



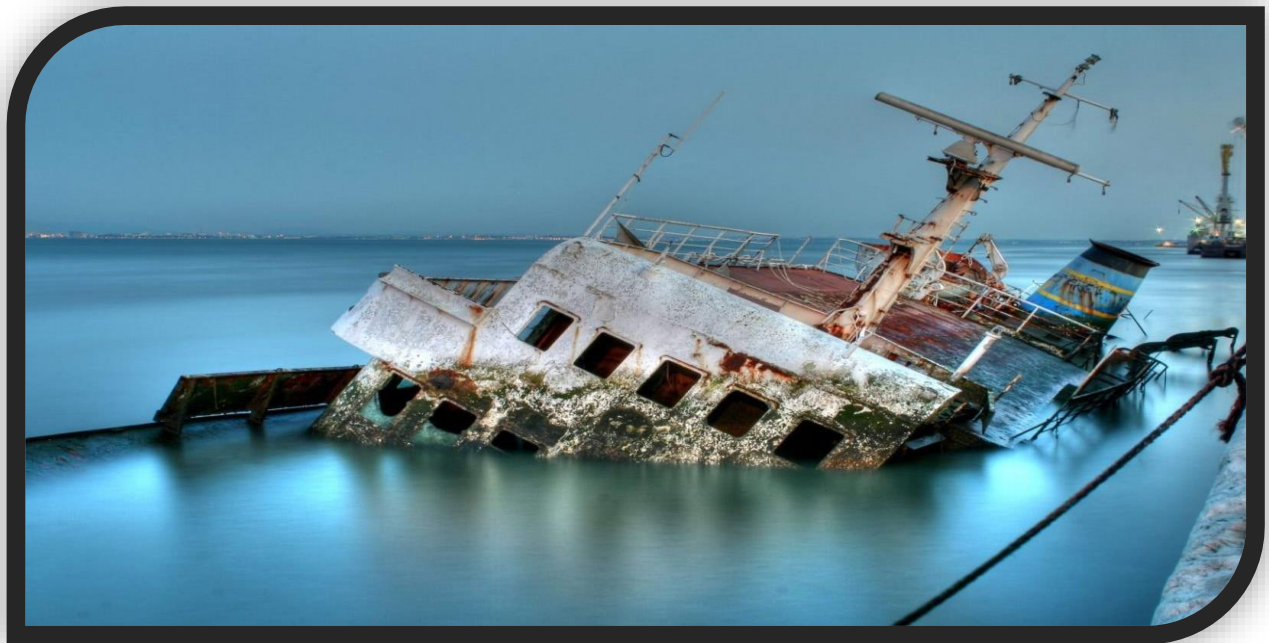
ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΖΗΣΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ Α.Μ_7377

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2023

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα σημερινά εμπορικά πλοία αντιμετωπίζουν μεγάλο αριθμό επιχειρησιακών αναγκών. Για τον λόγο αυτό οι διεθνείς οργανισμοί θέτουν αυστηρούς κανόνες, προδιαγραφές και μέτρα ασφαλείας για την αποφυγή σχετικών ατυχημάτων και αστοχιών που θέτουν σε κίνδυνο το προσωπικό, το ίδιο το κινούμενο πλοίο, το περιβάλλον και γενικότερα την ναυτιλιακή οικονομία.

Καθώς οι θαλάσσιες διαδρομές γίνονται πιο πυκνές και οι ταχύτητες υψηλότερες, απαιτείται η χρήση αξιόπιστων μεθοδολογιών σχεδιασμού και μελέτης της συμπεριφοράς των πλοίων σε από συνθήκες σύγκρουσης αυτών με άλλα κινούμενα η στατικά μέσα.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιείται μοντελοποίηση των κύριων χαλύβδινων δομικών μερών ενός μεσαίου μεγέθους εμπορικού πλοίου προκειμένου να διευρυνθεί το αντίκτυπο που έχει στην δομική ακεραιότητα του ένα φορτίο κρούσης μεσαίας ταχύτητας. Με βάσει τα αποτελέσματα προτείνονται κάποιες κατασκευαστικές τροποποιήσεις για την βελτίωση της αντοχής κρούσης του φέροντα σκελετού του πλοίου.

Ωστόσο, πριν ξεκινήσουμε την ανάλυση του θέματος αξίζει να αναφέρουμε τους καθηγητές οι οποίοι μας στήριξαν και μας βοήθησαν ώστε να πραγματοποιηθεί η παρούσα διπλωματική Εργασία. Δεν είναι άλλοι από τον Κ. Γιαννόπουλο Γ. όπου με στήριξε και με συμβούλεψε κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής τόσο σε σχεδιαστικό επίπεδο όσο και σε αναλύσεις καθώς και όλους τους δασκάλους του τμήματος μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία βασίζεται στην μελέτη αντοχής υπό συνθήκες σύγκρουσης ενός πλοίου καθώς και στην λεπτομερή ανάλυση μιας γάστρας ενός πλοίου σε σύγκρουση.

Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει εισαγωγική αναφορά επάνω στο εμπορικό ναυτικό και έπειτα ως προς την ιστορική αναδρομή.

Το δεύτερο κεφάλαιο θα αναφερθεί στα ναυτικά ατυχήματα ανά κατηγορία ταξινομημένα καθώς και σε μια σύντομη περιγραφή για το κάθε ένα ώστε να καλυφθεί η εκάστοτε κατάσταση.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα περιγράψουμε επιγραμματικά την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων καθώς και τις μεθόδους που ακολουθούμε για την υλοποίηση αυτού. Ωστόσο, θα ακολουθήσει και μια σύντομη περιγραφή της διακριτοποίησης (mesh) όπου κάνουμε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα του SolidWorks προκειμένου να σπάσουμε το κομμάτι σε πολύ μικρά κομμάτια ώστε να γίνει όσο πιο καλή γίνεται η ανάλυση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα μελετήσουμε λεπτομερώς όλα τα μέρη του πλοίου που απαρτίζεται και μερικά τα οποία δεν είναι και τόσο γνωστά ώστε να φτάσουμε στο τελικό κομμάτι της γάστρας όπου θα γίνει και εισαγωγή για το επόμενο κεφάλαιο όπου θα πραγματοποιηθεί και η ανάλυση. Στο κεφάλαιο αυτό θα εισάγουμε και διάφορους συντελεστές όπου παίζουν ρόλο στην κατασκευή μιας γάστρας καθώς και τα μήκη ως προς τον υπολογισμό τους.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί αναφορά επάνω στα υλικά κατασκευής μιας γάστρας ενός πλοίου. Στην συνέχεια θα γίνει ανάλυση ως προς την στατική όπου θα μελετήσουμε τις ιδιότητες του υλικού και μετά θα ακολουθήσει η γραμμική δυναμική ανάλυση (Linear Dynamic Analysis) όπου θα εισάγουμε την γάστρα μαζί με μια κυκλικής μορφής μπάλα όπου θα γίνει το χτύπημα. Θα ορίσουμε ταχύτητα και χρόνο και έτσι θα βγάλουμε τα τελικά μας αποτελέσματα ως προς τις τάσεις και τις παραμορφώσεις.

Abstract

This Master's Thesis is based on the strength study under collision conditions of a ship as well as the detailed analysis of a hull of a ship in collision.

Initially, in the first chapter there will be an introductory reference to the merchant navy and then to the historical review.

The second chapter will refer to marine accidents classified by category as well as a brief description of each one to cover each situation.

In the third chapter we will describe schematically the method of finite elements as well as the methods we follow for its implementation. However, there will also be a brief description of the dimensioning (mesh) where we do in the SolidWorks design program in order to break the piece into very small pieces so that the resolution is as good as possible.

In the fourth chapter we will study in detail all the parts of the ship that are made up and some which are not so well known to reach the final part of the hull where there will be an introduction for the next chapter where the analysis will also be carried out. In this chapter we will introduce various coefficients where they play a role in the construction of a hull as well as the lengths in terms of their calculation.

In the fifth and last chapter, reference will be made to the construction materials of a ship's hull. Then there will be a static analysis where we will study the properties of the material and then there will be a linear dynamic analysis (Linear Dynamain Analysis) where we will introduce the hull together with a circular ball where the hit will take place. We will define speed and time and thus get our final results in terms of trends and distortions.

ΠΕΡΙΟΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	ii
Περίληψη.....	iii
Abstract.....	v
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ	
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	2-3
2. ΝΑΥΤΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	
2.1 Η πρώτη ύπαρξη ναυτικού ατυχήματος.....	4
2.2 Είδη ναυτικών ατυχημάτων.....	5
2.2.1 Ναυτιλιακός εξοπλισμός.....	6
2.2.2 Ανθρώπινο λάθος.....	7
2.3 Σύγκρουση (Collision).....	8-10
2.4 Προσάραξη (Grounding).....	11-13
2.5 Πυρκαγιά (Fire outbreak).....	14
2.6 Η επικινδυνότητα των πλοίων σε περίπτωση πυρκαγιάς.....	15-16
2.6.1 Αιτίες πρόκλησης πυρκαγιάς.....	17-20
2.7 Βύθιση πλοίου (Boat sinking).....	21
2.8 Ετερόκλητα ατυχήματα.....	22
2.9 Εξωτερικές φθορές σε επιμέρους κομμάτια του πλοίου.....	23
2.10 Ζημιές από κακόβουλες επιθέσεις.....	24
2.11 Φαινόμενο κρούσης.....	25
3. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	
3.1 Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων.....	26-27
3.2 Κύριες έννοιες μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων.....	28-29
3.3 Συσχέτιση των πεπερασμένων στοιχείων με την μέθοδο των μετατοπίσεων.....	30
3.4 Χρήση πεπερασμένων στοιχείων για ναυπηγική χρήση.....	31
3.5 Διακριτοποίηση SolidWorks (Mesh).....	31-33
4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΟΜΜΑΤΙΑ	
4.1 Κατάλυμα.....	34
4.2 Άγκυρα.....	35
4.3 Δεξαμενές έρματος.....	36-38
4.4 Κατάστρωμα σκάφους.....	39-40
4.5 Γέφυρα πλοίου.....	41
4.6 Πτέρυγα γέφυρας.....	42
4.7 Βολβώδες πλήρη.....	43
4.8 Δεξαμενές αποθήκευσης.....	44
4.9 Αποθήκη φορτίων πλοίου.....	44
4.10 Κατάστρωμα.....	44

4.11	Διπλού κύτους πλοία.....	45
4.12	Καρίνα αγωγού πλοίου.....	46
4.13	Αίθουσα γεννήτριας έκτακτης ανάγκης.....	47
4.14	Μηχανοστάσιο.....	48
4.14.1	Κατηγοριοποίηση μηχανών πλοίου.....	49-53
4.15	Ιπτάμενη γέφυρα (Flying bridge).....	54.
4.16	Εμπρόσθιο κατάστρωμα.....	55
4.17	Ύψος εξάλων.....	55
4.18	Χοάνη.....	56
4.19	Κατάρτι.....	57
4.20	Νησί των μαϊμούδων.....	58
4.21	Προπέλα.....	58
4.22	Κατάστρωμα πρύμης.....	59
4.23	Στέλεχος.....	60
4.24	Γάστρα (Hull).....	61-62
4.25	Η μορφολογία της γάστρας σε συσχέτιση με την ταχύτητα.....	63
4.26	Η σημασία της ταχύτητας στις γάστρες.....	64-65
4.27	Ανάλυση της μορφολογίας μιας γάστρας πλοίου.....	66-74

5. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΑΣΤΡΑΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOLIDWORKS

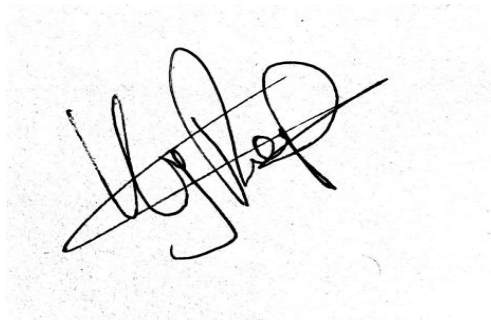
5.1	Υλικά κατασκευής γάστρας (Hull).....	76
5.1.1	Χάλυβας.....	77-80
5.1.2	Χάλυβας με ιδιότητες υψηλού εφελκυσμού (High tensile steel).....	81
5.1.3	Ανοξείδωτο ασάλι.....	82
5.1.4	Κράμα αλουμινίου.....	82
5.2	Σχεδιασμός.....	83-90
5.3	Στατική ανάλυση υλικού (AISI 1010 Steel).....	91-93
5.4	Ανάλυση κρούσης (με την μέθοδο της γραμμικής δυναμικής ανάλυσης – Linear Dynamic Analysis).....	94-103

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΕΣ

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας όπως όπως Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όπως όπως πηγές όπως οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω όπως ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή όπως εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής
Παπαζήσης Κυριάκος

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Kyriakos Papazisis', is centered on the page. The signature is stylized and somewhat cursive.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1. Εισαγωγή του εμπορικού ναυτικού

1.1 Εισαγωγή

Το Ελληνικό εμπορικό ναυτικό είναι ο κύριος λόγος εσόδων του ελληνικού κράτους σε αρκετούς τομείς στην Ελλάδα, ο οποίος ασχολείται με το εμπόριο και τη μεταφορά αγαθών και υπηρεσιών παγκοσμίως. Το ελληνικό εμπορικό ναυτικό αποτελείται από τα εμπορικά πλοία που ανήκουν σε Έλληνες πολίτες. Τα πλοία που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για εμπορικό σκοπό και ανήκουν σε Έλληνες πολίτες έχουν είτε την ελληνική σημαία.



Εικόνα 1 : Φωτογραφία κολλάζ εμπορικού ναυτικού (<https://e-nautilia.gr>)

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η Μεσόγειος Θάλασσα από τον καιρό προς τα αρχαία χρόνια έδωσε επίκεντρο στο θαλάσσιο εμπόριο και της ναυτιλίας. Στην αρχαιότητα διάφοροι λαοί όπως όπως οι Φοίνικες, οι Ασσύριοι, οι Πέρσες, οι Αιγύπτιοι, οι Ρωμαίοι και φυσικά και οι Έλληνες δημιούργησαν μια μεγάλη ναυτιλιακή δραστηριότητα και οριστικοποίησαν τους πρώτους δικαϊκούς κανόνες για να διαμορφώσουν τις απορρέουσες σχέσεις από το μεταξύ τους εμπόριο και να διασφαλίσουν την ελεύθερη ναυσιπλοΐα.

Η αρχή έγινε μέσω ναυτικού ενδιαφέροντος όπου περιλαμβάνονται στον «Κώδικα της Εσνούνας», πόλης της Μεσοποταμίας (περίπου 1930 π.Χ). Αργότερα, ο «Κώδικας του Χαμουραμπί» (περίπου 1750 π.Χ.) έχει εκτιμηθεί ως ο πιο χρήσιμος νομοθετικός λόγος της εποχής εκείνης και εφαρμόζει μεταβολές πάνω στην ευθύνη του μεταφορέα και τον απολογισμό ζημιών εντός θαλάσσης. Έπειτα από 1000 χρόνια ο «Νόμος Ροδίων Ναυτικός» οριοθετεί νέους παράγοντες ασφάλειας στο ναυτικό, περιλαμβάνοντας μεταβολές που σχετίζονται με την εξασφάλιση ακριβών αντικειμένων κατά τη μεταφορά τους και ρυθμίζοντας μεταξύ άλλων θέματα ναυαγίου, ναυτικής υποθήκης και κοινής αβαρίας.



Εικόνα 1.1 : Το Ελληνικό εμπορικό ναυτικό το 1940
(<https://www.alexpolisonline.com/>)

Στην εποχή των Ρωμαίων, οι πολίτες κατέχουν ενά αρκετό ποσοστό της Ροδιακής νομοθεσίας (Lex Rhodia) και των θεσμών όπως η κοινή αβάρια (Lex Rhodia de Jactu) ή το ναυτικό δάνειο (foenus nauticum) και οριοθετούν νέους όπως το «Rescriptum Nautarum», αναλογικά με την ευθύνη του θαλάσσιου μεταφορέα. Το ρωμαϊκό δίκαιο είχε συγγραφεί στην μορφολογία στην ιουστινιάνεια νομοθεσία, και έτσι κατάφερε να ανέβει. Το νομοθετικό έργο των “Βασιλικών”, αποτελεί μια εξελληνισμένη και πιο προσιτή νομικά μορφή, του παλαιότερου Κώδικα του Ιουστινιανού. Στο πεντηκοστό τρίτο (LIII) Βιβλίο των Βασιλικών, είχαν καταχωρηθεί όλες οι ρυθμίσεις που αφορούσαν στο Ναυτικό Δίκαιο, οι οποίες είχαν προσαρμοστεί στις συνθήκες της περιόδου.



Εικόνα 1.2 www.mixanitouxronou.gr

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2. ΝΑΥΤΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

2.1 Η πρώτη ύπαρξη ναυτικού ατυχήματος

Η πρώτη περίπτωση σύγκρουσης αφορά δύο πλοία τα οποία έλαβαν μέρος στην περιοχή επιβίβασης αποβίβασης πλοηγού στο τέλος του καναλιού εισόδου - εξόδου του λιμένα Jebel Ali των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων. Το πρώτο, είναι πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με την ονομασία 'EVERSMART' και ανήκει στην εταιρία 'EVERGREEN MARITIME LIMITED' και κατά την ώρα της σύγκρουσης μετέφερε 48.564 τόνους φορτίου σε εμπορευματοκιβώτια. Το δεύτερο, ένα δεξαμενόπλοιο τύπου Very Large Crude Carrier (VLCC) με την ονομασία 'ALEXANDRA 1' της 'NAYTICAL CHALLENGE LTD' και το οποίο κατά την ώρα της σύγκρουσης μετέφερε 113.915 τόνους συμπυκνωμένου πετρελαίου.

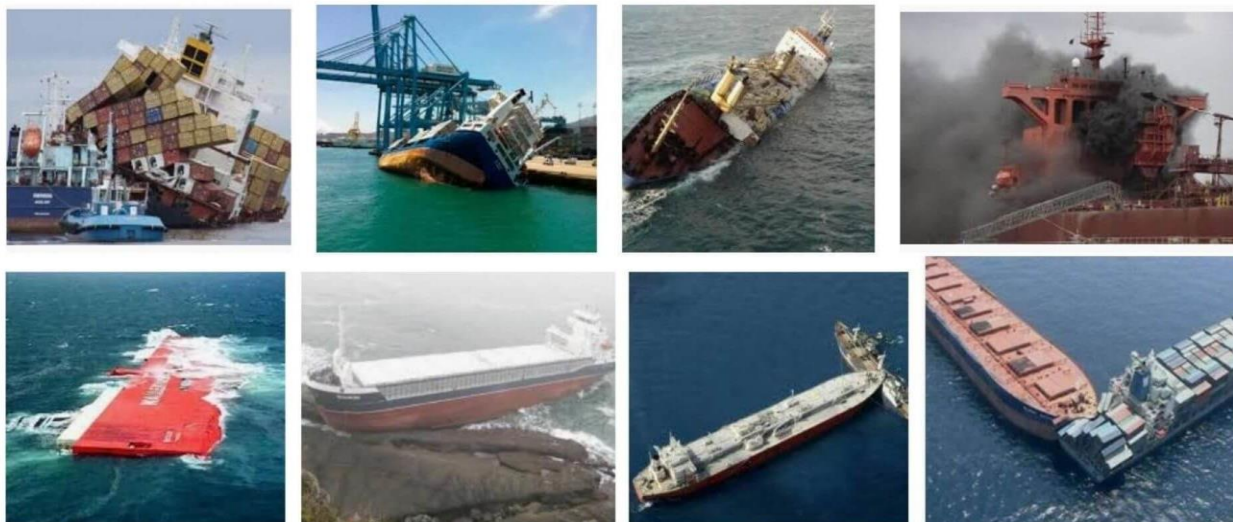


Εικόνα 2 : Πλοίο μεταφοράς εμπορευμάτων της EVERGREEN
(<https://avto.goodfon.com/>)

2.2 Είδη ναυτικών ατυχημάτων

Τα ναυτικά ατυχήματα διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο σύγκρουσης, καθώς και με την εκάστοτε κατάσταση και πλευρά ενός πλοίου.

Maritime Accidents



Εικόνα 2.1 : Ναυτικά ατυχήματα (<https://maritimecyprus.com>)

- ✓ Σύγκρουση (Collision)
- ✓ Προσάραξη (Grounding)
- ✓ Πυρκαγιά ή Έκρηξη (Fire & Explosion)
- ✓ Βύθιση πλοίου (Boat sinking)
- ✓ Ετερόκλητα ατυχήματα
- ✓ Εξωτερικές φθορές στα παρελκόμενα κομμάτια του πλοίου
- ✓ Ζημιές από κακόβουλες επιθέσεις

Οι παραπάνω κατηγορίες αποτελούν έως και σήμερα τις βασικές αιτίες ατυχημάτων στο ναυτικό και θα εξεταστούν ξεχωριστά ως προς τους παράγοντες αλλά και τις επιπτώσεις που αποτελούν σε κάθε μια περίπτωση.

2.2.1 Ναυτιλιακός εξοπλισμός

Ο ναυτιλιακός εξοπλισμός είναι συνήθως καλά σχεδιασμένος και κατασκευασμένος για να αντέχει τις καταπονήσεις που υφίστανται όλα τα σκάφη κατά την πλοήγηση στους ωκεανούς και τις πλωτές οδούς του κόσμου. Ωστόσο, είναι επίσης όλο και πιο περίπλοκο και περιέχει μυριάδες κινούμενα μέρη. Πολλά ναυτικά ατυχήματα προκαλούνται από βλάβες κινητήρα, προβλήματα με ηλεκτρονικά συστήματα και άλλους τύπους αστοχίας εξοπλισμού. Μερικές φορές η αστοχία εξοπλισμού είναι αποτέλεσμα φυσικών φαινομένων, όπως η κακοκαιρία ή η έντονη θάλασσα, αλλά σε πολλές περιπτώσεις, υπάρχουν και άλλοι αιτιώδεις παράγοντες που παίζουν ρόλο. Οι συνήθεις αιτίες αστοχίας εξοπλισμού περιλαμβάνουν:

Έλλειψη σωστής και συνεχούς συντήρησης για την αποφυγή βλάβης του εξοπλισμού
Αποτυχία παρακολούθησης των συστημάτων ενός πλοίου προκειμένου να εντοπιστούν πιθανά προβλήματα πριν προκύψουν
Έλλειψη του απαραίτητου εξοπλισμού ή/και προστατευτικών εξαρτημάτων ή εργαλείων
Βλάβες στις λειτουργικές διαδικασίες
Βλάβες στις διαδικασίες επικοινωνίας

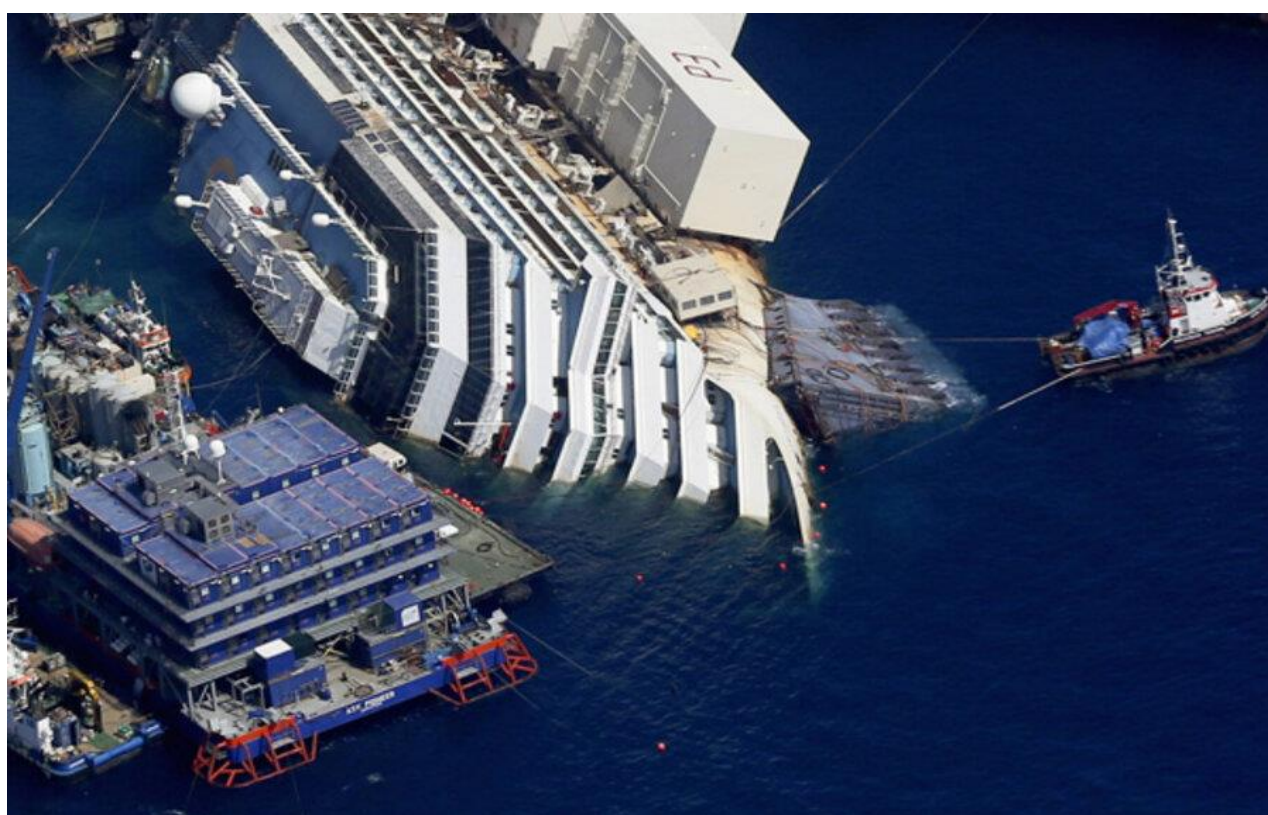


Εικόνα 2.2: <https://sociologyedu.weebly.com/>

Μια άλλη σημαντική αιτία βλάβης του εξοπλισμού είναι το γλωσσικό εμπόδιο, ειδικά όταν πρόκειται για εγχειρίδια λειτουργίας. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Θαλασίων Μεταφορών, παρόλο που ο σχεδιασμός και οι μέθοδοι κατασκευής πλοίων έχουν βελτιωθεί με τα χρόνια, υπάρχει ανάγκη για καλογραμμένα και σωστά μεταφρασμένα εγχειρίδια λειτουργίας. Σε πολλές περιπτώσεις, η τεκμηρίωση που συνοδεύει τη ναυτιλία είναι γενική και γραμμένη σε πολλές γλώσσες τα πληρώματα των πλοίων δεν μπορούν να διαβάσουν. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να διορθωθεί με τη χρήση εύκολα διαθέσιμου μεταφραστικού λογισμικού, αλλά πολλές ναυτιλιακές εταιρείες δεν χρησιμοποιούν αυτήν την επιλογή.

