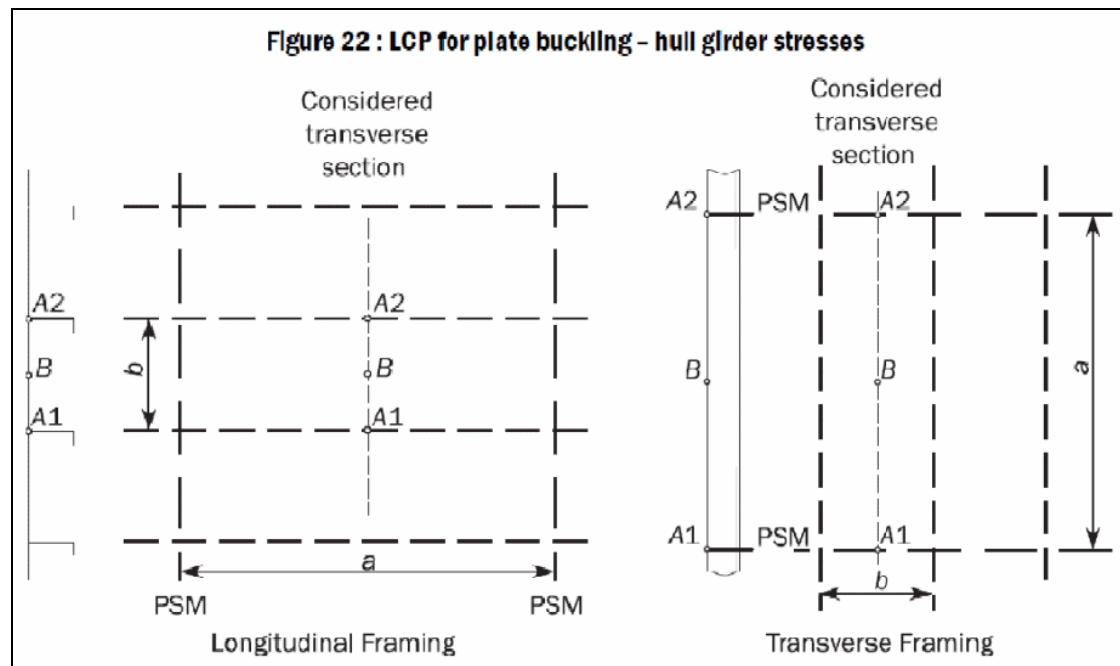
$$a_{\pi} = 1.2 - \frac{b}{2.1 a}$$

$a_{\pi} \rightarrow$  (*P1.C6.S4.Symbols*) Δεν μπορεί να ξεπερνάει την μονάδα.

$a \rightarrow$  Length of plate panel (mm)

$b \rightarrow$  Breadth of plate panel (mm)

Το σχήμα απεικονίζεται στην Εικόνα 68 - Αποστάσεις  $b$  και  $a$ .



Εικόνα 68 - Αποστάσεις  $b$  και  $a$

Στην Εικόνα 69 – Τιμές  $a$ ,  $b$  απεικονίζεται ο πίνακας για τις τιμή του  $c_{\alpha}$ .

$C_a$  : Permissible bending stress coefficient for plate taken equal to:

$$C_a = \beta - \alpha \frac{|\sigma_{ng}|}{R_{eH}}, \text{ not to be taken greater than } C_{a-max}$$

$\beta$  : Coefficient as defined in Table 1.

$\alpha$  : Coefficient as defined in Table 1.

$C_{a-max}$  : Maximum permissible bending stress coefficient as defined in Table 1.

**Table 1 : Definition  $\beta$ ,  $\alpha$  and  $C_{a-max}$**

Acceptance criteria set	Structural member		$\beta$	$\alpha$	$C_{a-max}$
AC-S	Longitudinal strength members	Longitudinally stiffened plating	0.9	0.5	0.8
		Transversely stiffened plating	0.9	1.0	0.8
	Other members		0.8	0	0.8
AC-SD	Longitudinal strength members	Longitudinally stiffened plating	1.05	0.5	0.95
		Transversely stiffened plating	1.05	1.0	0.95
	Other members		1.0	0	1.0

Εικόνα 69 – Τιμές  $\alpha$ ,  $\beta$

$P \rightarrow P_{in}$

$\chi \rightarrow 1, \text{ to mm intact condition, other cases}$

$C_a \rightarrow 0.756 \text{ (P1.C6.S4.1.1.1)}$

$\sigma_{hg} \rightarrow \sigma_{perm} \rightarrow 264 \text{ N/mm}^2 \text{ (P1.C5.S1.2.3.1)}$

$R_{eH} \rightarrow 355 \text{ N/mm}^2 \text{ (P1.C3.S1.2.1.2.)}$

**Table 1 : Mechanical properties of hull steels**

Steel grades for plates with $t_{as\_built} \leq 100 \text{ mm}$	$R_{eH}$ , specified minimum yield stress, in $\text{N/mm}^2$	$R_m$ , specified tensile strength, in $\text{N/mm}^2$
A-B-D-E	235	400 - 520
AH32-DH32-EH32-FH32	315	440 - 570
AH36-DH36-EH36-FH36	355	490 - 630
AH40-DH40-EH40-FH40	390	510 - 660

Εικόνα 70 – Τιμή για το  $R_{eH}$

Το πάχος που βρήκαμε είναι το καθαρό πάχος του ελάσματος. Χρειάζεται επιπλέον να βρούμε και το πάχος λόγω διάβρωσης και να προσθέσουμε τα δυο πάχη ώστε να βρούμε το τελικό. Το πάχος λόγω διάβρωσης υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$t_c = Roundup_{0.5}(t_{c1} + t_{c2}) + t_{res}$$

Όπου:

$t_{c1}$  → Καθορισμένη τιμή από τον πίνακα για την φθορά μιας πλευράς ανάλογα με το υγρό με το οποίο έρχεται σε επαφή. Στην περίπτωσης του ελάσματος είναι 0.7 γιατί έρχεται σε επαφή με γλυκό νερό και από την εσωτερική πλευρά.

$t_{c2}$  → Καθορισμένη τιμή από τον πίνακα για την φθορά της άλλης πλευράς ανάλογα με το υγρό με το οποίο έρχεται σε επαφή. Ισούται με 1,5 γιατί έρχεται σε επαφή με θαλασσινό νερό από την εξωτερική πλευρά.

$t_{Res}$  → Συν την τιμή 0.5 σε mm

Compartment type	Structural member	$t_{c1}$ or $t_{c2}$		
		Oil tankers	BC-A or BC-B ships with $L \geq 150$ m	Other BC ships
Exposed to seawater	Shell plating between the minimum design ballast draught waterline and the scantling draught waterline	1.5		
	Shell plating elsewhere	1.0		
Fuel and lube oil tank		0.7		
Fresh water tank		0.7		

Εικόνα 71 – Τιμή για το  $t_c$

Να σημειωθεί ότι το *Roundup* σημαίνει ότι κάνουμε στρογγυλοποίηση προς τα πάνω.

Άρα τελικά αντικαθιστώντας στον τύπο βρίσκουμε ότι το πάχος λόγω διάβρωσης είναι ίσο με:

$$t_c \rightarrow Roundup_{0.5}(1,5 + 0,7) + 0,5 = 3$$

Το  $t_{total}$  ισούται με το  $t_c$  + το  $t_{plating}$ , για κάθε τιμή του ελάσματος.



Το πάχος του ελάσματος που βρήκαμε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος. Τον κατάλληλο τύπο τον βρίσκουμε στον επόμενο πίνακα όπου πάλι ανάλογα σε ποιο μέρος του πλοίου βρισκόμαστε παίρνουμε και τον αντίστοιχο τύπο *P1.C6.S3.2.1.1*.

The net thickness of web plating and flange of primary supporting members in mm, is to comply with the minimum net thickness given in Table 3.

**Table 3 : Minimum net thickness for primary supporting members**

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

Εικόνα 72- Τιμή  $t_{\text{minimum-plating}}$

$$t_{\text{minimum-plating}} \rightarrow 5,881 \text{ mm}$$

Οι προϋποθέσεις των κανονισμών τηρούνται, αφού:

$$t_{\text{minimum-plating}} < t_{\text{plating}}$$

Τέλος γίνεται σύγκριση των πραγματικών τιμών, από τα σχέδια, με τις τιμές για τα πάχη των ελασμάτων που υπολογίστηκαν από το *excel*. Αν το πάχος από το *excel* είναι μεγαλύτερο του πραγματικού πάχους σημειώνεται με *Ok*, αν είναι μικρότερο σημειώνεται με *Nok (not okay)*.

Στην συνέχεια ο Πίνακας 18 - Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *LP9*, παρουσιάζει τα αποτελέσματα και τους υπολογισμούς για τα πάχη των ελασμάτων σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής, της φρακτής *LP9*.

Πίνακας 18 - Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής LP9

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	a (mm)	b (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{build}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
4.996	1.089	2580	600	5.881	6.996	9.000	OK	$\beta$	1.5
5.032	1.089	2580	600	5.881	7.032	9.000	OK	$\alpha$	1
5.068	1.089	2580	600	5.881	7.068	9.000	OK	k	0.72
5.103	1.089	2580	600	5.881	7.103	9.000	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
5.138	1.089	2580	600	5.881	7.138	9.000	OK	k	0.72
5.173	1.089	2580	600	5.881	7.173	9.000	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
5.208	1.089	2580	600	5.881	7.208	9.000	OK	x	1
5.242	1.089	2580	600	5.881	7.242	9.000	OK	$t_c$	2
5.277	1.089	2580	600	5.881	7.277	9.000	OK	$t_{c1}$	0.7
5.311	1.089	2580	600	5.881	7.311	9.000	OK	$t_{c2}$	0.5
5.344	1.089	2580	600	5.881	7.344	9.000	OK	$t_{res}$	0.5
5.378	1.089	2580	600	5.881	7.378	9.000	OK		
4.586	1.108	2580	500	5.881	6.586	9.000	OK		
5.408	1.082	2420	600	5.881	7.408	9.000	OK		
6.156	1.082	2420	600	5.881	8.156	9.000	OK		
6.185	1.082	2420	600	5.881	8.185	9.000	OK		
6.213	1.082	2420	600	5.881	8.213	9.000	OK		
6.242	1.082	2420	600	5.881	8.242	9.000	OK		
6.270	1.082	2420	600	5.881	8.270	9.000	OK		
6.299	1.082	2420	600	5.881	8.299	9.000	OK		
6.327	1.082	2420	600	5.881	8.327	9.000	OK		
6.355	1.082	2420	600	5.881	8.355	9.000	OK		
6.383	1.082	2420	600	5.881	8.383	9.000	OK		
6.410	1.082	2420	600	5.881	8.410	9.000	OK		
6.438	1.082	2420	600	5.881	8.438	9.000	OK		
6.466	1.082	2420	600	5.881	8.466	9.000	OK		
6.493	1.082	2420	600	5.881	8.493	9.000	OK		
5.532	1.102	2420	500	5.881	7.532	9.000	OK		

Οι πίνακες για τις υπόλοιπες φρακτές με τον υπολογισμό του πάχους των ελασμάτων σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX V - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ».

Οι πίνακες για τις υπόλοιπες φρακτές με τον υπολογισμό του πάχους των ελασμάτων σε κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX VI - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ».

## 7.2 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ

Το κάθε δευτερεύον πάχος ενισχυτικού σύμφωνα με τους κανονισμούς P1.C6.S5.1.1.1. υπολογίζεται σε mm και θα πρέπει να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

Όπου:

$$t_w = \frac{f_{shr}|P|s l_{shr}}{d_{shr}\chi C_t \tau_{eH}}$$

Η τιμή του  $\chi$  και του  $C_t$  δεν πρέπει να ξεπερνάει την μονάδα.

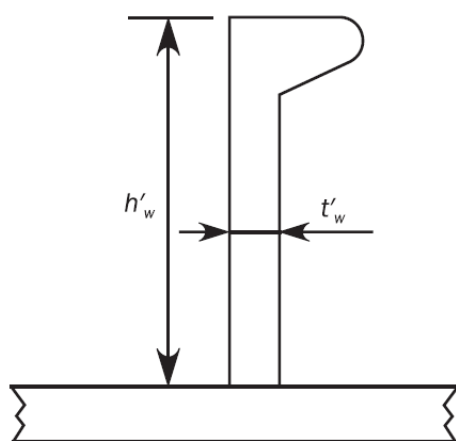
$f_{shr} \rightarrow 0.5$ , for horizontal stiffeners and upper end of vertical stiffeners

$P \rightarrow P_{in}$  (kN/m<sup>2</sup>)

$s \rightarrow$  ισαπόσταση ενισχυτικών (mm), (P1.C3.S7.1.2.3)

$l_{shr} \rightarrow$  μήκος ενισχυτικών (m), (P1.C3.S7.1.1.3)

$d_{shr} \rightarrow$  εμβαδόν κορμού του ενισχυτικού και της βολβολάμας (mm<sup>2</sup>), (P1.C3.S7.1.4.3)



Bulb

Εικόνα 73 – Σχήμα Bulb

Δίνεται από τον τύπο:

$$d_{shr} = (h_{stf} - 0.5t_c + t_p + 0.5t_c) \sin \varphi_w$$

$h_{stf} \rightarrow$  ύψος ενισχυτικού σε (mm)

$t_p \rightarrow$  net thickness of the stiffer attached plating (mm)

$t_{c\_stf} \rightarrow 0.7$  διότι έρχεται σε επαφή με υλικό νερό το ενισχυτικό. Corrosion addition, of considered stiffener (mm)

$t_{c\_pl} \rightarrow 0.7$  διότι το ελάσματος έρχεται σε επαφή με γλυκό νερό. Corrosion addition, of attached plate of the stiffener (mm)

Compartment type	Structural member	$t_{c1}$ or $t_{c2}$		
		Oil tankers	BC-A or BC-B ships with $L \geq 150$ m	Other BC ships
Exposed to seawater	Shell plating between the minimum design ballast draught waterline and the scantling draught waterline	1.5		
	Shell plating elsewhere	1.0		
Fuel and lube oil tank		0.7		
Fresh water tank		0.7		

Εικόνα 74 - Πίνακας για το  $t_c$

$\varphi_w \rightarrow$  Angle, 90 or 75 degrees

$\chi \rightarrow$  1, intact condition, for other cases

$C_t \rightarrow$  0.90, for acceptance criteria set AC-SD

$\tau_{eH} \rightarrow$  204,959 N/mm<sup>2</sup> (P1.C1.S4.2.2.1)

$$\left| \tau_{eH} \frac{R_{eH}}{\sqrt{3}} \right|$$

Το ελάχιστον απαιτούμενο πάχος ενισχυτικού το συγκρίνουμε με το πραγματικό.

Table 2 : Minimum net thickness for stiffeners and tripping brackets

Element	Location	Net thickness
Stiffeners and attached end brackets	Watertight boundary	$3.5 + 0.015 L_2$
	Other structure	$3.0 + 0.015 L_2$

Εικόνα 75-- Πίνακας για το  $t_{min-stiffener}$

$$t_{min-stiffener} = 3.5 + 0.015L$$

Οι προϋποθέσεις των κανονισμών δεν τηρούνται, διότι η παρακάτω δεν ισχύει για τα περισσότερα ενισχυτικά η παρακάτω σχέση. Επιλέγεται η τιμή του  $t_{min-stiffener}$ , αφού είναι το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο.

$$t_{min-stiffener} > t_w$$

Το πάχος λόγω διάβρωσης:

$$t_c = Roundup_{0.5}(t_{c1} + t_{c2}) + t_{res}$$

Όπου:

$t_{c1} \rightarrow$  Καθορισμένη τιμή από τον πίνακα για την φθορά μιας πλευράς ανάλογα με το υγρό με το οποίο έρχεται σε επαφή. Στην περίπτωση του ενισχυτικού είναι 0.7 γιατί έρχεται σε επαφή με γλυκό νερό και από τις δυο πλευρές.

$t_{c2} \rightarrow$  Καθορισμένη τιμή από τον πίνακα για την φθορά της άλλης πλευράς ανάλογα με το υγρό με το οποίο έρχεται σε επαφή. Ισούται με 0.7.

$t_{Res} \rightarrow$  Συν την τιμή 0.5 σε mm

Compartment type	Structural member	t <sub>c1</sub> or t <sub>c2</sub>		
		Oil tankers	BC-A or BC-B ships with L ≥ 150 m	Other BC ships
Exposed to seawater	Shell plating between the minimum design ballast draught waterline and the scantling draught waterline	1.5		
	Shell plating elsewhere	1.0		
Fuel and lube oil tank		0.7		
Fresh water tank		0.7		

Εικόνα 76- Πίνακας για το t<sub>c</sub>

Σύμφωνα με τον πίνακα παραπάνω:

$$t_c \rightarrow \text{Roundup}0.5(0.7 + 0.7) + 0.5 = 2$$

Το t<sub>total</sub> ισούται με το t<sub>c</sub> + το t<sub>min-stiffener</sub>, για κάθε τιμή του ελάσματος.

Στην συνέχεια υπολογίζουμε την ελάχιστη Ροπή Αντίστασης από τον τύπο:

$$Z = \frac{|P|sl_bdg^2}{f_bdg\chi C_s R_{eH}}$$

Από τον πίνακα παρακάτω θα πάρουμε τιμές για τον υπολογισμό του C<sub>s</sub>

Table 2 : Definition of β<sub>s</sub>, α<sub>s</sub> and C<sub>s-max</sub>

Acceptance criteria set	Structural member	β <sub>s</sub>	α <sub>s</sub>	C <sub>s-max</sub>
AC-S	Longitudinal strength member	0.85	1.0	0.75
	Transverse or vertical member	0.75	0	0.75
AC-SD	Longitudinal strength member	1.0	1.0	0.9
	Transverse or vertical member	0.9	0	0.9

Εικόνα 77- Τιμές α, β

$$C_s = \beta_s - \alpha_s \frac{|\sigma_{hg}|}{R_{eH}} = 1 - 1 \frac{|264|}{355} = 0.106$$

f<sub>bdg</sub> → 12, for horizontal stiffeners and upper end of vertical stiffeners

Τέλος γίνεται σύγκριση πραγματικής ροπής Αντίστασης η οποία πάρθηκε από τον πίνακα με τις βολολάμες, από το αρχείο “Tata\_steel\_bulb\_flats ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ”, από τον πίνακα “Dimensions and Properties”, σε σχέση με τις ροπές αδρανείας που υπολογίστηκαν από το excel. Αν η Ροπή Αντίστασης από το excel είναι μεγαλύτερη της πραγματικής Ροπής Αδρανείας από το αρχείο με τις βολολάμες σημειώνεται με Ok, αν είναι μικρότερο σημειώνεται με Nok (not okay).

Πίνακας 19- Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή LP9, παρουσιάζει τα αποτελέσματα και τους υπολογισμούς για τα πάχη των ενισχυτικών σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής, της φρακτής LP9.

Πίνακας 19- Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή LP9

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuilt</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
1.256	600	2.58	6.381	8.381	229.874	61.600	NOK	$\chi$	1
1.275	600	2.58	6.381	8.381	233.192	61.600	NOK	$C_t$	0.85
1.293	600	2.58	6.381	8.381	236.510	61.600	NOK	$T_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
1.311	600	2.58	6.381	8.381	239.828	61.600	NOK	$d_{shr}$ (mm)	209.894
1.329	600	2.58	6.381	8.381	243.146	61.600	NOK	$h_{stf}$ (mm)	200
1.347	600	2.58	6.381	8.381	246.463	61.600	NOK	$t_p$	9
1.365	600	2.58	6.381	8.381	249.781	61.600	NOK	$t_{c\_stf}$	0.7
1.383	600	2.58	6.381	8.381	253.099	61.600	NOK	$t_{c\_pl}$	0.7
1.402	600	2.58	6.381	8.381	256.417	61.600	NOK	$\Phi_w$ (degrees)	90
1.420	600	2.58	6.381	8.381	259.735	61.600	NOK	$f_{bdg}$	12
1.438	600	2.58	6.381	8.381	263.053	61.600	NOK	$C_s$	0.256
1.456	600	2.58	6.381	8.381	266.371	61.600	NOK	$\alpha_s$	1
1.474	600	2.58	6.381	8.381	269.689	61.600	NOK	$\beta_s$	1
1.166	500	2.42	6.381	8.381	200.163	61.600	NOK	$t_c$	2
1.814	600	2.42	6.381	8.381	311.216	61.600	NOK	$t_{c1}$	0.7
1.831	600	2.42	6.381	8.381	314.136	61.600	NOK	$t_{c2}$	0.7
1.848	600	2.42	6.381	8.381	317.055	61.600	NOK	$t_{res}$	0.5
1.865	600	2.42	6.381	8.381	319.974	61.600	NOK		
1.882	600	2.42	6.381	8.381	322.893	61.600	NOK		
1.899	600	2.42	6.381	8.381	325.812	61.600	NOK		
1.916	600	2.42	6.381	8.381	328.731	61.600	NOK		
1.933	600	2.42	6.381	8.381	331.651	61.600	NOK		
1.950	600	2.42	6.381	8.381	334.570	61.600	NOK		
1.967	600	2.42	6.381	8.381	337.489	61.600	NOK		
1.984	600	2.42	6.381	8.381	340.408	61.600	NOK		
2.001	600	2.42	6.381	8.381	343.327	61.600	NOK		
2.018	600	2.42	6.381	8.381	346.247	61.600	NOK		
1.696	500	2.42	6.381	8.381	290.972	61.600	NOK		

Οι πίνακες για τις υπόλοιπες φρακτές με τον υπολογισμό του πάχους των ενισχυτικών σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX VII - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ».

Οι πίνακες για τις υπόλοιπες φρακτές με τον υπολογισμό του πάχους των ενισχυτικών σε κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX VIII - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ».

### 7.3 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ

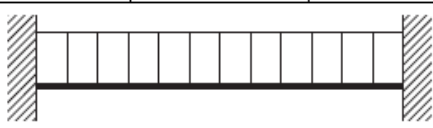
Για τα πάχη των κύριων ενισχυτικών ακολουθήθηκε ο κανονισμός *P1.C6.S6.3.2.1*. για την εύρεση της Ροπής Αντίστασης  $Z_{n50}$ , όπου υπολογίζεται σε  $m^3$ :

$$Z_{n50} = 1000 \frac{|P|S l_{bdg}^2}{\chi f_{bdg} C_s R_{eH}}$$

Όπου:

- $f_{bdg}$  → 24  
 $S$  → Η ισαπόσταση των ενισχυτικών σε  $m$ .  
 $P$  → Η συνολική πίεση  $P_{in}$   
 $l_{bdg} / l_{shr}$  → Το μήκος των ενισχυτικών  
 $\chi$  → 1

Σύμφωνα με τον πίνακα από τους κανονισμούς για διπλή πάκτωση, παίρνουμε τις μεγαλύτερες τιμές.

Load and boundary condition				Bending moment and shear force distribution factors (based on load at mid span, where load varies)		
Position				1	2	3
Load model	1 Support	2 Field	3 Support	$f_{bdg1}$ $f_{shr1}$	$f_{bdg2}$ -	$f_{bdg3}$ $f_{shr3}$
A				12.0 0.50	24.0 -	12.0 0.50

Εικόνα 78 – Πίνακας για τιμές  $f_{bdg}$  &  $f_{shr}$

Και για την τιμή  $C_s$  and  $C_t$ :

$$C_s \text{ and } C_t \rightarrow 0.85$$

Acceptance criteria set	Structure attached to primary supporting member	$C_s$ and $C_t$
AC-S	All boundaries, including decks and flats	0.70
AC-SD	All boundaries, including decks and flats	0.85

Εικόνα 79- Πίνακας για  $C_s$  and  $C_t$

Στην συνέχεια υπολογίζεται το εμβαδόν διατομής του κορμού  $A_{shr-n50}$  σύμφωνα με τους κανονισμό *P1.C6.S6.3.2.2*..:

$$A_{shr-n50} = 10 \frac{f_{shr} |P| S l_{shr}}{\chi C_t \tau_{eH}}$$

Η τιμή του  $f_{shr}$  βρίσκεται από τον παραπάνω πίνακα όπου πάρθηκα και η τιμή για το  $f_{bdg}$ :

$$f_{shr} \rightarrow 0.5$$

Στην συνέχεια υπολογίζεται η πραγματική ροπή Αντίστασης για να κύρια ενισχυτικά ώστε να πραγματοποιηθεί σύγκριση ανάμεσα των τιμών για την ροπή αντίστασης από τους κανονισμούς και την πραγματική. Στην περίπτωση που η οι υπολογισμένες τιμές της

αντίστασης είναι μεγαλύτερες από τις πραγματικές σημειώνεται το “OK” στην επόμενη στήλη, στην περίπτωση που οι πραγματικές τιμές της ροπής αντίστασης είναι μεγαλύτερες σημειώνεται με “NOK” στην επόμενη στήλη.  
Για τους υπολογισμούς για την εύρεση της ροπής για κάθε κύριο ενισχυτικό, χωρισμένο σε τμήματα, πραγματοποιήθηκε καταγραφή των παρακάτω στοιχείων για τον υπολογισμό της πραγματικής αντίστασης.

(cm)	LP9	LP18	Frame 8	Transom	Upper Deck	Upper Platform
plate width (b)	60	60	60	60	60	60
plate thickness (t)	0.9	0.9	1.15	1.45	1.15	1.05
web height (a)	45	65	45	45	50	60
web thickness (e)	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
flange width (d)	20	20	20	20	20	20
flange thickness (c)	1.2	1.4	1.2	1.5	1.4	1.5

Στην συνέχεια υπολογίζεται η ροπή αντίστασης που ισούται με:

$$Z_{sbuilt} = \frac{I_{NA}}{h - y_{NA}}$$

Το καινούριο στοιχείο  $h$  είναι το συνολικό ύψος του κύριου ενισχυτικού που ισούται με το πάχος του ενισχυτικού συν το ύψος του κορμού συν το πάχος του πέλματος.

Ο ουδέτερος άξονας,  $y_{NA}$  ορίζεται από τον τύπο:

$$y_{NA} = \frac{b \times t \left( a + c + \frac{t}{2} \right) + a \times e \left( c + \frac{a}{2} \right) + d \times c \frac{e}{2}}{b \times t + a \times e + d \times c}$$

Η ροπή αδράνειας,  $I_{NA}$  υπολογίσθηκε από τον τύπο:

$$I_{NA} = \frac{b \times t^3}{12} + b \times t \left( h - y_{NA} - \left( \frac{t}{2} \right) \right)^2 + \frac{e \times a^3}{12} + a \times e \left( \frac{a}{2} + c - y_{NA} \right)^2 + \frac{d \times c^3}{12} + d \times \left( y_{NA} - \frac{c}{2} \right)^2$$

Ο Πίνακας 20- Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή LP9, που ακολουθεί, παρουσιάζει τα αποτελέσματα των υπολογισμών για τα κύρια ενισχυτικά μαζί με τους υπολογισμούς της πραγματικής ροπής αντίστασης για τα κύρια ενισχυτικά σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής, της φρακτής LP9.



**Πίνακας 20- Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή LP9**

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50}$ ( $cm^3$ )	$Z_{sbuild}$ ( $cm^3$ )	ΟΚ/ΝΟΚ	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg}$ (m)	$A_{shr-n50}$ ( $m^3$ )	$f_{bdg}$	24
36.981	25.706	NOK	0.6	2.58	2.98	$\chi$	1
53.789	25.706	NOK	0.6	2.58	4.33	$C_t / C_s$	0.85
38.982	25.706	NOK	0.6	2.58	3.14	$f_{shr}$	0.5
55.790	25.706	NOK	0.6	2.58	4.49		
40.983	25.706	NOK	0.6	2.58	3.30		
57.791	25.706	NOK	0.6	2.58	4.66		

Οι πίνακες για τις υπόλοιπες φρακτές με τον υπολογισμό του πάχους των κύριων ενισχυτικών σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX XI - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ».

Οι πίνακες για τις υπόλοιπες φρακτές με τον υπολογισμό του πάχους των κύριων ενισχυτικών σε κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής, παρουσιάζονται στο «APPENDIX X - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ».

## 8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SOLIDWORKS

Για την εύρεση των αποτελεσμάτων από το πρόγραμμα *Solidworks*, αρχικά επιλέχθηκε η επιλογή “*SOLIDWORKS Add-Ins*” και δημιουργήθηκε ένα καινούριο φύλλο με το όνομα “*Static 1*”.

Στο φύλλο αυτό απεικονίζεται ένα δέντρο με όλα τα στοιχεία που έχουν δημιουργηθεί και αποτελούν της δεξαμενή νερού που εξετάζεται. Στην συνέχεια ορίστηκε το πάχος και το υλικό κάθε στοιχείου.

Η σειρά ακόλουθων εντολών όρισαν το υλικό των στοιχείων.

- Επιλογή πρώτου στοιχείου και τελευταίου με “*Shift*”
- Δεξί κλικ, “*Apply /Edit Material...*”
- Εισαγωγή του πάχους σε *mm*
- “*Apply*”, “*Close*”

Στην συνέχεια ορίστηκε το πάχος όλων των στοιχείων με τις παρακάτω εντολές:

- Επιλογή του κάθε στοιχείου ξεχωριστά
- Δεξί κλικ, “*Edit Definition*”
- Επιλογή “*Plain Carbon Material*”
- Επιλογή του σύμβολου  $\nu$

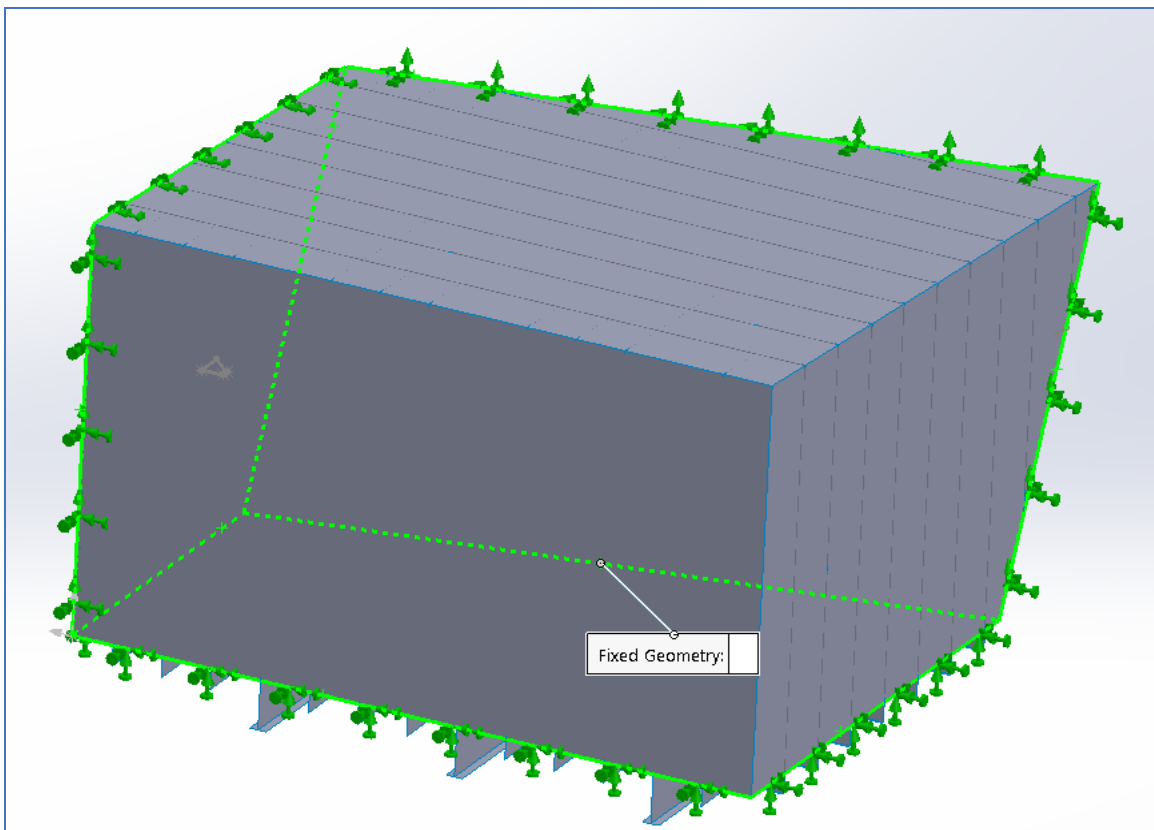
Ο πίνακας που ακολουθεί περιέχει τα πάχη για τα ελάσματα, τα ενισχυτικά, τα πέλματα και τις βολβολάμες τις δεξαμενής.

Φρακτή <i>LP9</i>	→	9	<i>mm</i>
Φρακτή <i>LP18</i>	→	9	<i>mm</i>
Φρακτή <i>Frame 8</i>	→	11.5	<i>mm</i>
Φρακτή <i>Transom</i>	→	14.5	<i>mm</i>
Φρακτή <i>Upper Deck</i>	→	11.5	<i>mm</i>
Φρακτή <i>Upper Platform</i>	→	13	<i>mm</i>
Ενισχυτικά φρακτής <i>LP9</i>	→	19.1	<i>mm</i>
Ενισχυτικά φρακτής <i>LP18</i>	→	21	<i>mm</i>
Ενισχυτικά φρακτής <i>Frame 8</i>	→	19.1	<i>mm</i>
Ενισχυτικά φρακτής <i>Transom</i>	→	16.9	<i>mm</i>
Ενισχυτικά φρακτής <i>Transom</i>	→	23.4	<i>mm</i>
Ενισχυτικά φρακτής <i>Upper Deck</i>	→	21	<i>mm</i>
Ενισχυτικά φρακτής <i>Upper Platform</i>	→	23.3	<i>mm</i>
Κύρια ενισχυτικά φρακτής <i>LP9</i>	→	12	<i>mm</i>
Κύρια ενισχυτικά φρακτής <i>LP18</i>	→	12	<i>mm</i>
Κύρια ενισχυτικά φρακτής <i>Frame 8</i>	→	12	<i>mm</i>
Κύρια ενισχυτικά φρακτής <i>Transom</i>	→	12	<i>mm</i>
Κύρια ενισχυτικά φρακτής <i>Upper Deck</i>	→	12	<i>mm</i>

Κύρια ενισχυτικά φρακτής <i>Upper Platform</i>	→	13	<i>mm</i>
Πέλματα κύριων ενισχυτικών φρακτής <i>LP9</i>	→	12	<i>mm</i>
Πέλματα κύριων ενισχυτικών φρακτής <i>LP18</i>	→	14	<i>mm</i>
Πέλματα κύριων ενισχυτικών φρακτής <i>Frame 8</i>	→	12	<i>mm</i>
Πέλματα κύριων ενισχυτικών φρακτής <i>Transom</i>	→	15	<i>mm</i>
Πέλματα κύριων ενισχυτικών φρακτής <i>Upper Deck</i>	→	14	<i>mm</i>
Πέλματα κύριων ενισχυτικών φρακτής <i>Upper Platform</i>	→	15	<i>mm</i>

Στην συνέχεια στο φύλλο “*Static 1*”, ορίστηκε πάκτωση της δεξαμενής με τα παρακάτω βήματα, και απεικονίζεται στην Εικόνα 80 – Πάκτωση δεξαμενής :

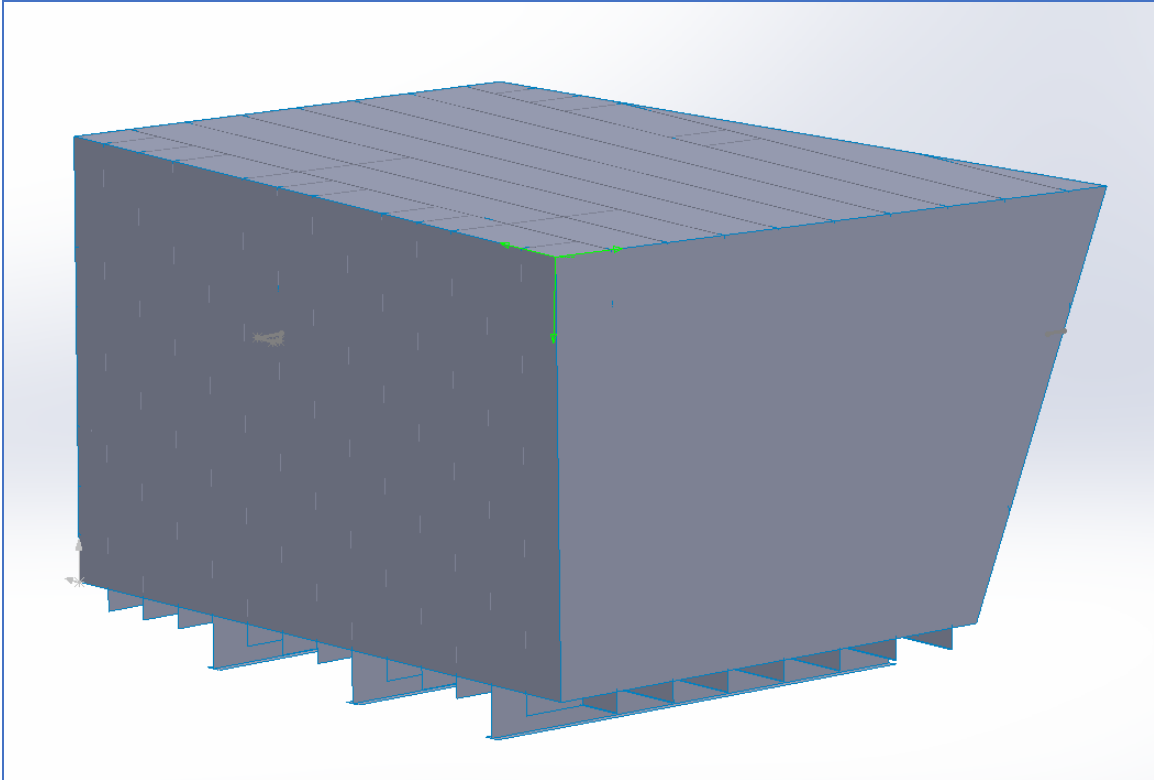
- Επιλογή φύλλου “*Model*”
- Κλικ στα “*Features*”
- Επιλογή “*References*”
- Επιλογή “*Coordinate System*” και επιλέγεται στο *Upper Deck* το σημείο που ενώνει το *LP9* με το *Frame 8*, δηλαδή το πιο ψηλό σημείο.
- Επιλογή για x άξονα η ακμή ανάμεσα στο *LP9* και το *Upper Deck*.
- Επιλογή για y άξονα η ακμή ανάμεσα στο *Frame 8* και το *Upper Deck*.
- Ο z άξονας ορίζεται αυτόματα.
- Επιλογή του σύμβολου  $\nu$



Εικόνα 80 – Πάκτωση δεξαμενής

Έπειτα ορίστηκε καινούριο κέντρο αξόνων για υπόθεση πλήρους γεμισμένης δεξαμενής με τα παρακάτω βήματα, όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 81 - Κέντρο αξόνων:

- Δεξί κλικ στην εντολή “*Fixtures*”
- Κλικ στην εντολή “*Fixtures Geometry*”
- Επιλογή των ακμών που βρίσκονται σε επαφή με το υπόλοιπο πλοίο.
- Εξαιρείται η ακμή που ενώνει το *Transom* με την *LP18*, η ακμή που ενώνει το *Transom* με το *Upper Deck* και η ακμή που ενώνει το *LP18* με το *Upper Deck*.
- Επιλογή του σύμβολου  $\nu$



Εικόνα 81 - Κέντρο αξόνων

Ακολούθησε παρακάτω ο υπολογισμός και η εισαγωγή της υδροστατικής πίεσης που δίνεται από τον τύπο ( $N/m^2$ ):

$$P_{hydr} = \rho \times g \times h$$

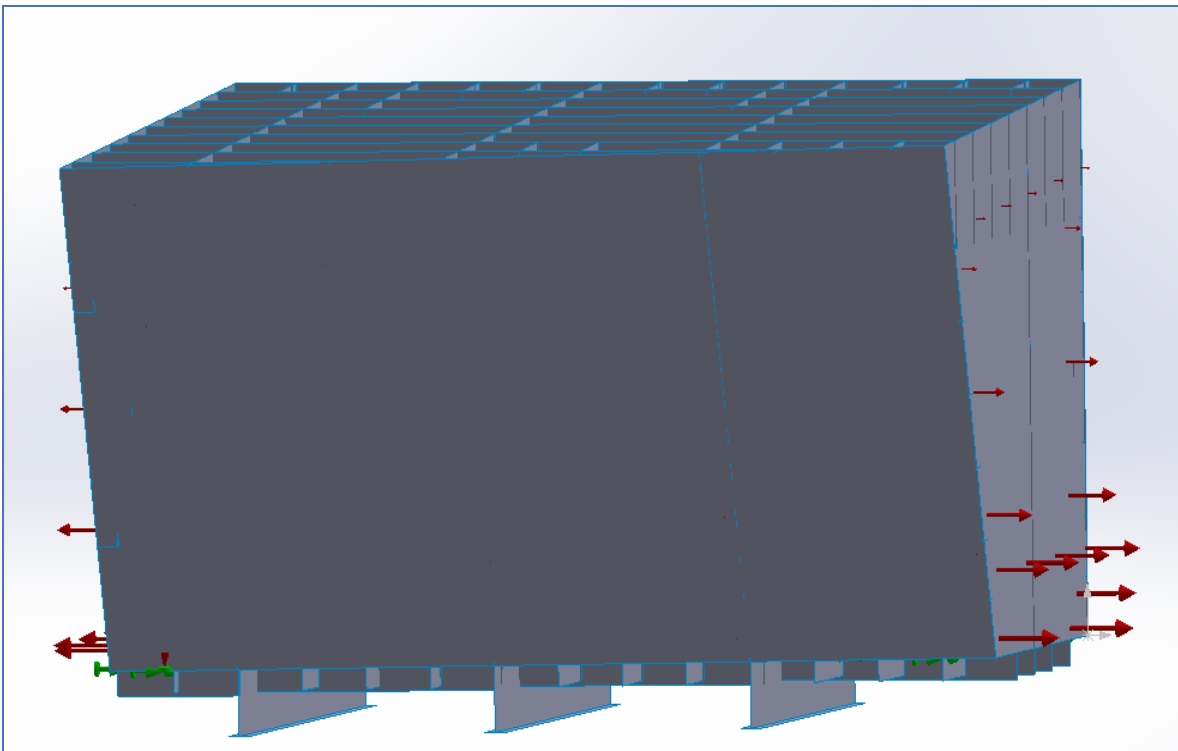
Όπου:

$\rho$	→	1000	$kg/m^3$	πυκνότητα του νερού
$g$	→	9.81	$m/s^2$	επιτάχυνση της βαρύτητας
$h$	→	5	$m$	το ύψος μέχρι το οποίο είναι γεμισμένη η δεξαμενή (z)

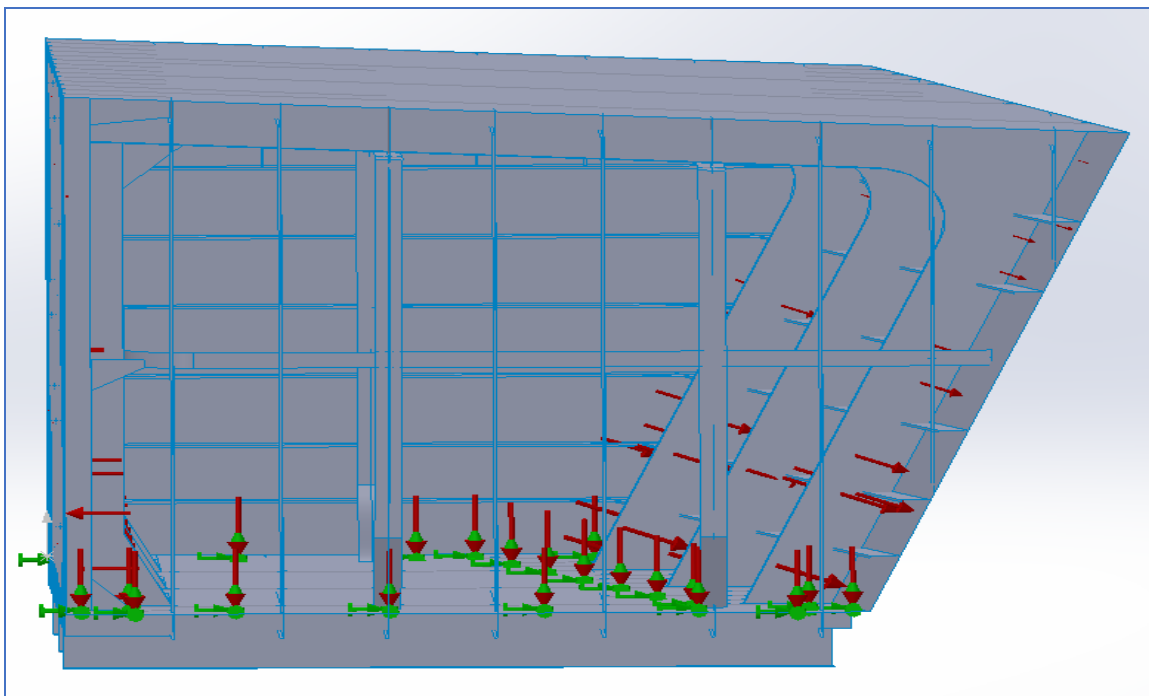
Με τα παρακάτω βήματα εφαρμόστηκε η υδροστατική πίεση σε όλες τις φρακτές, εκτός από το *Upper Deck*.

- Επιλογή φύλλου “*Static 1*”
- Δεξί κλικ στο “*External Loads*”
- Επιλογή “*Pressure*”
- Επιλογή “*Nonuniform Distribution*” και επιλέγεται να μετριέται σε m.
- Επιλογή του κέντρο αξόνων που δημιουργήθηκε προηγουμένως.
- Επιλογή “*Edit Equation*” και εισαγωγή της υδροστατική εξίσωσης.  

$$1000 \times 9.81 \times z$$
- Επιλογή των φρακτών εκτός από το *Upper Deck* με προσοχή όλες οι πιέσεις να δείχνουν προς τα έξω.
- Για τις φρακτές *Transom* και *Frame 8*, δημιουργήθηκε ξεχωριστό κέντρο αξόνων και επαναλήφθηκαν τα υπόλοιπα βήματα, διότι εάν η υδροστατική δύναμη εφαρμοζόταν για όλες τις φρακτές κατευθείαν θα είχαν διαφορετικές φορές, το οποία είναι λάθος διότι πρέπει να κοιτάνε όλες προς τα έξω.
- Τέλος η επιλογή του σύμβολου v.
- Αναγνωρίζεται η σωστή εφαρμογή της υδροστατικής πίεσης όταν τα βελιάκια είναι μεγάλα κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής, που εκεί είναι η μεγαλύτερη η υδροστατική πίεση λόγω βαρύτητας και σταδιακά προς το πάνω μέρος της δεξαμενής γίνονται πιο μικρά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 82 – Υδροστατικές πιέσεις στο *Frame 8 & Transom* και Εικόνα 83- Υδροστατικές πιέσεις στο *Udder Platform, LP9 & LP18*.



Εικόνα 82 – Υδροστατικές πιέσεις στο *Frame 8 & Transom*



Εικόνα 83- Υδροστατικές πιέσεις στο *Udder Platform, LP9 & LP18*

Για την εισαγωγή των Στατικών, Δυναμικών και Sloshing πιέσεων, υπολογίσθηκε η μέση τιμή για κάθε μια από αυτές σε κάθε φρακτή για κατάσταση πλήρους γεμισμένης και μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής.