2.2.2 Ανθρώπινο λάθος

Κύριος παράγοντας είναι η έλλειψη σωστής εκπαίδευσης. Σύμφωνα με το Σχέδιο Προειδοποίησης και Αναφοράς Ναυτικών (MARS), το ανθρώπινο λάθος ευθύνεται για την πλειονότητα των θαλάσσιων ατυχημάτων. Το ανθρώπινο λάθος συμβαίνει συνήθως λόγω ακατάλληλης εκπαίδευσης ή/και έλλειψης εκπαίδευσης, απειρίας, κόπωσης από υπερβολική εργασία και υπερπροσπάθειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως η προσάραξη του Costa Concordia που προκάλεσε 32 θανάτους τον Ιανουάριο του 2012, ανθρώπινο λάθος μπορεί να προκληθεί από την ανικανότητα του καπετάνιου ενός πλοίου. Ακόμη και σε έναν κόσμο όπου πολλές λειτουργίες πλοίων είναι αυτοματοποιημένες, η εμπειρία και η κατάλληλη εκπαίδευση κάνουν σημαντική διαφορά στον τρόπο λειτουργίας ενός σκάφους..



Εικόνα 2.3: Ναυτικό ατύχημα της Costa Concordia
<https://www.csmonitor.com>

Πολλά ατυχήματα συμβαίνουν επειδή ένας ναυτικός ή ένας αξιωματικός του πλοίου δεν αντιδρά γρήγορα ή σωστά σε μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης, όπως μια σύγκρουση με άλλο σκάφος ή μια ξαφνική πυρκαγιά στο πλοίο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το καλά εκπαιδευμένο προσωπικό έχει ταχύτερους χρόνους αντίδρασης και μπορεί να αντιμετωπίσει απροσδόκητες κρίσεις καλύτερα από τα άπειρα μέλη του πληρώματος ή τους κατώτερους αξιωματικούς. Οι εκπαιδευμένοι και έμπειροι ναυτικοί δεν πανικοβάλλονται και μπορούν να λάβουν τις απαραίτητες ενέργειες για να σώσουν το σκάφος, το περιεχόμενό του, το πλήρωμα και τους επιβάτες.

2.3 Σύγκρουση (Collision)

Γενικά ο όρος σύγκρουση αποσκοπεί στην κατάσταση ή συμπεριφορά των εμπλεκόμενων μερών. Η ορολογία αυτή έχει ως κύρια βάση και ιδιαίτερη διάσταση .Αρκετά φαινόμενα συγκρούσεων εμπλέκονται οι μη σωστές εκτιμήσεις είτε από φυσικό αίτιο είτε από κάποιο άλλο τρόπο υπερεκτίμησης των καταστάσεων και των συνθηκών. Οι συγκρούσεις, στη πλειονότητά τους μπορούν να προλαμβάνονται με νομοθετικές ρυθμίσεις.



Εικόνα 2.2 : ατύχημα σύγκρουσης
([https://el.wikipedia.org/wiki/Σύγκρουση πλοίου](https://el.wikipedia.org/wiki/Σύγκρουση_πλοίου))

Αρχικά, σύγκρουση πλοίων έχουμε όταν 2 ή περισσότερα πλοία συγκρούονται μεταξύ τους ή όταν ένα πλοίο προσκρούει σε ένα σταθερό παράγοντα, όπως μια γέφυρα, ή μια προβλήτα. Πιο συγκεκριμένα, η σύγκρουση χωρίζεται σε δύο κατηγορίες την άμεση και την έμμεση. Η άμεση, είναι αυτή που αναφέρθηκε και παραπάνω, και μπορεί να είναι από μια απλή επαφή μεταξύ πλοίων ή ενός πλοίου με μια προβλήτα, γέφυρα όπου δεν προκλήθηκαν σοβαρές ζημιές, μέχρι και μια σφοδρή σύγκρουση μεταξύ 2 ή περισσότερων πλοίων μέσω της οποίας προκλήθηκαν μεγάλες ζημιές και αποζημιώσεις τόσο στα ίδια τα πλοία όσο και σε αυτά που μετέφεραν. Η δεύτερη περίπτωση είναι η έμμεση σύγκρουση αλλιώς και σύγκρουση απομακρυσμένων πλοίων.

Σύμφωνα λοιπόν και με την ονομασία αυτή, αναφερόμαστε σε σύγκρουση η οποία μπορεί να προέκυψε λόγω υπερβολικής ταχύτητας σκάφους κοντά σε ακτή, πράγμα το οποίο δημιουργεί μεγάλο κυματισμό, και λόγω αυτού να προκληθεί κάποιο ατύχημα σε άλλο πλοίο ή σκάφος. Αυτό, αποτυπώνεται καλύτερα και μέσα από τον ΚΙΝΔ άρθρο 2414, όπου αναφέρει ρητά πως οι διατάξεις περί συγκρούσεων πλοίων αναφορικά με τις ζημιές εξαιτίας παράληψης χειρισμού ή μη τήρησης των κανόνων εφαρμόζονται ακόμα και αν δεν υπάρχει φυσική επαφή μεταξύ των σκαφών.



Εικόνα 2.3 : Ενδεικτική φωτογραφία πλοίαρχου (<https://www.dreamstime.com>)

Ερχόμαστε στο σημείο που όντως επέρχεται ο κίνδυνος και πρέπει ο κάθε πλοίαρχος να δράσει σωστά για να διαφυλάξει την ασφάλεια των επιβαινόντων, μαζί και του πληρώματος. Επιπρόσθετα, είναι αυτός ο οποίος οφείλει να παράξει βοήθεια στο πλοίο και το πλήρωμα το οποίο έχει υποστεί την μεγαλύτερη ζημία, ενώ πρέπει να κάνει γνωστό στο άλλο πλοίο το όνομα του δικού του, τον λιμένα που είναι εγγεγραμμένο το πλοίο, τον τόπο αναχώρησης και τον τόπο προορισμού. Επειδή όμως η σύγκρουση επιφέρει ευθύνη, μια παραβίαση επιφέρει συνέπειες, στην συγκεκριμένη περίπτωση όμως, οποιαδήποτε παραβίαση των παραπάνω, δεν θα προσθέσει ευθύνη στην πλοιοκτήτη

Ωστόσο, οι εκάστοτε καπετάνιοι ακολουθούν βασικούς κανόνες χειρισμού σε περίπτωση που συμβεί τέτοιου είδους ατύχημα. Έτσι, παρακάτω εξηγούνται κάποιους από τους τρόπους στους οποίους μπορεί ο οδηγός του πλοίου να αναστρέψει την κατάσταση πριν συμβεί το ατύχημα.

- ❖ Οι χειρισμοί θα πρέπει, εφόσον οι συνθήκες είναι ευνοϊκές να είναι ακριβής και να γίνονται ταχύρρυθμα.
- ❖ Η εναλλαγή της ταχύτητας εάν και εφόσον καθορίζεται από τις συνθήκες, καθώς θα πρέπει να υπάρχει πλήρης σωστή συνεννόηση για να μην γίνει τυχόν σύγκρουση με άλλο πλοίο.
- ❖ Κάθε μεταβολή χειρισμού θα πρέπει να υπάρχουν οι απαραίτητες αποστάσεις ασφαλείας από το άλλο πλοίο.
- ❖ Εάν θα πρέπει να μειώσει ταχύτητα το πλοίο θα πρέπει να το κάνει εγκαίρως και χωρίς άλλες παρεμποδίσεις
- ❖ Η σωστή διέλευση των πλοίων είναι απαραίτητη και θα πρέπει να την τηρούν όλοι για την ορθή λειτουργία κίνησης εντός θαλάσσης.

2.4 Προσάραξη (Grounding)

Ως **προσάραξη** πλοίου ονομάζεται η κατάσταση στην οποία ένα πλοίο κατακάθεται στον πάτο της θάλασσας. Η προσάραξη μπορεί να είναι άλλοτε ως επιφανειακή, όταν ενδέχεται για ναυτικό ατύχημα, είτε εκούσια, όταν το πλοίο κατά κύριο λόγο σταματάει για λόγους, που αποσκοπούν στην ασφάλειά του.



Εικόνα 2.4 : Προσάραξη πλοίου (<https://el.wikipedia.org/προσάραξηπλοίου>)

Η προσάραξη ενός πλοίου μπορεί να οφείλεται είτε από αστοχία του εργατικού προσωπικού είτε από κάποιο αίτιο φυσικό ή μηχανικό του πλοίου. Ωστόσο αυτή η κατηγορία ατυχημάτων διακρίνεται σε δύο υποκατηγορίες την εκούσια προσάραξη και την ακούσια προσάραξη.

Η εκούσια προσάραξη ενδέχεται να γίνει στο πλοίο λόγο σύγκρουσης τις πιο πολλές φορές ή και λόγω διαρροής, πυρκαγιάς ή άλλης σοβαρής αιτίας, όπου και είναι αρκετά σίγουρο ότι θα βυθιστεί.



Εικόνα 2.5 : Εκούσια προσάραξη πλοίου
(<https://knowledgeofsea.com/grounding-theory-numericals/>)

Η ακούσια είναι από τα πιο κοινώς διαδεδομένα ατυχήματα και με τις μικρότερες αστοχίες. Κατά κύριο λόγο αυτού είναι μη σωστή εκτίμηση της απόστασης του πλοίου κοντά σε περιοχές με αβαθή ή βλάβη.

Λόγοι προσάραξης πλοίου
Σκοτάδι (μη επαρκής φωτισμός)
Παλίρροια
Ορατότητα
Κύματα
Υπερβολικός άνεμος
Βάθος ωκεανού
Γεωμετρία ωκεανού
Ηλικία του σκάφους
Μέγεθος του σκάφους
Τύπος σκάφους
Ταχύτητα
Ανθρώπινο λάθος
Πόλεμος, εχθροπραξίες επάνω ενάντια του πλοίου

Μετά από μια σύγκρουση – ατύχημα προσάραξης θα πρέπει να επέλθουν κάποιες επιδιορθώσεις επάνω στο πλοίο ώστε να ξαναεπανέλθει στην αρχική του κατάσταση ασφαλής και έτοιμο ή να αποσυρθεί τελείως από την θάλασσά. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες καταστάσεις παραδειγμάτων τέτοιων ατυχημάτων και τρόποι αντιμετώπισης καθώς και για ποιους λόγους μερικές φορές χρειάζεται να αποσυρθεί τελείως.

Λόγοι αντιμετώπισης ατυχήματος προσάραξης ή απόσυρσης πλοίου

- Το πλοίο που έχει υποστεί ζημιές από ατύχημα προσάραξης παραμένει στην θάλασσα εφόσον δεν έχει υποστεί μεγάλες ζημιές αλλά θα χρειαστεί πρώτα να, απομακρυνθεί προκειμένου να επισκευαστεί και να επιστρέψει σε υπηρεσία
- Ένα προσαραγμένο πλοίο είναι μια αντιαισθητική εικόνα της περιοχής
- Ένα προσαραγμένο πλοίο προκαλεί σημαντικές ζημιές στη δομή του λόγω διάβρωσης ή άλλων παραγόντων και θα γίνει τελικά ναυάγιο εάν δεν αντιμετωπιστεί σωστά.
- Το πλοίο περιέχει επικίνδυνο υλικό και προκαλεί περιβαλλοντική ζημιά εάν το υλικό πρόκειται να απελευθερωθεί, κάτι που τελικά θα συμβεί εάν μείνει στο τόπο του ατυχήματος για αρκετό καιρό.
- Ένα πλοίο μπορεί να αφαιρεθεί για να αποτραπεί η μη εξουσιοδοτημένη είσοδος στο πλοίο από ντόπιους.
- Το πλοίο που έχει προσαραχθεί αποτελεί κίνδυνο ναυσιπλοΐας ή παρεμποδίζει με άλλον τρόπο μια διαδρομή αποστολής.

2.5 Πυρκαγιά (Fire outbreak)

Μια διαφορετική κατηγορία είναι η πυρκαγιά ή η έκρηξη. Η συγκεκριμένη κατηγορία ατυχημάτων παρουσιάζει υψηλά ποσοστά σε θανάτους ζώων διότι το πλοίο δεν έχει άμεση παροχή βοήθειας από κοντινή ακτή και οι συνθήκες δύσκολες και άλλοτε και μη αναστρέψιμες ιδίως κατά τη διάρκεια μιας αρκετά κακής κακοκαιρίας όταν μεταφέρεται με επικίνδυνο φορτίο.



Εικόνα 2.6 : Πυρκαγιά δεξαμενόπλοιου (<https://english.alarabiya.net>)

Η φωτιά είναι επίσης παρατεινόμενος κίνδυνος που καταστρέφει συνεχώς οτιδήποτε γύρω επίσης και μπορεί να εξαπλωθεί από πηγή σε πηγή. Όλα τα δομικά μέρη η εξαρτήματα που έρχονται σε επαφή με τη φωτιά θα αρχίσουν να καίγονται και να καταστρέφονται με την πάροδο του χρόνου. Η επαφή με τη φωτιά προκαλεί περίπου 33% ζημιά επίσης μέχρι να εξαφανιστεί. Η φωτιά μπορεί να εξαπλωθεί μεταξύ οποιωνδήποτε εύφλεκτων δομικών υλικών που καίγονται κατά την επαφή. Η φωτιά παρόλαυτα δεν μπορεί να εξαπλωθεί στη στεριά, μπορεί να εξαπλωθεί στα δομικά υλικά των πλοίων επίσης το ξύλο αν πρόκειται σε τουριστικά ή σε εμπορεύματα εύφλεκτα που μπορεί να μεταφέρουν κατά την πορεία επίσης. Η φωτιά θα αρχίσει σιγά-σιγά να προκαλεί ζημιά σε τοιχώματα επίσης κύτους στα οποία εξαπλώνεται. Γενικά χρειάζονται περίπου 1-2 λεπτά καύσης για να προκληθεί επίσης μόνο τραυματισμός στο πλοίο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η φωτιά δεν μπορεί να δημιουργήσει τρύπες στη γάστρα εάν υπάρχει μόνο στο επάνω κατάστρωμα. Επίσης η φωτιά δεν μπορεί να εξαπλωθεί γύρω στα κάτω καταστρώματα, εάν υπάρχει ένα στρώμα νερού συγκεντρωμένο στο πάτωμα.

2.5.1 Η επικινδυνότητα πλοίων σε περίπτωση πυρκαγιάς

Το καταστατικό ωστόσο του «πυροσβεστικού εξοπλισμού» που υποχρεωτικά πρέπει να παρέχει το κάθε πλοίο, ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει εκ βάθους και με τον αποδοτικότερο δυνατό τρόπο, μια πυρκαγιά που, από οποιαδήποτε αιτία, είναι πιθανόν ξεσπάσει στο πλοίο. Στην συνέχεια γνωρίζουμε η καταπολέμηση της πυρκαγιάς πάνω σε ένα πλοίο δεν έχει καμία σχέση με το τρόπο καταπολέμησης πυρκαγιάς στην ξηρά. Καθώς δεν υπάρχουν επαγγελματίες πυροσβέστες στο πλοίο, και το σημαντικότερο είναι ότι η πυρόσβεση της πυρκαγιάς πάνω στο πλοίο μπορεί να διεξαχθεί με αντίξοες και άσχημες καιρικές συνθήκες.

Καταλήγοντας η φωτιά είναι ο ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους που μπορεί να συμβεί στα πλοία. Αυτό το οποίο προβλέπεται να κάνουμε πάνω στο πλοίο λοιπόν είναι η επανειλημμένη εκμάθηση του πληρώματος του πλοίου για καταπολέμηση της πυρκαγιάς και η συνεχής ενημέρωση και έλεγχος των πυροσβεστικών εξοπλισμών. Μέσα λοιπόν από όλα αυτά καθορίζεται το μέγεθος και η σπουδαιότητα του κινδύνου της πυρκαγιάς, καθώς και η σοβαρότητα με την οποία πρέπει να καταπολεμείται η πυρκαγιά στο πλοίο, τόσο σε βαθμό πρόληψης όσο και σε βαθμό αντιμετώπισης και καταπολέμησης.



Εικόνα 2.7 : Το τρίγωνο της πυρκαγιάς (<http://www.fria.gr>)

2.5.2 Αιτίες πρόκλησης πυρκαγιάς

Η μη καλή αντίληψη του πληρώματος, η αμέλεια και η μη τήρηση κανόνων ασφαλείας στις εφαρμογές ή λειτουργίες που οργανώνονται σε ένα πλοίο, είναι από τους βασικούς παράγοντες που δημιουργούν μια πυρκαγιά. Δυστυχώς, μέσω διερεύνησης έχει αποδειχτεί ότι συνήθως στις περισσότερες περιπτώσεις πυρκαγιάς αποσκοπούν κυρίως σε αμέλεια, άγνοια, γρήγορες ή λανθασμένες ενέργειες. Κάποιες κατηγορίες αυτών είναι οι εξής:

1. Βραχυκύκλωμα

Κύρια αιτία πυρκαγιάς, η οποία συνήθως προξενείτε λόγο φθαρμένου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, αλλά και άλλες φορές λόγω μη ορθής χρήσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Συνήθως κατά το βραχυκύκλωμα δημιουργείται ένας ασθενής στο μάτι ή μεγάλος διαρκείς σπινθηρισμός, ο οποίος έχει την ευχέρεια να μεταδώσει θερμότητα σε παρελκόμενα υλικά, τα οποία μπορεί να αναφλέγονται και έτσι να ξεκινήσει μια πυρκαγιά.



Εικόνα 2.8 : Σύμβολο βραχυκυκλώματος
(<https://www.facebook.com/Brachykykloma>)

2. Θερμογόνες εργασίες

Αυτού του είδους διεργασίες είναι η οξυγονοκοπή, η ηλεκτροσυγκόλληση, το ζέσταμα του φορτίου κτλ. Κατά την εργασία δημιουργούνται αρκετά υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες, αν βρεθούν εκτός ελέγχου του ανθρωπίνου δυναμικού που τις εκμεταλλεύεται ή, αν δεν τηρούνται τα προβλεπόμενα μέτρα προφύλαξης, μπορούν να προκαλέσουν εύκολα μια πυρκαγιά.



Εικόνα 2.9 : Ηλεκτροσυγκόλληση πλοίου (<https://auto.edu/blog/what-is-maritime-welding-important>)

3. Αυτοθέρμανση – Αυτανάφλεξη

Πολλές φορές τυχαίνει να παίρνει φωτιά ένα από τα υλικά όπου όταν στο εσωτερικό του παραχθεί αρκετή θερμότητα, θα έχει ως κακόβουλο αποτέλεσμα την εμφάνιση χημικών αντιδράσεων και οξειδώσεων που μπορεί να οδηγήσουν σε πυρκαγιά μέσα στο ίδιο το υλικό. Η θερμότητα αυτή μπορεί να δημιουργήσει σταδιακά θερμοκρασία του υλικού μέχρι να φτάσει στο σημείο όπου θα πιάσει φωτιά. Το υλικό ουσιαστικά αυτοαναφλέγεται, διότι θερμαίνεται από μόνο του και χωρίς να αντιδρά άλλου είδους εξωτερικός ή εξωγενής παράγοντας.

4. Διαρροή πετρελαιοειδών

Στο πλοίο βρίσκονται σε καθιερωμένη βάση πετρέλαια (fuel, diesel), καθώς και παράγωγα τους (λιπαντικά, γράσα), τα οποία είναι εύφλεκτα και γι' αυτό θα πρέπει να παίρνονται ειδικά μέτρα πρόληψης και αποφυγής όταν τα χρειαζόμαστε, ώστε να μην δημιουργηθεί τυχόν διαρροή τους ή πρόσμιξή τους με άλλα υλικά. Τα πετρελαιοειδή έχουν την ιδιότητα να ατμοποιούνται, και ειδικά όταν βρίσκονται σε χώρο ιδιαίτερα θερμό, όπως για παράδειγμα μηχανοστάσιο, το μαγειρείο ή αλλού είδους τέτοιον χώρο. Μια τυχαία πηγή ανάφλεξης (σπινθήρας, τσιγάρο κτλ.) θα καθιστούσε εύκολο την πρόκληση ανάφλεξης και την δημιουργία τέτοιων εύφλεκτων παραγόντων ατμού που δημιουργούνται από χυμένα ή μη ορθά αποθηκευμένα πετρελαιοειδή, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια δυνατή πυρκαγιά στο πλοίο χωρίς σημαντικό λόγο.



Εικόνα 2.10 : Διαρροή πετρελαιοειδών πλοίου (<https://portnet.gr/themata/21426-diarroh-petrelaiou-ston-voreio-atlantiko>)

5. Κάπνισμα

Γενικότερα, η χρήση τσιγάρου στο πλοίο επιτρέπεται μόνο στα καπνιστήρια και στους άλλους ειδικά διαμορφωμένους χώρους για αυτό το σκοπό και μόνο. Αναλυτικότερα, στα δεξαμενόπλοια το κάπνισμα είναι άκρως απαγορευτικό κοντά στους χώρους του φορτίου καθώς το πετρέλαιο μεταδίδει αναθυμιάσεις από τα εξαεριστικά, οι οποίες μπορούν πολύ εύκολα να αναφλεγούν από έναν σπινθήρα του τσιγάρου. Άλλοι άκρως απαγορευτικοί χώροι για κάπνισμα είναι το μηχανοστάσιο, το αντλιοστάσιο, το μαγειρείο και γενικά τέτοιου είδους χώροι που μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά στο πλοίο.