Τα αποτελέσματα για την μέση τιμή κάθε πίεσης σε κάθε φρακτή είναι υπολογισμένα σε  $N/m^2$  ( $P * 1000$  από  $kN/m^2$  σε  $N/m^2$ ) και απεικονίζονται στον Πίνακα 21- Μέση τιμή Πιέσεων:

Πίνακας 21- Μέση τιμή Πιέσεων

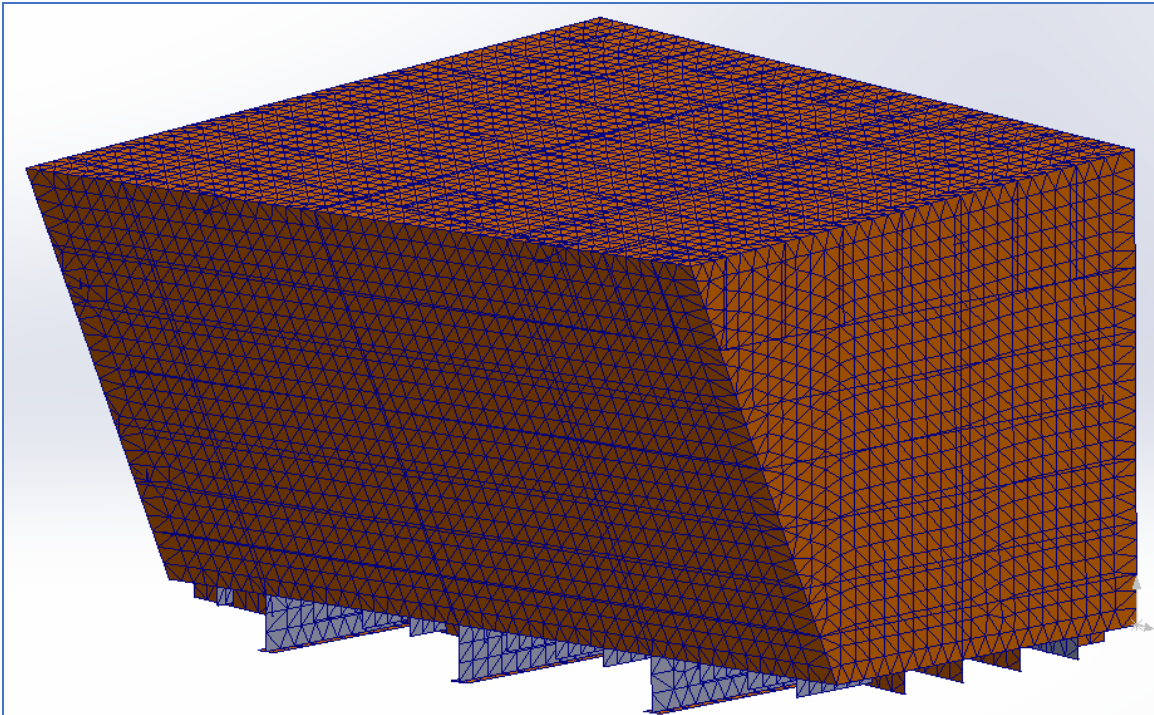
<i>Full load condition</i>	$P_{Is}$	$P_{Id}$	$P_{Slh-t}$
<i>LP9</i>	29709	59149	0
<i>LP18</i>	32414	20281	0
<i>Frame 8</i>	29555	30277	12246
<i>Transom</i>	26530	49487	8667
<i>Upper Deck</i>	3841	28951	-
<i>Upper Platform</i>	54733	49944	-
<i>Half load condition</i>	$P_{Is}$	$P_{Id}$	$P_{Slh-t}$
<i>LP9</i>	29709	59149	0
<i>LP18</i>	32414	20281	0
<i>Frame 8</i>	29555	30277	13740
<i>Transom</i>	26530	49487	9724
<i>Upper Deck</i>	3841	28951	-
<i>Upper Platform</i>	54733	49944	-

Με τα παρακάτω βήματα ασκήθηκε η κάθε πίεση σε κάθε φρακτή που αντιστοιχεί:

- Επιλογή φύλλου “Static ”
- Δεξί κλικ στο “External Loads”
- Επιλογή “Pressure”
- Εισαγωγή της εκάστοτε τιμής της πίεσης.
- Επιλογή της Φρακτής στην οποία ασκείται η συγκεκριμένη πίεση με προσοχή τα βελάκια να κοιτάνε προς τα έξω.
- Επιλογή του συμβόλου  $v$ .
- Επανάληψη της διαδικασίας για τις υπόλοιπες πιέσεις.

Επόμενο βήμα υπήρξε η δημιουργία του πλέγματος της δεξαμενής, Εικόνα 84- Mesh Δεξαμενής σε πλήρως γεμισμένη κατάσταση.

- Δεξί κλικ στην εντολή “Mesh”
- Κλικ στην εντολή “Create Mesh”
- Επιλογή του “Mesh Parameters”
- Εισαγωγή της τιμής 200 mm, η οποία είναι η τιμή που ορίζει την πυκνότητα του πλέγματος.
- Επιλογή του σύμβολου  $v$



Εικόνα 84- Mesh Δεξαμενής σε πλήρως γεμισμένη κατάσταση

Ο Πίνακας 22 - Χαρακτηριστικά πλέγματος για πλήρως γεμισμένη δεξαμενή που ακολουθεί εκφράζει μερικά χαρακτηριστικά του πλέγματος που δημιουργήθηκε.

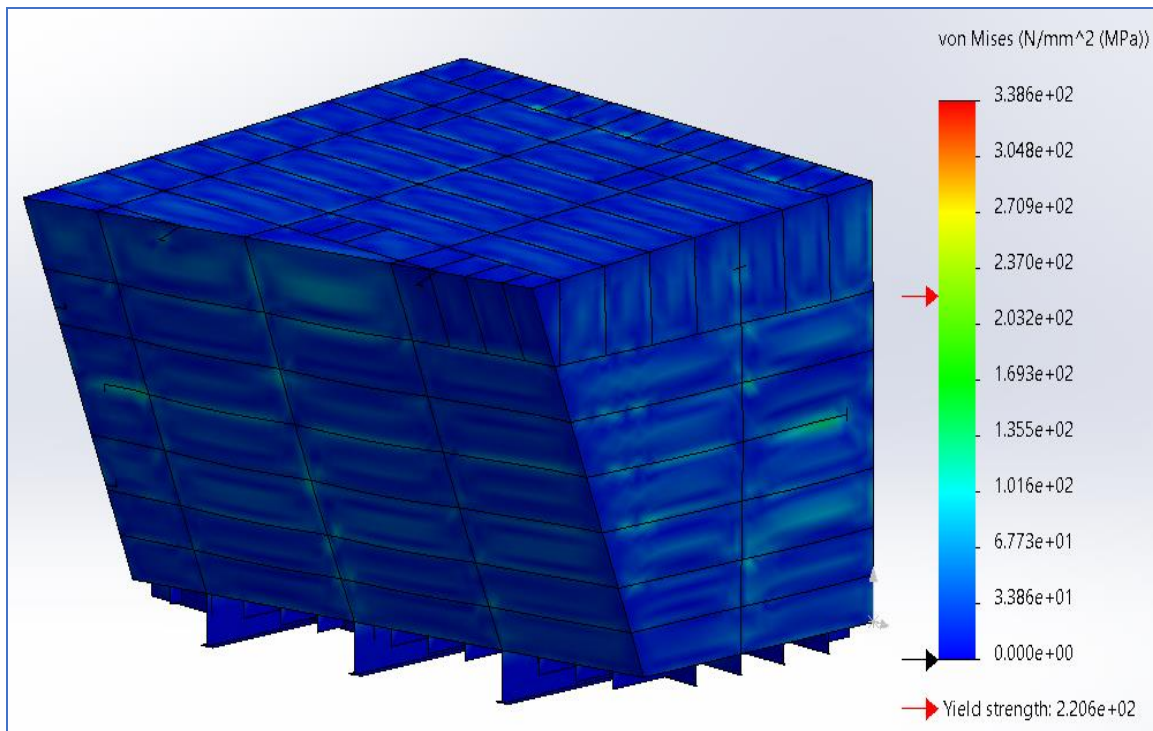
Πίνακας 22 - Χαρακτηριστικά πλέγματος για πλήρως γεμισμένη δεξαμενή

<i>Element Size</i>	200 mm
<i>Tolerance</i>	10 mm
<i>Mesh Quality</i>	High
<i>Total Nodes</i>	50,042
<i>Total Elements</i>	22,349

Τέλος για την τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων επιλέχθηκε η εντολή “*Run This Study*”.

Στην συνέχεια με την εντολή “*edit definition*”, μετατράπηκε η τιμή η οποία μεγεθύνει το κατά πόσες φορές φαίνονται μεγαλύτερες οι παραμορφώσεις. Η τιμή που ορίστηκε είναι το 20.

Η Εικόνα 85 – Κατανομή τάσεων Stress (vonMises) πλήρως γεμισμένης δεξαμενής παρουσιάζει την κατανομή τάσεων σε  $N/mm^2$ .

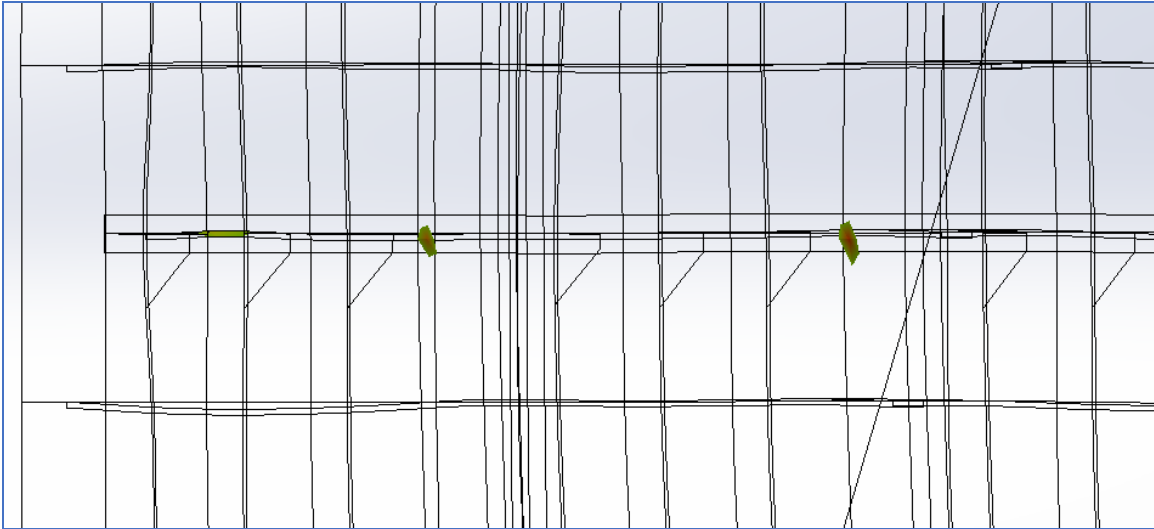


Εικόνα 85 – Κατανομή τάσεων Stress (vonMises) πλήρως γεμισμένης δεξαμενής

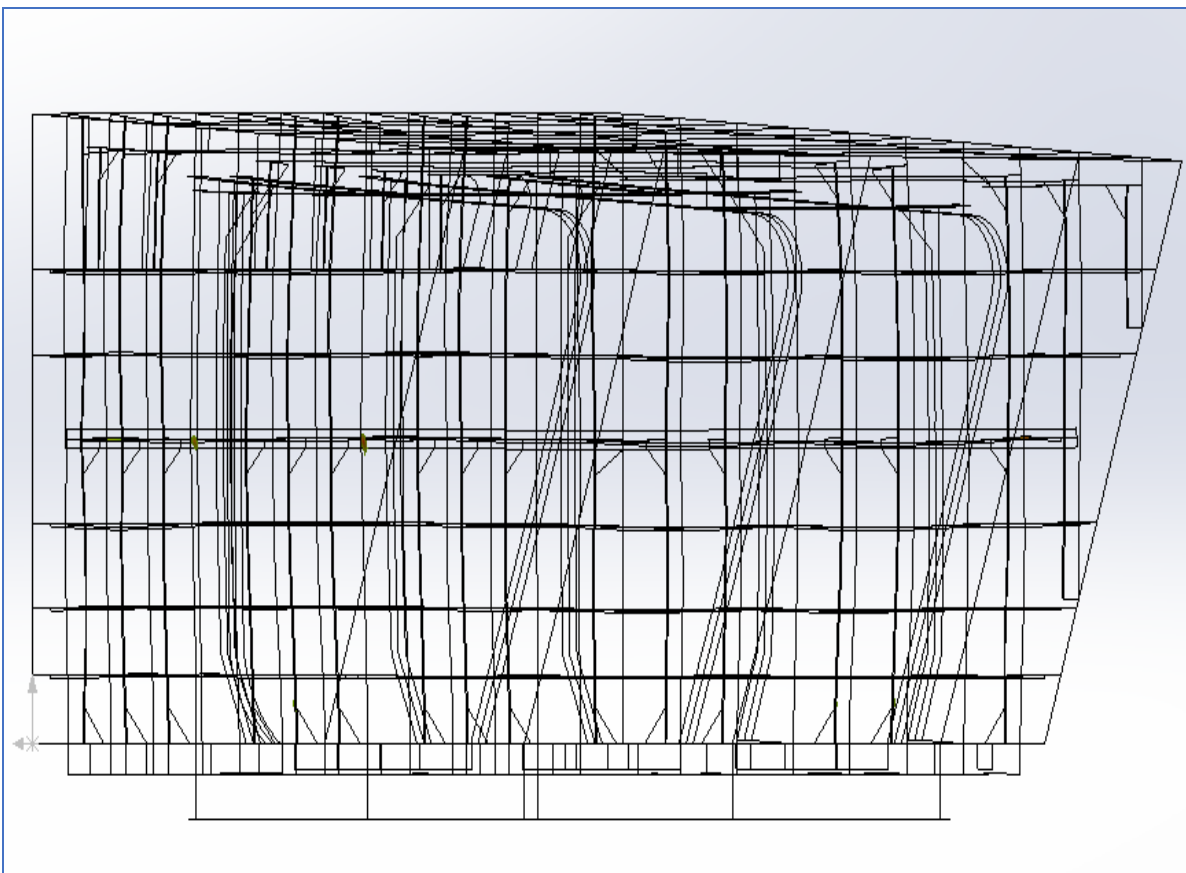
Στην συνέχεια με την εντολή *ISO Clipping*, ορίστηκε το όριο 235 Mpa. Σκοπός είναι η εμφάνιση των περιοχών της δεξαμενής που υπερβαίνουν αυτό το όριο τάσης. Στην Εικόνα 86 - Περιοχές που υπερβαίνουν το όριο τάσεως σε μεγέθυνση και Εικόνα 87 -



Περιοχές που υπερβαίνουν το όριο τάσεως εμφανίζονται τρεις τέτοιες μικρές περιοχές στην φρακτή LP9.



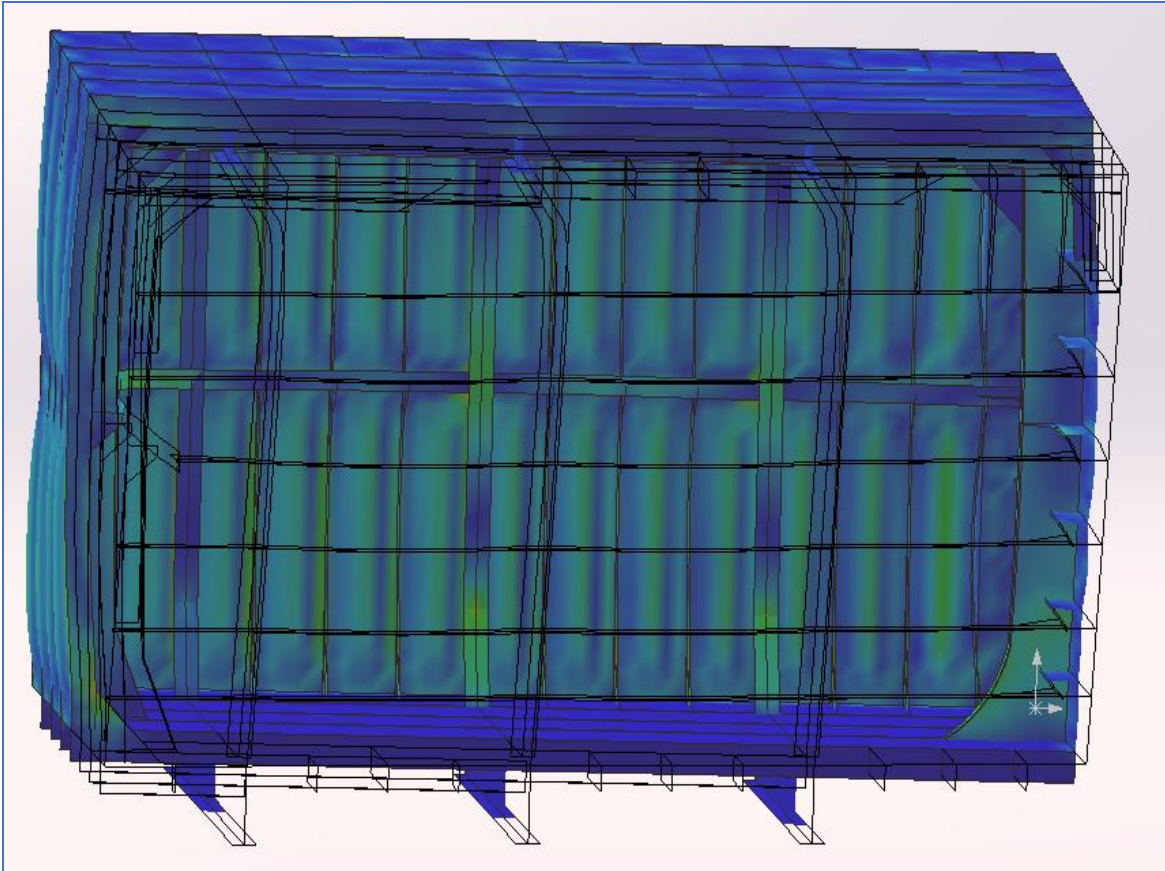
Εικόνα 86 - Περιοχές που υπερβαίνουν το όριο τάσεως σε μεγέθυνση



Εικόνα 87 - Περιοχές που υπερβαίνουν το όριο τάσεως

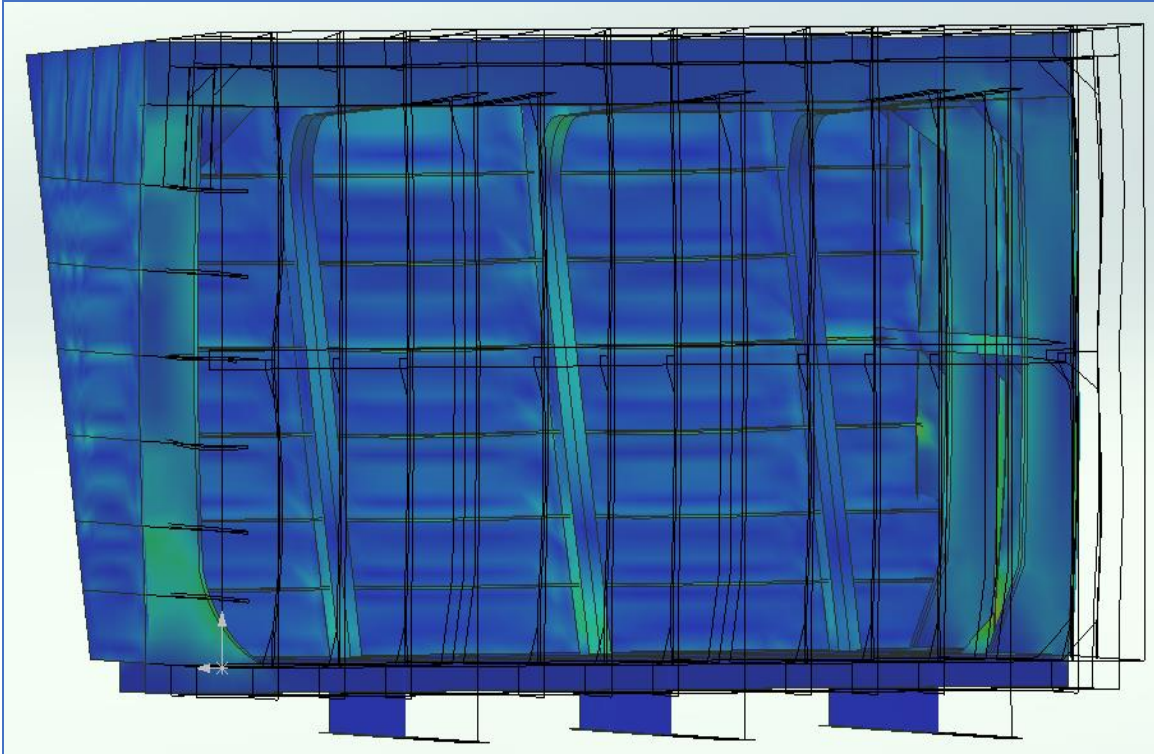
Με την εντολή “*Section Clipping*”, πραγματοποιήθηκαν τομές για την κατανόηση των παραμορφώσεων στο εσωτερικό της δεξαμενής.

Η Εικόνα 88- Κατανομή τάσεων *von-Mises* σε διαμήκης τομή δεξαμενής σε πλήρως γεμισμένη δεξαμενή, *LP9* , είναι μια διαμήκης τομή της δεξαμενής όπου εμφανίζονται οι παραμορφώσεις στο εσωτερικό τμήμα της δεξαμενής κοιτώντας προς την φρακτή *LP9*.



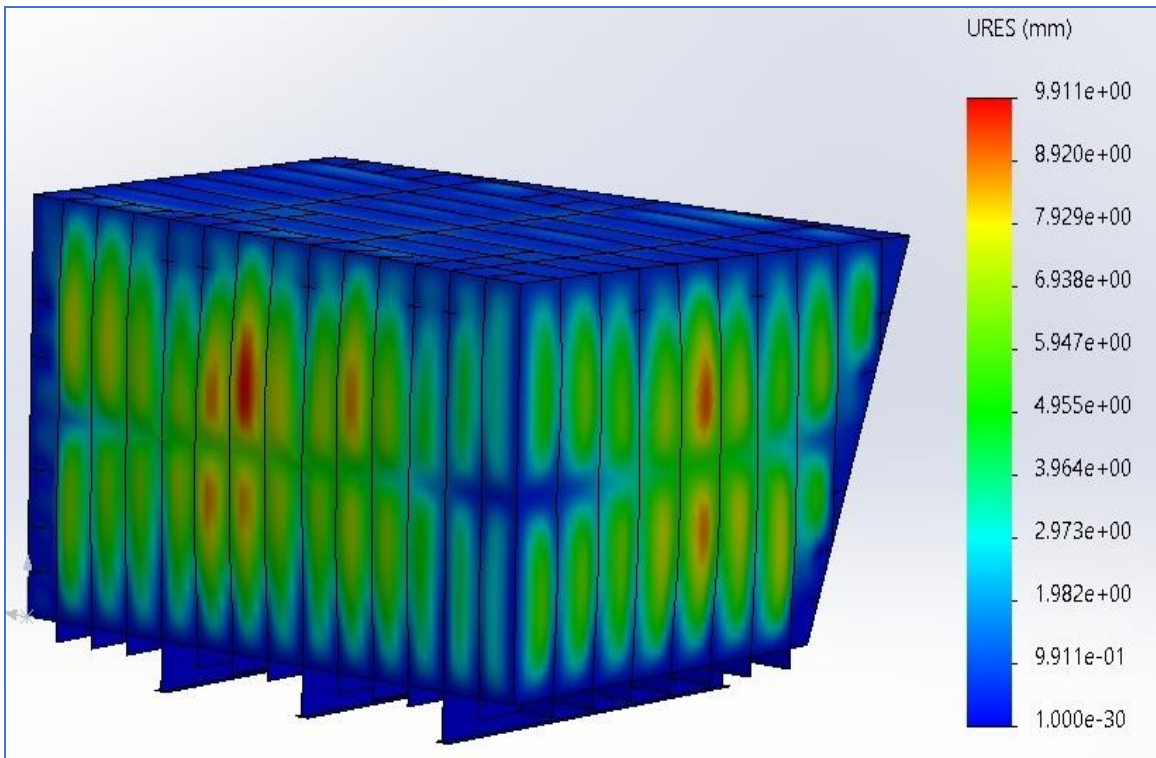
Εικόνα 88- Κατανομή τάσεων *von-Mises* σε διαμήκης τομή δεξαμενής σε πλήρως γεμισμένη δεξαμενή, *LP9*

Η Εικόνα 89 - Κατανομή τάσεων *von-Mises* σε διαμήκης τομή δεξαμενής σε πλήρως γεμισμένη δεξαμενή, *LP18* , είναι μια διαμήκης τομή της δεξαμενής όπου εμφανίζονται οι παραμορφώσεις στο εσωτερικό τμήμα της δεξαμενής κοιτώντας προς την φρακτή *LP18*.



Εικόνα 89 - Κατανομή τάσεων von-Mises σε διαμήκης τομή δεξαμενής σε πλήρως γεμισμένη δεξαμενή, LP18

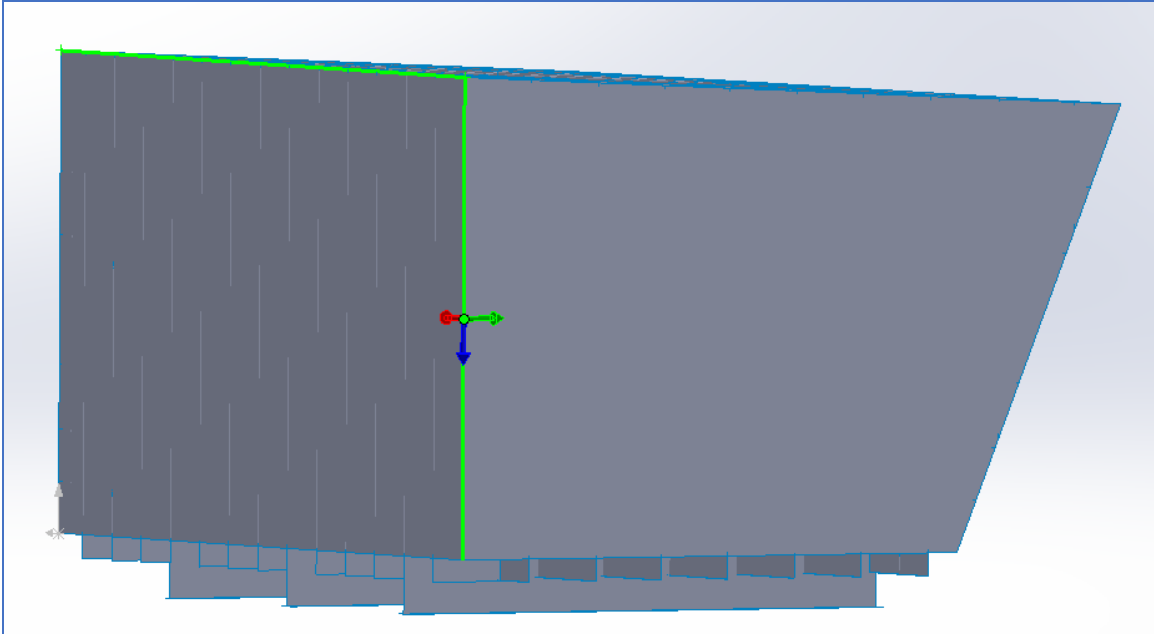
Έπειτα ακολουθεί η Εικόνα 90 - *Displacement* πλήρως γεμισμένης δεξαμενής..



Εικόνα 90 - *Displacement* πλήρως γεμισμένης δεξαμενής

Για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων της δεξαμενή σε μέχρι την μέση κατάσταση τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα ίδια οι αλλαγές είναι στο σύστημα συντεταγμένων που δημιουργήθηκε το σημείο μέχρι το οποίο η δεξαμενή είναι γεμάτη  $h = 2.5 \text{ m}$ .

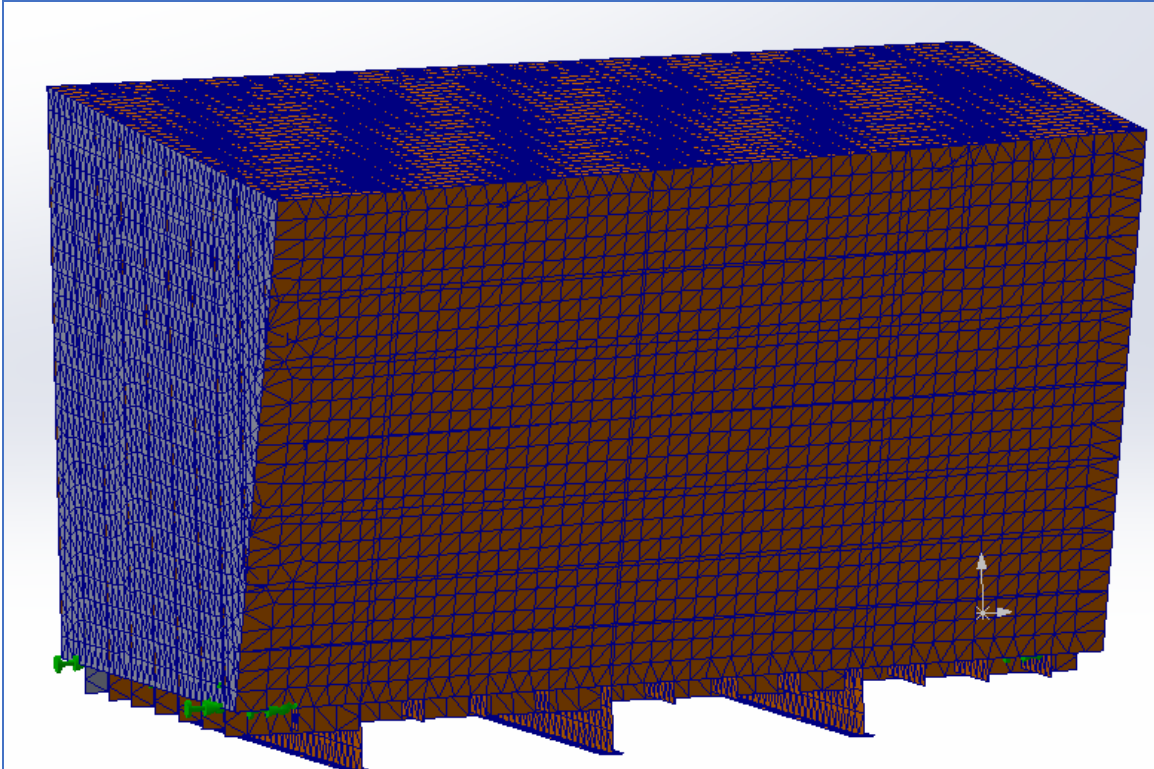
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 91 - Κέντρο αξόνων δεξαμενής, μέχρι την μέση γεμισμένη



Εικόνα 91 - Κέντρο αξόνων δεξαμενής, μέχρι την μέση γεμισμένη

Αντίστοιχα εφαρμόστηκαν οι υδροστατικές πιέσεις στις φρακτές και έπειτα οι στατικές, οι δυναμικές και οι *Sloshing* πιέσεις που υπολογίσθηκαν από τους κανονισμούς νηογωμόνων.

Δημιουργήθηκε καινούριο *mesh*, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 92 – *Mesh* Δεξαμενής μέχρι την μέση γεμισμένη παρακάτω.



Εικόνα 92 – Mesh Δεξαμενής μέχρι την μέση γεμισμένη

Ο Πίνακας 23 - Χαρακτηριστικά πλέγματος για πλήρως γεμισμένη δεξαμενή που ακολουθεί εκφράζει μερικά χαρακτηριστικά του πλέγματος που δημιουργήθηκε.

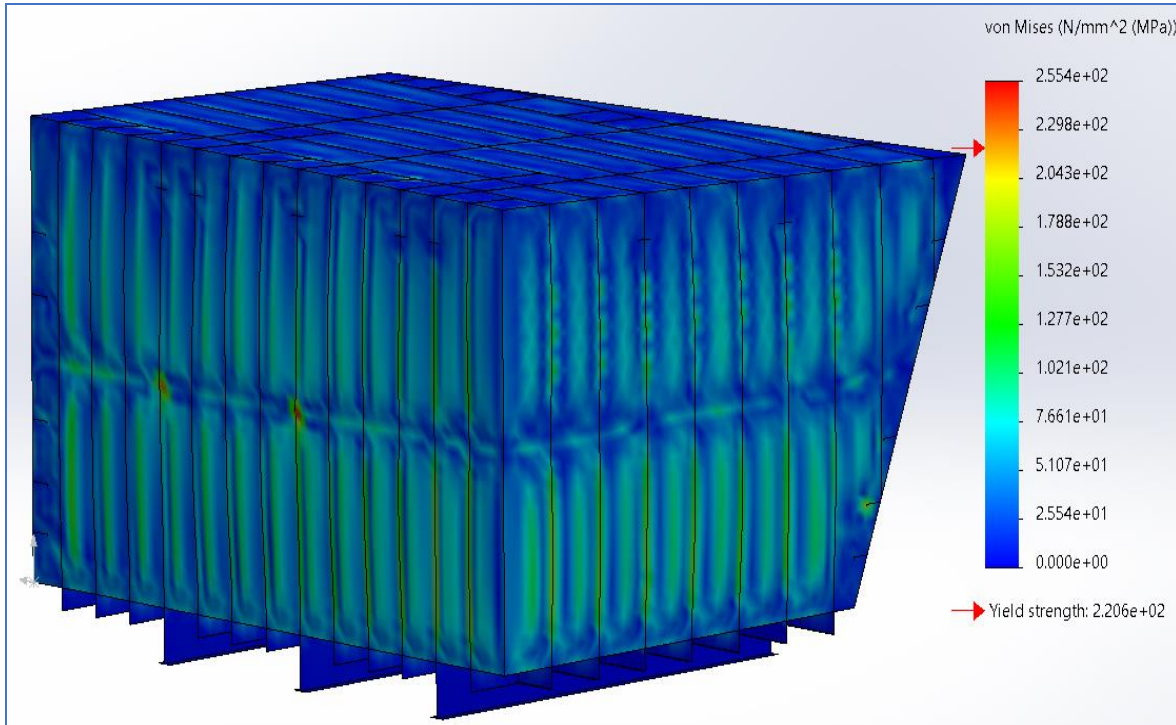
Πίνακας 23 - Χαρακτηριστικά πλέγματος για πλήρως γεμισμένη δεξαμενή

<i>Element Size</i>	200 mm
<i>Tolerance</i>	10 mm
<i>Mesh Quality</i>	High
<i>Total Nodes</i>	50,042
<i>Total Elements</i>	22,349

Τέλος για την τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων επιλέχθηκε η εντολή “*Run This Study*”.

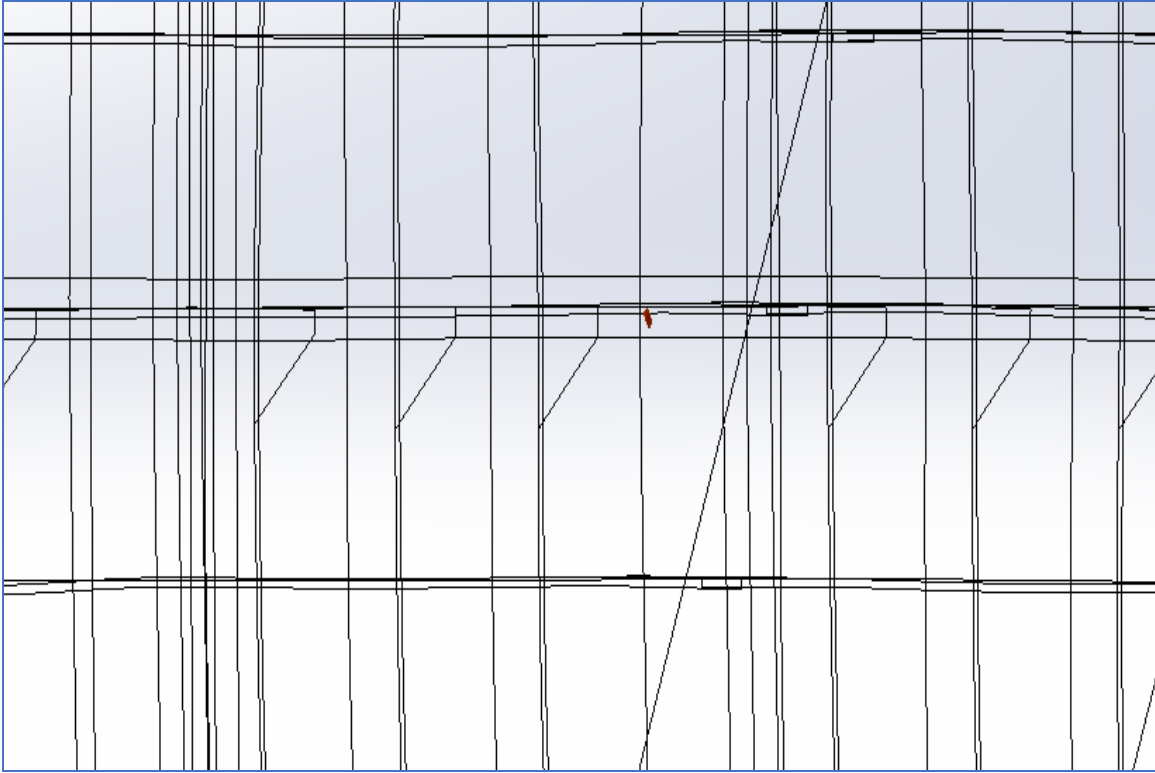
Στην συνέχεια με την εντολή “*edit definition*”, μετατράπηκε η τιμή η οποία μεγεθύνει το κατά πόσες φορές φαίνονται μεγαλύτερες οι παραμορφώσεις. Η τιμή που ορίστηκε είναι το 20.

Η Εικόνα 92 – Κατανομή τάσεων *Stress (vonMises)* σε μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής παρουσιάζει την κατανομή τάσεων σε  $N/mm^2$ .

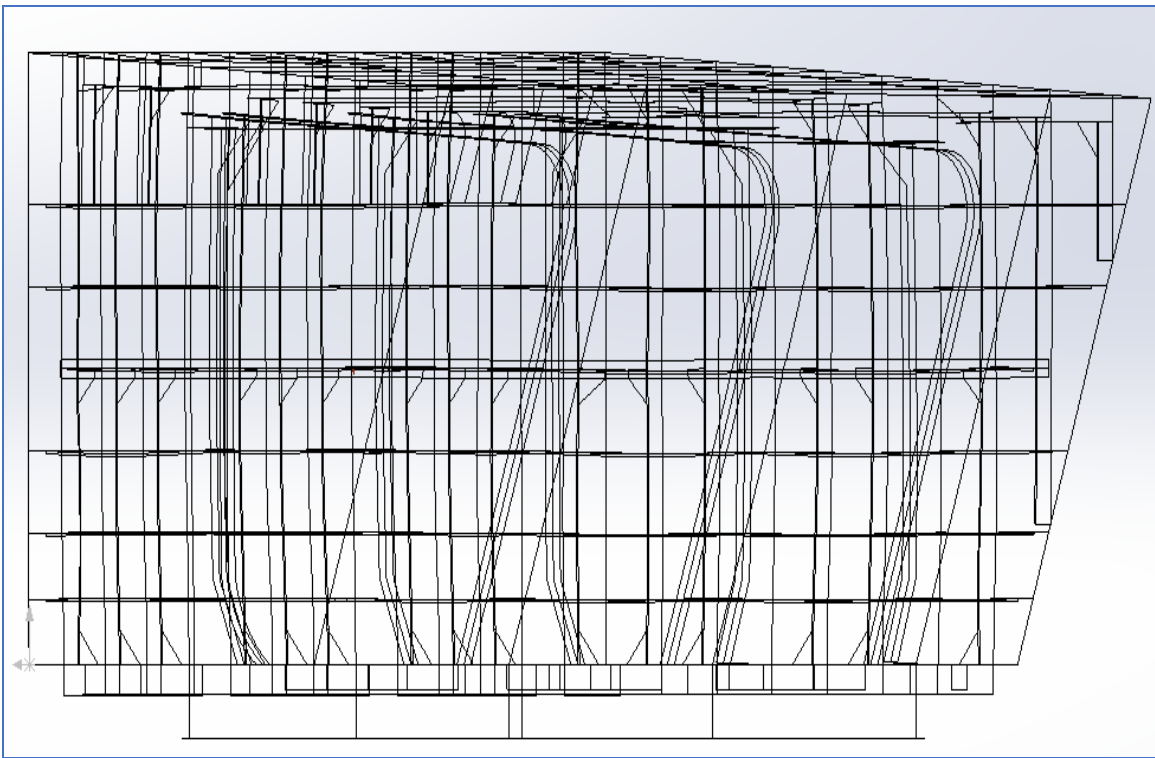


Εικόνα 92 – Κατανομή τάσεων *Stress (vonMises)* σε μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής

Στην συνέχεια με την εντολή *ISO Clipping*, ορίστηκε το όριο  $235\text{ Mpa}$ , σύμφωνα με τους παλιού κανονισμούς. Σκοπός είναι η εμφάνιση των περιοχών της δεξαμενής που υπερβαίνουν αυτό το όριο τάσης. Στην Εικόνα 93 - Περιοχή που υπερβαίνει το όριο τάσεως σε μεγέθυνση και Εικόνα 94 - Περιοχή που υπερβαίνει το όριο τάσεως εμφανίζεται μια τέτοια μικρή περιοχή στην φρακτή *LP9*.



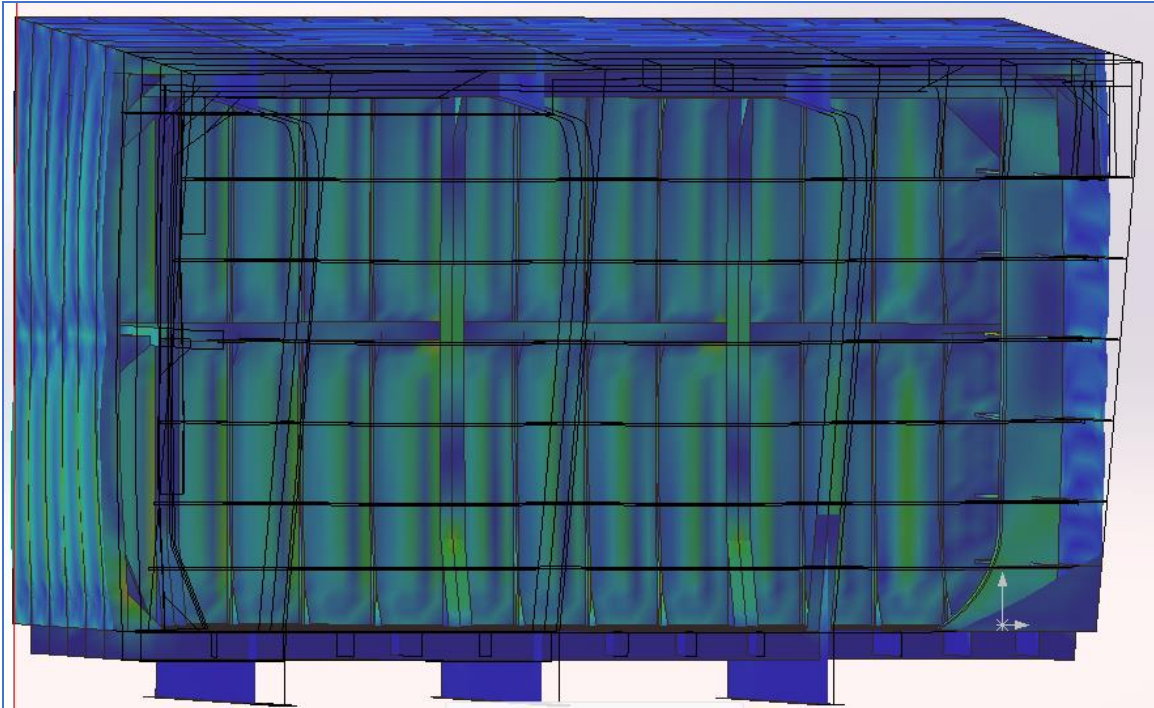
Εικόνα 93 - Περιοχή που υπερβαίνει το όριο τάσεως σε μεγέθυνση



Εικόνα 94 - Περιοχή που υπερβαίνει το όριο τάσεως

Με την εντολή “*Section Clipping*”, πραγματοποιήθηκαν τομές για την κατανόηση των παραμορφώσεων στο εσωτερικό της δεξαμενής.

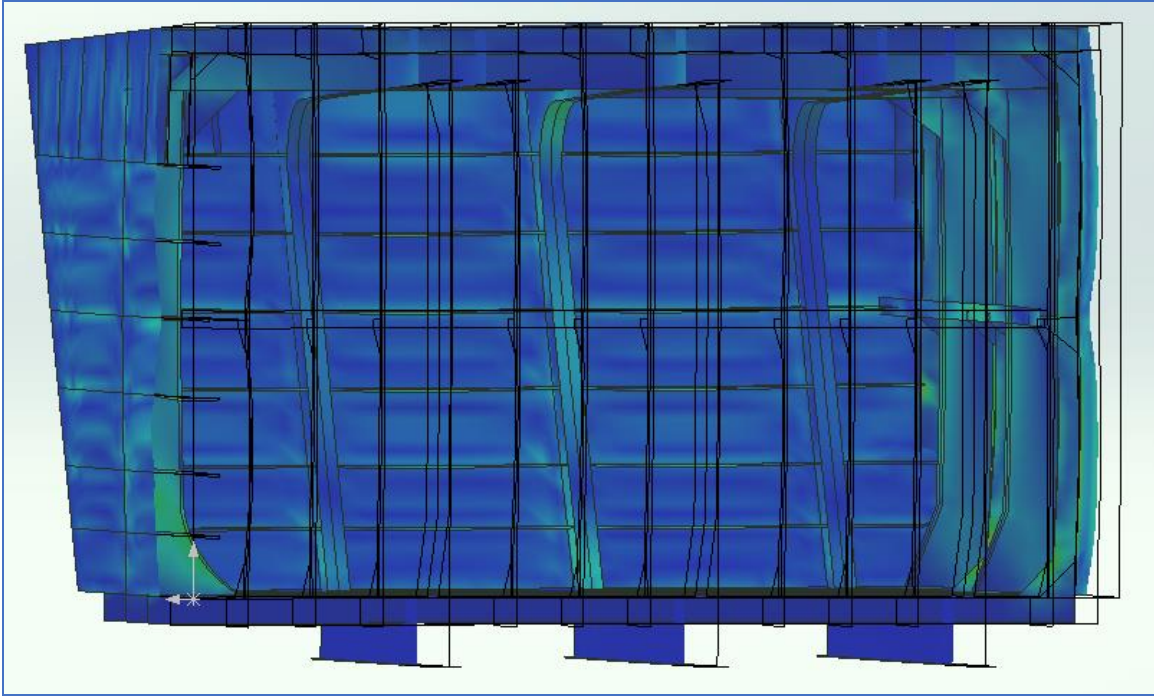
Η Εικόνα 95- Κατανομή τάσεων *vonMises* σε διαμήκης τομή δεξαμενής σε μέχρι την μέση γεμισμένη δεξαμενή, *LP9*, είναι μια διαμήκης τομή της δεξαμενής όπου εμφανίζονται οι παραμορφώσεις στο εσωτερικό τμήμα της δεξαμενής κοιτώντας προς την φρακτή *LP9*.



Εικόνα 95- Κατανομή τάσεων *vonMises* σε διαμήκης τομή δεξαμενής σε μέχρι την μέση γεμισμένη δεξαμενή, *LP9*

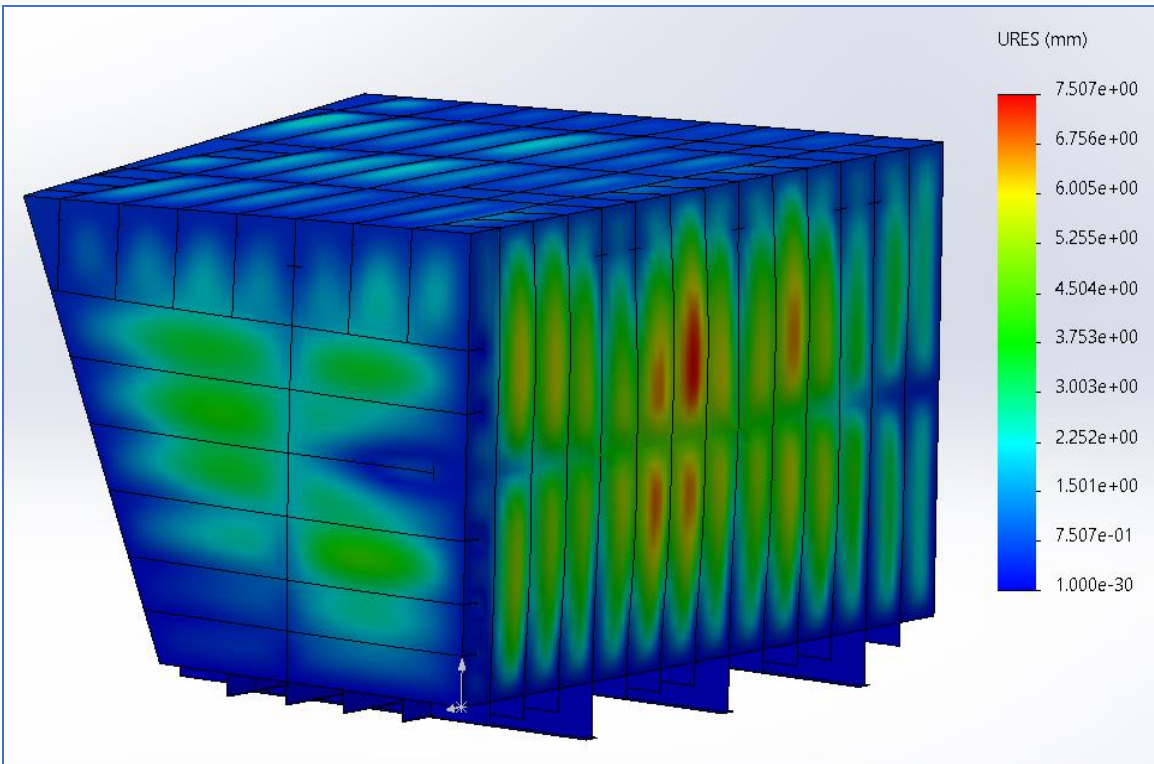
Η Εικόνα 96 - Κατανομή τάσεων *vonMises* σε διαμήκης τομή δεξαμενής σε μέχρι την μέση γεμισμένη δεξαμενή, *LP18*, είναι μια διαμήκης τομή της δεξαμενής όπου εμφανίζονται οι παραμορφώσεις στο εσωτερικό τμήμα της δεξαμενής κοιτώντας προς την φρακτή *LP18*.