Εικόνα 2.11 : Ενδεικτική φωτογραφία για μη χρήση καπνίσματος (<https://duramarktechnologies.com/no-smoking-label>)

2.6 Βύθιση πλοίου (Boat sinking)

Μια άλλη κατηγορία ναυτικού ατυχήματος χαρακτηρίζεται και η βύθιση ενός πλοίου όπου μπορεί να συμβεί και ασχέτως από τους παραπάνω λόγους που ειπώθηκαν

ή λόγω από δύσκολες καιρικές συνθήκες μετατόπισης του φορτίου με κύριο αποτέλεσμα να εκτραπεί και διαχωριστεί το πλοίο σε δύο κομμάτια. Ωστόσο η βύθιση σαν μπορεί να πιαστεί ως ολική καταστροφή του πλοίου και επηρεάζεται από παράγοντες όπως η πιθανότητα να αναποδογυρίσει.



Εικόνα 2.8 : Βύθιση πλοίου (<https://www.wallpaperflare.com>)

Αυτού του είδους συμβάντος στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η φυσική συνέχεια των άλλων μορφών ατυχημάτων. Στις περισσότερες πηγές η βύθιση του πλοίου δεν αναφέρεται ως είδος ατυχήματος αν και το γεγονός ότι, ιδίως πριν τον ερχομό του ατμού, πολλά πλοία βυθίστηκαν χωρίς κανένα ίχνος, ενισχύει την αντίθετη άποψη.

2.7 Ετερόκλητα ατυχήματα

Στη κατηγορία των ετερόκλητων ατυχημάτων διακρίνουμε τις εξής υποκατηγορίες:

- Μικτές μορφές: Στις μικτές μορφές ετερόκλητων ατυχημάτων διακινούνται οι παραπάνω μορφές ατυχημάτων που αναφέραμε, όπως της πυρκαγιάς βύθισης, προσάραξης, σύγκρουσης κτλ. Η κατηγορία των μικτών μορφών ατυχημάτων παρουσιάζει μια επιπρόσθετη δυσκολία στην κατηγοριοποίησή τους, διότι καθορίζεται από το ποιος οργανισμός κάνει την επεξεργασία των στοιχείων.

- Εσκεμμένη βύθιση: του πλοίου με τη μέθοδο του ανοίγματος οπών στα ύφαλα του πλοίου για να μην περιέλθει αυτό στην κατοχή του εχθρού σε περιόδους πολέμου ή για την εξοικονόμηση χρημάτων π.χ. ασφάλεια του πλοίου όταν ο πλοιοκτήτης δίνει εντολή για βύθιση του πλοίου. Η βύθιση του Δ/Ξ Salem. Το Δ/Ξ Salem βυθίστηκε εσκεμμένα από το πλήρωμα κοντά στην ακτή της Σενεγάλης και θεωρήθηκε μία από τις σοβαρότερες υποθέσεις ναυτικής απάτης. Το πλοίο ξεφόρτωσε στη Ν. Αφρική 190.000 τόνους φορτίο, αφήνοντας 1.500 τόνους στις δεξαμενές φορτίου μαζί με θαλασσινό έρμα για να φαίνεται περισσότερο πειστική η απώλεια. Μετά την απώλεια του πλοίου ο ιδιοκτήτης του πλοίου ζητούσε ασφαλιστική αποζημίωση της τάξεως των 56,3 εκατομμυρίων δολαρίων από το Lloyd's of London, η οποία ήταν η μεγαλύτερη που είχε γίνει ποτέ. Μια έρευνα αποκάλυψε ότι η εταιρία πετρελαίου στην Ν. Αφρική είχε αγοράσει για 43 εκατομμύρια δολάρια το φορτίο του Δ/Ξ Salem.



Εικόνα 2.9 : Βύθιση πλοίου δεξαμενόπλοιου Salem (<http://www.aukevisser.nl>)

- Εγκατάλειψη του πλοίου. Η εγκατάλειψη συνήθως μπορεί να προκληθεί είτε από κάποιο πρόβλημα του πλοίου είτε από κακόβουλες ενέργειες πάνω στο πλοίο όπου δεν μπορεί να αναστραφεί και η επιβίωση του πληρώματος καθίσταται απαραίτητη στην εγκατάλειψη του.

2.8 Εξωτερικές φθορές στα επιμέρους κομμάτια του πλοίου

Οι εξωτερικές φθορές που καταλήγουν στην δομή ενός πλοίου κάνουν την εμφάνισή τους είτε στην εξωτερική επιφάνεια της γάστρας είτε σε άλλες μορφές όπως στα τοιχώματα των δεξαμενών (bulkheads). Οι φθορές αυτές μπορεί να οφείλονται είτε κυρίως καιρικών συνθηκών, απότομης εναλλαγής φορτίου ή και μηχανικής βλάβης, μη σωστή συντήρηση με τελικό αποτέλεσμα την μειωμένη αντοχή των υλικών.

2.9 Ζημιές από κακόβουλες επιθέσεις

Αρκετές φορές έχουμε ακούσει για κακόβουλες επιθέσεις σε εμπορικά πλοία ή δεξαμενόπλοια για κερδοσκοπικούς σκοπούς. Ωστόσο, στις μέρες μας διακρίνεται η τεχνολογία όπου οι περισσότερες διεργασίες ενός πλοίου διακινούνται πάνω.

Στις μέρες μας, ακόμα και τα πλοία κινδυνεύουν από τις επιθέσεις hacking. Τα νέα συστήματα που χρησιμοποιούν για να συνδέονται με τον έξω κόσμο ώστε να παρέχουν καλύτερες εμπειρίες και υπηρεσίες στους εργαζόμενους και τους επιβάτες, τα έχει κάνει ένα νέο στόχο για τους hackers.



Εικόνα 2.10 : Hacking wallpaper (www.wallpaperflare.com)

Ωστόσο, πλέον διακινούνται νέες απειλές που μπορούν να επιφέρουν άμεση πρόσβαση στα συστήματα των καραβιών. Σήμερα, οι περισσότερες ναυτιλιακές εταιρείες επιθυμούν να ελέγχουν όλα τα συστήματα ενός πλοίου, από τους κινητήρες και τα πηδάλια μέχρι τις προπέλες και τα πηνία. Αυτό απαιτεί τα λειτουργικά συστήματα που τα ελέγχουν, να ενσωματώνονται σε συστήματα πληροφορικής, τα οποία μπορούν να διαχειρίζονται και από τη στεριά, ώστε να μπορούν να αξιολογούν την κατάσταση ενός πλοίου. Αυτό σίγουρα, παρέχει μεγαλύτερη προβλεψιμότητα σε πολλές από τις διαδικασίες των ναυτιλιακών εταιρειών, αλλά ταυτόχρονα μπορεί να δώσει τη δυνατότητα σε κακόβουλους παράγοντες να πραγματοποιήσουν επιθέσεις στα συστήματα των πλοίων και σε τρίτους. Οπότε πόσο ασφαλή είναι τα πλοία, ειδικά αυτά που μόλις έχουν κατασκευαστεί;

Οι hackers μπορούν να βρουν τρόπους να εισέλθουν στα συστήματα επιχειρησιακής τεχνολογίας (ΟΤ) ενός πλοίου μέσω των συστημάτων πληροφορικής. Ένα πρόγραμμα δοκιμής διείσδυσης μπορεί να ανακαλύψει εάν υπάρχουν συνδέσεις μεταξύ των συστημάτων ΙΤ και ΟΤ, οι οποίες δεν έχουν ληφθεί υπόψη και θα μπορούσαν να επιτρέψουν την είσοδο μη εξουσιοδοτημένων ατόμων στα συστήματα του πλοίου. Όταν τα συστήματα ΙΤ είναι ενσωματωμένα στα ΟΤ, μπορεί να προκύψουν πολύ επικίνδυνες επιπτώσεις από επιθέσεις.

2.10 Φαινόμενο κρούσης

Η κρούση είναι ένα φυσικό φαινόμενο που αναφέρεται στην στιγμιαία προσέγγιση δύο σωμάτων. Γενικά κρούση ονομάζεται η διεργασία κατά την οποία αναπτύσσονται ισχυρές δυνάμεις αλληλεπίδρασης μεταξύ σωμάτων για πολύ μικρό συγκριτικά με τον συνολικό χρόνο κίνησης αυτών χρονικό διάστημα. Κατά την κρούση, στην περίπτωση που η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων είναι μηδενική ή αμελητέα σε σχέση με τις εσωτερικές, αν δηλαδή το σύστημα των σωμάτων είναι πρακτικά απομονωμένο, ισχύει η αρχή διατήρησης της ορμής, η ορμή δηλαδή του συστήματος ακριβώς πριν και αμέσως μετά την κρούση παραμένει αμετάβλητη.

Οι κρούσεις διακρίνονται σε δύο επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με τις ενεργειακές μεταβολές που υφίστανται τα σώματα εξαιτίας αυτών. Αν η κινητική ενέργεια παραμένει σταθερή τότε έχουμε την περίπτωση της ελαστικής κρούσης, ενώ αν η κινητική ενέργεια μετά την κρούση ελαττώνεται, λαμβάνουμε την περίπτωση της ανελαστικής κρούσης. Μία υποπερίπτωση της ανελαστικής κρούσης είναι η πλαστική κρούση, κατά την οποία τα δύο σώματα μετά την κρούση ενώνονται σε ένα συσσωμάτωμα.

Στην δικιά μας περίπτωση θα μελετήσουμε δύο μάζες κατά την σύγκρουση τους. Η μία μάζα m_1 θα είναι το σχεδιασμένο κομμάτι της γάστρας και το 2^ο κομμάτι θα είναι m_2 αυτό που θα γίνει η σύγκρουση πχ (βράχος σε σχήμα κυλινδρικό, τετραγωνικό).

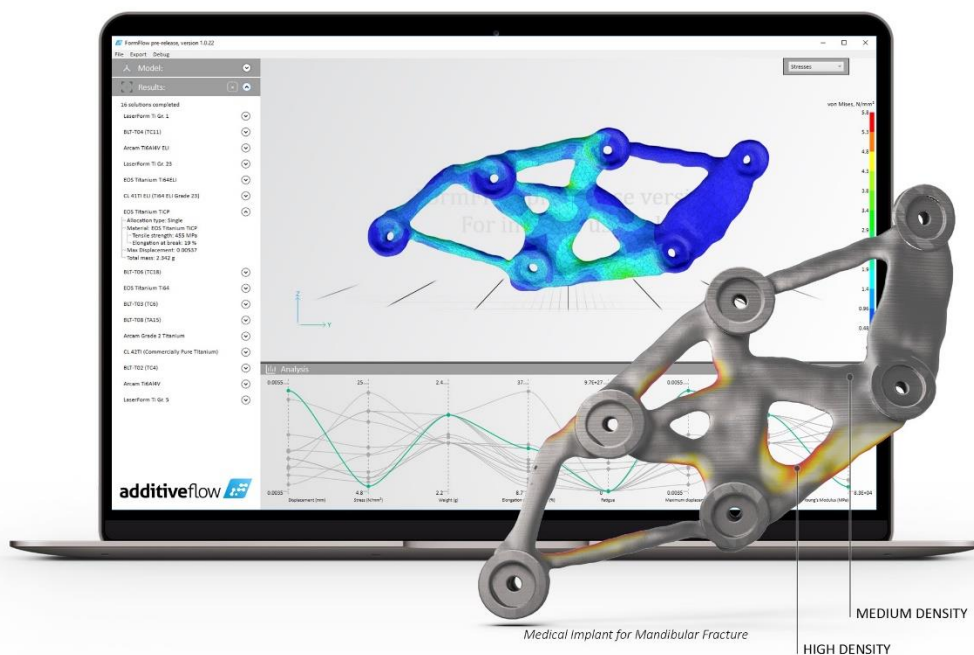
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων

3.1 Γενικές πληροφορίες

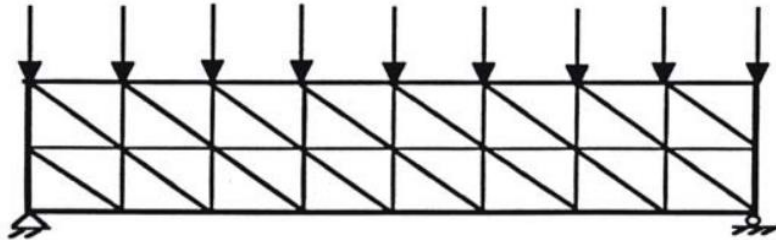
Στην συνέχεια στο κεφάλαιο αυτό θα απευθυνθούμε στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (ΜΠΣ) και στη χρήση της στην ανάλυση και το σχεδιασμό κατασκευών. Η μέθοδος αυτή αποτελεί ισχυρό εργαλείο στη μελέτη των κατασκευών και βρίσκει μεγάλο αριθμό εφαρμογών. Στο πεδίο της ανάλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο στο (συμβατικό) ελαστικό πεδίο (θεωρία μικρών μετατοπίσεων) αλλά και για μη-γραμμικά προβλήματα, λυγισμό, δυναμική συμπεριφορά κ.ά. Η μέθοδος χρησιμοποιείται γενικότερα σε προβλήματα που επιδέχονται μεταβολική διατύπωση στην μηχανική των συνεχών μέσων.

Η σχετική βιβλιογραφία είναι εκτενέστατη, και συνεχώς αυξάνεται με την πρόταση νέων τεχνικών αλλά και εφαρμογών. Στο παρόν κείμενο η περιγραφή θα περιορισθεί στη μελέτη λεπτό τοίχων κατασκευών και θα καλύψει τις βασικές αρχές της μεθόδου.



Εικόνα 3 : Ενδεικτική εικόνα πεπερασμένων στοιχείων

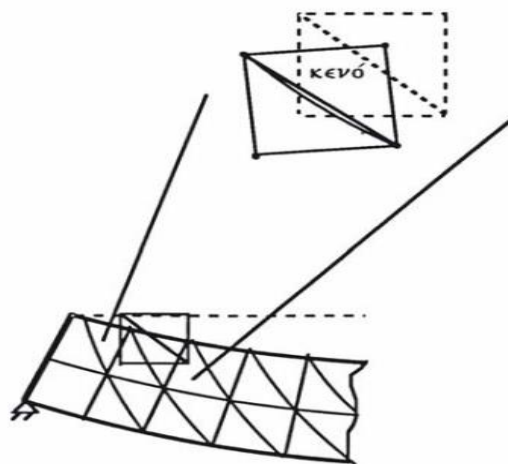
Η πρώτη ύπαρξη της μεθόδου διατυπώθηκε από την μητρική ανάλυση, πιο μετα όμως επεκτάθηκε σε αρκετά πιο εκλεπτυσμένη θεωρητική αλληλουχία. Στο πρώτο μέρος θα δούμε την μέθοδο ως μια επέκταση της πρώτης ανάλυσης και στην ανάλυση των συνεχών μέσων (ελάσματα, κελύφη).



Εικόνα 3.1: Χρήση τριγωνικών στοιχείων για τη διακριτοποίηση αμφιέριστης δοκού υπό καμπτική φόρτιση

3.2 Κύριες έννοιες μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων

Η κύρια σκοπιμότητα αυτής της μεθοδολογίας χρήσης των πεπερασμένων στοιχείων, αντιστοιχεί όπως και στη πρώτη ανάλυση, η κύρια δυνατότητα προσομοίωσης της πραγματικής κατασκευής με κάποια στοιχεία τα οποία έχουν άμεση συσχέτιση σε ένα πεπερασμένο αριθμό κόμβων. Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί ως μια προσομοίωση των πλαισίων, καθώς αυτά κατά κύριο λόγο αποτελούνται από δοκούς που είναι ενωμένες στα πλαινά. Σε μια υλοποίηση κατασκευής όμως δεν υπάρχουν και έτσι θα πρέπει να πραγματοποιηθεί τεχνητός διαχωρισμός σε υπό στοιχεία, με τα οποία θα γίνεται η σύνδεση μεταξύ τους ως προς το μήκος των. Τα στοιχεία ονομαζόμενα ως πεπερασμένα στοιχεία απεικονίζονται ως τετράπλευρα ή τριγωνικά και οι κόμβοι συνήθως είναι στα άκρα.



Εικόνα 3.2: Παραμόρφωση στοιχείων

Καταλήγουμε, ότι πρέπει να υπάρχει απόλυτη προσήλωση στο σημείο όπου θα πραγματοποιηθεί η υποδιαίρεση (διακριτοποίηση) της κατασκευής.

Η ακρίβεια της μεθόδου αυτής μεγαλώνει όταν ο αριθμός των στοιχείων αυτών αυξάνει, ή καλύτερα, των κόμβων. Έτσι, όταν αριθμός των στοιχείων μεγαλώνει, τόσο αυξάνονται αντίστοιχα ο χρόνος υπολογισμού και το κόστος.

3.3 Συσχέτιση των πεπερασμένων στοιχείων με την μέθοδο των μετατοπίσεων

Ο πιο κοινός τρόπος επιλογής της συγκεκριμένης μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων είναι για γραμμικά στατικά προβλήματα και έχει ως βάση την μέθοδο των μετατοπίσεων. Σε διαφορετικά προβλήματα χρησιμοποιείται συνήθως η ισορροπία δυνάμεων. Τα κύρια μέρη των πεπερασμένων στοιχείων είναι τα εξής:

- Η διακριτοποίηση μιας κατασκευής επιλεγμένο με πολλά στοιχεία που η σύνδεση τους γίνεται μέσω συνοριακών κόμβων.
- Η εύρεση των (άγνωστων) μετατοπίσεων που θα μας δείξουν την πλήρη απόκριση της κατασκευής.
- Ο ορισμός των εξισώσεων ισορροπίας όπου καθορίζουν τις άγνωστες μετατοπίσεις καθώς και την λύση αυτών.
- Η επίλυση των κατανομών των τάσεων των στοιχείων, για κύριες μετατοπίσεις στους κόμβους.
- Η ουσία των επιλύσεων της ανάλυσης, είναι η κύρια συσχέτιση με τα δεδομένα του προβλήματος.

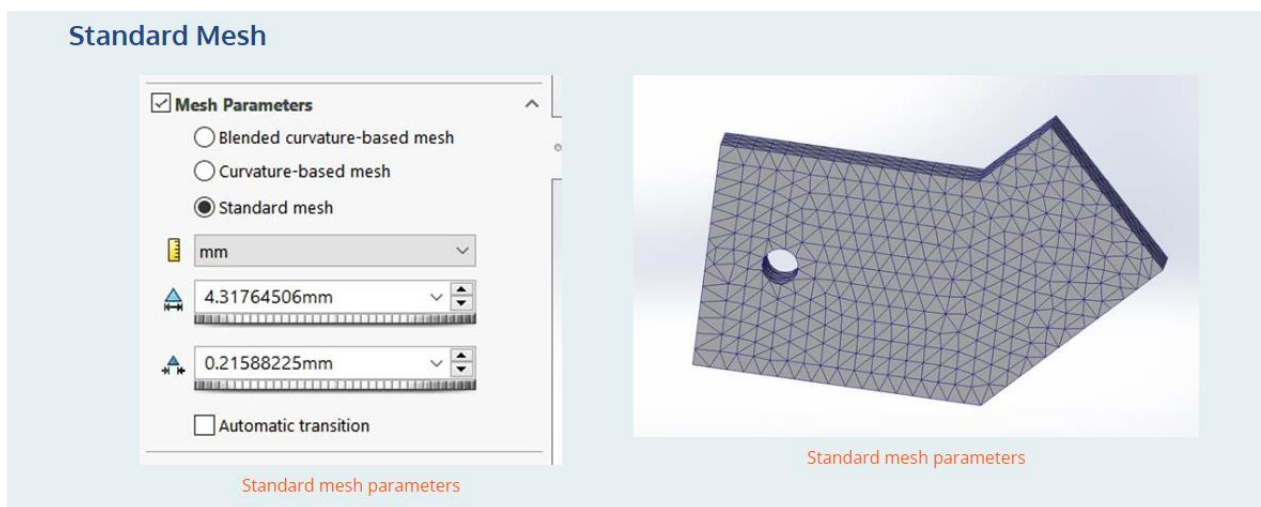
Κατά την ανάλυση της συμπεριφοράς των κατασκευών, από τα πιο κύρια μέρη όλης της διαδικασίας είναι η ορθή διακριτοποίηση και ορισμός των αποτελεσμάτων της ανάλυσης. Για την ορθή τοποθέτηση η διακριτοποίηση θα πρέπει σε διάφορα μοντέλα, να γίνεται με σταδιακό τρόπο για περισσότερο σύνθετα προβλήματα.

3.4 Χρήση πεπερασμένων στοιχείων για ναυπηγική χρήση

Καθώς προαναφέραμε τα πεπερασμένα στοιχεία φέρουν τον ορισμό της τεμαχιοποίησης του εξαρτήματος. Ουσιαστικά, στην περίπτωση μας όπου θα μελετήσουμε το κομμάτι της γάστρας θα σπάσουμε το κομμάτι σε πολύ μικρά κομμάτια μέσω των πεπερασμένων στοιχείων ώστε να καθορίσουμε ορθότερα αποτελέσματα στην τελική επίλυση του προβλήματος στο πρόγραμμα του SolidWorks. Η διακριτοποίηση αυτή θα προκύψει μέσω του υλικού που θα επιλέξουμε και εν μέσω αυτού θα κριθεί και η πυκνότητα που θα έχει.

3.5 Διακριτοποίηση Solidworks (Mesh)

Η προσομοίωση του SOLIDWORKS εξακολουθεί να πλέκει τα συμπαγή και επιφανειακά μοντέλα με τριγωνικά και τετραεδρικά πλέγματα, αλλά ο τρόπος με τον οποίο τα μοντέλα είναι αυτόματα πλέγματα μπορεί να επιτευχθεί με τρία διαφορετικά σχήματα. Έχουν ενημερωθεί για να χρησιμοποιούν πολλαπλούς πυρήνες στην CPU με όλα τα διαθέσιμα σχήματα meshing. Κάθε ένα από τα σχήματα έχει διαφορετικές επιλογές παραμέτρων πλέγματος: Τυπικό πλέγμα, Μικτό πλέγμα με βάση την καμπυλότητα και πλέγμα με βάση την καμπυλότητα που θα επηρεάσει τον τρόπο κατασκευής του.



Εικόνα 3.3: Solidworks mesh

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί το σχήμα πλέγματος Voronoi-Delaunay για επακόλουθες εργασίες πλέγματος. Το τυπικό πλέγμα υποστηρίζει μόνο πλέγμα όγκου πολλαπλών νημάτων.

Παγκόσμιο μέγεθος

Ορίζει το παγκόσμιο μέσο μέγεθος στοιχείου. Το λογισμικό προτείνει μια προεπιλεγμένη τιμή με βάση τον όγκο και την επιφάνεια του μοντέλου.