Εικόνα 96 - Κατανομή τάσεων vonMises σε διαμήκης τομή δεξαμενής σε μέχρι την μέση γεμισμένη δεξαμενή, LP18

Ακολουθεί η Εικόνα 97 - Displacement σε μέχρι την μέση γεμισμένη δεξαμενή.



Εικόνα 97 - Displacement σε μέχρι την μέση γεμισμένη δεξαμενή

## 9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, έγινε σύγκριση των Κοινών Κανονισμών του *IACS (Common Structural Rules)* και της μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων για την αντοχή των τοιχωμάτων μια δεξαμενής *Fresh Water*. Η προκειμένη δεξαμενή είναι κατασκευασμένη σύμφωνα τους προγενέστερους κανονισμούς.

Από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε με βάση τους Κοινούς Κανονισμούς του *IACS (Common Structural Rules)*, η δεξαμενή ικανοποιεί τις απαιτήσεις που σχετίζονται με την διαστασιολόγηση του ελάσματος. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως το επιλεγμένο πάχος από τους προγενέστερους κανονισμούς είναι μεγαλύτερο σε όλες τις φρακτές από αυτό που υπολογίστηκε από τους Κοινούς Κανονισμούς του *IACS*.

Σε σχέση όμως με τα πάχη των κύριων και δευτερευόντων ενισχυτικών οι απαιτήσεις των Κοινών Κανονισμών του *IACS*, δεν ικανοποιούνται διότι σε αρκετές περιπτώσεις η ροπή αντίστασης που υπολογίστηκε είναι μεγαλύτερη της πραγματικής.

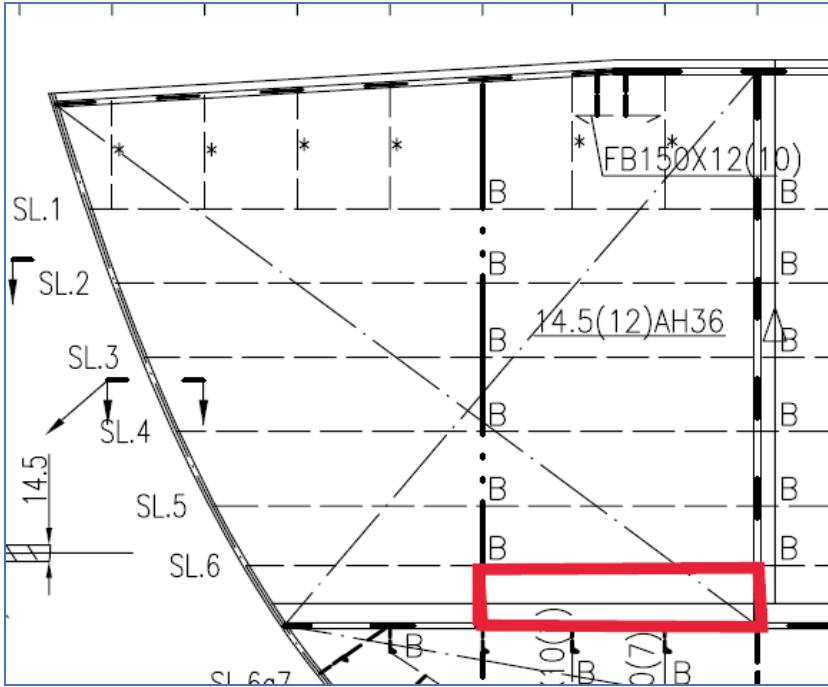
Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι Κοινοί Κανονισμοί του *IACS (Common Structural Rules)*, είναι πιο αυστηροί προς την ενίσχυση της δεξαμενής, από τους προγενέστερους κανονισμούς στους οποίους βασίστηκαν οι μελέτες για τη συγκεκριμένη δεξαμενή στην κατασκευή της.

Από την μελέτη που έγινε με την χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων, τα αποτελέσματα δεν δείχνουν υπερβολικές παραμορφώσεις αλλά ούτε και μηδαμινές. Οι περιοχές που υπερβαίνουν το όριο τάσεων  $235 \text{ MPa}$ , είναι μικρές και ελάχιστες. Με την εφαρμογή των Υδροστατικών, Στατικών, Δυναμικών και *Sloshing* πιέσεων, το αποτέλεσμα χαρακτηρίζεται ως ορθολογικό. Οι προγενέστεροι κανονισμοί είναι επαρκής σύμφωνα με τα αποτελέσματα από το *Solidworks*.

Τα παραπάνω αποτελέσματα οδηγούν επίσης στο συμπέρασμα ότι η Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων, επιβεβαιώνει πως οι Κοινοί Κανονισμοί του *IACS* είναι ρεαλιστικοί, όσον αφορά τα τοιχώματα των δεξαμενών.

Σύμφωνα με τους Κοινούς Κανονισμούς του *IACS (Common Structural Rules)*, τα πάχη που υπολογίστηκαν για τα ενισχυτικά και τα ελάσματα, παρουσίασαν διαφορετικές τιμές στις δυο περιπτώσεις πληρότητας της δεξαμενής. Συγκεκριμένα στις φρακτές *Frame 8* και *Transom* όπου ασκείται η *Sloshing* πίεση, οι τιμές του πάχους ήταν μεγαλύτερες για την κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής, από την κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός του ότι η πίεση *Sloshing* εμφανίζει μεγαλύτερη τιμή σε κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένη δεξαμενή. Στην προκειμένη κατάσταση, το κενό χώρου που υπάρχει πάνω από την στάθμη της δεξαμενής, επιτρέπει στο υγρό που βρίσκεται μέσα σε αυτή να κινείται με περισσότερη ελευθερία και να προσκρούεται με μεγαλύτερες δυνάμεις.

Η μεγαλύτερη τιμή της εσωτερικής πίεσης στην δεξαμενή, σύμφωνα με τους Κοινούς Κανονισμούς του *IACS*, παρουσιάζεται στην φρακτή *Transom*. Η κατάσταση της δεξαμενής είναι μέχρι της μέση γεμισμένη και η τιμή της πίεσης είναι  $124.865 \text{ kN/m}^2$ . Το τμήμα στο οποίο εμφανίζεται βρίσκεται κοντά στους πυθμένα της δεξαμενής, Εικόνα 98 - Τμήμα της δεξαμενής που παρουσιάζει μεγαλύτερη εσωτερική πίεση.



Εικόνα 98 - Τμήμα της δεξαμενής που παρουσιάζει μεγαλύτερη εσωτερική πίεση

## 10 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με την ολοκλήρωση της ανωτέρω μελέτης, προέκυψαν οι παρακάτω προτάσεις για μελλοντική συνέχεια ή παραλλαγές την παρούσας εργασίας, συγκρίνοντας τους Κοινούς Κανονισμούς του *IACS* (*CSR*), την μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων και τους προγενέστερους κανονισμούς.

- Πραγματοποίηση μελέτης για την αντοχή των τοιχωμάτων δεξαμενής, σε διάφορες καταστάσεις πληρότητας. Με αυτό τον τρόπο θα επιτυγχάνεται η βέλτιστη επιλογή των κατασκευαστικών στοιχείων, που θα πληρούν τις απαιτήσεις για όλα τα πιθανά σενάρια.
- Η εξέταση της αντοχής των τοιχωμάτων της ίδιας δεξαμενής η οποία θα περιέχει υγρό με διαφορετική πυκνότητα.
- Η εξέταση της αντοχής των τοιχωμάτων μιας παρόμοιας δεξαμενής η οποία θα έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με τους Κοινούς Κανονισμούς του *IACS*.
- Έλεγχος της αντοχής των τοιχωμάτων δεξαμενής στην περίπτωση που περιέχει θερμαινόμενα υγρά, όπου θα έπρεπε να υπολογισθούν και οι Θερμικές φορτίσεις.

## 11 ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω πρωτίστως τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Μηχ. Αλέξανδρο Θεοδουλίδη, καθώς μου στάθηκε καθοδηγώντας την προσπάθεια μου και μου πρόσφερε την ευκαιρία να ασχοληθώ και να κατανοήσω καλύτερα εφαρμογή των κανονισμών και τις δυνατότητες των πεπερασμένων στοιχείων.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Alpha Marine Consulting P.C., που μου παραχώρησε το λογισμικό για τον υπολογισμό των επιταχύνσεων.

Ακόμα, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον πατέρα μου, την αδελφή μου και την φίλη μου την Αλεξάνδρα για την υποστήριξη τους.

Τέλος, αφιερώνω ολοκληρωτικά αυτή την προσπάθεια στη μνήμη της μητέρας μου.

## 12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] *History of finite element analysis* (ημ. ανα.: 10/10/2021) :  
<https://www.odonnellconsulting.com/what-we-do/expert-witness-forensic-engineering/forensic-engineering-expert-witness/history-of-fea/>
- [2] *What is finite element analysis (FEA)?* (ημ. ανα.: 10/10/2021) :  
<https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/finite-element-analysis>
- [3] Μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων (ημ. ανα.: 23/10/2021) :  
<https://el.wikipedia.org/wiki/>
- [4] Η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων (ημ. ανα.: 15/05/2022) :  
<http://users.ntua.gr/caridis/methodoi/keimena/chap%2003/Chapter%2003.pdf>
- [5] *Solidworks* (ημ. ανα.: 23/10/2021) :  
<https://en.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
- [6] *Solidworks 3D Cad* (ημ. ανα.: 23/10/2021) :  
<https://innovera.gr/solidworks-3d-cad/>
- [7] Σημειώσεις μαθήματος Κανονισμοί Νηογνώμωνων (ημ. ανα.: 20/02/2022) :  
<https://eclass.uniwa.gr/modules/document/?course=NA204>
- [8] International Association of Classification Societies (ημ. ανα.: 23/10/2021) :  
[https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Association\\_of\\_Classification\\_Societies](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Association_of_Classification_Societies)
- [9] Common Structural Rules (ημ. ανα.: 05/2019):  
<https://iacs.org.uk/publications/common-structural-rules/>
- [10] 9 New Aspects of IACS Harmonized Common Structural Rules (CSR) for Ships (ημ. ανα.: 15/05/2022) :

**APPENDIX I - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των εσωτερικών πιέσεων σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής.

Για τη Φρακτή LP18, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

**Πίνακας 24 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή LP18**

LP18 Φρακτή					
x (m)	y (m)	z (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
4.2	13.71	18.3	10.595	6.944	17.539
2.4	13.71	18.3	10.595	9.666	20.260
0	13.71	18.3	10.595	13.294	23.889
-2.35	13.71	18.3	10.595	16.848	27.442
4.2	13.71	17.725	16.236	9.092	25.328
2.4	13.71	17.725	16.236	11.814	28.049
0	13.71	17.725	16.236	15.443	31.678
-2.35	13.71	17.725	16.236	18.996	35.231
4.2	13.71	16.755	25.751	12.716	38.467
2.4	13.71	16.755	25.751	15.438	41.189
0	13.71	16.755	25.751	19.066	44.818
-2.35	13.71	16.755	25.751	22.620	48.371
4.2	13.71	16.082	32.353	15.230	47.584
2.4	13.71	16.082	32.353	17.952	50.305
0	13.71	16.082	32.353	21.581	53.934
-2.35	13.71	16.082	32.353	25.134	57.487
4.2	13.71	15.415	38.897	17.722	56.619
2.4	13.71	15.415	38.897	20.444	59.340
0	13.71	15.415	38.897	24.072	62.969
-2.35	13.71	15.415	38.897	27.626	66.522
4.2	13.71	14.81	44.832	19.982	64.814
2.4	13.71	14.81	44.832	22.704	67.536
0	13.71	14.81	44.832	26.333	71.164
-2.35	13.71	14.81	44.832	29.886	74.718
4.2	13.71	14.27	50.129	22.000	72.129
2.4	13.71	14.27	50.129	24.721	74.850
0	13.71	14.27	50.129	28.350	78.479
-2.35	13.71	14.27	50.129	31.903	82.032

Για τη Φρακτή *Frame 8*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 25 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Frame 8*

<i>Frame 8</i>					
<i>x (m)</i>	<i>y (m)</i>	<i>z (m)</i>	$P_{is} (kN/m^2)$	$P_{id} (kN/m^2)$	$P_{in} (kN/m^2)$
4.2	7.55	17.71	16.383	42.581	71.210
4.2	8.35	17.71	16.383	38.239	66.868
4.2	9.128	17.71	16.383	34.017	62.646
4.2	9.928	17.71	16.383	29.675	58.304
4.2	10.728	17.71	16.383	25.333	53.962
4.2	11.528	17.71	16.383	20.991	49.620
4.2	12.328	17.71	16.383	16.649	45.278
4.2	13.128	17.71	16.383	12.307	40.936
4.2	14.008	17.71	16.383	7.531	36.160
4.2	14.628	17.71	16.383	4.166	32.795
4.2	7.55	15.21	40.908	51.921	105.075
4.2	8.35	15.21	40.908	47.579	100.733
4.2	9.128	15.21	40.908	43.356	96.510
4.2	9.928	15.21	40.908	39.015	92.168
4.2	10.728	15.21	40.908	34.673	87.827
4.2	11.528	15.21	40.908	30.331	83.485
4.2	12.328	15.21	40.908	25.989	79.143
4.2	13.128	15.21	40.908	21.647	74.801
4.2	13.618	15.21	40.908	18.987	72.141



Για τη Φρακτή *Transom*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 26 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Transom*

<i>Transom</i>					
<i>x (m)</i>	<i>y (m)</i>	<i>z (m)</i>	$P_{is} (kN/m^2)$	$P_{id} (kN/m^2)$	$P_{in} (kN/m^2)$
-3.5	7.15	18.3	10.595	54.190	73.452
-3.5	7.95	18.3	10.595	49.848	69.110
-3.5	8.74	18.3	10.595	45.561	64.822
-3.5	9.53	18.3	10.595	41.273	60.535
-3.5	10.33	18.3	10.595	36.931	56.193
-3.5	11.13	18.3	10.595	32.589	51.851
-3.5	11.93	18.3	10.595	28.247	47.509
-3.5	12.63	18.3	10.595	24.448	43.710
-3.5	7.93	17.725	16.236	52.105	77.007
-3.5	10.82	17.425	19.179	37.541	65.386
-3.5	7.93	16.755	25.751	55.729	90.147
-3.5	10.71	16.755	25.751	40.641	75.059
-3.5	7.93	16.082	32.353	58.243	99.263
-3.5	10.58	16.085	32.324	43.849	84.840
-3.5	7.93	15.415	38.897	60.735	108.298
-3.5	10.44	15.415	38.897	47.112	94.676
-3.5	7.93	14.81	44.832	62.995	116.494
-3.5	10.29	14.81	44.832	50.187	103.685
-3.5	7.93	14.27	50.129	65.013	123.808
-3.5	10.14	14.27	50.129	53.018	111.814

Για τη Φρακτή *Upper Deck*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 27 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Upper Deck*

<i>Upper Deck</i>					
<i>x (m)</i>	<i>y (m)</i>	<i>z (m)</i>	<i>P<sub>is</sub> (kN/m<sup>2</sup>)</i>	<i>P<sub>id</sub> (kN/m<sup>2</sup>)</i>	<i>P<sub>in</sub> (kN/m<sup>2</sup>)</i>
4.2	13.87	19	3.728	3.460	7.188
2.4	13.87	19	3.728	6.182	9.910
4.2	12.73	19	3.728	9.648	13.376
2.4	12.73	19	3.728	12.369	16.097
0	12.73	19	3.728	15.998	19.726
-2.35	12.73	19	3.728	19.551	23.279
4.2	11.93	19	3.728	13.990	17.718
2.4	11.93	19	3.728	16.711	20.439
0	11.93	19	3.728	20.340	24.068
-2.35	11.93	19	3.728	23.893	27.621
4.2	11.13	19	3.728	18.332	22.059
2.4	11.13	19	3.728	21.053	24.781
0	11.13	19	3.728	24.682	28.410
-2.35	11.13	19	3.728	28.235	31.963
4.2	10.33	19	3.728	22.674	26.401
2.4	10.33	19	3.728	25.395	29.123
0	10.33	19	3.728	29.024	32.752
-2.35	10.33	19	3.728	32.577	36.305
4.2	9.53	19	3.728	27.016	30.743
2.4	9.53	19	3.728	29.737	33.465
0	9.53	19	3.728	33.366	37.094
-2.35	9.53	19	3.728	36.919	40.647
4.2	8.74	19	3.728	31.303	35.031
2.4	8.74	19	3.728	34.025	37.753
0	8.74	19	3.728	37.654	41.381
-2.35	8.74	19	3.728	41.207	44.935
4.2	7.95	19	3.728	35.591	39.319
2.4	7.95	19	3.728	38.313	42.040
0	7.95	19	3.728	41.941	45.669
-2.35	7.95	19	3.728	45.495	49.222
4.2	7.15	19	3.728	39.933	43.661
2.4	7.15	19	3.728	42.655	46.382
0	7.15	19	3.728	46.283	50.011
-2.35	7.15	19	3.728	49.837	53.564

Για τη Φρακτή *Upper Platform*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 28 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Upper Platform*

Upper Platform					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{is}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{id}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
4.2	13.52	14	52.778	24.040	76.817
4.2	13.12	14	52.778	26.211	78.988
3	12.81	14	52.778	29.707	82.485
1.8	12.81	14	52.778	31.522	84.300
4.2	11.93	14	52.778	32.669	85.447
3	11.93	14	52.778	34.484	87.261
1.8	11.93	14	52.778	36.298	89.076
0	11.53	14	52.778	41.191	93.968
4.2	10.33	14	52.778	41.353	94.131
2.4	10.33	14	52.778	44.075	96.853
0	10.33	14	52.778	47.704	100.481
-2.35	10.73	14	52.778	49.086	101.864
4.2	9.53	14	52.778	45.695	98.473
2.4	9.53	14	52.778	48.417	101.194
0	9.53	14	52.778	52.045	104.823
-2.35	9.53	14	52.778	55.599	108.376
4.2	8.74	14	52.778	49.983	102.761
2.4	8.74	14	52.778	52.704	105.482
0	8.74	14	52.778	56.333	109.111
-2.35	8.74	14	52.778	59.886	112.664
4.2	7.95	14	52.778	54.270	107.048
2.4	7.95	14	52.778	56.992	109.770
0	7.95	14	52.778	60.621	113.399
-2.35	7.95	14	52.778	64.174	116.952
4.2	7.15	14	52.778	58.612	111.390
2.4	7.15	14	52.778	61.334	114.112
0	7.15	14	52.778	64.963	117.741
-2.35	7.15	14	52.778	68.516	121.294

## APPENDIX II - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των εσωτερικών πιέσεων σε κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής.

Για τη Φρακτή LP9, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 29- Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή LP9

LP9 Φρακτή					
x (m)	y (m)	z (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
4.5	6.75	17.71	16.383	46.470	62.852
3.9	6.75	17.71	16.383	47.377	63.760
3.3	6.75	17.71	16.383	48.284	64.667
2.7	6.75	17.71	16.383	49.191	65.574
2.1	6.75	17.71	16.383	50.098	66.481
1.5	6.75	17.71	16.383	51.006	67.388
0.9	6.75	17.71	16.383	51.913	68.296
0.3	6.75	17.71	16.383	52.820	69.203
-0.3	6.75	17.71	16.383	53.727	70.110
-0.9	6.75	17.71	16.383	54.634	71.017
-1.5	6.75	17.71	16.383	55.542	71.924
-2.1	6.75	17.71	16.383	56.449	72.832
-2.7	6.75	17.71	16.383	57.356	73.739
-3.3	6.75	17.71	16.383	58.263	74.646
4.5	6.75	15.21	40.908	55.809	96.717
3.9	6.75	15.21	40.908	56.717	97.624
3.3	6.75	15.21	40.908	57.624	98.531
2.7	6.75	15.21	40.908	58.531	99.439
2.1	6.75	15.21	40.908	59.438	100.346
1.5	6.75	15.21	40.908	60.345	101.253
0.9	6.75	15.21	40.908	61.253	102.160
0.3	6.75	15.21	40.908	62.160	103.067
-0.3	6.75	15.21	40.908	63.067	103.975
-0.9	6.75	15.21	40.908	63.974	104.882
-1.5	6.75	15.21	40.908	64.881	105.789
-2.1	6.75	15.21	40.908	65.789	106.696
-2.7	6.75	15.21	40.908	66.696	107.603
-3.3	6.75	15.21	40.908	67.603	108.511

Για τη Φρακτή *LP18*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 30- Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *LP18*

<i>LP18</i> Φρακτή					
<i>x</i> (m)	<i>y</i> (m)	<i>z</i> (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
4.2	13.71	18.3	10.595	6.944	17.539
2.4	13.71	18.3	10.595	9.666	20.260
0	13.71	18.3	10.595	13.294	23.889
-2.35	13.71	18.3	10.595	16.848	27.442
4.2	13.71	17.725	16.236	9.092	25.328
2.4	13.71	17.725	16.236	11.814	28.049
0	13.71	17.725	16.236	15.443	31.678
-2.35	13.71	17.725	16.236	18.996	35.231
4.2	13.71	16.755	25.751	12.716	38.467
2.4	13.71	16.755	25.751	15.438	41.189
0	13.71	16.755	25.751	19.066	44.818
-2.35	13.71	16.755	25.751	22.620	48.371
4.2	13.71	16.082	32.353	15.230	47.584
2.4	13.71	16.082	32.353	17.952	50.305
0	13.71	16.082	32.353	21.581	53.934
-2.35	13.71	16.082	32.353	25.134	57.487
4.2	13.71	15.415	38.897	17.722	56.619
2.4	13.71	15.415	38.897	20.444	59.340
0	13.71	15.415	38.897	24.072	62.969
-2.35	13.71	15.415	38.897	27.626	66.522
4.2	13.71	14.81	44.832	19.982	64.814
2.4	13.71	14.81	44.832	22.704	67.536
0	13.71	14.81	44.832	26.333	71.164
-2.35	13.71	14.81	44.832	29.886	74.718
4.2	13.71	14.27	50.129	22.000	72.129
2.4	13.71	14.27	50.129	24.721	74.850
0	13.71	14.27	50.129	28.350	78.479
-2.35	13.71	14.27	50.129	31.903	82.032

Για τη Φρακτή *Frame 8*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 31- Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Frame 8*

Frame 8					
$x (m)$	$y (m)$	$z (m)$	$P_{is} (kN/m^2)$	$P_{id} (kN/m^2)$	$P_{in} (kN/m^2)$
4.2	7.55	17.71	16.383	42.581	72.704
4.2	8.35	17.71	16.383	38.239	68.362
4.2	9.128	17.71	16.383	34.017	64.139
4.2	9.928	17.71	16.383	29.675	59.797
4.2	10.728	17.71	16.383	25.333	55.455
4.2	11.528	17.71	16.383	20.991	51.113
4.2	12.328	17.71	16.383	16.649	46.771
4.2	13.128	17.71	16.383	12.307	42.429
4.2	14.008	17.71	16.383	7.531	37.653
4.2	14.628	17.71	16.383	4.166	34.288
4.2	7.55	15.21	40.908	51.921	106.568
4.2	8.35	15.21	40.908	47.579	102.226
4.2	9.128	15.21	40.908	43.356	98.004
4.2	9.928	15.21	40.908	39.015	93.662
4.2	10.728	15.21	40.908	34.673	89.320
4.2	11.528	15.21	40.908	30.331	84.978
4.2	12.328	15.21	40.908	25.989	80.636
4.2	13.128	15.21	40.908	21.647	76.294
4.2	13.618	15.21	40.908	18.987	73.635

Για τη Φρακτή *Transom*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 32- Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Transom*

<i>Transom</i>					
<i>x (m)</i>	<i>y (m)</i>	<i>z (m)</i>	$P_{is} (kN/m^2)$	$P_{id} (kN/m^2)$	$P_{in} (kN/m^2)$
-3.5	7.15	18.3	10.595	54.190	74.509
-3.5	7.95	18.3	10.595	49.848	70.167
-3.5	8.74	18.3	10.595	45.561	65.879
-3.5	9.53	18.3	10.595	41.273	61.592
-3.5	10.33	18.3	10.595	36.931	57.250
-3.5	11.13	18.3	10.595	32.589	52.908
-3.5	11.93	18.3	10.595	28.247	48.566
-3.5	12.63	18.3	10.595	24.448	44.766
-3.5	7.93	17.725	16.236	52.105	78.064
-3.5	10.82	17.425	19.179	37.541	66.443
-3.5	7.93	16.755	25.751	55.729	91.204
-3.5	10.71	16.755	25.751	40.641	76.116
-3.5	7.93	16.082	32.353	58.243	100.320
-3.5	10.58	16.085	32.324	43.849	85.897
-3.5	7.93	15.415	38.897	60.735	109.355
-3.5	10.44	15.415	38.897	47.112	95.732
-3.5	7.93	14.81	44.832	62.995	117.551
-3.5	10.29	14.81	44.832	50.187	104.742
-3.5	7.93	14.27	50.129	65.013	124.865
-3.5	10.14	14.27	50.129	53.018	112.871

Για τη Φρακτή *Upper Deck*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 33- Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Upper Deck*

Upper Deck					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{is}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{id}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
4.2	13.87	19	3.728	3.460	7.188
2.4	13.87	19	3.728	6.182	9.910
4.2	12.73	19	3.728	9.648	13.376
2.4	12.73	19	3.728	12.369	16.097
0	12.73	19	3.728	15.998	19.726
-2.35	12.73	19	3.728	19.551	23.279
4.2	11.93	19	3.728	13.990	17.718
2.4	11.93	19	3.728	16.711	20.439
0	11.93	19	3.728	20.340	24.068
-2.35	11.93	19	3.728	23.893	27.621
4.2	11.13	19	3.728	18.332	22.059
2.4	11.13	19	3.728	21.053	24.781
0	11.13	19	3.728	24.682	28.410
-2.35	11.13	19	3.728	28.235	31.963
4.2	10.33	19	3.728	22.674	26.401
2.4	10.33	19	3.728	25.395	29.123
0	10.33	19	3.728	29.024	32.752
-2.35	10.33	19	3.728	32.577	36.305
4.2	9.53	19	3.728	27.016	30.743
2.4	9.53	19	3.728	29.737	33.465
0	9.53	19	3.728	33.366	37.094
-2.35	9.53	19	3.728	36.919	40.647
4.2	8.74	19	3.728	31.303	35.031
2.4	8.74	19	3.728	34.025	37.753
0	8.74	19	3.728	37.654	41.381
-2.35	8.74	19	3.728	41.207	44.935
4.2	7.95	19	3.728	35.591	39.319
2.4	7.95	19	3.728	38.313	42.040
0	7.95	19	3.728	41.941	45.669
-2.35	7.95	19	3.728	45.495	49.222
4.2	7.15	19	3.728	39.933	43.661
2.4	7.15	19	3.728	42.655	46.382
0	7.15	19	3.728	46.283	50.011
-2.35	7.15	19	3.728	49.837	53.564



Για τη Φρακτή *Upper Platform*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 34- Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Upper Platform*

Upper Platform					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{is}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{id}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
4.2	13.52	14	52.778	24.040	76.817
4.2	13.12	14	52.778	26.211	78.988
3	12.81	14	52.778	29.707	82.485
1.8	12.81	14	52.778	31.522	84.300
4.2	11.93	14	52.778	32.669	85.447
3	11.93	14	52.778	34.484	87.261
1.8	11.93	14	52.778	36.298	89.076
0	11.53	14	52.778	41.191	93.968
4.2	10.33	14	52.778	41.353	94.131
2.4	10.33	14	52.778	44.075	96.853
0	10.33	14	52.778	47.704	100.481
-2.35	10.73	14	52.778	49.086	101.864
4.2	9.53	14	52.778	45.695	98.473
2.4	9.53	14	52.778	48.417	101.194
0	9.53	14	52.778	52.045	104.823
-2.35	9.53	14	52.778	55.599	108.376
4.2	8.74	14	52.778	49.983	102.761
2.4	8.74	14	52.778	52.704	105.482
0	8.74	14	52.778	56.333	109.111
-2.35	8.74	14	52.778	59.886	112.664
4.2	7.95	14	52.778	54.270	107.048
2.4	7.95	14	52.778	56.992	109.770
0	7.95	14	52.778	60.621	113.399
-2.35	7.95	14	52.778	64.174	116.952
4.2	7.15	14	52.778	58.612	111.390
2.4	7.15	14	52.778	61.334	114.112
0	7.15	14	52.778	64.963	117.741
-2.35	7.15	14	52.778	68.516	121.294

**APPENDIX III - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΑ ΚΥΡΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των εσωτερικών πιέσεων για τα κύρια ενισχυτικά σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής.

Για τη Φρακτή *LP18*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

**Πίνακας 35 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *LP18***

LP18 Κύρια Ενισχυτικά					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
3.6	12.58	17.46	18.835	17.122	35.958
3.6	11.53	15.21	40.908	31.227	72.135
1.2	13.1	17.46	18.835	17.929	36.764
1.2	12.05	15.21	40.908	32.033	72.941
-1.2	13.62	17.46	18.835	18.735	37.571
-1.2	12.58	15.21	40.908	32.786	73.693

Για τη Φρακτή *Frame 8*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

**Πίνακας 36 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Frame 8***

Frame 8 Κύρια Ενισχυτικά					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
3.75	9.13	17.46	18.835	35.620	56.364
3.75	9.13	15.21	40.908	44.026	86.842
3.75	15.3	17.46	18.835	2.133	22.876
3.75	15.3	15.21	40.908	10.539	53.354

Για τη Φρακτή *Transom*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

**Πίνακας 37 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Transom***

Transom Κύρια Ενισχυτικά					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
3.75	9.13	17.46	18.835	35.620	55.469
3.75	9.13	15.21	40.908	44.026	85.948
3.75	15.3	17.46	18.835	2.133	21.982
3.75	15.3	15.21	40.908	10.539	52.460

Για τη Φρακτή *Upper Deck*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 38 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Upper Deck*

Upper Deck Ενισχυτικά					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{is}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{id}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
-2	12.92	18.40	9.614	20.232	29.846
2	12.66	18.43	9.320	15.484	24.803
6	12.41	18.44	9.221	10.755	19.976
-2	10.33	18.58	7.848	33.617	41.465
2	10.32	18.56	8.044	27.698	35.742
6	10.31	18.57	7.946	21.667	29.613
-2	7.93	18.70	6.671	46.195	52.865
2	7.93	18.70	6.671	40.147	46.817
6	7.93	18.70	6.671	34.099	40.769

Για τη Φρακτή *Upper Platform*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 39 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Upper Platform*

Upper Platform Ενισχυτικά					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{is}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{id}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
-2	9.58	13.4	58.664	57.040	115.703
2	9.32	13.4	58.664	52.403	111.067
6	9.05	13.4	58.664	47.820	106.484

**APPENDIX IV - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΑ ΚΥΡΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ ΓΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των εσωτερικών πιέσεων για τα κύρια ενισχυτικά σε κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής.

Για τη Φρακτή LP9, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

**Πίνακας 40 – Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή LP9**

LP9 Κύρια Ενισχυτικά					
$x (m)$	$y (m)$	$z (m)$	$P_{ls} (kN/m^2)$	$P_{ld} (kN/m^2)$	$P_{in} (kN/m^2)$
3.6	6.85	17.46	18.835	48.222	67.057
3.6	6.85	15.21	40.908	56.627	97.535
1.2	6.85	17.46	18.835	51.850	70.686
1.2	6.85	15.21	40.908	60.256	101.164
-1.2	6.85	17.46	18.835	55.479	74.314
-1.2	6.85	15.21	40.908	63.885	104.793

Για τη Φρακτή LP18, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

**Πίνακας 41 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή LP18**

LP18 Κύρια Ενισχυτικά					
$x (m)$	$y (m)$	$z (m)$	$P_{ls} (kN/m^2)$	$P_{ld} (kN/m^2)$	$P_{in} (kN/m^2)$
3.6	12.58	17.46	18.835	17.122	35.958
3.6	11.53	15.21	40.908	31.227	72.135
1.2	13.1	17.46	18.835	17.929	36.764
1.2	12.05	15.21	40.908	32.033	72.941
-1.2	13.62	17.46	18.835	18.735	37.571
-1.2	12.58	15.21	40.908	32.786	73.693

Για τη Φρακτή Frame 8, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

**Πίνακας 42 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή Frame 8**

Frame 8 Κύρια Ενισχυτικά					
$x (m)$	$y (m)$	$z (m)$	$P_{ls} (kN/m^2)$	$P_{ld} (kN/m^2)$	$P_{in} (kN/m^2)$
3.75	9.13	17.46	18.835	35.620	56.596
3.75	9.13	15.21	40.908	44.026	87.074
3.75	15.3	17.46	18.835	2.133	23.109
3.75	15.3	15.21	40.908	10.539	53.587

Για τη Φρακτή *Transom*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 43 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Transom*

Transom Κύρια Ενισχυτικά					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
3.75	9.13	17.46	18.835	35.620	55.593
3.75	9.13	15.21	40.908	44.026	86.071
3.75	15.3	17.46	18.835	2.133	22.106
3.75	15.3	15.21	40.908	10.539	52.584

Για τη Φρακτή *Upper Deck*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 44 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Upper Deck*

Upper Deck Ενισχυτικά					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
-2	12.92	18.40	9.614	20.232	29.846
2	12.66	18.43	9.320	15.484	24.803
6	12.41	18.44	9.221	10.755	19.976
-2	10.33	18.58	7.848	33.617	41.465
2	10.32	18.56	8.044	27.698	35.742
6	10.31	18.57	7.946	21.667	29.613
-2	7.93	18.70	6.671	46.195	52.865
2	7.93	18.70	6.671	40.147	46.817
6	7.93	18.70	6.671	34.099	40.769

Για τη Φρακτή *Upper Platform*, τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 45 - Αποτελέσματα εσωτερικών πιέσεων Φρακτή *Upper Platform*

Upper Platform Ενισχυτικά					
$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	$P_{ls}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{ld}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_{in}$ (kN/m <sup>2</sup> )
-2	9.58	13.4	58.664	57.040	115.703
2	9.32	13.4	58.664	52.403	111.067
6	9.05	13.4	58.664	47.820	106.484

**APPENDIX V - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ**

Παρακάτω απεικονίζονται οι πίνακες για τα πάχη των ελασμάτων σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής.

Για την φρακτική *LP18* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

**Πίνακας 46 - Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *LP18***

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	$a$ (mm)	$b$ (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{build}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
4.109	0.99	2354.68	1024.94	5.881	7.109	14.500	OK	$\beta$	1.5
4.454	1.001	2457.06	1024.94	5.881	7.454	14.500	OK	$\alpha$	1
4.837	1.001	2457.06	1024.94	5.881	7.837	14.500	OK	$k$	0.72
3.369	0.919	1228.53	726.14	5.881	6.369	14.500	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
3.711	1.053	2354.68	726.14	5.881	6.711	14.500	OK	$k$	0.72
3.928	1.059	2457.06	726.14	5.881	6.928	14.500	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
4.174	1.059	2457.06	726.14	5.881	7.174	14.500	OK	$x$	1
3.817	0.919	1228.53	726.14	5.881	6.817	14.500	OK	$t_c$	3
4.573	1.053	2354.68	726.14	5.881	7.573	14.500	OK	$t_{c1}$	1.5
4.760	1.059	2457.06	726.14	5.881	7.760	14.500	OK	$t_{c2}$	0.7
4.965	1.059	2457.06	726.14	5.881	7.965	14.500	OK	$t_{res}$	0.5
3.641	0.748	764.47	726.14	5.881	6.641	14.500	OK		
5.087	1.053	2354.68	726.14	5.881	8.087	14.500	OK		
5.260	1.059	2457.06	726.14	5.881	8.260	14.500	OK		
5.447	1.059	2457.06	726.14	5.881	8.447	14.500	OK		
4.876	0.919	1228.53	726.14	5.881	7.876	14.500	OK		
5.549	1.053	2354.68	726.14	5.881	8.549	14.500	OK		
5.713	1.059	2457.06	726.14	5.881	8.713	14.500	OK		
5.885	1.059	2457.06	726.14	5.881	8.885	14.500	OK		
5.246	0.919	1228.53	726.14	5.881	8.246	14.500	OK		
5.937	1.053	2354.68	726.14	5.881	8.937	14.500	OK		
6.095	1.059	2457.06	726.14	5.881	9.095	14.500	OK		
5.173	1.087	2457.06	585.25	5.881	8.173	14.500	OK		
4.747	0.973	1228.53	585.25	5.881	7.747	14.500	OK		
5.184	1.082	2354.68	585.25	5.881	8.184	14.500	OK		
5.305	1.087	2457.06	585.25	5.881	8.305	14.500	OK		
5.432	1.087	2457.06	585.25	5.881	8.432	14.500	OK		

4.974	0.973	1228.53	585.25	5.881	7.974	14.500	NOK
-------	-------	---------	--------	-------	-------	--------	-----

Για την φρακτή *Frame 8* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

Πίνακας 47 - Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *Frame 8*

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	$a$ (mm)	$b$ (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{sbuid}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
6.850	1.05	2580.00	800.00	5.881	8.850	11.500	OK	$\beta$	1.5
6.844	1.050	2544.59	800.94	5.881	8.844	11.500	OK	$\alpha$	1
6.638	1.047	2502.43	804.08	5.881	8.638	11.500	OK	$k$	0.72
6.204	1.050	2463.46	773.91	5.881	8.204	11.500	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
6.143	1.043	2425.96	800.00	5.881	8.143	11.500	OK	$k$	0.72
5.896	1.040	2387.20	800.00	5.881	7.896	11.500	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
5.672	1.037	2348.43	805.62	5.881	7.672	11.500	OK	$x$	1
5.501	1.030	2309.40	822.97	5.881	7.501	11.500	OK	$t_c$	2
5.619	1.011	2269.51	901.00	5.881	7.619	11.500	OK	$t_{c1}$	0.5
3.212	1.005	1344.80	551.41	5.881	5.212	11.500	OK	$t_{c2}$	0.7
4.607	1.043	2424.00	800.00	5.881	6.607	11.500	OK	$t_{res}$	0.5
8.244	1.043	2420.00	800.00	5.881	10.244	11.500	OK		
7.882	1.047	2420.00	778.00	5.881	9.882	11.500	OK		
7.901	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.901	11.500	OK		
7.721	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.721	11.500	OK		
7.537	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.537	11.500	OK		
7.348	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.348	11.500	OK		
7.155	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.155	11.500	OK		
3.063	1.072	1272.80	342.63	5.881	5.063	11.500	OK		

Για την φρακτική *Transom* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

Πίνακας 48 - Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *Transom*

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	a (mm)	b (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{build}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
5.902	0.89	1240.00	800.00	5.881	8.902	14.500	OK	$\beta$	1.5
5.662	0.883	1201.19	800.00	5.881	8.662	14.500	OK	$\alpha$	1
5.323	0.881	1162.38	778.00	5.881	8.323	14.500	OK	k	0.72
5.169	0.861	1124.63	800.00	5.881	8.169	14.500	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
4.910	0.849	1085.82	800.00	5.881	7.910	14.500	OK	k	0.72
4.644	0.836	1047.01	800.00	5.881	7.644	14.500	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
4.371	0.822	1008.20	800.00	5.881	7.371	14.500	OK	x	1
2.991	0.960	969.39	488.88	5.881	5.991	14.500	OK	$t_c$	3
6.042	1.066	2378.00	670.00	5.881	9.042	14.500	OK	$t_{c1}$	1.5
5.716	1.094	3013.18	670.00	5.881	8.716	14.500	OK	$t_{c2}$	0.7
6.538	1.066	2378.00	670.00	5.881	9.538	14.500	OK	$t_{res}$	0.5
6.063	1.083	2733.21	670.00	5.881	9.063	14.500	OK		
6.860	1.066	2378.00	670.00	5.881	9.860	14.500	OK		
6.367	1.070	2453.25	670.00	5.881	9.367	14.500	OK		
7.166	1.066	2378.00	670.00	5.881	10.166	14.500	OK		
6.620	1.053	2173.29	670.00	5.881	9.620	14.500	OK		
6.136	1.092	2378.00	540.00	5.881	9.136	14.500	OK		
5.662	1.068	1947.64	540.00	5.881	8.662	14.500	OK		
6.326	1.092	2378.00	540.00	5.881	9.326	14.500	OK		
5.785	1.051	1722.00	540.00	5.881	8.785	14.500	OK		

Για την φρακτική *Upper Deck* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

Πίνακας 49- Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *Upper Deck*

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	a (mm)	b (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{build}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
2.342	0.62	1200	1452.47	5.881	5.342	11.500	OK	$\beta$	1.5
3.491	0.963	2400	1194.14	5.881	6.491	11.500	OK	$\alpha$	1
3.194	0.624	1200	1452.47	5.881	6.194	11.500	OK	k	0.72
4.449	0.963	2400	1194.14	5.881	7.449	11.500	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
5.798	0.902	2400	1500.55	5.881	8.798	11.500	OK	k	0.72



4.593	0.994	2300	992.78	5.881	7.593	11.500	OK	R <sub>eH</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	355
2.868	0.882	1200	800.94	5.881	5.868	11.500	OK	x	1
3.635	1.041	2400	800.94	5.881	6.635	11.500	OK	t <sub>c</sub>	3
3.944	1.041	2400	800.94	5.881	6.944	11.500	OK	t <sub>c1</sub>	1.7
4.198	1.034	2300	800.94	5.881	7.198	11.500	OK	t <sub>c2</sub>	0.7
3.200	0.882	1200	800.94	5.881	6.200	11.500	OK	t <sub>res</sub>	0.5
4.002	1.041	2400	800.94	5.881	7.002	11.500	OK		
4.286	1.041	2400	800.94	5.881	7.286	11.500	OK		
4.515	1.034	2300	800.94	5.881	7.515	11.500	OK		
3.501	0.882	1200	800.94	5.881	6.501	11.500	OK		
4.339	1.041	2400	800.94	5.881	7.339	11.500	OK		
4.601	1.041	2400	800.94	5.881	7.601	11.500	OK		
4.812	1.034	2300	800.94	5.881	7.812	11.500	OK		
3.778	0.882	1200	800.94	5.881	6.778	11.500	OK		
4.651	1.041	2400	800.94	5.881	7.651	11.500	OK		
4.897	1.041	2400	800.94	5.881	7.897	11.500	OK		
5.092	1.034	2300	800.94	5.881	8.092	11.500	OK		
3.960	0.891	1200	778.91	5.881	6.960	11.500	OK		
4.824	1.045	2400	778.91	5.881	7.824	11.500	OK		
5.051	1.045	2400	778.91	5.881	8.051	11.500	OK		
5.230	1.039	2300	778.91	5.881	8.230	11.500	OK		
4.275	0.882	1200	801.88	5.881	7.275	11.500	OK		
5.218	1.041	2400	801.88	5.881	8.218	11.500	OK		
5.439	1.041	2400	801.88	5.881	8.439	11.500	OK		
5.609	1.034	2300	801.88	5.881	8.609	11.500	OK		
4.498	0.883	1200	800.00	5.881	7.498	11.500	OK		
5.470	1.041	2400	800.00	5.881	8.470	11.500	OK		
5.680	1.041	2400	800.00	5.881	8.680	11.500	OK		
5.840	1.034	2300	800.00	5.881	8.840	11.500	OK		

Για την φρακτή *Upper Platform* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

Πίνακας 50- Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *Upper Platform*

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	a (mm)	b (mm)	$t_{\text{min-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{sbuild}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
3.081	1.06	1200	342.60	5.881	5.081	13.000	OK	$\beta$	1.5
6.050	0.883	1200	800.00	5.881	8.050	13.000	OK	$\alpha$	1
6.554	0.851	1200	879.41	5.881	8.554	13.000	OK	k	0.72
5.212	0.955	1200	616.19	5.881	7.212	13.000	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
6.293	0.883	1200	800.00	5.881	8.293	13.000	OK	k	0.72
6.359	0.883	1200	800.00	5.881	8.359	13.000	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
6.425	0.883	1200	800.00	5.881	8.425	13.000	OK	x	1
10.467	0.971	2400	1152.96	5.881	12.467	13.000	OK	$t_c$	2
6.605	0.883	1200	800.00	5.881	8.605	13.000	OK	$t_{c1}$	0.7
7.905	1.041	2400	800.00	5.881	9.905	13.000	OK	$t_{c2}$	0.5
8.052	1.041	2400	800.00	5.881	10.052	13.000	OK	$t_{res}$	0.5
12.559	0.905	2300	1426.51	5.881	14.559	13.000	OK		
6.756	0.883	1200	800.00	5.881	8.756	13.000	OK		
8.080	1.041	2400	800.00	5.881	10.080	13.000	OK		
8.224	1.041	2400	800.00	5.881	10.224	13.000	OK		
8.306	1.034	2300	800.00	5.881	10.306	13.000	OK		
6.778	0.891	1200	778.00	5.881	8.778	13.000	OK		
8.056	1.046	2400	778.00	5.881	10.056	13.000	OK		
8.194	1.046	2400	778.00	5.881	10.194	13.000	OK		
8.273	1.039	2300	778.00	5.881	10.273	13.000	OK		
7.044	0.883	1200	800.00	5.881	9.044	13.000	OK		
8.415	1.041	2400	800.00	5.881	10.415	13.000	OK		
8.553	1.041	2400	800.00	5.881	10.553	13.000	OK		
8.629	1.034	2300	800.00	5.881	10.629	13.000	OK		
7.185	0.883	1200	800.00	5.881	9.185	13.000	OK		
8.580	1.041	2400	800.00	5.881	10.580	13.000	OK		
8.716	1.041	2400	800.00	5.881	10.716	13.000	OK		
8.788	1.034	2300	800.00	5.881	10.788	13.000	OK		

**APPENDIX VI - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ**

Παρακάτω απεικονίζονται οι πίνακες για τα πάχη των ελασμάτων σε κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένη δεξαμενή.