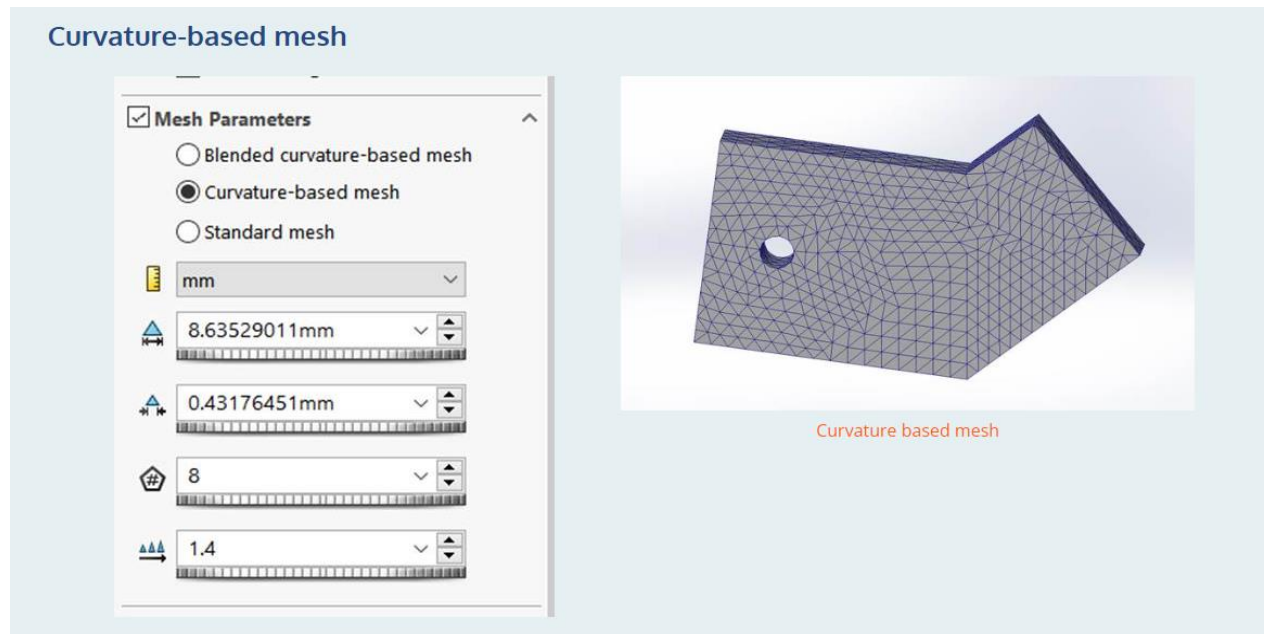
Ανοχή

Ορίζει την τιμή ανοχής. Το πρόγραμμα υπολογίζει την τιμή ανοχής πλέγματος ως το ελάχιστο από τα ακόλουθα:

- 5% του καθολικού μεγέθους στοιχείου που χρησιμοποιείται ως προεπιλεγμένη τιμή
- 30% του μικρότερου μεγέθους στοιχείου πλέγματος που ορίζεται για ορισμούς ελέγχου πλέγματος στο στοιχείο ελέγχου πλέγματος

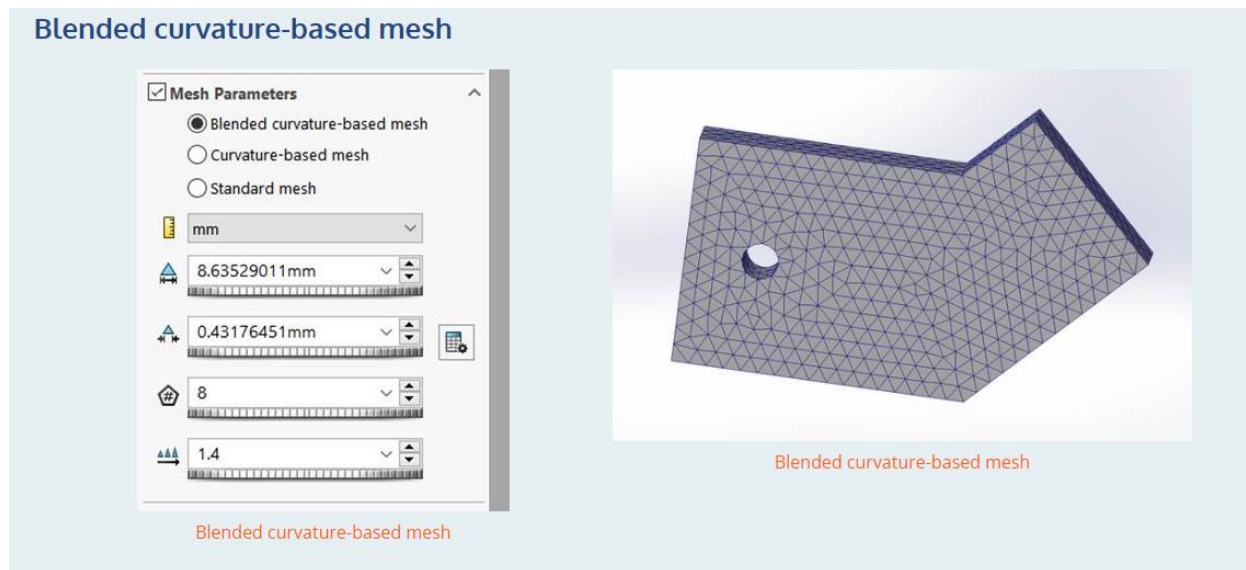
→ Η καθορισμένη από το χρήστη ανοχή πλέγματος εάν η τιμή είναι μικρότερη από την προεπιλεγμένη τιμή ανοχής πλέγματος χρησιμοποιείται στα στοιχεία ελέγχου πλέγματος

Εάν η απόσταση μεταξύ δύο κόμβων είναι μικρότερη από αυτή την τιμή, οι κόμβοι συγχωνεύονται εκτός εάν πρόκειται για όριο επαφής. Η προσαρμογή της ανοχής μπορεί να βοηθήσει στην επίλυση ορισμένων προβλημάτων πλέγματος. Για παράδειγμα, εάν το πλέγμα αποτύχει λόγω ελεύθερων άκρων, η αύξηση της ανοχής μπορεί να λύσει το πρόβλημα.



Εικόνα 3.4: Solidworks mesh

Το πλέγμα δημιουργεί αυτόματα περισσότερα στοιχεία σε περιοχές υψηλότερης καμπυλότητας χωρίς να χρειάζεται έλεγχος πλέγματος. Το πλέγμα που βασίζεται σε καμπυλότητα υποστηρίζει δικτυωτό πλέγμα επιφάνειας και όγκου πολλαπλών σπειρωμάτων για τη συναρμολόγηση και τα μέρη πολλαπλών σωμάτων. Οι επιλογές είναι παρόμοιες με το μικτό πλέγμα με βάση την καμπυλότητα και περιγράφονται παρακάτω.



Εικόνα 3.5: Solidworks mesh

Αυτό το πλέγμα προσαρμόζει αυτόματα το μέγεθος του στοιχείου στην τοπική καμπυλότητα της γεωμετρίας για να δημιουργήσει ένα ομαλό μοτίβο πλέγματος. Το πλέγμα με βάση την καμπυλότητα μεικτής καμπυλότητας είναι το προεπιλεγμένο πλέγμα για νέες μελέτες Προσομοίωσης. Κάποιος χρησιμοποιεί τον πλέγμα με βάση την καμπυλότητα για μοντέλα που απέτυχαν να συνδυάσουν με τον τυπικό ή τον πλέγμα που βασίζεται σε καμπυλότητα. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το πλέγμα με βάση την καμπυλότητα μεικτών μπορεί να ξεπεράσει την αστοχία του πλέγματος, δημιουργώντας ένα συμπαγές πλέγμα με στοιχεία υψηλότερης ποιότητας σε σχέση με χαμηλότερες τιμές Jacobian και αναλογίες διαστάσεων σε σύγκριση με το Standard ή το πλέγμα με βάση το Curvature.

Μέγιστο μέγεθος στοιχείου

Το μέγιστο μέγεθος στοιχείου χρησιμοποιείται για όρια με τη χαμηλότερη καμπυλότητα.

Ελάχιστο μέγεθος στοιχείου

Το ελάχιστο μέγεθος στοιχείου χρησιμοποιείται για όρια με την υψηλότερη καμπυλότητα.

Ελάχιστος αριθμός στοιχείων σε έναν κύκλο

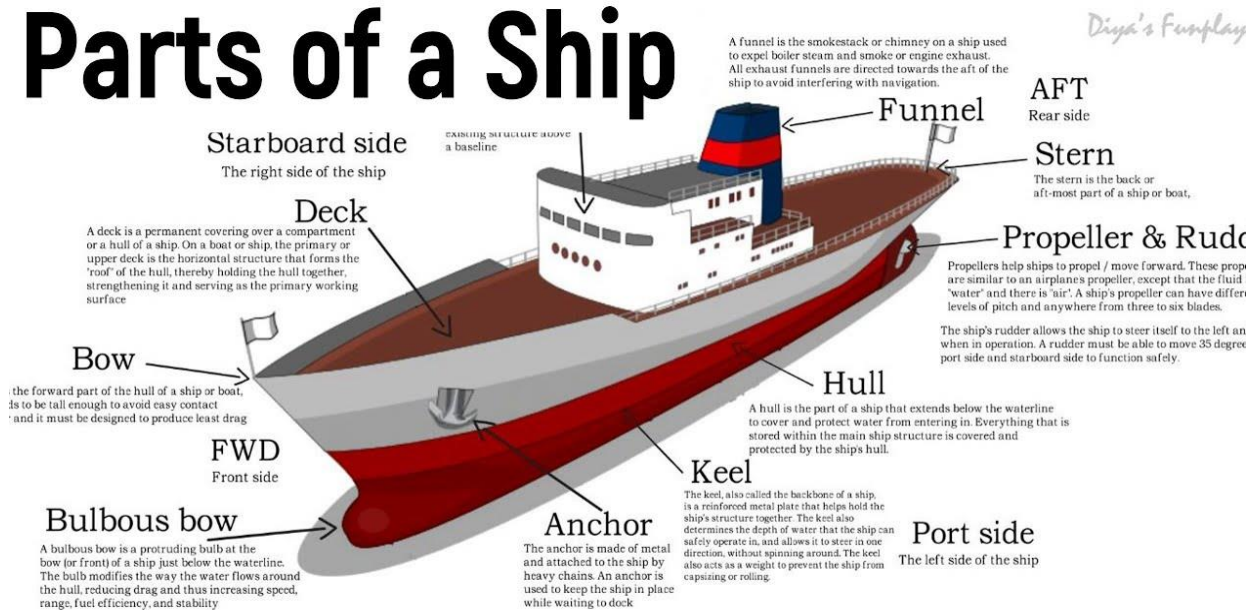
Προσδιορίζει το μέγεθος του στοιχείου με τον ελάχιστο αριθμό στοιχείων που χωρούν σε έναν υποθετικό κύκλο. Για τον πλέγμα που βασίζεται σε μικτές καμπυλότητες, το υπολογισμένο μέγεθος στοιχείου πρέπει να είναι μεταξύ του Μέγιστου μεγέθους στοιχείου και του Ελάχιστου μεγέθους στοιχείου. Για το πλέγμα που βασίζεται σε καμπυλότητα, αυτή η ρύθμιση επιβάλλεται ακόμη και αν το υπολογισμένο μέγεθος στοιχείου είναι εκτός του εύρους που ορίζεται από το Μέγιστο μέγεθος στοιχείου και το ελάχιστο μέγεθος στοιχείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΟΜΜΑΤΙΑ

Τα διαφορετικά είδη των πλοίων ποικίλουν στη θάλασσα και αρκετά από αυτά διαθέτουν και πιο εξειδικευμένα χαρακτηριστικά καθώς και λειτουργίες από άλλα που δεν έχουν. Κατά κύρια βάση, υπάρχουν πολλά εξαρτήματα που θα δούμε σε κάθε σκάφος όπου θα γίνει περιγραφή παρακάτω ένα προς ένα, καθώς και μερικά εξειδικευμένα εξαρτήματα που ίσως δεν γνωρίζαμε ότι υπάρχουν ή έτυχε να τα δούμε σπάνια μόνο σε ορισμένα πλοία για συγκεκριμένους λόγους.

Parts of a Ship



Εικόνα 4 : Περιγραφική εικόνα μέρη ενός πλοίου

(https://www.youtube.com/watch?v=wXqSOexFGvE&ab_channel=Diya%27sFunpla)

4.1 Κατάλυμα

Κατάλυμα είναι η γενική ορολογία για κάτι που θεωρούμε για τους χώρους διαβίωσης σε ένα πλοίο. Ωστόσο το κατάλυμα καλύπτει δεν σχετίζεται μόνο από καμπίνες πληρώματος ή/και επιβατών, αλλά και οτιδήποτε με την πραγματική ζωή στο σκάφος. Έτσι, εκτός από την καμπίνα ή την κουκέτα, αναφερόμαστε και για τουαλέτες/κεφαλή, μαγειρείο/κουζίνα και κοινόχρηστους χώρους. Λαμβάνουμε υπόψιν επίσης χώρους όπως γραφεία, γυμναστήρια, αίθουσες αναψυχής ή άλλους παρόμοιους χώρους, ακόμη και πλυντήριο. Επιπροσθέτως, έχουμε την υποδομή δηλαδή, πράγματα όπως τα λύματα και το καθαρό νερό, τα σκουπίδια, ο κλιματισμός και όλα αυτά τα πράγματα που κάνουν αυτό το μέρος του πλοίου να αισθάνεται ο επιβάτης πιο οικεία.

4.2 Άγκυρα

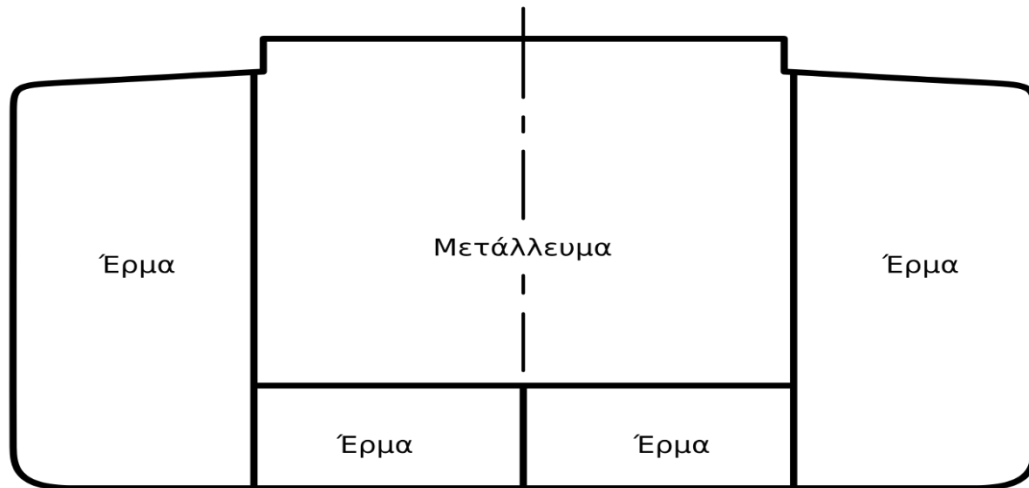
Η άγκυρα κοινώς γνωστή σε όλο ως εξάρτημα ενός πλοίου έχει παρόμοια βασική λειτουργία σε ένα πλοίο όπως και σε ένα κανό. Η διαφορά συσχέτισης σε ένα πλοίο είναι ότι μια άγκυρα θα είναι πολύ μεγαλύτερη και η αρματωσιά για τον έλεγχο της θα είναι πολύ πιο περίτεχνη. Το γρανάζι αγκύρωσης αποτελείται από την άγκυρα καθώς και από τις αλυσίδες, τον σωλήνα σωλήνων, τον ανεμοφράκτη και τους συνδετήρες.



Εικόνα 4.1 : Άγκυρα πλοίου (<https://everydaypower.com/anchor-quotes>)

4.3 Δεξαμενές έρματος

Ερματισμός (ballasting): είναι η διάθλαση του θαλάσσιου νερού με το οποίο καθορίζεται η πλήρωση ειδικών δεξαμενών των πλοίων για την ορθότητα της σωστής ισορροπίας του πλοίου. Το φαινόμενο αυτό είναι κοινό ως ερμάτωση και αποσκοπεί ως αντικείμενο της ναυτικής τέχνης, που εμπίπτει γενικότερα στην αρμοδιότητα του.



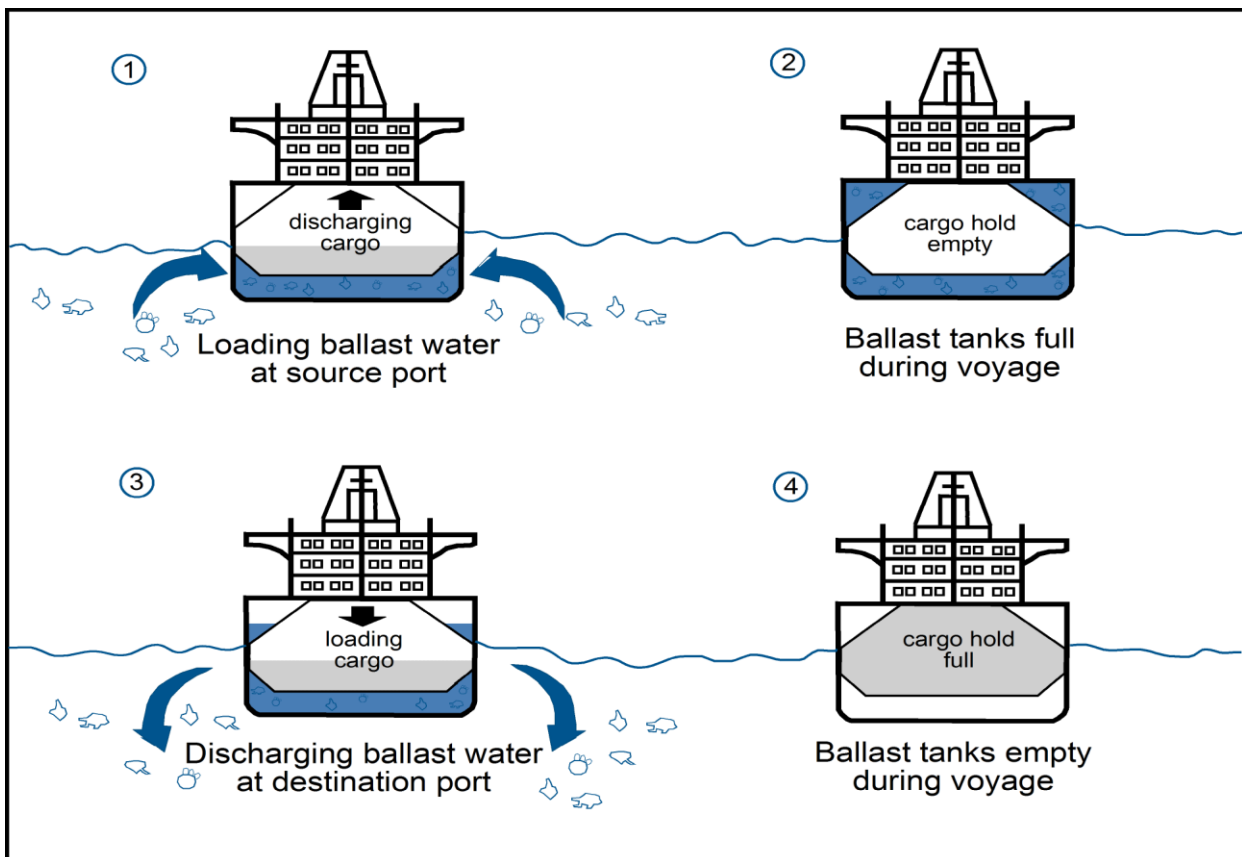
Εικόνα 4.2 : Έρμα πλοίου (<https://el.wikipedia.org/wiki/Ερματισμός>)

Ο κύριος λόγος του ερματισμού είναι πιο κοινή στα φορτηγά πλοία, (όπου οι διαφορές βάρους και βυθίσματος μεταξύ φορτωμένου και αφόρτωτου είναι αρκετά αυξημένες και έτσι πολύ μεγαλύτερη και η ποσότητα έρματος. Η χρήση θαλασσέρματος παρέχει την γρήγορα και ορθή ρύθμιση του ερματισμού με την προκαθορισμένη πλήρωση ή κένωση των συγκεκριμένων δεξαμενών.

Χρήση δεξαμενών ζυγοστάθμισης

Οι δεξαμενές ζυγοστάθμισης αλλάζει αισθητά και μεγαλώνει η διαγωγή του πλοίου αφού μπαίνει ή μειώνεται βάρος σε αρκετή απόσταση από το κέντρο πλευστότητας. Για αυτό, και όταν προσθέτουμε περαιτέρω βάρος στα ακριανά σημεία του πλοίου (πλώρη - πρύμνη) μεγαλώνει κατά πολύ της δυνάμεις της κόπωσης και κατά κύριο λόγο σε περιπτώσεις με ακραία καιρικά φαινόμενα. Ωστόσο, η χρήση της δεξαμενής στο ένα άκρο μόνο του πλοίου παραθέτει το πλοίο στο να συλλέξει το κέντρο βάρους στην κατεύθυνση της άντωσης με αποτέλεσμα να μικραίνει το μετακεντρικό ύψος.

Το **έρμα** είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της σταθερότητας ενός πλοίου. Αποθηκευμένα σε δεξαμενές έρματος, αυτά είναι απλά μεγάλα, άδεια διαμερίσματα μέχρι να γεμίσουν με έρμα και να βρίσκονται προς την κάτω και την κάτω πλευρά των πλοίων. Στην εποχή μας, το έρμα φτυαρίστηκε στα πλοία με το χέρι και θα ήταν κάτι σαν άμμος που χρειαζόταν πολύ χρόνο για να προστεθεί και να αφαιρεθεί. Έπρεπε να προσαρμοστεί ώστε να λαμβάνεται υπόψη το φορτίο στο πλοίο καθώς φορτωνόταν και εκφορτώνονταν επειδή το σκάφος θα γινόταν ανισόρροπο ως αποτέλεσμα. Ένα πλοίο χωρίς έρμα που ξεφορτώνει γρήγορα το φορτίο του θα ανέβει γρήγορα από το νερό. Τα σύγχρονα πλοία χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό ως έρμα και μπορεί να γεμίσει και να αδειάσει ηλεκτρονικά. Οι δεξαμενές έρματος πρέπει να συντηρούνται τακτικά για να αποφευχθεί η διάβρωση και το φράξιμο.



Εικόνα 4.3 : Παραδείγματα ερμάτων πλοίου (<https://seos-project.eu>)

4.4 Κατάστρωμα σκάφους

Το κατάστρωμα του πλοίου είναι το πάτωμα κάτω από τα πόδια μας και με τον πιο απλό τρόπο εξήγησης. Αποτελεί μέρος της συνολικής δομής του πλοίου και αν δεν υπήρχε κατάστρωμα, κυριολεκτικά δεν θα υπήρχε και σκάφος αντίστοιχα. Ο ρόλος του είναι η συγκράτηση ολόκληρης τη γάστρας μαζί και παρέχει σε όλο τον εξοπλισμό και τα εξαρτήματα ένα μέρος για να υπάρχει. Τα πράγματα προφανώς γίνονται λίγο πιο περίπλοκα στα μεγάλα πλοία, ειδικά πράγματα όπως τα κρουαζιερόπλοια, τα οποία μπορεί να έχουν πολλά καταστρώματα. Μπορεί να έχουμε ένα κατάστρωμα που είναι χωρισμένο και περιφραγμένο για να μετατρέψουμε τα επιμέρους τμήματα. Αυτό που είναι βασικό είναι πως πάντα υπάρχει ένα κατάστρωμα που είναι το εξωτερικό ή το ανώτερο κατάστρωμα που είναι εκτεθειμένο στα στοιχεία. Αυτό το κατάστρωμα ονομάζεται συχνά το “κατάστρωμα του καιρού” ως αποτέλεσμα, ή απλώς το κύριο κατάστρωμα.

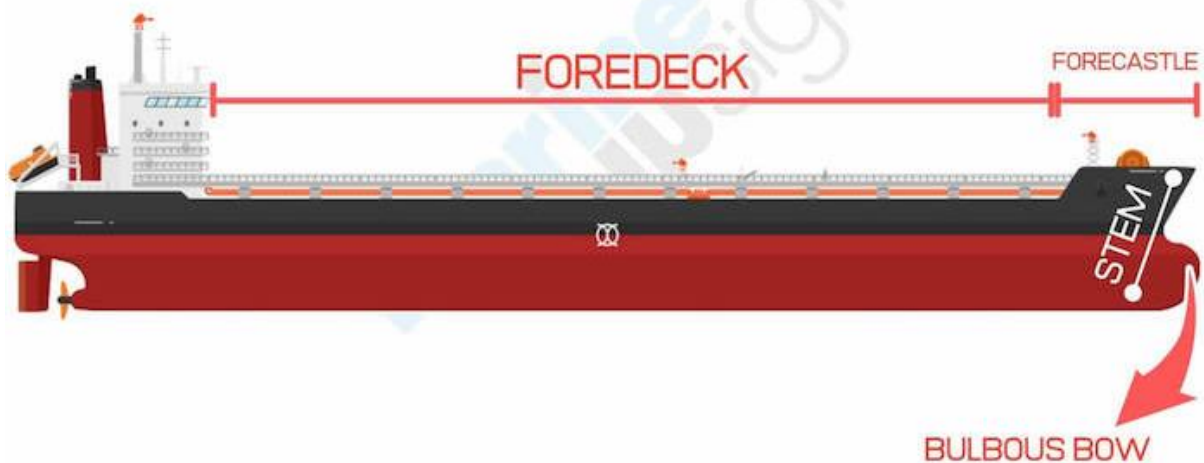


Εικόνα 4.4 : Κατάστρωμα πλοίου (<https://www.istockphoto.com>)

Παρακάτω θα αναφερθούν μερικά από τα άλλα καταστρώματα όπου υπάρχουν. Στην πραγματικότητα έξι διαφορετικοί τύποι καταστρωμάτων που μπορούμε να βρούμε σε ένα πλοίο εκ των οποίων είναι:

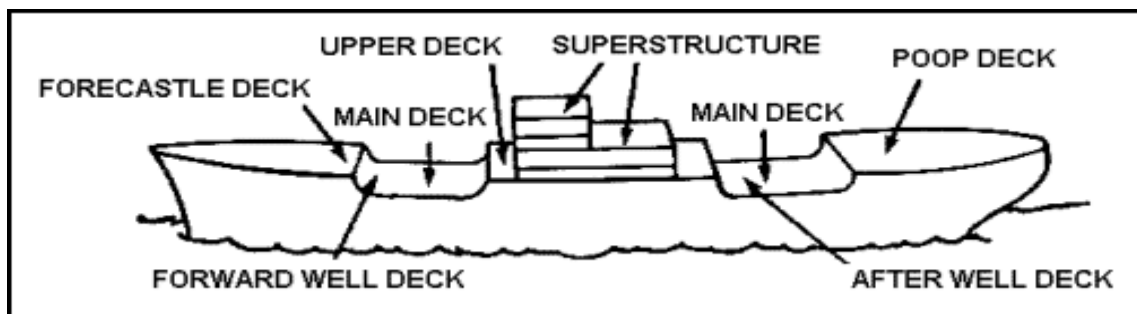
Κατάστρωμα του καιρού
Το μπροστινό κατάστρωμα
Τα πάνω καταστρώματα
Τα κάτω καταστρώματα
Το κατάστρωμα των κακών
Το κύριο κατάστρωμα

- Το κατάστρωμα του καιρού όπως το αποκαλούμε είναι ένα κατάστρωμα που δεν είναι στεγασμένο και επομένως είναι ανοιχτό στις συνεχώς μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες της θάλασσας αναφέρεται ως καιρικό κατάστρωμα. Είναι το ανώτατο κατάστρωμα του πλοίου που είναι εκτεθειμένο στο περιβάλλον
- Το μπροστινό κατάστρωμα του σκάφους αποτελείται σε σκάφη που έχουν πολλαπλά καταστρώματα.



Εικόνα 4.5 : Κατάστρωμα πλοίου (<https://www.marineinsight.com>)

- Το πάνω κατάστρωμα πλήρους μήκους ενός πλοίου είναι ένα κατάστρωμα πλήρους μήκους πάνω από το κύριο κατάστρωμα.



Εικόνα 4.6 : Κατάστρωμα πάνω (<https://man.fas.org>)

- Το κατάστρωμα κακών είναι ένα κοντό, ψηλό κατάστρωμα πλοίου, που βρίσκεται στο πίσω μέρος (πίσω) ενός πλοίου. Χρησιμοποιήθηκε παραδοσιακά για να παρέχει ένα υψηλό σημείο για παρατηρήσεις και πλοήγηση. Τα περισσότερα σύγχρονα πλοία δεν διαθέτουν κατάστρωμα κακών, καθώς δεν χρειάζεται πλέον.
- το κύριο κατάστρωμα πλοίου είναι το υψηλότερο πλήρες κατάστρωμα πλοίου του εμπορικού ναυτικού που εκτείνεται σε όλο το μήκος και το πλάτος του πλοίου

4.5 Γέφυρα πλοίου

Η γέφυρα, επίσης γνωστή ως πιλοτήριο ή τιμονιέρα, είναι ένα δωμάτιο ή πλατφόρμα ενός πλοίου από το οποίο μπορεί να γίνει εντολή του πλοίου. Όταν ένα πλοίο βρίσκεται σε εξέλιξη, η γέφυρα επανδρώνεται από έναν αξιωματικό της φυλακής βοηθούμενος συνήθως από έναν ικανό ναυτικό που ενεργεί ως επιφυλακή. Κατά τη διάρκεια των κρίσιμων ελιγμών, ο καπετάνιος θα βρίσκεται στη γέφυρα, συχνά υποστηριζόμενος από έναν αξιωματικό του ρολογιού, έναν ικανό ναυτικό στο τιμόνι και μερικές φορές έναν πιλότο, εάν απαιτείται.

Όπως και σε μικρότερα σκάφη, η γέφυρα του πλοίου είναι το κέντρο διοίκησης και όπου ελέγχετε ολόκληρο το πλοίο. Εδώ θα βρίσκεται ο τροχός του πλοίου για το τιμόνι, καθώς και όλος ο σχετικός εξοπλισμός πλοήγησης που μπορεί να γίνει πολύ περίτεχνος σε μεγαλύτερα σκάφη

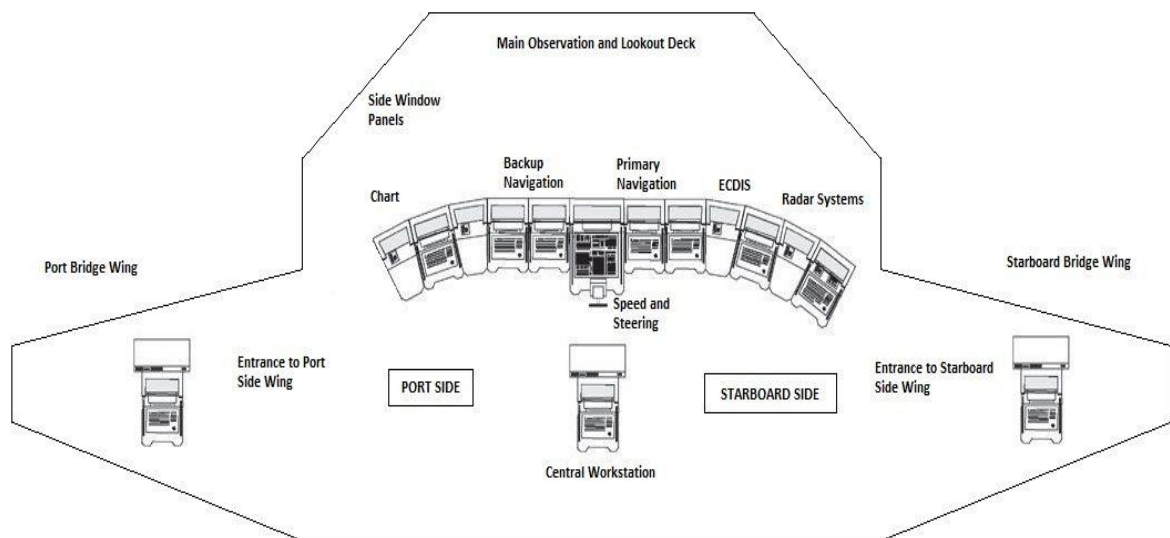


Εικόνα 4.7 : Γέφυρα πλοίου (<https://www.marineinsight.com>)

Από τη γέφυρα ένας καπετάνιος ελέγχει την ταχύτητα και τις κατευθύνσεις, σχεδιάζει την πλοήγηση και διαχειρίζεται επίσης τις επικοινωνίες. Διαφορετικά μέρη του ίδιου του πλοίου ελέγχονται επίσης από τη γέφυρα, ή τουλάχιστον η λειτουργία τους θα καθοριστεί και θα κοινοποιηθεί από τη γέφυρα. Αυτό περιλαμβάνει οποιεσδήποτε λειτουργίες ηλεκτρονικών ή κινητήρα, γεραμούς και ούτω καθεξής

4.6 Πτέρυγα γέφυρας

Η πτέρυγα γέφυρας είναι εκτεταμένη έξω από τη γέφυρα ή το «σπίτι» των πιλότων. Δομικά μοιάζουν με στενούς διαδρόμους και επιτρέπουν στον καπετάνιο ή σε άλλους αξιωματικούς να έχουν καλύτερη θέαση όλων των γωνιών του πλοίου. Κάποιος τοποθετημένος σε μια πτέρυγα γέφυρας κατά τη διάρκεια ελιγμών πρόσδεσης θα μπορεί να δει καλύτερα τυχόν εμπόδια.



Εικόνα 4.8 : Σχέδιο πτέρυγας γέφυρας ενός πλοίου
(<https://www.marineinsight.com>)

4.7 Βολβώδες πλώρη

Η βολβώδες πλώρη δεν υπάρχει σε μικρότερα σκάφη και δεν έχει κάθε πλοίο μια ορατή βολβώδη πλώρη. Αυτό βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του πλοίου και προορίζεται να είναι ακριβώς κάτω από την ίσαλο γραμμή. Μοιάζει πολύ με μια μεγάλη μπάλα προσαρτημένη στο μπροστινό μέρος του πλοίου και εκτελεί μια ζωτική λειτουργία όσον αφορά τη συνολική απόδοση και αποτελεσματικότητα.

Τα πλοία με βολβώδη πλώρη μπορούν στην πραγματικότητα να έχουν πολύ καλύτερη απόδοση από εκείνα που δεν διαθέτουν όσον αφορά την απόδοση καυσίμου. Οι αριθμοί είναι στην περιοχή από 10% έως 15% καλύτεροι, στην πραγματικότητα, οπότε αυτή είναι μια μεγάλη διαφορά. Ο λαμπτήρας σπάζει το νερό μπροστά από το σκάφος, μειώνοντας τη συνολική αντίσταση που βελτιώνει την απόδοση καυσίμου καθώς και την ταχύτητα του πλοίου. Ένα άλλο πλεονέκτημα της βολβώδους πλώρης, ειδικά σε μεγαλύτερα και βαρύτερα πλοία, είναι ότι μπορεί να δώσει ώθηση πλευστότητας σε πλοία με τόξο. Αυτό μπορεί να σταματήσει το σκάφος από το να πιέζει τόσο πολύ, ιδιαίτερα σε δύσκολα νερά, κάτι που κάνει τη διαδρομή πιο σταθερή και βοηθά επίσης στην ταχύτητα και την κατανάλωση καυσίμου.



Εικόνα 4.9 : Βολβώδες πλώρη πλοίου (<https://stock.adobe.com>)

4.8 Δεξαμενές αποθήκευσης

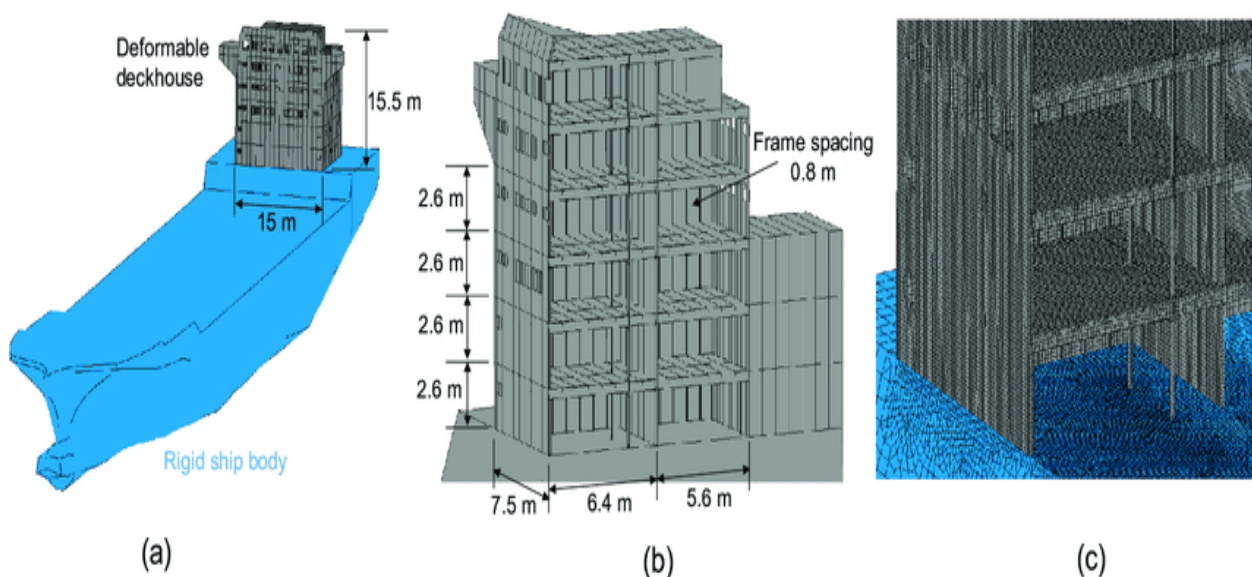
Ενώ το έρμα αποθηκεύεται σε δεξαμενές έρματος, άλλα απαραίτητα υγρά πρέπει να αποθηκεύονται σε ξεχωριστές δεξαμενές που ονομάζονται δεξαμενές αποθήκης. Αυτό περιλαμβάνει πράγματα όπως καύσιμα, διάφορα υγρά και λάδι. Αυτά πρέπει να φυλάσσονται μακριά από πηγές θερμότητας ή οποιαδήποτε πιθανή ζημιά, καθώς μπορεί να είναι για να διατηρηθεί η ασφάλεια.

4.9 Αποθήκη φορτίων πλοίου

Η αποθήκη φορτίων είναι ένας μεγάλος, κυρίως κενός χώρος που έχει σχεδιαστεί για τη μεταφορά φορτίου. Σε μικρά πλοία μπορεί να χωρέσει μια μικρή ποσότητα και σε τεράστια φορτηγά πλοία μπορεί να χωρέσει έως και 200.000 τόνους φορτίου, όποιο κι αν είναι αυτό. Το αμπάρι βρίσκεται κάτω από το κατάστρωμα και μπορεί να απαιτήσει ένα διάδρομο ή γερανό για πρόσβαση και φόρτωση ή εκφόρτωση φορτίου σε αυτά τα μεγάλα πλοία. Ενώ πολλά πλοία μπορούν να μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια φορτίου ακριβώς στο κατάστρωμα, ένα αμπάρι έχει σχεδιαστεί για να διατηρεί το φορτίο προστατευμένο και μακριά από τα στοιχεία κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, καθώς και να προσφέρει επιπλέον χώρο πέρα από αυτό που χωράει στο ίδιο το κατάστρωμα. Το φορτίο μπορεί να κρατηθεί σε δοχεία στο αμπάρι ή, με πράγματα όπως αλάτι και κάρβουνο, μπορεί απλώς να στοιβαστεί ως έχει.

4.10 Κατάστρωμα

Το κατάστρωμα είναι μια καμπίνα, βασικά σαν ένα μικρό σπίτι όπως υποδηλώνει το όνομα, που βρίσκεται στο πάνω κατάστρωμα του πλοίου. Σε παλαιότερα πλοία το κατάστρωμα είχε χώρους για το πλήρωμα σε επιφυλακή. Στα σύγχρονα πλοία ένα υπερστεγαστήριο θα μπορούσε κυριολεκτικά να εξυπηρετήσει οποιοδήποτε σκοπό, αλλά είναι απίθανο να έχει πλέον τεταρτημόρια.



Εικόνα 4.10 : Παράδειγμα σχεδιασμού καταστρώματος πλοίου
(<https://www.researchgate.net>)

4.11 Διπλού κύτους πλοία

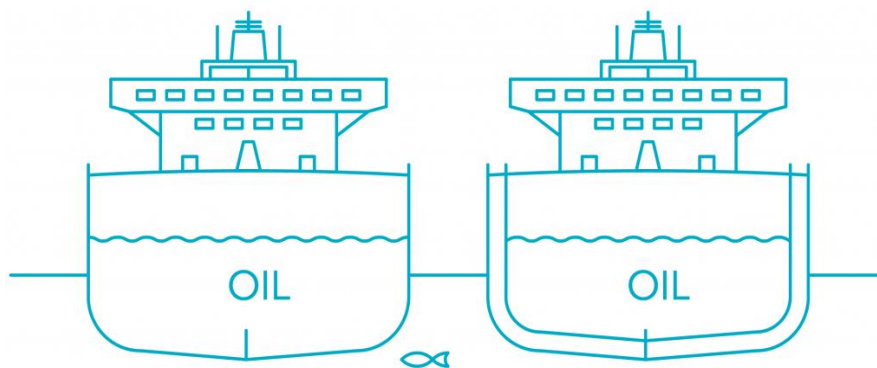
Μέσα στη δομή του πλοίου θα υπάρχουν διάφορες δεξαμενές για να συγκρατούν νερό και έρμα, πετρέλαιο, καύσιμα και άλλα. Ένας διπλός πυθμένας παρέχει έναν υδατοστεγές χώρο, όπως ένα προστατευτικό κέλυφος, που προστατεύει αυτές τις διάφορες δεξαμενές και σωλήνες από την επαφή με το πραγματικό εξωτερικό κύτος του πλοίου. Αυτό προσθέτει ένα στρώμα προστασίας σε περίπτωση που το κύτος εμφανίσει διαρροή ή κάτι χτυπήσει το σκάφος και προκαλέσει ζημιά, παρέχοντας ένα προστατευτικό για να διατηρηθούν προστατευμένες αυτές οι δεξαμενές.



Εικόνα 4.11 : Διπλού κύτους δεξαμενόπλοιου (<https://mfame.guru>)

Single Hull

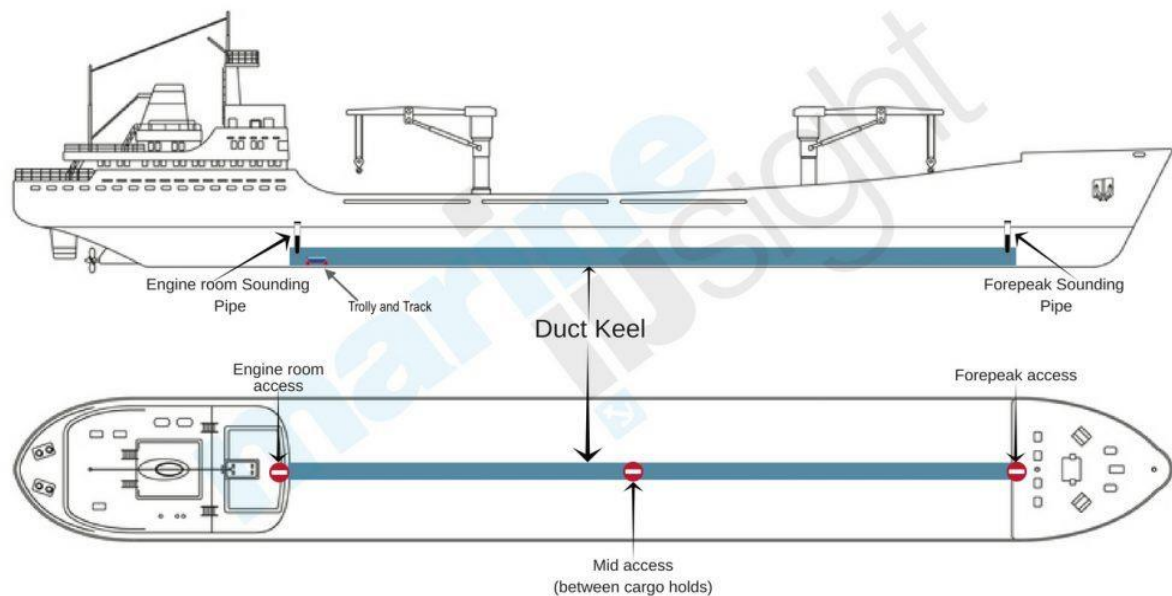
Double Hull



4.12 Καρίνα αγωγού πλοίου

Τα μεγαλύτερα πλοία μπορεί να έχουν διπλό κύτος και θα βρείτε καρίνα αγωγού σε αυτό το είδος σκάφους. Οι πλάκες ή οι δοκοί συγκολλούνται σε σχήμα κουτιού που βοηθά στη δομική ακεραιότητα καθώς και στην παροχή υδατοστεγής διέλευσης. Είναι όπου θα αναζητούσατε διαρροές εάν υπάρχουν και είναι επίσης ένα μέρος όπου οι σωλήνες μπορούν να περάσουν με ασφάλεια. Αυτό περιλαμβάνει σωλήνες νερού, σωλήνες πετρελαίου και επίσης σωλήνες έρματος.

learn.marineinsight.com

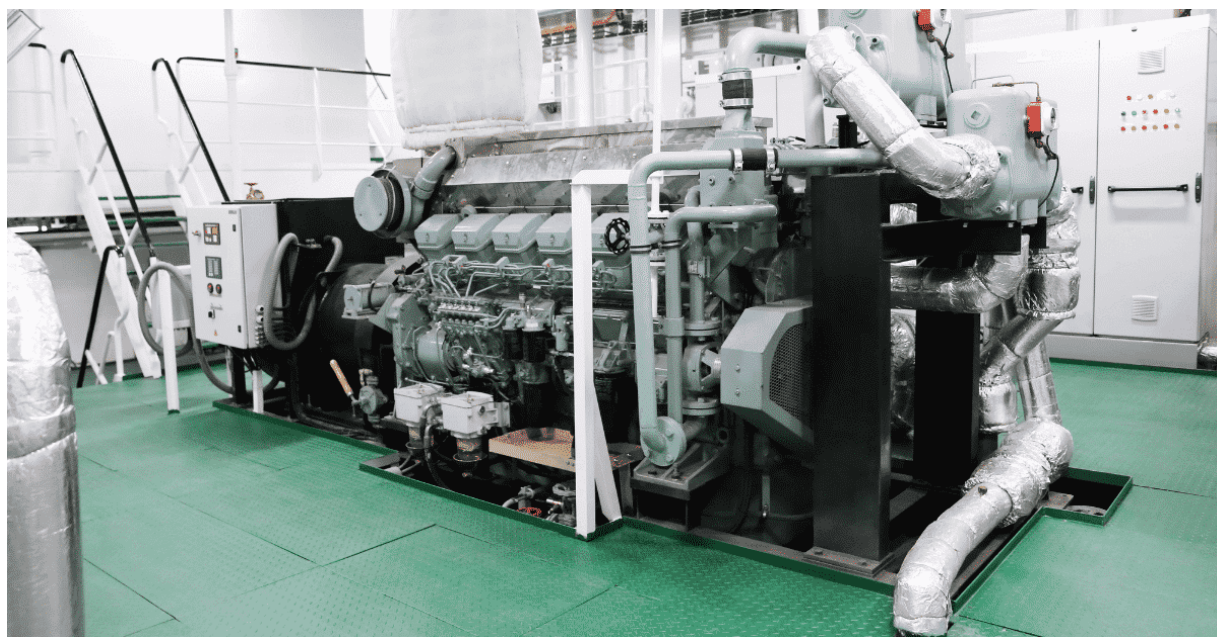


Εικόνα 4.12 : Παρουσίαση καρίνας αγωγού (<https://www.marineinsight.com>)

Η καρίνα ενός πλοίου μοιάζει με τον νωτιαίο μυελό του ανθρώπου. Καθώς η σπονδυλική στήλη λειτουργεί για να κρατά τη ραχοκοκαλιά μας όρθια συνδέοντας και υποστηρίζοντας το σώμα μας, η καρίνα είναι το κύριο δομικό μέλος και η ραχοκοκαλιά του σκάφους που εκτείνεται κατά μήκος του κέντρου της κάτω πλάκας γύρω από την οποία είναι χτισμένο το κύτος του πλοίου. Είναι το κύριο διαμήκη στοιχείο του πλοίου με το οποίο κάθε άλλο κύριο δομικό στοιχείο συνδέεται άμεσα ή έμμεσα. Η καρίνα είναι μια πλάκα που εκτείνεται κατά μήκος από το στέλεχος στην πρύμνη του πλοίου και έχει ελαφρώς μεγαλύτερο πάχος από τις παρακείμενες πλάκες, καθώς το πλοίο κάθεται σε αυτή την περιοχή στα μπλοκ κατά τη διάρκεια της κατασκευής καθώς και σε ξηρές αποβάθρες.