Για την φρακτή LP9 τα πάχη των ελασμάτων είναι:

**Πίνακας 51- Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής LP9**

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	a (mm)	b (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{build}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
4.996	1.089	2580	600	5.881	6.996	9.000	OK	$\beta$	1.5
5.032	1.089	2580	600	5.881	7.032	9.000	OK	$\alpha$	1
5.068	1.089	2580	600	5.881	7.068	9.000	OK	k	0.72
5.103	1.089	2580	600	5.881	7.103	9.000	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
5.138	1.089	2580	600	5.881	7.138	9.000	OK	k	0.72
5.173	1.089	2580	600	5.881	7.173	9.000	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
5.208	1.089	2580	600	5.881	7.208	9.000	OK	x	1
5.242	1.089	2580	600	5.881	7.242	9.000	OK	$t_c$	2
5.277	1.089	2580	600	5.881	7.277	9.000	OK	$t_{c1}$	0.7
5.311	1.089	2580	600	5.881	7.311	9.000	OK	$t_{c2}$	0.5
5.344	1.089	2580	600	5.881	7.344	9.000	OK	$t_{res}$	0.5
5.378	1.089	2580	600	5.881	7.378	9.000	OK		
4.586	1.108	2580	500	5.881	6.586	9.000	OK		
5.408	1.082	2420	600	5.881	7.408	9.000	OK		
6.156	1.082	2420	600	5.881	8.156	9.000	OK		
6.185	1.082	2420	600	5.881	8.185	9.000	OK		
6.213	1.082	2420	600	5.881	8.213	9.000	OK		
6.242	1.082	2420	600	5.881	8.242	9.000	OK		
6.270	1.082	2420	600	5.881	8.270	9.000	OK		
6.299	1.082	2420	600	5.881	8.299	9.000	OK		
6.327	1.082	2420	600	5.881	8.327	9.000	OK		
6.355	1.082	2420	600	5.881	8.355	9.000	OK		
6.383	1.082	2420	600	5.881	8.383	9.000	OK		
6.410	1.082	2420	600	5.881	8.410	9.000	OK		
6.438	1.082	2420	600	5.881	8.438	9.000	OK		
6.466	1.082	2420	600	5.881	8.466	9.000	OK		
6.493	1.082	2420	600	5.881	8.493	9.000	OK		

5.532	1.102	2420	500	5.881	7.532	9.000	OK
-------	-------	------	-----	-------	-------	-------	----

Για την φρακτική *LP18* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

**Πίνακας 52- Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *LP18***

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	$a$ (mm)	$b$ (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{sbuid}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
4.109	0.99	2354.68	1024.94	5.881	7.109	14.500	OK	$\beta$	1.5
4.454	1.001	2457.06	1024.94	5.881	7.454	14.500	OK	$\alpha$	1
4.837	1.001	2457.06	1024.94	5.881	7.837	14.500	OK	$k$	0.72
3.369	0.919	1228.53	726.14	5.881	6.369	14.500	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
3.711	1.053	2354.68	726.14	5.881	6.711	14.500	OK	$k$	0.72
3.928	1.059	2457.06	726.14	5.881	6.928	14.500	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
4.174	1.059	2457.06	726.14	5.881	7.174	14.500	OK	$x$	1
3.817	0.919	1228.53	726.14	5.881	6.817	14.500	OK	$t_c$	3
4.573	1.053	2354.68	726.14	5.881	7.573	14.500	OK	$t_{c1}$	1.5
4.760	1.059	2457.06	726.14	5.881	7.760	14.500	OK	$t_{c2}$	0.7
4.965	1.059	2457.06	726.14	5.881	7.965	14.500	OK	$t_{res}$	0.5
3.641	0.748	764.47	726.14	5.881	6.641	14.500	OK		
5.087	1.053	2354.68	726.14	5.881	8.087	14.500	OK		
5.260	1.059	2457.06	726.14	5.881	8.260	14.500	OK		
5.447	1.059	2457.06	726.14	5.881	8.447	14.500	OK		
4.876	0.919	1228.53	726.14	5.881	7.876	14.500	OK		
5.549	1.053	2354.68	726.14	5.881	8.549	14.500	OK		
5.713	1.059	2457.06	726.14	5.881	8.713	14.500	OK		
5.885	1.059	2457.06	726.14	5.881	8.885	14.500	OK		
5.246	0.919	1228.53	726.14	5.881	8.246	14.500	OK		
5.937	1.053	2354.68	726.14	5.881	8.937	14.500	OK		
6.095	1.059	2457.06	726.14	5.881	9.095	14.500	OK		
5.173	1.087	2457.06	585.25	5.881	8.173	14.500	OK		
4.747	0.973	1228.53	585.25	5.881	7.747	14.500	OK		
5.184	1.082	2354.68	585.25	5.881	8.184	14.500	OK		
5.305	1.087	2457.06	585.25	5.881	8.305	14.500	OK		
5.432	1.087	2457.06	585.25	5.881	8.432	14.500	OK		
4.974	0.973	1228.53	585.25	5.881	7.974	14.500	OK		

Για την φρακτή *Frame 8* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

Πίνακας 53- Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *Frame 8*

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	$a$ (mm)	$b$ (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{build}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
6.922	1.05	2580.00	800.00	5.881	8.922	11.500	OK	$\beta$	1.5
6.915	1.050	2544.59	800.94	5.881	8.915	11.500	OK	$\alpha$	1
6.712	1.047	2502.43	804.08	5.881	8.712	11.500	OK	$k$	0.72
6.278	1.050	2463.46	773.91	5.881	8.278	11.500	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
6.221	1.043	2425.96	800.00	5.881	8.221	11.500	OK	$k$	0.72
5.977	1.040	2387.20	800.00	5.881	7.977	11.500	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
5.757	1.037	2348.43	805.62	5.881	7.757	11.500	OK	$x$	1
5.591	1.030	2309.40	822.97	5.881	7.591	11.500	OK	$t_c$	2
5.721	1.011	2269.51	901.00	5.881	7.721	11.500	OK	$t_{c1}$	0.5
3.278	1.005	1344.80	551.41	5.881	5.278	11.500	OK	$t_{c2}$	0.7
4.710	1.043	2424.00	800.00	5.881	6.710	11.500	OK	$t_{res}$	0.5
8.302	1.043	2420.00	800.00	5.881	10.302	11.500	OK		
7.941	1.047	2420.00	778.00	5.881	9.941	11.500	OK		
7.962	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.962	11.500	OK		
7.783	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.783	11.500	OK		
7.601	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.601	11.500	OK		
7.414	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.414	11.500	OK		
7.222	1.043	2420.00	800.00	5.881	9.222	11.500	OK		
3.093	1.072	1272.80	342.63	5.881	5.093	11.500	OK		

Για την φρακτική *Transom* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

Πίνακας 54- Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *Transom*

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	a (mm)	b (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{sbuid}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
5.945	0.89	1240.00	800.00	5.881	8.945	14.500	OK	$\beta$	1.5
5.705	0.883	1201.19	800.00	5.881	8.705	14.500	OK	$\alpha$	1
5.366	0.881	1162.38	778.00	5.881	8.366	14.500	OK	k	0.72
5.214	0.861	1124.63	800.00	5.881	8.214	14.500	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
4.956	0.849	1085.82	800.00	5.881	7.956	14.500	OK	k	0.72
4.692	0.836	1047.01	800.00	5.881	7.692	14.500	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
4.420	0.822	1008.20	800.00	5.881	7.420	14.500	OK	x	1
3.027	0.960	969.39	488.88	5.881	6.027	14.500	OK	$t_c$	3
6.084	1.066	2378.00	670.00	5.881	9.084	14.500	OK	$t_{c1}$	1.5
5.762	1.094	3013.18	670.00	5.881	8.762	14.500	OK	$t_{c2}$	0.7
6.576	1.066	2378.00	670.00	5.881	9.576	14.500	OK	$t_{res}$	0.5
6.106	1.083	2733.21	670.00	5.881	9.106	14.500	OK		
6.897	1.066	2378.00	670.00	5.881	9.897	14.500	OK		
6.406	1.070	2453.25	670.00	5.881	9.406	14.500	OK		
7.201	1.066	2378.00	670.00	5.881	10.201	14.500	OK		
6.657	1.053	2173.29	670.00	5.881	9.657	14.500	OK		
6.164	1.092	2378.00	540.00	5.881	9.164	14.500	OK		
5.691	1.068	1947.64	540.00	5.881	8.691	14.500	OK		
6.353	1.092	2378.00	540.00	5.881	9.353	14.500	OK		
5.812	1.051	1722.00	540.00	5.881	8.812	14.500	OK		

Για την φρακτική *Upper Deck* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

Πίνακας 55- Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *Upper Deck*

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	a (mm)	b (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{sbuid}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
2.342	0.62	1200	1452.47	5.881	5.342	11.500	OK	$\beta$	1.5
3.491	0.963	2400	1194.14	5.881	6.491	11.500	OK	$\alpha$	1
3.194	0.624	1200	1452.47	5.881	6.194	11.500	OK	k	0.72
4.449	0.963	2400	1194.14	5.881	7.449	11.500	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
5.798	0.902	2400	1500.55	5.881	8.798	11.500	OK	k	0.72

4.593	0.994	2300	992.78	5.881	7.593	11.500	OK	$R_{eH}$ ( $N/mm^2$ )	355
2.868	0.882	1200	800.94	5.881	5.868	11.500	OK	x	1
3.635	1.041	2400	800.94	5.881	6.635	11.500	OK	$t_c$	3
3.944	1.041	2400	800.94	5.881	6.944	11.500	OK	$t_{c1}$	1.7
4.198	1.034	2300	800.94	5.881	7.198	11.500	OK	$t_{c2}$	0.7
3.200	0.882	1200	800.94	5.881	6.200	11.500	OK	$t_{res}$	0.5
4.002	1.041	2400	800.94	5.881	7.002	11.500	OK		
4.286	1.041	2400	800.94	5.881	7.286	11.500	OK		
4.515	1.034	2300	800.94	5.881	7.515	11.500	OK		
3.501	0.882	1200	800.94	5.881	6.501	11.500	OK		
4.339	1.041	2400	800.94	5.881	7.339	11.500	OK		
4.601	1.041	2400	800.94	5.881	7.601	11.500	OK		
4.812	1.034	2300	800.94	5.881	7.812	11.500	OK		
3.778	0.882	1200	800.94	5.881	6.778	11.500	OK		
4.651	1.041	2400	800.94	5.881	7.651	11.500	OK		
4.897	1.041	2400	800.94	5.881	7.897	11.500	OK		
5.092	1.034	2300	800.94	5.881	8.092	11.500	OK		
3.960	0.891	1200	778.91	5.881	6.960	11.500	OK		
4.824	1.045	2400	778.91	5.881	7.824	11.500	OK		
5.051	1.045	2400	778.91	5.881	8.051	11.500	OK		
5.230	1.039	2300	778.91	5.881	8.230	11.500	OK		
4.275	0.882	1200	801.88	5.881	7.275	11.500	OK		
5.218	1.041	2400	801.88	5.881	8.218	11.500	OK		
5.439	1.041	2400	801.88	5.881	8.439	11.500	OK		
5.609	1.034	2300	801.88	5.881	8.609	11.500	OK		
4.498	0.883	1200	800.00	5.881	7.498	11.500	OK		
5.470	1.041	2400	800.00	5.881	8.470	11.500	OK		
5.680	1.041	2400	800.00	5.881	8.680	11.500	OK		
5.840	1.034	2300	800.00	5.881	8.840	11.500	OK		

Για την φρακτή *Upper Platform* τα πάχη των ελασμάτων είναι:

Πίνακας 56 - Υπολογισμοί για το πάχος του ελάσματος της Φρακτής *Upper Platform*

Πάχος ελάσματος									
$t_{\text{plating}}$ (mm)	$a_{\pi}$	a (mm)	b (mm)	$t_{\text{minimum-plating}}$ (mm)	$t_{\text{total-plating}}$ (mm)	$t_{\text{sbuild}}$ (mm)	OK / NOK	$C_a$	0.756
3.081	1.06	1200	342.60	5.881	5.081	13.000	OK	$\beta$	1.5
6.050	0.883	1200	800.00	5.881	8.050	13.000	OK	$\alpha$	1
6.554	0.851	1200	879.41	5.881	8.554	13.000	OK	k	0.72
5.212	0.955	1200	616.19	5.881	7.212	13.000	OK	$\sigma_{hg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	264
6.293	0.883	1200	800.00	5.881	8.293	13.000	OK	k	0.72
6.359	0.883	1200	800.00	5.881	8.359	13.000	OK	$R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
6.425	0.883	1200	800.00	5.881	8.425	13.000	OK	x	1
10.467	0.971	2400	1152.96	5.881	12.467	13.000	OK	$t_c$	2
6.605	0.883	1200	800.00	5.881	8.605	13.000	OK	$t_{c1}$	0.7
7.905	1.041	2400	800.00	5.881	9.905	13.000	OK	$t_{c2}$	0.5
8.052	1.041	2400	800.00	5.881	10.052	13.000	OK	$t_{res}$	0.5
12.559	0.905	2300	1426.51	5.881	14.559	13.000	OK		
6.756	0.883	1200	800.00	5.881	8.756	13.000	OK		
8.080	1.041	2400	800.00	5.881	10.080	13.000	OK		
8.224	1.041	2400	800.00	5.881	10.224	13.000	OK		
8.306	1.034	2300	800.00	5.881	10.306	13.000	OK		
6.778	0.891	1200	778.00	5.881	8.778	13.000	OK		
8.056	1.046	2400	778.00	5.881	10.056	13.000	OK		
8.194	1.046	2400	778.00	5.881	10.194	13.000	OK		
8.273	1.039	2300	778.00	5.881	10.273	13.000	OK		
7.044	0.883	1200	800.00	5.881	9.044	13.000	OK		
8.415	1.041	2400	800.00	5.881	10.415	13.000	OK		
8.553	1.041	2400	800.00	5.881	10.553	13.000	OK		
8.629	1.034	2300	800.00	5.881	10.629	13.000	OK		
7.185	0.883	1200	800.00	5.881	9.185	13.000	OK		
8.580	1.041	2400	800.00	5.881	10.580	13.000	OK		
8.716	1.041	2400	800.00	5.881	10.716	13.000	OK		
8.788	1.034	2300	800.00	5.881	10.788	13.000	OK		



**APPENDIX VII - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ**

Παρακάτω απεικονίζονται οι πίνακες για τα πάχη των ενισχυτικών σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής.

Για την φρακτή LP18 τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 57 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή LP18**

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuild</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
0.500	1024.94	2.35	6.381	8.381	91.220	103.800	OK	$\chi$	1
0.602	1024.94	2.46	6.381	8.381	114.798	103.800	NOK	$C_t$	0.90
0.710	1024.94	2.46	6.381	8.381	135.359	103.800	NOK	$T_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
0.289	726.14	1.23	6.381	8.381	27.518	103.800	OK	$d_{shr}$ (mm)	229.612
0.511	726.14	2.35	6.381	8.381	93.327	103.800	OK	$h_{stf}$ (mm)	220
0.591	726.14	2.46	6.381	8.381	112.598	103.800	NOK	$t_p$	10
0.667	726.14	2.46	6.381	8.381	127.165	103.800	NOK	$t_{c\_stf}$	0.7
0.371	726.14	1.23	6.381	8.381	35.328	103.800	OK	$t_{c\_pl}$	0.7
0.776	726.14	2.35	6.381	8.381	141.743	103.800	NOK	$\Phi_w$ (degrees)	75
0.867	726.14	2.46	6.381	8.381	165.343	103.800	NOK	$f_{bdg}$	12
0.944	726.14	2.46	6.381	8.381	179.911	103.800	NOK	$C_s$	0.256
0.317	726.14	0.76	6.381	8.381	18.774	103.800	OK	$\alpha_s$	1
0.960	726.14	2.35	6.381	8.381	175.335	103.800	NOK	$\beta_s$	1
1.060	726.14	2.46	6.381	8.381	201.939	103.800	NOK	$t_c$	2
1.136	726.14	2.46	6.381	8.381	216.506	103.800	NOK	$t_{c1}$	0.7
0.605	726.14	1.23	6.381	8.381	57.646	103.800	OK	$t_{c2}$	0.7
1.142	726.14	2.35	6.381	8.381	208.627	103.800	NOK	$t_{res}$	0.5
1.250	726.14	2.46	6.381	8.381	238.209	103.800	NOK		
1.326	726.14	2.46	6.381	8.381	252.776	103.800	NOK		
0.700	726.14	1.23	6.381	8.381	66.706	103.800	OK		
1.308	726.14	2.35	6.381	8.381	238.825	103.800	NOK		
1.422	726.14	2.46	6.381	8.381	271.107	103.800	NOK		
1.208	585.25	2.46	6.381	8.381	230.246	103.800	OK		
0.634	585.25	1.23	6.381	8.381	60.386	103.800	NOK		
1.173	585.25	2.35	6.381	8.381	214.210	103.800	NOK		
1.271	585.25	2.46	6.381	8.381	242.171	103.800	NOK		
1.332	585.25	2.46	6.381	8.381	253.912	103.800	NOK		

0.696	585.25	1.23	6.381	8.381	66.298	103.800	NOK
-------	--------	------	-------	-------	--------	---------	-----

Για την φρακτή *Frame 8* τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

Πίνακας 58 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Frame 8*

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuid</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
1.898	800.00	2.58	6.381	8.381	347.255	77.400	NOK	$\chi$	1
1.760	800.94	2.54	6.381	8.381	317.418	77.400	NOK	$C_t$	0.90
1.628	804.08	2.50	6.381	8.381	288.764	77.400	NOK	$T_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
1.435	773.91	2.46	6.381	8.381	250.665	77.400	NOK	$d_{shr}$ (mm)	209.894
1.352	800.00	2.43	6.381	8.381	232.667	77.400	NOK	$h_{stf}$ (mm)	200
1.224	800.00	2.39	6.381	8.381	207.122	77.400	NOK	$t_p$	9
1.106	805.62	2.35	6.381	8.381	184.158	77.400	NOK	$t_{c\_stf}$	0.7
1.005	822.97	2.31	6.381	8.381	164.480	77.400	NOK	$t_{c\_pl}$	0.7
0.955	901.00	2.27	6.381	8.381	153.602	77.400	NOK	$\Phi_w$ (degrees)	90
0.314	551.41	1.35	6.381	8.381	29.957	77.400	OK	$f_{bdg}$	12
2.631	800.00	2.42	6.381	8.381	452.305	77.400	NOK	$C_s$	0.256
2.518	800.00	2.42	6.381	8.381	432.185	77.400	NOK	$\alpha_s$	1
2.347	778.00	2.42	6.381	8.381	402.682	77.400	NOK	$\beta_s$	1
2.304	800.00	2.42	6.381	8.381	395.440	77.400	NOK	$t_c$	2
2.196	800.00	2.42	6.381	8.381	376.811	77.400	NOK	$t_{c1}$	0.7
2.087	800.00	2.42	6.381	8.381	358.182	77.400	NOK	$t_{c2}$	0.7
1.979	800.00	2.42	6.381	8.381	339.554	77.400	NOK	$t_{res}$	0.5
1.870	800.00	2.42	6.381	8.381	320.925	77.400	NOK		
0.406	342.63	1.27	6.381	8.381	36.681	77.400	OK		

Για την φρακτή *Transom* τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

Πίνακας 59 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Transom*

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuid</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
0.784	800.00	1.24	6.381	8.381	82.740	61.600	NOK	$\chi$	1
0.715	800.00	1.20	6.381	8.381	73.029	61.600	NOK	$C_t$	0.90
0.631	778.00	1.16	6.381	8.381	62.358	61.600	NOK	$T_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
0.586	800.00	1.13	6.381	8.381	56.128	61.600	OK	$d_{shr}$ (mm)	251.894
0.525	800.00	1.09	6.381	8.381	48.552	61.600	OK	$h_{stf}$ (mm)	240
0.467	800.00	1.05	6.381	8.381	41.640	61.600	OK	$t_p$	11
0.412	800.00	1.01	6.381	8.381	35.364	61.600	OK	$t_{c\_stf}$	0.7
0.223	488.88	0.97	6.381	8.381	18.374	61.600	OK	$t_{c\_pl}$	0.7
1.320	670.00	2.38	6.381	8.381	267.183	136.200	NOK	$\Phi_w$ (degrees)	90
1.420	670.00	3.01	6.381	8.381	364.195	136.200	NOK	$f_{bdg}$	12
1.546	670.00	2.38	6.381	8.381	312.771	136.200	NOK	$C_s$	0.256
1.479	670.00	2.73	6.381	8.381	343.979	136.200	NOK	$\alpha_s$	1
1.702	670.00	2.38	6.381	8.381	344.401	136.200	NOK	$\beta_s$	1
1.500	670.00	2.45	6.381	8.381	313.219	136.200	NOK	$t_c$	2
1.857	670.00	2.38	6.381	8.381	375.749	136.200	NOK	$t_{c1}$	0.7
1.483	670.00	2.17	6.381	8.381	274.290	136.200	NOK	$t_{c2}$	0.7
1.610	540.00	2.38	6.381	8.381	325.760	136.200	NOK	$t_{res}$	0.5
1.174	540.00	1.95	6.381	8.381	194.565	136.200	NOK		
1.711	540.00	2.38	6.381	8.381	346.215	136.200	NOK		
1.119	540.00	1.72	6.381	8.381	163.958	136.200	NOK		

Για την φρακτή *Upper Deck* τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

Πίνακας 60 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Upper Deck*

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuid</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
0.147	1452.47	1.20	6.381	8.381	13.768	103.800	OK	$\chi$	1
0.333	1194.14	2.40	6.381	8.381	62.420	103.800	OK	$C_t$	0.90
0.274	1452.47	1.20	6.381	8.381	25.619	103.800	OK	$T_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
0.542	1194.14	2.40	6.381	8.381	101.392	103.800	OK	$d_{shr}$ (mm)	230.894
0.834	1500.55	2.40	6.381	8.381	156.131	103.800	NOK	$h_{stf}$ (mm)	220

0.624	992.78	2.30	6.381	8.381	111.957	103.800	NOK	$t_p$	10
0.200	800.94	1.20	6.381	8.381	18.713	103.800	OK	$t_{c\_stf}$	0.7
0.461	800.94	2.40	6.381	8.381	86.350	103.800	OK	$t_{c\_pl}$	0.7
0.543	800.94	2.40	6.381	8.381	101.681	103.800	OK	$\Phi_w$ (degrees)	90
0.597	800.94	2.30	6.381	8.381	107.170	103.800	NOK	$f_{bdg}$	12
0.249	800.94	1.20	6.381	8.381	23.299	103.800	OK	$C_s$	0.256
0.559	800.94	2.40	6.381	8.381	104.694	103.800	NOK	$\alpha_s$	1
0.641	800.94	2.40	6.381	8.381	120.024	103.800	NOK	$\beta_s$	1
0.691	800.94	2.30	6.381	8.381	124.017	103.800	NOK	$t_c$	2
0.298	800.94	1.20	6.381	8.381	27.885	103.800	OK	$t_{c1}$	0.7
0.657	800.94	2.40	6.381	8.381	123.037	103.800	NOK	$t_{c2}$	0.7
0.739	800.94	2.40	6.381	8.381	138.368	103.800	NOK	$t_{res}$	0.5
0.785	800.94	2.30	6.381	8.381	140.864	103.800	NOK		
0.347	800.94	1.20	6.381	8.381	32.471	103.800	OK		
0.755	800.94	2.40	6.381	8.381	141.381	103.800	NOK		
0.837	800.94	2.40	6.381	8.381	156.712	103.800	NOK		
0.879	800.94	2.30	6.381	8.381	157.711	103.800	NOK		
0.384	778.91	1.20	6.381	8.381	35.982	103.800	OK		
0.829	778.91	2.40	6.381	8.381	155.108	103.800	NOK		
0.908	778.91	2.40	6.381	8.381	170.017	103.800	NOK		
0.945	778.91	2.30	6.381	8.381	169.552	103.800	NOK		
0.444	801.88	1.20	6.381	8.381	41.577	103.800	OK		
0.950	801.88	2.40	6.381	8.381	177.818	103.800	NOK		
1.032	801.88	2.40	6.381	8.381	193.167	103.800	NOK		
1.066	801.88	2.30	6.381	8.381	191.207	103.800	NOK		
0.492	800.00	1.20	6.381	8.381	46.060	103.800	OK		
1.045	800.00	2.40	6.381	8.381	195.723	103.800	NOK		
1.127	800.00	2.40	6.381	8.381	211.036	103.800	NOK		
1.157	800.00	2.30	6.381	8.381	207.586	103.800	NOK		

Για την φρακτή *Upper Platform* τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

Πίνακας 61 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Upper Platform*

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuid</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
0.341	342.60	1.20	6.381	8.381	34.705	125.400	OK	$\chi$	1
0.819	800.00	1.20	6.381	8.381	83.328	125.400	OK	$C_t$	0.90
0.940	879.41	1.20	6.381	8.381	95.655	125.400	OK	$T_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
0.673	616.19	1.20	6.381	8.381	68.498	125.400	OK	$d_{shr}$ (mm)	250.894
0.886	800.00	1.20	6.381	8.381	90.142	125.400	OK	$h_{stf}$ (mm)	240
0.905	800.00	1.20	6.381	8.381	92.056	125.400	OK	$t_p$	10
0.924	800.00	1.20	6.381	8.381	93.970	125.400	OK	$t_{c\_stf}$	0.7
2.809	1152.96	2.40	6.381	8.381	571.473	125.400	NOK	$t_{c\_pl}$	0.7
0.976	800.00	1.20	6.381	8.381	99.303	125.400	OK	$\Phi_w$ (degrees)	90
2.009	800.00	2.40	6.381	8.381	408.696	125.400	NOK	$f_{bdg}$	12
2.084	800.00	2.40	6.381	8.381	424.009	125.400	NOK	$C_s$	0.256
3.611	1426.51	2.30	6.381	8.381	703.925	125.400	NOK	$\alpha_s$	1
1.021	800.00	1.20	6.381	8.381	103.883	125.400	OK	$\beta_s$	1
2.099	800.00	2.40	6.381	8.381	427.018	125.400	NOK	$t_c$	2
2.174	800.00	2.40	6.381	8.381	442.331	125.400	NOK	$t_{c1}$	0.5
2.154	800.00	2.30	6.381	8.381	420.008	125.400	NOK	$t_{c2}$	0.5
1.036	778.00	1.20	6.381	8.381	105.426	125.400	OK	$t_{res}$	0.5
2.128	778.00	2.40	6.381	8.381	432.871	125.400	NOK		
2.201	778.00	2.40	6.381	8.381	447.763	125.400	NOK		
2.178	778.00	2.30	6.381	8.381	424.618	125.400	NOK		
1.110	800.00	1.20	6.381	8.381	112.930	125.400	NOK		
2.277	800.00	2.40	6.381	8.381	463.205	125.400	NOK		
2.352	800.00	2.40	6.381	8.381	478.517	125.400	NOK		
2.325	800.00	2.30	6.381	8.381	453.242	125.400	NOK		
1.155	800.00	1.20	6.381	8.381	117.511	125.400	NOK		
2.367	800.00	2.40	6.381	8.381	481.527	125.400	NOK		
2.442	800.00	2.40	6.381	8.381	496.840	125.400	NOK		
2.411	800.00	2.30	6.381	8.381	470.069	125.400	NOK		

**APPENDIX VIII - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ  
ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ**

Παρακάτω απεικονίζονται οι πίνακες για τα πάχη των ενισχυτικών σε κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένη δεξαμενή.