4.13 Αίθουσα γεννήτριας έκτακτης ανάγκης

Όπως και διάφορα εργοστάσια, νοσοκομεία και άλλα κτίρια που έχουν τη δική τους εφεδρική υποδομή, ένα πλοίο χρειάζεται επίσης μια εφεδρική υποδομή. Εάν οι κύριες γεννήτριες πέφτουν για κάποιο λόγο, υπάρχει μια εφεδρική πηγή τροφοδοσίας στο δωμάτιο της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης. Αυτός ο χωριστός χώρος μπορεί να παρέχει ρεύμα για συστήματα έκτακτης ανάγκης, ιδανικά μέχρι να αποκατασταθεί η κύρια τροφοδοσία ή να επιτευχθεί κάποια μορφή βοήθειας για την επίλυση του προβλήματος.

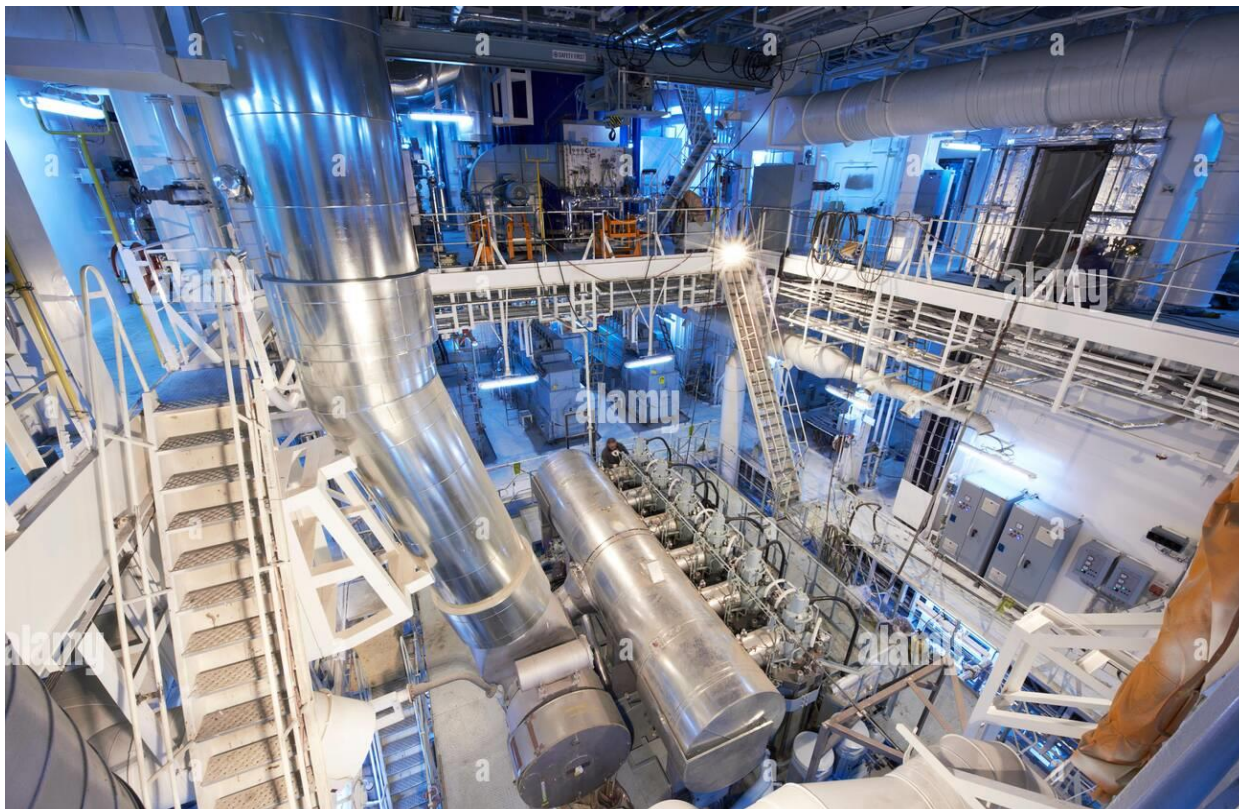


Εικόνα 4.13 : Αίθουσα γεννήτριας έκτακτης ανάγκης

Το δωμάτιο θα πρέπει να βρίσκεται μακριά από τους κύριους χώρους του μηχανήματος αλλά και τους βοηθητικούς. Θα πρέπει επίσης να είναι μακριά από διαφράγματα σύγκρουσης.

4.14 Μηχανοστάσιο (χώρος μηχανής)

Το μηχανοστάσιο είναι το μέρος σε ένα πλοίο όπου βρίσκονται τα ηλεκτρονικά και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για την πρόωση. Στα μεγάλα πλοία τα μηχανήματα μπορεί να είναι τόσο μεγάλα και πολύπλοκα που το μηχανοστάσιο μπορεί στην πραγματικότητα να είναι μια σειρά δωματίων που κρατούν τα διάφορα μέρη χωριστά το ένα από το άλλο για να εξασφαλίσουν πιο ομαλή λειτουργία και συντήρηση.



Εικόνα 4.14 : Μηχανοστάσιο πλοίου (<https://www.alamy.com>)

4.14.1 Κατηγοριοποίηση μηχανών πλοίου

❖ Ατμός

Ο ατμός τροφοδοτεί δύο τύπους κινητήρα, τον παλινδρομικό (με έμβολα κίνησης ατμού συνδεδεμένα σε έναν στροφαλοφόρο άξονα) και τον στρόβιλο (με τα πτερύγια κίνησης ατμού συνδεδεμένα ακτινικά σε έναν περιστρεφόμενο άξονα). Η ισχύς του άξονα από το καθένα μπορεί είτε να μεταφερθεί απευθείας στην προπέλα, στον πίδακα της αντλίας ή σε άλλο μηχανισμό, είτε μέσω κάποιας μορφής μετάδοσης. μηχανικό, ηλεκτρικό ή υδραυλικό. Στη δεκαετία του 1800, ο ατμός ήταν μια από τις κύριες πηγές ενέργειας για τη θαλάσσια πρόωση. Το 1869 υπήρξε μια μεγάλη εισροή ατμοπλοίων καθώς η ατμομηχανή υπέστη μεγάλες εξελίξεις κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου

❖ Ατμοστρόβιλοι

Οι ατμοστρόβιλοι τροφοδοτούνταν με άνθρακα ή, αργότερα, μαζούτ ή πυρηνική ενέργεια. Ο θαλάσσιος ατμοστρόβιλος που αναπτύχθηκε από τον Sir Charles Algernon Parsons αύξησε την αναλογία ισχύος προς βάρος. Πέτυχε δημοσιότητα δείχνοντάς το ανεπίσημα στην Turbinia των 100 ποδίων (30 m) στο Spithead Naval Review το 189

❖ Πετρελαιομηχανές

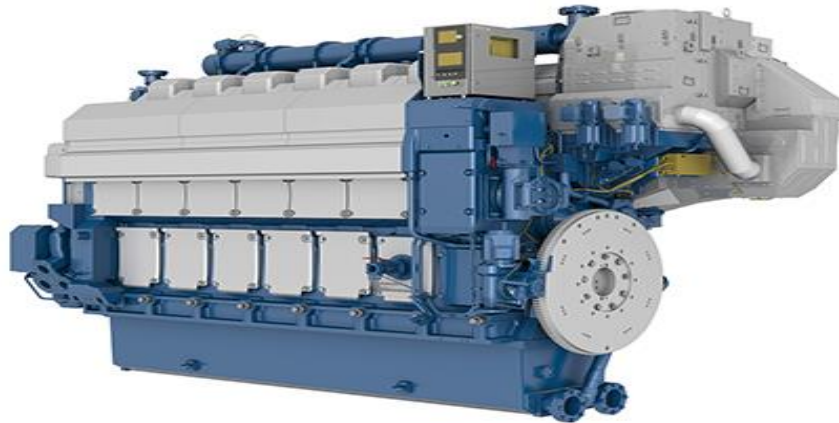
Πολλά καινούργια πλοία φέρουν κινητήρες παλινδρομικούς από πετρέλαιο. Ο περιστρεφόμενος στροφαλοφόρος άξονας φέρει την σύνδεση κατευθείαν με τον έλικα με τις μηχανές μειωμένης ταχύτητας, μέσω του κιβωτίου μειωτήρα για κινητήρες μεγάλης και μικρής.



Εικόνα 4.16 : Πετρελαιομηχανή πλοίου (<https://www.amusingplanet.com>)

❖ Κινητήρες LNG

Οι ναυτιλιακές εταιρείες υποχρεούνται να πηγαίνουν σύμφωνα με τους κανόνες του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΙΜΟ) και της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία.



Εικόνα 4.17 : Κινητήρας LNG πλοίου (<https://fathom.world>)

Οι κινητήρες υγροποιημένου φυσικού αερίου προσφέρουν στη βιομηχανία θαλάσσιων μεταφορών μια φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση για την παροχή ενέργειας στα πλοία. Το 2010, η STX Finland και η Viking Line υπέγραψαν συμφωνία για την έναρξη της κατασκευής αυτού που θα ήταν το μεγαλύτερο φιλικό προς το περιβάλλον κρουαζιερόπλοιο. Η κατασκευή του NB 1376 θα ολοκληρωθεί το 2013. Σύμφωνα με τη Viking Line, το σκάφος NB 1376 θα τροφοδοτείται κυρίως από υγροποιημένο φυσικό αέριο. Οι εκπομπές οξειδίου του αζώτου του πλοίου NB 1376 θα είναι σχεδόν μηδενικές και οι εκπομπές οξειδίων του θείου θα είναι τουλάχιστον 80% κάτω από τα πρότυπα του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΙΜΟ).

4.15 Ιπτάμενη γέφυρα (flying bridge)

Μπορούμε να βρούμε μια ιπτάμενη γέφυρα ακόμη και σε ορισμένα αλιευτικά σκάφη και σκάφη πολύ μικρότερα από ένα πλοίο, αλλά σίγουρα πιο συνηθισμένα είναι σε μεγαλύτερα σκάφη. Μια τέτοια γέφυρα βρίσκεται πάνω από την κύρια γέφυρα. Είναι ανοιχτό και προσφέρει καθαρή θέα του πλοίου τόσο εμπρός όσο και πίσω καθώς και στα πλάγια. Ουσιαστικά, δίνει μια πανοραμική άποψη για τα πάντα.



Εικόνα 4.18 : Προεπισκόπηση ιπτάμενης γέφυρας πλοίου
(<https://www.marineinsight.com>)

4.16 Εμπρόσθιο κατάστρωμα

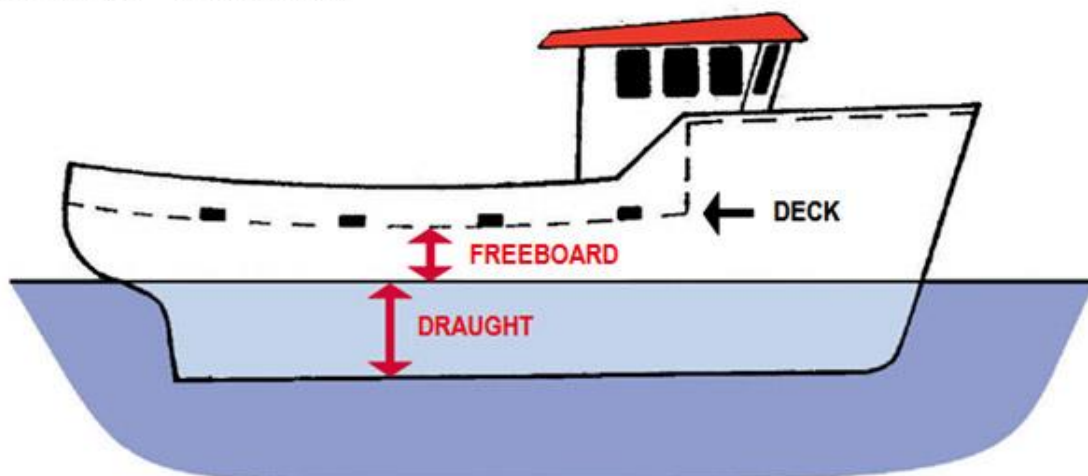
Το εμπρόσθιο κατάστρωμα βρίσκεται κοντά στο μπροστινό μέρος του σκάφους, εξ ου και το «πρώτο» μέρος του ονόματος, αυτό ήταν στην πραγματικότητα μια αμυντική δομή πριν από πολύ καιρό. Στα στρατιωτικά πλοία παλιότερα, οι στρατιώτες μπορούσαν να υπερασπιστούν το πλοίο από το κάστρο. Επειδή ήταν ανυψωμένο, οι τοξότες μπορούσαν να έχουν καλύτερη βολή ενάντια στους επιτιθέμενους. Όταν κοιτάζετε ένα πλοίο, το τμήμα ακριβώς μπροστά που είναι ανυψωμένο από το υπόλοιπο κατάστρωμα είναι το προπύργιο. Προορίζεται να αντιπροσωπεύει όχι περισσότερο από το 7% του συνολικού χώρου του καταστρώματος.

Από τη στιγμή που η χρήση του για αμυντικούς σκοπούς δεν ίσχυε πλέον, το προπύργιο χρησιμοποιήθηκε για τη συγκράτηση και τη στερέωση τμημάτων του πλοίου. Πολλά από τα εργαλεία αγκύρωσης, όπως το τζάμι και οι αλυσίδες, είναι ασφαλισμένα εδώ. Τα φώτα πλοήγησης και άλλα μέρη της πρόσοψης μπορούν να διατηρηθούν και από εδώ. Στα στρατιωτικά σκάφη, θα βρείτε ακόμα αμυντικά όπλα, όπως όπλα που βρίσκονται στο κάστρο.

4.17 Ύψος εξάλων

Το ύψος εξάλων είναι το μέρος ενός πλοίου που υπάρχει πάνω από την ίσαλο γραμμή, άρα το ορατό τμήμα του κύτους. Έχει την ασυνήθιστη διάκριση ότι δεν είναι στατικό, καθώς το βάρος του πλοίου μπορεί να αλλάξει το ύψος εξάλων αναγκάζοντας το σκάφος να κείται χαμηλότερα ή ψηλότερα στο νερό ανάλογα με την ποσότητα του φορτίου. Αλλά ανεξάρτητα από το πόσο ορατό είναι το κύτος, είναι πάντα εξάλων όταν μπορείτε να το δείτε πάνω από το νερό.

Draught - Freeboard



Εικόνα 4.19 : Ύψος εξάλων πλοίου (freeboard) (<https://www.plato.is>)

4.18 Χοάνη

Για τον μέσο άνθρωπο, μια χοάνη θα ήταν περισσότερο γνωστή ως καμινάδα ή καπνοδόχος, καθώς αυτή είναι η λειτουργία που εξυπηρετεί στο πλοίο. Ο καπνός και τα καυσαέρια εξαερίζονται από το μηχανοστάσιο και προφανώς δεν είναι ασφαλές να το διατηρείτε σε κλειστό χώρο μέσα σε ένα πλοίο. Έτσι, διοχετεύεται στη χοάνη και απελευθερώνεται ψηλά πάνω από το κατάστρωμα και κατευθύνεται μακριά από κατοικημένα μέρη του πλοίου, ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος εισπνοής. Θα παρατηρήσετε ότι η χοάνη ενός πλοίου έχει πάντα ελαφρά γωνία. Αυτό γίνεται σε μια προσπάθεια να εξασφαλιστεί ότι εξαερίζεται μακριά από το υπόλοιπο σκάφος.

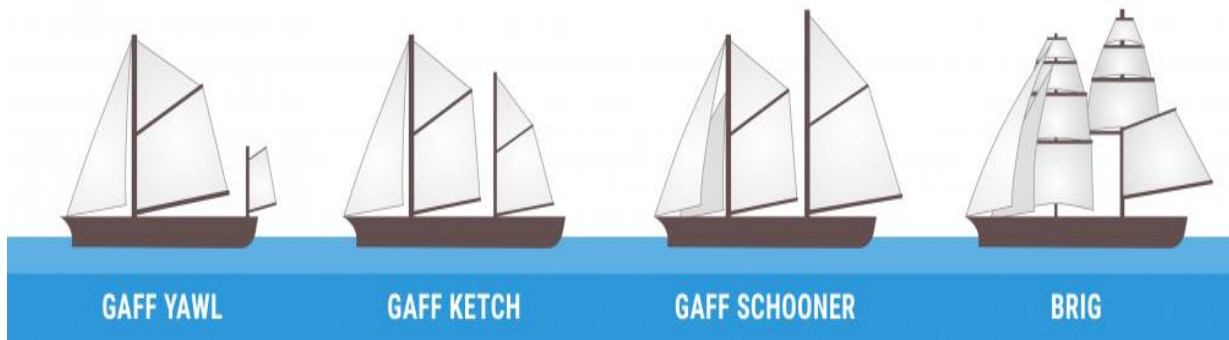


Εικόνα 4.20 : Χοάνη ή καμινάδα πλοίου (<https://www.alamy.com>)

Η σύγχρονη τεχνολογία μείωσης της ρύπανσης επιτρέπει το φιλτράρισμα των καυσαερίων καθώς φεύγουν από τη χοάνη. Αυτή η αιθάλη και άλλα στερεά συλλέγονται για να αφαιρεθούν όταν ένα σκάφος φτάσει στο λιμάνι.

4.19 Κατάρτι

Το κατάρτι έχει διαφορετικές σημασίες ανάλογα με το είδος του πλοίου για το οποίο μιλάμε, αν και μπορείτε να δείτε πώς συνδέονται τουλάχιστον θεματικά. Σε ένα ιστιοπλοϊκό, όπου οι περισσότεροι άνθρωποι θα ήταν εξοικειωμένοι με τον όρο, το κατάρτι είναι ένας στύλος, που ονομάζεται επίσης και σπάρος, που αναδύεται από το κατάστρωμα. Υποστηρίζει την μπούμα, τις αυλές, τα ξάρτια, τα πανιά, όλα αυτά τα πράγματα. Αλλά σε ένα πλοίο δεν είναι αυτό που θα δείτε.



Εικόνα 4.21 : Κατάρτι (<https://www.marinareservation.com>)

Ένα φορτηγό πλοίο έχει επίσης κατάρτι αλλά όχι ιστιοπλοϊκό. Αντίθετα, το όνομα αναφέρεται σε αυτή τη δομή που μοιάζει με πύργο που είναι συνήθως κοντά στο κέντρο του σκάφους που διαθέτει τη γέφυρα ή την αίθουσα πλοήγησης, τη flybridge, διάφορες κεραιές ή εξέδρες ραντάρ και ούτω καθεξής. Είναι στοιβαγμένο με τρόπο που μοιάζει με ιστό με την έννοια ότι είναι ψηλά πάνω από το υπόλοιπο πλοίο. Στα φορτηγά πλοία θα βρείτε επίσης γερανούς ή γερανούς στην κορυφή των ιστών, αυξάνοντας αυτό το ύψος.

4.20 Νησί των μαϊμούδων

Φαντάζει περίεργο το όνομα αυτού αλλά είναι ένα πολύ πιο διασκεδαστικό όνομα για το flybridge σε ένα σκάφος. Αυτό υπάρχει πάνω από τη γέφυρα σε αυτό που είναι ουσιαστικά το υψηλότερο σημείο που μπορούμε να φτάσουμε στο κατάστρωμα του πλοίου. Πολλές σημαντικές τεχνολογίες βρίσκονται στο νησί των μαϊμούδων, ιδιαίτερα εξοπλισμός πλοήγησης. Αποτελείται από πράγματα όπως η κάψουλα VDR και οι κεραίες επικοινωνίας εδώ. Επίσης, σαρωτές ραντάρ και μια σειρά από halyard.



Εικόνα 4.22 : Νησί των μαϊμούδων (<https://www.proz.com>)

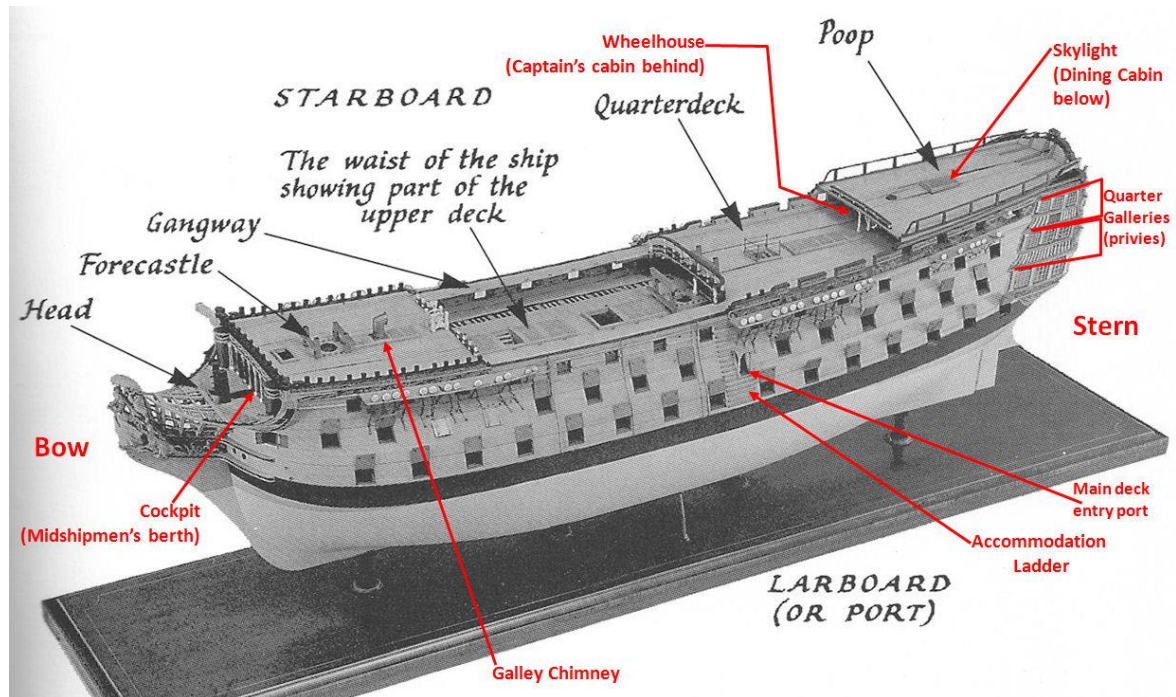
4.21 Προπέλα

Ο έλικας ή προπέλα είναι μηχανική συσκευή η οποία αποτελείται από στοιχεία τα οποία ονομάζονται λεπίδες, τα οποία τοποθετούνται ομόκεντρα και ενιαία σε έναν άξονα, και όταν περιστρέφονται οδηγούν ένα επίπεδο σε κίνηση. Οι λεπίδες δεν είναι επίπεδες, αλλά έχουν καμπυλωτό σχήμα και προεξέχουν από το επίπεδο το οποίο κινούν, και έτσι αποκτούν διαφορά απόστασης σε κάθε πλευρά από το ένα άκρο στο άλλο της λεπίδας, προκαλώντας διαφορά ταχυτήτων μεταξύ των ρευστών στις δύο πλευρές του έλικα. Σύμφωνα με την αρχή του Μπερνούλι, η διαφορά ταχυτήτων συνεπάγεται διαφορά πίεσης, και έτσι εμφανίζεται μια κάθετη δύναμη στον άξονα περιστροφής των λεπίδων προς την περιοχή με τη λιγότερη πίεση. Αυτή η δύναμη είναι γνωστή ως προωθητική δύναμη ενός σκάφους ή ενός αεροσκάφους.



4.22 Κατάστρωμα πρύμνης

Αυτό είναι ένα υπερυψωμένο κατάστρωμα πίσω από το κύριο κατάρτι ενός πλοίου. Σε παλαιότερα πλοία, τα χρώματα φυλάσσονταν εδώ, και ήταν εκεί που ο καπετάνιος διοικούσε το πλοίο. Εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για τελετές και άλλες επίσημες λειτουργίες. Το βρίσκουμε στην περιοχή της πρύμνης.

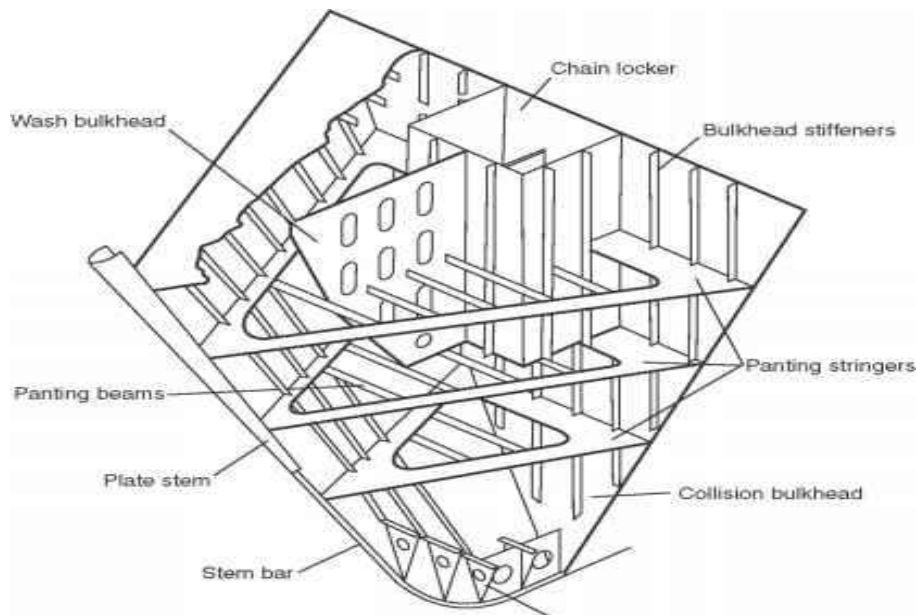


Εικόνα 4.24 : Νησί των μαϊμούδων (<https://kayedacus.com>)

4.23 Στέλεχος

Με απλά λόγια, οι περισσότεροι άνθρωποι θα αποκαλούσαν το στέλεχος το μπροστινό μέρος ενός σκάφους. Ουσιαστικά είναι μια προέκταση της καρίνας που εκτείνεται προς τα πάνω από το κάτω μέρος του σκάφους μέχρι το gunwale στην κορυφή σχηματίζοντας το μπροστινό άκρο του σκάφους. Τα πλαϊνά και το κάτω μέρος ενώνονται εδώ και μπορεί να πάρει μία από τις δύο μορφές.

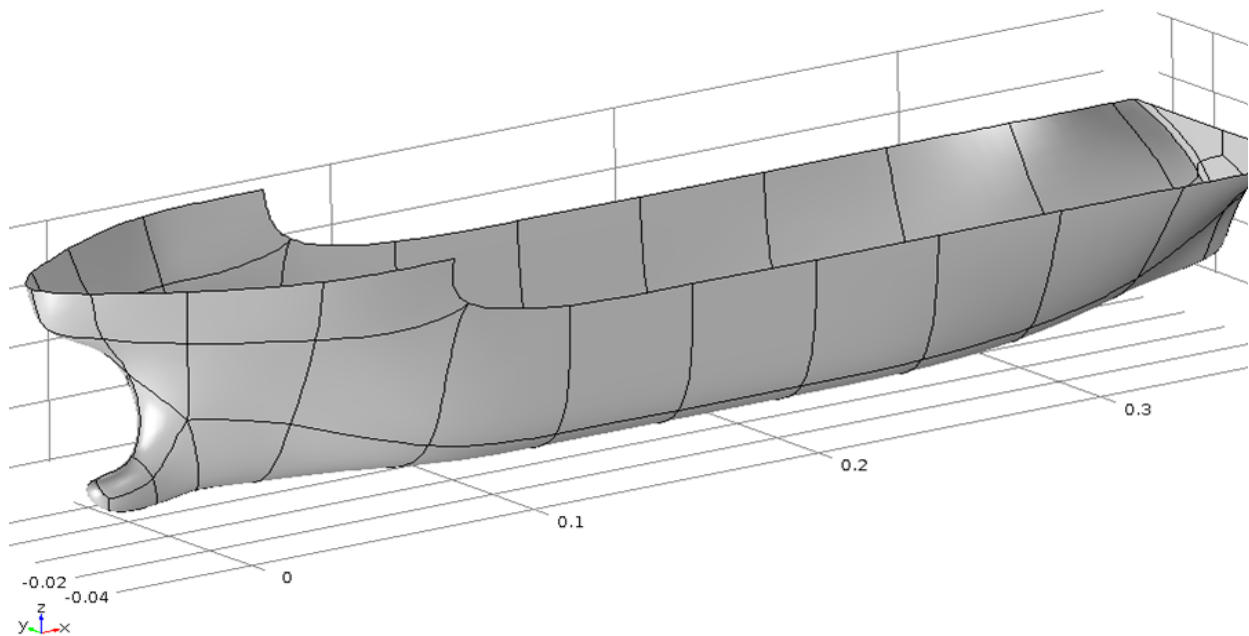
- Raked: Ένα στέλεχος με τσουγκράνα είναι αυτό που το ονομάζετε όταν το στέλεχος είναι υπό γωνία με την ίσαλο γραμμή.
- Plumb: Ένα στέλεχος είναι αυτό που το ονομάζετε όταν το στέλεχος είναι κάθετο στην ίσαλο γραμμή.



Εικόνα 4.25 : Μπρόστινό στέλεχος (<https://kayedacus.com>)

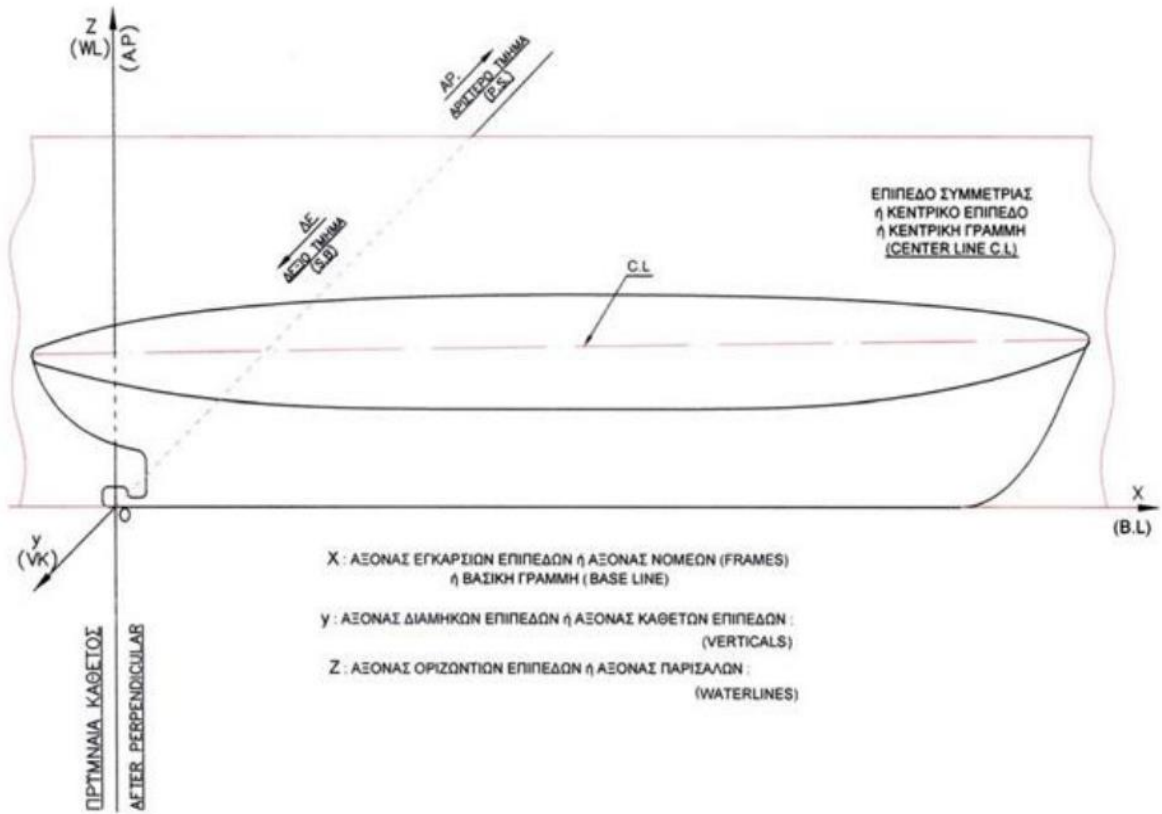
4.24 Γάστρα (Hull)

Η γάστρα είναι το σώμα οποιουδήποτε σκάφους, ουσιαστικά ο πιο σημαντικός παράγοντας για να γίνει κάτι πραγματικό σκάφος. Πρέπει να είναι στεγανό και διαμορφωμένο ώστε να επιτρέπει στο πλήρωμα ή το φορτίο να χωράει μέσα. Τα σύγχρονα πλοία πρέπει να διαθέτουν διαφράγματα, δεξαμενές έρματος και καταστρώματα για να επιτρέπουν στο πλοίο να διατηρεί την άνωση και την υδατοστεγή του κατάσταση. Στο σώμα της ίδιας της γάστρας μπορεί να έχετε περισσότερα από ένα στρώματα, δημιουργώντας ένα διπλό κύτος, με υδατοστεγείς θαλάμους καθώς και δομές στήριξης όπως δοκοί, πλάκες και δοκοί σχεδιασμένες να ενισχύουν την ίδια τη γάστρα.

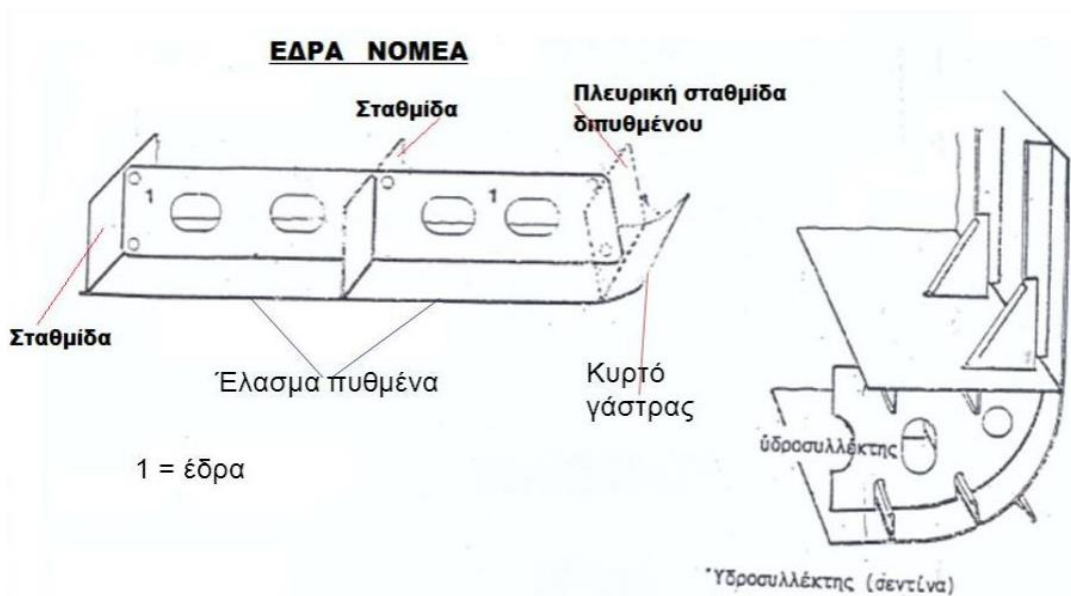


Εικόνα 4.26 : Γάστρα (<https://physixfactor.com>)

Παρακάτω, θα προσπαθήσουμε να κάνουμε μια λεπτομερής ανάλυση στο κομμάτι της γάστρας. Το καλούπι απεικονίζεται στο παρακάτω Σχέδιο ναυπηγικών γραμμών ή μπορούμε να το πούμε και Drawing line. Μέσω των τεθλασμένων γραμμών της στα μέσα της δομής καθώς και στο επάνω μέρος κατακόρυφα αυτού.



Το υδατοστεγανό κέλυφος με λεπτά τοιχώματα είναι το κύριο κομμάτι που περιβάλλει τους χώρους μηχανών και φορτίου. Για τον λόγο των μικρών επιφανειών, η γάστρα επιφέρει συγκεκριμένα κεκλειδώματα εσωτερικά. Και ακολούθως εσωτερικά καλύπτεται η πλήρης στεγανότητα του κομματιού υπό συγκεκριμένες κατευθύνσεις.



Στα πλοία του εμπορίου φέρουν συγκεκριμένο σχηματισμό ορθογώνιο και μικραίνει στις διατομές τις πλαϊνές. Το κατασκευαστικό κομμάτι που ενδυναμώνει το πυθμένα είναι οι έδρες. Η συναρμογή αυτών πραγματοποιείται μέσω διακλαδώσεις μεταξύ αυτών. Οι διάμηκες ενισχύσεις τέμνουν τις εγκάρσιες κάθετα και εκείνη που βρίσκεται στο επίπεδο ισοροπίας του πλοίου λέγεται κεντρική σταθμίδα, ενώ οι υπόλοιπες που είναι παράλληλες προς αυτήν είναι οι πλευρικές σταθμίδες.

4.25 Η μορφολογία της γάστρας σε συσχέτιση με την ταχύτητα

Η μορφή κάθε πλοίου παρουσιάζει διαφορές από τους υπόλοιπα καθώς διαφοροποιούνται και οι επιχειρησιακοί τους στόχοι στους οποίους αποσκοπούν. Δηλαδή ένα επιβατηγό πλοίο αφοσιώνεται περεταίρω στην άμεση ορθή παροχή των επιβατών και ακολούθως εστιάζουμε στην εκμετάλλευση αυτού που μας προσφέρει μέσω των αμπαριών.

➤ Γάστρες εκτοπίσματος

Γάστρες εκτοπίσματος ονομάζουμε αυτές που κατά την πλεύση τους ακολουθούν το βασικό κανόνα της φύσης, όπου κάθε σκάφος που πλέει εκτοπίζει πάντα το βάρος του σε νερό, όπως σαν παράδειγμα είναι τα ποντοπόρα δεξαμενόπλοια, τα φορτηγά, τα ακτοπλοϊκά κ.α. Οι γάστρες εκτοπίσματος δεν αλλάζουν το εκτόπισμα τους με την ταχύτητα.

➤ Γάστρες Ημικεκτοπίσματος και Γάστρες Ημιπλαναρίσματος

Γάστρες ημικεκτοπίσματος και γάστρες ημιπλαναρίσματος ονομάζονται οι γάστρες όπου ο σχηματισμός τους είναι στρογγυλός ή σχήματος V. Έτσι, μπορεί και ξεπερνάει το αρχικό εμπόδιο αντίστασης αφού συνδιάζεται άμεσα με την κύρια δύναμη της μηχανής του.

➤ Γάστρες πλαναρίσματος

Γάστρες πλαναρίσματος ονομάζουμε αυτές που έχουν την ιδιότητα να ανυψώνουν ένα μεγάλο μέρος της πλώρης τους έξω από την επιφάνεια του νερού σε μεγάλες ταχύτητες. Τέτοιου είδους σκάφοι είναι τα περισσότερα σύγχρονα μικρά, μεσαία αλλά και μεγαλύτερα μηχανοκίνητα σκάφη αναψυχής με μορφή γάστρας τύπου "V" ή και "Στρογγυλής".

4.26 Η σημασία της ταχύτητας στις γάστρες

Η ταχύτητα ενός πλοίου καθορίζεται σε συσχέτιση με την απόσταση και το χρόνο. Την ταχύτητα αυτή την μετράμε σε κόμβους ή αλλιώς σε μονάδες μέτρησης διεθνούς καθεστώτος (Knots). Η ταχύτητα των πλοίων κατηγοριοποιείται ακολούθως:

- Αργή ή βραδυπορίας, δρομολόγια τα οποία βαίνουν εντός λιμανιών και η ταχύτητα υπολογίζεται στους 5-7 κόμβους.
- Μέτρια ή αποδοτική, μετά απόπλου ή όταν προσεγγίζεται αγκυροβόλιο, (περίπου 9-10 κόμβοι).
- Μέση ταχύτητα, δρομολόγια τα οποία γίνονται εκτός λιμανιών και η ταχύτητα υπολογίζεται στους 10-13 κόμβους.
- Υπερρεσιακή απαρτίζεται ως η ταχύτητα πλεύσης η οποία έχει άμεση σχέση με το οικονομικό κομμάτι.
- Μέγιστη, είναι η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να φέρει ένα πλοίο. Ωστόσο υπάρχουν αρκετοί αυτοματισμοί ελέγχου καθώς ένα πλοίο είναι δύσκολο να φέρει τέτοιες ταχύτητες και για αυτό ελέγχεται σε μόνιμο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 4.26 : Ταχύτητα πλοίων (<https://www.marineinsight.com>)

Να σημειωθεί πως κρίνεται αναγκαίο η μικρή ή μεγάλη ταχύτητα, και παραπέμπει στο εκάστοτε πλοίο εκμετάλλευσης. Η υπολογισμένη ταχύτητα βγαίνει από την παρακάτω σχέση μέσω του αριθμού του Froude.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad [1]$$

Όπου:

- V = ταχύτητα του πλοίου (m/s)
- g = επιτάχυνση βαρύτητας (m/s^2)
- L = μήκος του πλοίου (m)

Με γνώμονα την παραπάνω σχέση και τις κατηγορίες των πλοίων που έχουμε ο αριθμός Fr ταξινομείται ως εξής:

- **Αργό** όταν : $Fr < 0,20$
- **Μεσαίως** ταχύτητας όταν : $0,20 < Fr < 0,35$
- **Γρήγορο** όταν : $Fr > 0,35$

4.27 Ανάλυση της μορφολογίας μια γάστρας πλοίου

Καταλήγοντας στην μορφολογία ενός πλοίου παρατηρούμε πως το κύριο βασικό κομμάτι ενός πλοίου είναι η γάστρα. Οι διαστάσεις που θα περιγράψουμε και θα αναλύσουμε παρακάτω παρουσιάζουν την περιμετρική μορφολογία της γάστρας και αποσκοπούν στην σχεδίαση.

➤ Μήκη πλοίου L_{OA} , L_{WL} , L_{PP}

Ξεκινάμε από τα βασικά μήκη ενός πλοίου το οποίο αρχικά είναι γενικό του μήκος, L_{OA} , το οποίο δεν αποσκοπεί σε συγκεκριμένο παράγοντα αλλά υπολογίζεται ως αντίσταση. Τα κύρια μήκη που υπολογίζουμε είναι κατά κύριο λόγο αυτά της ίσαλου γραμμής (waterline length), όπως το L_{WL} , και το μήκος μεταξύ καθέτων, L_{PP} .

το μήκος αυτό είναι αρκετά μικρότερο από το αντίστοιχο μήκος της ισάλου γραμμής και βγαίνει από την παρακάτω σχέση 2:

$$L_{PP} = 0.97 * L_{WL} \quad [2]$$

Να σημειωθεί πως κατά κύριο λόγο ως συντελεστής γάστρας εφαρμοσμένο στο μήκος L_{PP} , έτσι ο νέος συντελεστής της γάστρας θα είναι, κατά κύρια βάση, πιο μεγάλος, καθώς το L_{PP} , είναι λιγότερο από L_{WL} .

Με αυτόν τον τρόπο παρατηρούμε πως ένας μικρότερου μεγέθους συντελεστής γάστρας αντιστοιχεί σε πολύ μικρότερη αντίσταση και έτσι την μειωμένη όριση μεγάλης ταχύτητας. Στον πίνακα που ακολουθεί θα παρουσιαστούν παραδείγματα μεγέθους συντελεστών γάστρας και τις αντίστοιχες ταχύτητες για διαφορετικού τύπου πλοίων. Με το πινακάκι αυτό παρατηρούμε πως για μεγάλους συντελεστές γάστρας αντιστοιχούν σε χαμηλές ταχύτητες και το αντίστροφο.

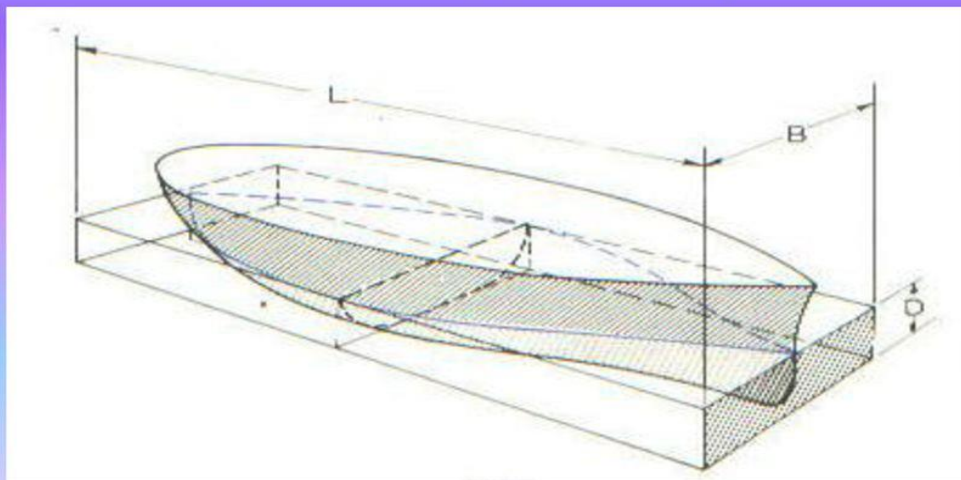
Είδος πλοίου	Συντελεστής γάστρας (C_B)	Ταχύτητα (κόμβους Knots)
Φορηγά πλοία	0.90	5-10
Φορτίου πλοία	0.80-0.85	12-17
Δεξαμενόπλοια	0.80-0.85	12-16
γενικών φορτίων πλοία	0.55-0.75	13-22
Εμπορευματοκιβωτίων πλοία τύπου (Container ships)	0.50-0.70	14-26
Ferry boat	0.50-0.70	15-26

➤ Πλάτος στην ίσαλο B_{wl}

Ένα επιπρόσθετο διαστασιολογικό μήκος του πλοίου είναι το μεγαλύτερο πλάτος της γάστρας στην ίσαλο, BWL .