Για την φρακτή LP9 τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 62- Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή LP9**

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuid</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
1.256	600	2.58	6.381	8.381	229.874	61.600	NOK	$\chi$	1
1.275	600	2.58	6.381	8.381	233.192	61.600	NOK	$C_t$	0.90
1.293	600	2.58	6.381	8.381	236.510	61.600	NOK	$T_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
1.311	600	2.58	6.381	8.381	239.828	61.600	NOK	$d_{shr}$ (mm)	209.894
1.329	600	2.58	6.381	8.381	243.146	61.600	NOK	$h_{stf}$ (mm)	200
1.347	600	2.58	6.381	8.381	246.463	61.600	NOK	$t_p$	9
1.365	600	2.58	6.381	8.381	249.781	61.600	NOK	$t_{c\_stf}$	0.7
1.383	600	2.58	6.381	8.381	253.099	61.600	NOK	$t_{c\_pl}$	0.7
1.402	600	2.58	6.381	8.381	256.417	61.600	NOK	$\Phi_w$ (degrees)	90
1.420	600	2.58	6.381	8.381	259.735	61.600	NOK	$f_{bdg}$	12
1.438	600	2.58	6.381	8.381	263.053	61.600	NOK	$C_s$	0.256
1.456	600	2.58	6.381	8.381	266.371	61.600	NOK	$\alpha_s$	1
1.474	600	2.58	6.381	8.381	269.689	61.600	NOK	$\beta_s$	1
1.166	500	2.42	6.381	8.381	200.163	61.600	NOK	$t_c$	2
1.814	600	2.42	6.381	8.381	311.216	61.600	NOK	$t_{c1}$	0.7
1.831	600	2.42	6.381	8.381	314.136	61.600	NOK	$t_{c2}$	0.7
1.848	600	2.42	6.381	8.381	317.055	61.600	NOK	$t_{res}$	0.5
1.865	600	2.42	6.381	8.381	319.974	61.600	NOK		
1.882	600	2.42	6.381	8.381	322.893	61.600	NOK		
1.899	600	2.42	6.381	8.381	325.812	61.600	NOK		
1.916	600	2.42	6.381	8.381	328.731	61.600	NOK		
1.933	600	2.42	6.381	8.381	331.651	61.600	NOK		
1.950	600	2.42	6.381	8.381	334.570	61.600	NOK		
1.967	600	2.42	6.381	8.381	337.489	61.600	NOK		
1.984	600	2.42	6.381	8.381	340.408	61.600	NOK		
2.001	600	2.42	6.381	8.381	343.327	61.600	NOK		
2.018	600	2.42	6.381	8.381	346.247	61.600	NOK		
1.696	500	2.42	6.381	8.381	290.972	61.600	NOK		

Για την φρακτική *LP18* τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

Πίνακας 63 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτική *LP18*

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuild</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
0.500	1024.94	2.35	6.381	8.381	91.220	103.800	OK	$\chi$	1
0.602	1024.94	2.46	6.381	8.381	114.798	103.800	NOK	$C_t$	0.90
0.710	1024.94	2.46	6.381	8.381	135.359	103.800	NOK	$T_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
0.289	726.14	1.23	6.381	8.381	27.518	103.800	OK	$d_{shr}$ (mm)	229.612
0.511	726.14	2.35	6.381	8.381	93.327	103.800	OK	$h_{stf}$ (mm)	220
0.591	726.14	2.46	6.381	8.381	112.598	103.800	NOK	$t_p$	10
0.667	726.14	2.46	6.381	8.381	127.165	103.800	NOK	$t_{c\_stf}$	0.7
0.371	726.14	1.23	6.381	8.381	35.328	103.800	OK	$t_{c\_pl}$	0.7
0.776	726.14	2.35	6.381	8.381	141.743	103.800	NOK	$\Phi_w$ (degrees)	75
0.867	726.14	2.46	6.381	8.381	165.343	103.800	NOK	$f_{bdg}$	12
0.944	726.14	2.46	6.381	8.381	179.911	103.800	NOK	$C_s$	0.256
0.317	726.14	0.76	6.381	8.381	18.774	103.800	OK	$\alpha_s$	1
0.960	726.14	2.35	6.381	8.381	175.335	103.800	NOK	$\beta_s$	1
1.060	726.14	2.46	6.381	8.381	201.939	103.800	NOK	$t_c$	2
1.136	726.14	2.46	6.381	8.381	216.506	103.800	NOK	$t_{c1}$	0.7
0.605	726.14	1.23	6.381	8.381	57.646	103.800	OK	$t_{c2}$	0.7
1.142	726.14	2.35	6.381	8.381	208.627	103.800	NOK	$t_{res}$	0.5
1.250	726.14	2.46	6.381	8.381	238.209	103.800	NOK		
1.326	726.14	2.46	6.381	8.381	252.776	103.800	NOK		
0.700	726.14	1.23	6.381	8.381	66.706	103.800	OK		
1.308	726.14	2.35	6.381	8.381	238.825	103.800	NOK		
1.422	726.14	2.46	6.381	8.381	271.107	103.800	NOK		
1.208	585.25	2.46	6.381	8.381	230.246	103.800	NOK		
0.634	585.25	1.23	6.381	8.381	60.386	103.800	OK		
1.173	585.25	2.35	6.381	8.381	214.210	103.800	NOK		
1.271	585.25	2.46	6.381	8.381	242.171	103.800	NOK		
1.332	585.25	2.46	6.381	8.381	253.912	103.800	NOK		
0.696	585.25	1.23	6.381	8.381	66.298	103.800	OK		

Για την φρακτή *Frame 8* τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

Πίνακας 64- Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Frame 8*

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuid</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
1.938	800.00	2.58	6.381	8.381	354.538	77.400	NOK	$\chi$	1
1.799	800.94	2.54	6.381	8.381	324.507	77.400	NOK	$C_t$	0.90
1.666	804.08	2.50	6.381	8.381	295.648	77.400	NOK	$T_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
1.472	773.91	2.46	6.381	8.381	257.085	77.400	NOK	$d_{shr}$ (mm)	209.894
1.390	800.00	2.43	6.381	8.381	239.106	77.400	NOK	$h_{stf}$ (mm)	200
1.260	800.00	2.39	6.381	8.381	213.356	77.400	NOK	$t_p$	9
1.143	805.62	2.35	6.381	8.381	190.232	77.400	NOK	$t_{c\_stf}$	0.7
1.041	822.97	2.31	6.381	8.381	170.481	77.400	NOK	$t_{c\_pl}$	0.7
0.994	901.00	2.27	6.381	8.381	159.946	77.400	NOK	$\Phi_w$ (degrees)	90
0.328	551.41	1.35	6.381	8.381	31.321	77.400	OK	$f_{bdg}$	12
2.669	800.00	2.42	6.381	8.381	458.734	77.400	NOK	$C_s$	0.256
2.556	800.00	2.42	6.381	8.381	438.593	77.400	NOK	$\alpha_s$	1
2.383	778.00	2.42	6.381	8.381	408.913	77.400	NOK	$\beta_s$	1
2.342	800.00	2.42	6.381	8.381	401.847	77.400	NOK	$t_c$	2
2.233	800.00	2.42	6.381	8.381	383.219	77.400	NOK	$t_{c1}$	0.7
2.125	800.00	2.42	6.381	8.381	364.590	77.400	NOK	$t_{c2}$	0.7
2.016	800.00	2.42	6.381	8.381	345.961	77.400	NOK	$t_{res}$	0.5
1.907	800.00	2.42	6.381	8.381	327.332	77.400	NOK		
0.415	342.63	1.27	6.381	8.381	37.440	77.400	OK		



Για την φρακτική *Transom* τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

Πίνακας 65 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτική *Transom*

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuid</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
0.795	800.00	1.24	6.381	8.381	83.930	61.600	NOK	$\chi$	1
0.725	800.00	1.20	6.381	8.381	74.146	61.600	NOK	C <sub>t</sub>	0.90
0.641	778.00	1.16	6.381	8.381	63.375	61.600	NOK	T <sub>eH</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
0.596	800.00	1.13	6.381	8.381	57.108	61.600	OK	d <sub>shr</sub> (mm)	251.894
0.535	800.00	1.09	6.381	8.381	49.465	61.600	OK	h <sub>stf</sub> (mm)	240
0.477	800.00	1.05	6.381	8.381	42.489	61.600	OK	t <sub>p</sub>	11
0.421	800.00	1.01	6.381	8.381	36.151	61.600	OK	t <sub>c_stf</sub>	0.7
0.228	488.88	0.97	6.381	8.381	18.818	61.600	OK	t <sub>c_pl</sub>	0.7
1.338	670.00	2.38	6.381	8.381	270.850	136.200	NOK	$\Phi_w$ (degrees)	90
1.443	670.00	3.01	6.381	8.381	370.082	136.200	NOK	f <sub>bdg</sub>	12
1.564	670.00	2.38	6.381	8.381	316.438	136.200	NOK	C <sub>s</sub>	0.256
1.500	670.00	2.73	6.381	8.381	348.823	136.200	NOK	$\alpha_s$	1
1.720	670.00	2.38	6.381	8.381	348.068	136.200	NOK	$\beta_s$	1
1.519	670.00	2.45	6.381	8.381	317.121	136.200	NOK	t <sub>c</sub>	2
1.875	670.00	2.38	6.381	8.381	379.416	136.200	NOK	t <sub>c1</sub>	0.7
1.500	670.00	2.17	6.381	8.381	277.352	136.200	NOK	t <sub>c2</sub>	0.7
1.624	540.00	2.38	6.381	8.381	328.715	136.200	NOK	t <sub>res</sub>	0.5
1.186	540.00	1.95	6.381	8.381	196.548	136.200	NOK		
1.725	540.00	2.38	6.381	8.381	349.170	136.200	NOK		
1.129	540.00	1.72	6.381	8.381	165.508	136.200	NOK		

Για την φρακτική *Upper Deck* τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

Πίνακας 66 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτική *Upper Deck*

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuid</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
0.147	1452.47	1.20	6.381	8.381	13.768	103.800	OK	$\chi$	1
0.333	1194.14	2.40	6.381	8.381	62.420	103.800	OK	C <sub>t</sub>	0.90
0.274	1452.47	1.20	6.381	8.381	25.619	103.800	OK	T <sub>eH</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
0.542	1194.14	2.40	6.381	8.381	101.392	103.800	OK	d <sub>shr</sub> (mm)	230.894
0.834	1500.55	2.40	6.381	8.381	156.131	103.800	NOK	h <sub>stf</sub> (mm)	220
0.624	992.78	2.30	6.381	8.381	111.957	103.800	NOK	t <sub>p</sub>	10
0.200	800.94	1.20	6.381	8.381	18.713	103.800	OK	t <sub>c_stf</sub>	0.7
0.461	800.94	2.40	6.381	8.381	86.350	103.800	OK	t <sub>c_pl</sub>	0.7
0.543	800.94	2.40	6.381	8.381	101.681	103.800	OK	$\Phi_w$ (degrees)	90
0.597	800.94	2.30	6.381	8.381	107.170	103.800	NOK	f <sub>bdg</sub>	12

0.249	800.94	1.20	6.381	8.381	23.299	103.800	OK	$C_s$	0.256
0.559	800.94	2.40	6.381	8.381	104.694	103.800	NOK	$\alpha_s$	1
0.641	800.94	2.40	6.381	8.381	120.024	103.800	NOK	$\beta_s$	1
0.691	800.94	2.30	6.381	8.381	124.017	103.800	NOK	$t_c$	2
0.298	800.94	1.20	6.381	8.381	27.885	103.800	OK	$t_{c1}$	0.7
0.657	800.94	2.40	6.381	8.381	123.037	103.800	NOK	$t_{c2}$	0.7
0.739	800.94	2.40	6.381	8.381	138.368	103.800	NOK	$t_{res}$	0.5
0.785	800.94	2.30	6.381	8.381	140.864	103.800	NOK		
0.347	800.94	1.20	6.381	8.381	32.471	103.800	OK		
0.755	800.94	2.40	6.381	8.381	141.381	103.800	NOK		
0.837	800.94	2.40	6.381	8.381	156.712	103.800	NOK		
0.879	800.94	2.30	6.381	8.381	157.711	103.800	NOK		
0.384	778.91	1.20	6.381	8.381	35.982	103.800	OK		
0.829	778.91	2.40	6.381	8.381	155.108	103.800	NOK		
0.908	778.91	2.40	6.381	8.381	170.017	103.800	NOK		
0.945	778.91	2.30	6.381	8.381	169.552	103.800	NOK		
0.444	801.88	1.20	6.381	8.381	41.577	103.800	OK		
0.950	801.88	2.40	6.381	8.381	177.818	103.800	NOK		
1.032	801.88	2.40	6.381	8.381	193.167	103.800	NOK		
1.066	801.88	2.30	6.381	8.381	191.207	103.800	NOK		
0.492	800.00	1.20	6.381	8.381	46.060	103.800	OK		
1.045	800.00	2.40	6.381	8.381	195.723	103.800	NOK		
1.127	800.00	2.40	6.381	8.381	211.036	103.800	NOK		
1.157	800.00	2.30	6.381	8.381	207.586	103.800	NOK		

Για την φρακτή *Upper Platform* τα πάχη των ενισχυτικών είναι:

Πίνακας 67 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Upper Platform*

Πάχος ενισχυτικού									
$t_w$ (mm)	S (mm)	$l_{shr}$ (m)	$t_{min-stiffener}$ (mm)	$t_{w-total}$ (mm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Z <sub>sbuid</sub> (cm <sup>3</sup> )	OK / NOK	$f_{shr}$	0.5
0.341	342.60	1.20	6.381	8.381	34.705	125.400	OK	$\chi$	1
0.819	800.00	1.20	6.381	8.381	83.328	125.400	OK	C <sub>t</sub>	0.90
0.940	879.41	1.20	6.381	8.381	95.655	125.400	OK	T <sub>eH</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	204.959
0.673	616.19	1.20	6.381	8.381	68.498	125.400	OK	d <sub>shr</sub> (mm)	250.894
0.886	800.00	1.20	6.381	8.381	90.142	125.400	OK	h <sub>stf</sub> (mm)	240
0.905	800.00	1.20	6.381	8.381	92.056	125.400	OK	t <sub>p</sub>	10
0.924	800.00	1.20	6.381	8.381	93.970	125.400	OK	t <sub>c_stf</sub>	0.7
2.809	1152.96	2.40	6.381	8.381	571.473	125.400	NOK	t <sub>c_pl</sub>	0.7
0.976	800.00	1.20	6.381	8.381	99.303	125.400	OK	$\Phi_w$ (degrees)	90
2.009	800.00	2.40	6.381	8.381	408.696	125.400	NOK	f <sub>bdg</sub>	12
2.084	800.00	2.40	6.381	8.381	424.009	125.400	NOK	C <sub>s</sub>	0.256
3.611	1426.51	2.30	6.381	8.381	703.925	125.400	NOK	$\alpha_s$	1
1.021	800.00	1.20	6.381	8.381	103.883	125.400	OK	$\beta_s$	1
2.099	800.00	2.40	6.381	8.381	427.018	125.400	NOK	t <sub>c</sub>	2
2.174	800.00	2.40	6.381	8.381	442.331	125.400	NOK	t <sub>c1</sub>	0.5
2.154	800.00	2.30	6.381	8.381	420.008	125.400	NOK	t <sub>c2</sub>	0.5
1.036	778.00	1.20	6.381	8.381	105.426	125.400	OK	t <sub>res</sub>	0.5
2.128	778.00	2.40	6.381	8.381	432.871	125.400	NOK		
2.201	778.00	2.40	6.381	8.381	447.763	125.400	NOK		
2.178	778.00	2.30	6.381	8.381	424.618	125.400	NOK		
1.110	800.00	1.20	6.381	8.381	112.930	125.400	NOK		
2.277	800.00	2.40	6.381	8.381	463.205	125.400	NOK		
2.352	800.00	2.40	6.381	8.381	478.517	125.400	NOK		
2.325	800.00	2.30	6.381	8.381	453.242	125.400	NOK		
1.155	800.00	1.20	6.381	8.381	117.511	125.400	NOK		
2.367	800.00	2.40	6.381	8.381	481.527	125.400	NOK		
2.442	800.00	2.40	6.381	8.381	496.840	125.400	NOK		
2.411	800.00	2.30	6.381	8.381	470.069	125.400	NOK		

**APPENDIX XI - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΛΗΡΩΣ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ**

Παρακάτω απεικονίζονται οι πίνακες για τα πάχη των κύριων ενισχυτικών σε κατάσταση πλήρως γεμισμένης δεξαμενής.

Για την φρακτή *LP18* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 68 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *LP18***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuidl} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
73.257	40.610	NOK	2.45	2.45	6.21	$\chi$	1
143.799	40.610	NOK	2.46	2.42	12.33	$C_t / C_s$	0.85
35.788	40.610	OK	1.23	2.40	3.10	$f_{shr}$	0.5
169.924	40.610	NOK	2.45	2.62	13.47		
87.631	40.610	NOK	2.46	2.62	6.95		
85.908	40.610	NOK	1.23	2.62	6.81		

Για την φρακτή *Frame 8* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 69- - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Frame 8***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuidl} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
23.662	30.947	OK	0.79	1.96	2.51	$\chi$	1
56.181	30.947	NOK	0.80	2.42	4.83	$C_t / C_s$	0.85
8.530	30.947	OK	0.79	1.85	0.96	$f_{shr}$	0.5
34.517	30.947	NOK	0.80	2.42	2.96		

Για την φρακτή *Transom* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 70 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Transom***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuidl} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
120.396	38.267	NOK	2.38	2.57	9.73	$\chi$	1
236.676	38.267	NOK	3.02	2.57	19.13	$C_t / C_s$	0.85
42.272	38.267	NOK	2.38	2.42	3.63	$f_{shr}$	0.5
94.434	38.267	NOK	2.23	2.42	8.11		

Για την φρακτή *Upper Deck* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 71 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Upper Deck***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuid} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
16.460	35.489	OK	0.6	2.58	1.326	$\chi$	1
13.678	35.489	OK	0.6	2.58	1.102	$C_t / C_s$	0.85
11.017	35.489	OK	0.6	2.58	0.888	$f_{shr}$	0.5
22.867	35.489	OK	0.6	2.58	1.842		
19.711	35.489	OK	0.6	2.58	1.588		
16.331	35.489	OK	0.6	2.58	1.316		
29.154	35.489	OK	0.6	2.58	2.349		
25.819	35.489	OK	0.6	2.58	2.080		
22.484	35.489	OK	0.6	2.58	1.811		

Για την φρακτή *Upper Platform* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 72 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Upper Platform***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuid} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
613.538	41.520	NOK	1.2	5.66	22.54	$\chi$	1
968.659	41.520	NOK	2.4	5.13	39.25	$C_t / C_s$	0.85
716.843	41.520	NOK	2.3	4.60	32.36	$f_{shr}$	0.5

**APPENDIX X - ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΓΕΜΙΣΜΕΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ**

Παρακάτω απεικονίζονται οι πίνακες για τα πάχη των κύριων ενισχυτικών σε κατάσταση μέχρι την μέση γεμισμένης δεξαμενής.

Για την φρακτή *LP9* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 73- Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *LP9***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuild} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
36.981	25.706	NOK	0.6	2.58	2.98	$\chi$	1
53.789	25.706	NOK	0.6	2.58	4.33	$C_t / C_s$	0.85
38.982	25.706	NOK	0.6	2.58	3.14	$f_{shr}$	0.5
55.790	25.706	NOK	0.6	2.58	4.49		
40.983	25.706	NOK	0.6	2.58	3.30		
57.791	25.706	NOK	0.6	2.58	4.66		

Για την φρακτή *LP18* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 74 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *LP18***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuild} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
73.257	40.610	NOK	2.45	2.45	6.21	$\chi$	1
143.799	40.610	NOK	2.46	2.42	12.33	$C_t / C_s$	0.85
35.788	40.610	OK	1.23	2.40	3.10	$f_{shr}$	0.5
169.924	40.610	NOK	2.45	2.62	13.47		
87.631	40.610	NOK	2.46	2.62	6.95		
85.908	40.610	NOK	1.23	2.62	6.81		

Για την φρακτή *Frame 8* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 75- - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Frame 8***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuild} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
23.760	30.947	OK	0.79	1.96	2.52	$\chi$	1
56.332	30.947	NOK	0.80	2.42	4.84	$C_t / C_s$	0.85
8.617	30.947	OK	0.79	1.85	0.97	$f_{shr}$	0.5
34.668	30.947	NOK	0.80	2.42	2.98		

Για την φρακτή *Transom* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 76 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Transom***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuild} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
120.664	38.267	NOK	2.38	2.57	9.75	$\chi$	1
237.017	38.267	NOK	3.02	2.57	19.16	$C_t / C_s$	0.85
42.510	38.267	NOK	2.38	2.42	3.65	$f_{shr}$	0.5
94.656	38.267	NOK	2.23	2.42	8.13		

Για την φρακτή *Upper Deck* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 77 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Upper Deck***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuild} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
16.460	35.489	OK	0.6	2.58	1.326	$\chi$	1
13.678	35.489	OK	0.6	2.58	1.102	$C_t / C_s$	0.85
11.017	35.489	OK	0.6	2.58	0.888	$f_{shr}$	0.5
22.867	35.489	OK	0.6	2.58	1.842		
19.711	35.489	OK	0.6	2.58	1.588		
16.331	35.489	OK	0.6	2.58	1.316		
29.154	35.489	OK	0.6	2.58	2.349		
25.819	35.489	OK	0.6	2.58	2.080		
22.484	35.489	OK	0.6	2.58	1.811		

Για την φρακτή *Upper Platform* τα πάχη των κύριων ενισχυτικών είναι:

**Πίνακας 78 - Υπολογισμοί για τα πάχη των ενισχυτικών στην Φρακτή *Upper Platform***

Κύρια ενισχυτικά							
$Z_{n50} (cm^3)$	$Z_{sbuild} (cm^3)$	OK/NOK	S (m)	$l_{shr} / l_{bdg} (m)$	$A_{shr-n50} (m^3)$	$f_{bdg}$	24
613.538	41.520	NOK	1.2	5.66	22.54	$\chi$	1
968.659	41.520	NOK	2.4	5.13	39.25	$C_t / C_s$	0.85
716.843	41.520	NOK	2.3	4.60	32.36	$f_{shr}$	0.5