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΑΣΤΡΑΣ
Block coefficient

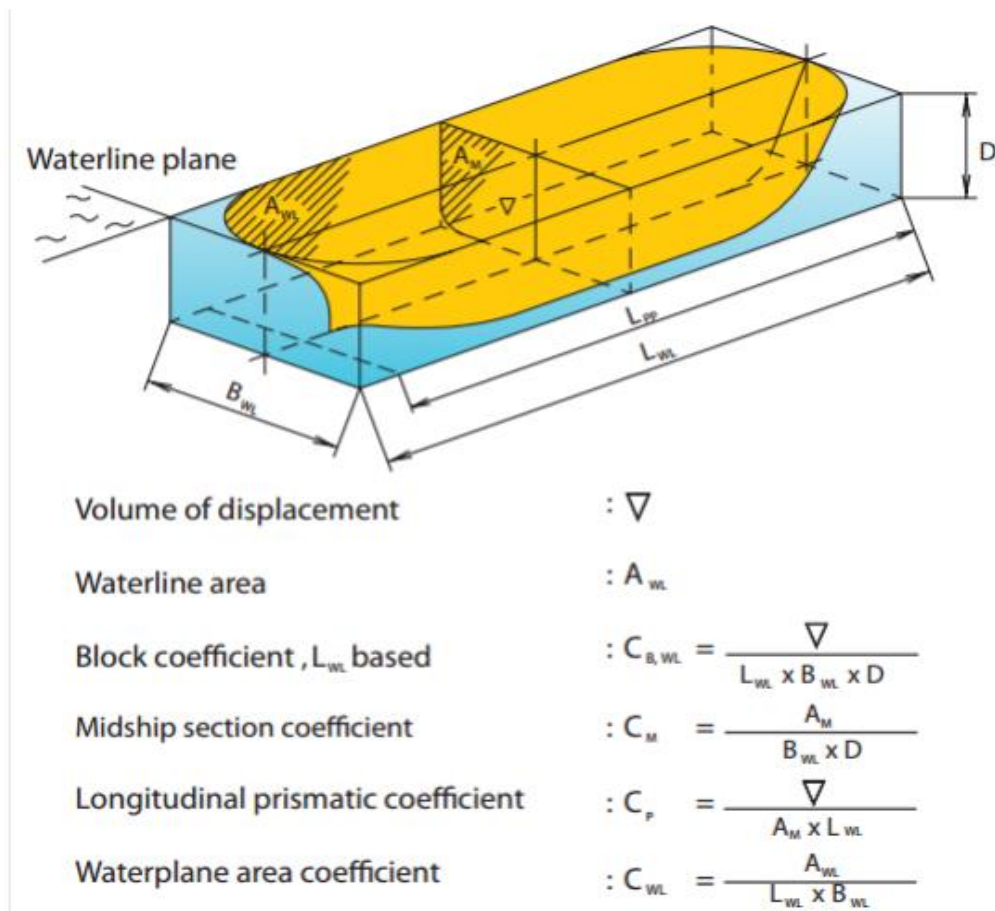
$$CB = V / L \cdot B \cdot D$$



Εικόνα 4.28 :Μήκη μεγεθών

➤ Συντελεστής γάστρας C_B

Υπάρχουν αρκετοί συντελεστές μορφής που χρησιμοποιούνται για να δείξουν το κύριο μέρος της γάστρας. Με γνώμονα αυτόν έχουμε τον συντελεστή γάστρας C_B , που αποσκοπεί ως ο λόγος του εκτοπίσματος διαιρούμενο από τον όγκο του σχήματος ($L_{WL} \cdot B_{WL} \cdot D$), όπως ακολουθεί στην εικόνα 4.8 όπου παρουσιάζονται και οι μαθηματικές σχέσεις.



Εικόνα 4.29 : Συντελεστής γάστρας C_B

Ωστόσο, στην καθοριστική επιλογή του συντελεστή γάστρας C_B ποικίλουν διάφοροι λόγοι όπου δίνουν βάρος και οικονομικό παράγοντα σε μια μεταλλική κατασκευή. Ένας από αυτούς είναι η αποσκόπιση του όγκου ενός πλοίου και η μελέτη σε διάφορες θαλάσσιες ανωμαλίες. Στην πραγματικότητα όμως καλύτερο είναι το πιο ακριβό τιμολογιακά αλλά παράλληλα υδροδυναμικά αποδοτικότερο.

➤ Συντελεστής ισάλου επιφάνειας C_{wl}

Στην συνέχεια έχουμε τον συντελεστή ισάλου επιφάνειας, C_{wl} , όπου παρουσιάζεται ως η δομή της επιφάνειας του πλοίου στην παρακάτω σχέση 3.

$$C_{wl} = \frac{AWL}{LWL * BWL} \quad [3]$$

Ο συντελεστής ισάλου επιφάνειας είναι θεωρητικά 0.10 πιο μεγάλος σε σχέση με τον συντελεστή γάστρας, δηλαδή: $C_{wl} = C_B + 0.10$.

Επομένως, η διαφορά αυτή είναι αρκετά μειωμένη για πλοία όπου αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες με μικρότερους συντελεστές γάστρας, όπου η πρύμνη είναι ελαφρώς βυθισμένη στο νερό.

➤ Συντελεστής μέσης τομής C_M

Ο συντελεστής μέσης τομής εκφράζει την μορφή της γάστρας που διαμορφώνεται διαμέσου του συντελεστή C_M , και μας δείχνει την διαίρεση της παρακάτω σχέσης 4.

$$C_M = \frac{AM}{BWL * D} \quad [4]$$

Σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει αναγκαιότητα για φυλασσόμενους τόπους με ογκώδες, επίπεδες και ορθογώνιες επιφάνειες ειδικά σε πλοία μεταφοράς φορτίων, στο οποίο έχει ως πρόβλημα την παρουσία αυξημένων συντελεστών C_M . Ως προς την ευστάθεια θα παρατηρείται μια αύξηση σε αντίθεση της πρωτεύουσας τιμής καθώς είναι απόλυτα εφικτό να γίνει με την αύξηση της κάθε δρομολόγησης του κέντρου άντωσης και αυτομάτως μεγαλύτερες τιμές πλάτους στην ίσαλο επιφάνεια της γάστρας.

Για δεξαμενόπλοια, ο συντελεστής αυτός κυμαίνεται μεταξύ $C_M = (0.98 \sim 0.99)$, ενώ για πλοία Container ships $C_M = (0.97 \sim 0.98)$.

➤ Διαμήκης πρισματικός συντελεστής C_P

Ο συντελεστής αυτός μας καθορίζει τον λόγο του όγκου το εκτοπίσματος ∇ προς το γινόμενο της επιφάνειας της μέσης τομής, AM , και του μήκους της ισάλου, LWL .

$$C_P = \frac{\nabla}{AM \cdot LWL} \rightarrow \frac{\nabla}{CM \cdot LWL \cdot D \cdot BWL} \rightarrow \frac{CB}{CM} \quad [5]$$

Έτσι βλέπουμε πως ο διαμήκης πρισματικός συντελεστής C_P εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον συντελεστή γάστρας, CB , και τον συντελεστή μέσης τομής, CM .

➤ Διάμηκες κέντρο άντωσης LCB

Το διάμηκες κέντρο άντωσης (LCB) μας δείχνει την θέση του κέντρου άντωσης και παρουσιάζεται ως η μετατόπιση του κέντρου άντωσης καθώς και του μέσου ανάμεσα της πρωραίας και της πρυμναίας.

Στην περίπτωση που ένα πλοίο έχει σχεδιαστεί για υψηλές ταχύτητες, θέτοντας ως παράδειγμα ένα πλοίο μεταφοράς τύπου (containership), το LCB θα έχει πρόσημο μείον καθώς πλοία με μικρότερη ταχύτητα, όπως είναι τα δεξαμενόπλοια και τα πλοία φορτηγά πλοία, θα είναι θετικό. Το ποσοστό του LCB διακυμαίνεται από (3% έως +3%).

➤ Συντελεστής λεπτότητας C_{LD}

Ο συντελεστής λεπτότητας εκφράζει τον λόγο του μήκους προς το εκτόπισμα και ορίζεται από την διαίρεση της σχέσης 6.

$$C_{LD} = \frac{LW}{\sqrt{\nabla}} \quad [6]$$

➤ Αντίσταση πλοίου

Προκειμένου να επιτευχθεί η κίνηση ενός πλοίου θα πρέπει να καταπολεμήσει την ασκούμενη αντίθετη αντίσταση όπου εννοούμε την δύναμη που ασκείται από την άλλη πλευρά της ώσης. Κατά κύριο λόγο η αντίσταση ενός πλοίου επηρεάζεται κυρίως από την ταχύτητά του, το εκτόπισμά του και την μορφή της γάστρας του. Έτσι η συνολική αντίσταση R_T , καθορίζεται από 3 κύριους παράγοντες που παρουσιάζονται παρακάτω:

- Αντίσταση αέρα
- Αντίσταση τριβής
- Υπόλοιπη αντίσταση

Σε πρώτη όψη η αντίσταση της τριβής και της υπόλοιπης αντίστασης καθορίζεται από μέγεθος της γάστρας, ενώ από την άλλη μεριά, η αντίσταση του αέρα καθορίζεται από ένα αρκετά μεγάλο τμήμα του πλοίου πάνω από την ίσαλο. Έτσι η αντίσταση του αέρα θα έχει αρκετά θέματα για πλοία τύπου εμπορικού σκοπού.

- Νόμος του Bernoulli: $V = \frac{1}{2} * \rho * V^2$

➤ Αντίσταση τριβής R_F

Η αντίσταση τριβής, **R_F** , της γάστρας φέρει κύριο φορτίο αναφοράς από την διαστασιολόγηση της επιφανείας της γάστρας A_s και από τον ειδικό συντελεστή αντίστασης τριβής C_F .

Η αντίσταση τριβής αποσκοπεί κατά κύριο λόγο στην αντίσταση του πλοίου, και αρκετές φορές μπορεί να λάβει τιμές έως και (70% - 90%) της συνολικής αντίστασης του πλοίου. Ωστόσο, υπάρχουν και λιγότερα γρήγορα πλοία (φορτηγά και δεξαμενόπλοια) και άλλοτε 40% για γρήγορα πλοία (Container ships και επιβατηγά). Ακολουθως η αντίσταση τριβής υπολογίζεται ως εξής:

$$R_F = C_F * K \quad [8]$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΑΣΤΡΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ SOLIDWORKS

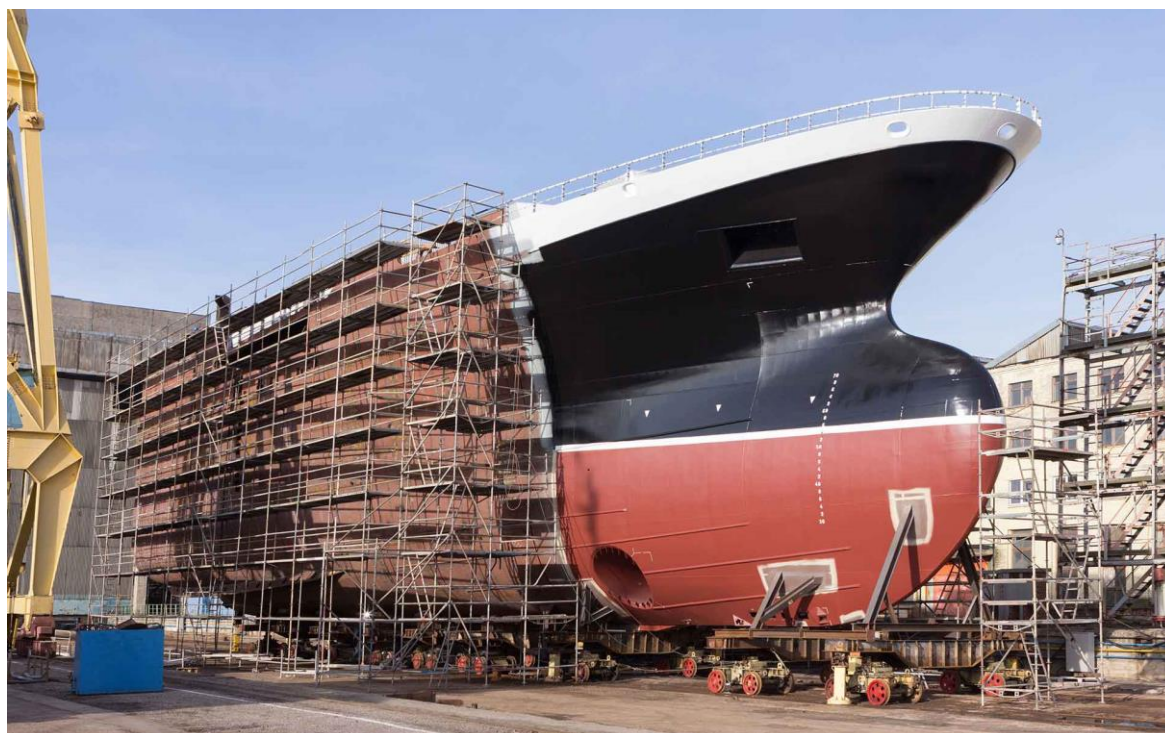
Το SolidWorks είναι μια εφαρμογή σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) και μηχανικής υποβοηθούμενης από υπολογιστή (CAE) μοντελοποίησης που δημοσιεύεται από την Dassault Systèmes. Το συγκεκριμένο σχεδιαστικό πρόγραμμα χρησιμοποιείται ευρέως παγκόσμια και υπερτερεί για την εύκολη διαχείριση του και τις πολλαπλές ρυθμίσεις που έχει στην μοντελοποίηση των κομματιών.



Εικόνα 5 : Ενδεικτική φωτογραφία του SolidWorks (<https://www.dreamstime.com>)

5.1 Υλικά κατασκευής γάστρας (Hull)

Η εισαγωγή του μετάλλου στη ναυπηγική βιομηχανία συνέβαλε στη σημαντική επανάσταση στη βιομηχανία στο σύνολό της, ειδικά στην ανάπτυξη του ανοξειδωτού χάλυβα και των κραμάτων αλουμινίου. Πριν από τη χρήση του μετάλλου στη ναυπηγική, τα πλοία κατασκευάζονταν από ξύλο. Το ξύλο ήταν πολύ λιγότερο κατάλληλο για ναυπήγηση πλοίων επειδή δεν είναι ανθεκτικό ή ισχυρό. Μόλις κυκλοφόρησαν στην αγορά μέταλλα όπως ο χάλυβας και το αλουμίνιο, οι ναυπηγοί διαπίστωσαν ότι αυτά ήταν εξαιρετικά υλικά για την κατασκευή διαφόρων εξαρτημάτων ενός πλοίου.



Εικόνα 5.1 : Κατασκευή γάστρας πλοίου (<https://www.texasironandmetal.com>)

Η επιλογή κατάλληλου υλικού για οποιαδήποτε εφαρμογή είναι αρκετά σημαντική καθώς καθορίζει την αντοχή την στιβαρότητα και τις ιδιότητες στην μελέτη που θέλουμε να κάνουμε. Με γνώμονα αυτό η επιλογή για την δημιουργία και κατασκευή της γάστρας ενός πλοίου συνηθίζεται να είναι ο απλός άνθρακας και ο μαλακός χάλυβας όπου είναι και οι πιο κοινές ποιότητες χάλυβα για τη ναυπηγική, καθώς διαθέτουν μια σειρά από ευεργετικές ιδιότητες που τα καθιστούν μοναδικά κατάλληλα για ναυτική μηχανική. Αυτές περιλαμβάνουν: Υψηλές αντοχές διαρροής και αντοχές εφελκυσμού σε εύρος 490 – 620 MPa.

Πιο κοινοί τύποι μετάλλων που χρησιμοποιούνται στην ναυπηγική

Η γκάμα μετάλλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη ναυπηγική ποικίλει. Κατά τον προσδιορισμό των καλύτερων μετάλλων για πλοία, είναι σημαντικό να δώσουμε σημασία στην αντοχή (όριο διαρροής) και την αντοχή σε εφελκυσμό του μετάλλου. Από τα μέταλλα που ανταποκρίνονται σε αυτές τις απαιτήσεις, τα πιο κοινά είναι ο χάλυβας και το κράμα αλουμινίου.

5.1.1 Χάλυβας

Ο χάλυβας χρησιμοποιείται συχνά στη ναυπηγική βιομηχανία λόγω των ιδανικών μηχανικών ιδιοτήτων, της δομικής ακεραιότητας και του χαμηλού κόστους του. Το σημαντικότερο μειονέκτημα του χάλυβα όμως, είναι το γεγονός ότι είναι αρκετά βαρύς. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι χάλυβα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πλοίων, αλλά δύο από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους είναι ο χάλυβας υψηλού εφελκυσμού και ο ανοξειδωτος χάλυβας.



Εικόνα 5.2 : Χρήση χάλυβα για την κατασκευή του πίσω μέρους (<https://www.high-strength-steel.com>)

Ο ανταγωνισμός στην ναυπηγική αγορά γίνεται όλο και πιο έντονος κάθε μέρα και πολλές εταιρείες προσπαθούν να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες απαιτούμενων ναυπηγικών σωλήνων. Όμως, σημασία δεν έχει η ποσότητα, αλλά η ποιότητα. Λόγω του περιβάλλοντος στο οποίο χρησιμοποιούνται οι σωλήνες, ζητείται από τους σωλήνες να έχουν υψηλή αντοχή στη διάβρωση. Ως αποτέλεσμα, καθορίζονται σωλήνες υψηλής ποιότητας και μεγάλης αντοχής.

➤ **Κύριος βαθμός ναυπηγικών σωλήνων από χάλυβα και κατηγοριοποίηση**



- Σωλήνας για χρήση ναυπήγησής (GB5213-85): Διακρίνουμε Σωλήνες χωρίς ραφή από ανθρακούχο χάλυβα που χρησιμοποιείται ως σωλήνας πίεσης επιπέδου 1 & επιπέδου 2. Η θερμοκρασία εργασίας του τοιχώματος του σωλήνα στον σωλήνα χωρίς ραφή δεν μπορεί να υπερβαίνει τους 450°C, αλλά η θερμοκρασία εργασίας του τοιχώματος του σωλήνα στον σωλήνα χωρίς ραφή από κράμα χάλυβα μπορεί να υπερβαίνει τους 450°C.
- Σωλήνες για ναυπήγηση πλοίων (GB5312-1999): Οι σωλήνες χωρίς ραφή από χάλυβα από άνθρακα και άνθρακα-μαγγάνιο για ναυπήγηση χρησιμοποιούνται κυρίως για σωλήνες πίεσης επιπέδου 1 και επιπέδου 2. Τα τυπικά υλικά είναι βαθμού 360,410,460 κ.λπ.

- **Πρότυπο χάλυβα σωλήνων ναυπηγικής:** Με έλεγχο ταυτότητας ποιότητας ηοηογνώμονα από LR, ABS, NK, GL, DNV, BV, KR, RINA, CCS.

6. Ανοχή διαστάσεων χαλύβδινων σωλήνων ναυπηγικής:

Τύποι χαλύβδινων σωληνώσεων	Εξωτερικές διαμέτροι	Πάχος τοιχώματος		
Σωλήνες ψυχρής έλασης	Μέγεθος σωλήνας (mm)	Ανοχές (mm)	Μέγεθος σωληνώσεων	Ανοχές
(mm)	(mm)	(mm)		
>(30~50)mm	±0.3	≤30	±10%	
>(50~219)mm	±0.8%			
Σωλήνες θερμής έλασης	<219	±1.0%	<20	±10%

7. Μηχανική Ιδιότητα Χαλύβδινων Σωλήνων Ναυπηγικής:

Τυπικός κωδικός	Μέγιστη θερμοκρασία (C)	Αντοχή σε εφελκυσμό (Mpa)	Όριο θραύσης (Mpa)	Επιμήκυνση (%)
GB/T5312	320	320~410	≥195	≥25
	360	360~480	≥215	≥24
	410	410~530	≥235	≥22
	460	460~580	≥265	≥21
	490	490~610	≥285	≥21

8. Χημική Σύθεση Χαλύβδινων Σωλήνων Ναυπηγικής:

Τυπικός κωδικός	Μέγιστη θερμοκρασία (C)	Αντοχή σε εφελκυσμό (Mpa)	Όριο θραύσης (Mpa)	Επιμήκυνση (%)
GB/T5312	320	320~410	≥195	≥25
	360	360~480	≥215	≥24
	410	410~530	≥235	≥22
	460	460~580	≥265	≥21
	490	490~610	≥285	≥21

9. Χαλύβδινος σωλήνας και σωλήνας χωρίς ραφή για χρήση σε ναυπηγεία

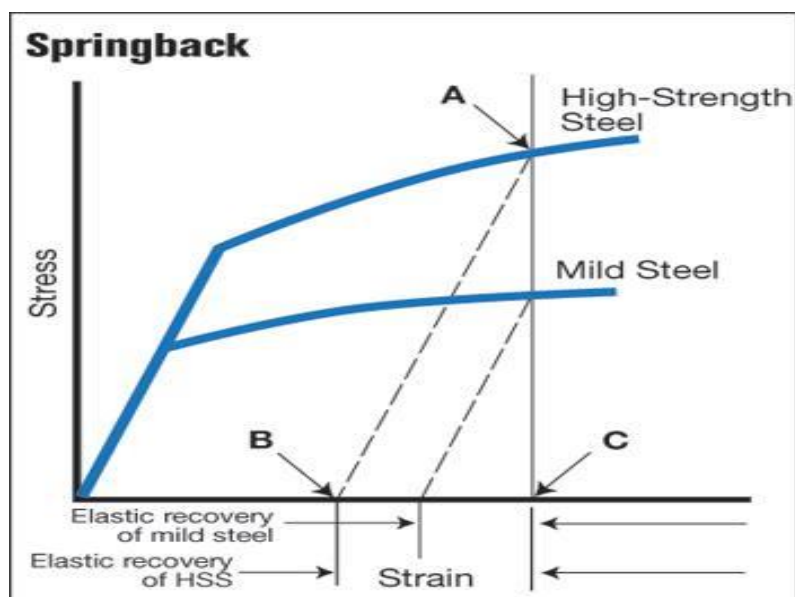
Τύπος	Τυπική χρήση	Ποιότητα χάλυβα	Χημική σύνθεση (%)											
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Mo	V	P+S
GLR	Χωρίς κράμα	GL-R 410	≤	≤	≤	≤	≤	-	-	-	≥0.020	-	-	-
			0.21	0.35	1.4	0.025	0.02	-	-	-	-	-	-	-
	GB 18248	37Mn	0.34	0.1	1.35	≤	≤	≤	≤	≤	-	-	-	≤
			~0.40	~0.30	~1.65	0.03	0.03	0.3	0.3	0.2	-	-	-	0.055
	EN 10297	34CrMo4	0.3	≤	0.6	≤	≤	0.9	-	-	-	0.15	-	-
			~0.37	0.4	~0.90	0.035	0.035	~1.20	-	-	-	~0.30	-	-
DNV	Για πιέσεις ASTM A53/A53M	A53B	≤	-	≤	≤	≤	≤	≤	≤	-	≤	≤	-
			0.3	-	1.2	0.05	0.045	0.4	0.4	0.4	-	0.15	0.08	-
ABS	Για πίεση	Ποιότητας 3	≤	-	≤	≤	≤	≤	≤	≤	-	≤	≤	-
			0.3	-	1.2	0.05	0.045	0.4	0.4	0.4	-	0.15	0.08	-
BV	Για πίεση	410HB	≤	≤	0.4	≤	≤	-	-	-	-	-	-	-
			0.21	0.35	~1.20	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	-
LR	Για πίεση	410	≤	≤	0.4	≤	≤	≤	≤	≤	-	≤	-	-
			0.21	0.35	~1.20	0.045	0.045	0.25	0.3	0.3	-	0.1	-	-
KR	Για πίεση	RST138	≤	≤	0.3	≤	≤	-	-	-	-	-	-	-
			0.25	0.35	~0.90	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	-
		RST142	≤	-	0.3	≤	≤	-	-	-	-	-	-	-
			0.3	-	~1.00	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	-
		RST238	≤	0.1	0.3	≤	≤	-	-	-	-	-	-	-
			0.25	~0.35	~1.10	0.035	0.035	-	-	-	-	-	-	-
		RST242	≤	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			0.3	-	~1.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		RST249	≤	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			0.33	-	~1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		RST338	≤	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			0.25	-	~0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		RST342	≤	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			0.3	-	~1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NK	Για πίεση	Ποιότητας 1 No3/ KSTPG 42	≤	≤	0.3	≤	≤	-	-	-	-	-	-	
			0.3	0.35	~1.00	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	
CCS	Για πίεση	360	≤	≤	0.4	≤	≤	≤	≤	≤	-	≤	-	
			0.17	0.35	~0.80	0.04	0.04	0.25	0.3	0.3	-	0.1	-	
		410	≤	≤	0.4	≤	≤	≤	≤	≤	-	≤	-	
			0.21	0.35	~1.20	0.04	0.04	0.25	0.3	0.3	-	0.1	-	
		460	≤	≤	0.8	≤	≤	≤	≤	≤	-	≤	-	
			0.22	0.35	~1.40	0.04	0.04	0.25	0.3	0.3	-	0.1	-	
		490	≤	≤	0.8	≤	≤	≤	≤	≤	-	≤	-	
			0.23	0.35	~1.50	0.04	0.04	0.25	0.3	0.3	-	0.1	-	

5.1.2 Χάλυβας με ιδιότητες υψηλού εφελκυσμού (High tensile Steel)

Ο χάλυβας υψηλής εφελκυσμού χρησιμοποιείται όταν απαιτείται μέταλλο που είναι πιο βαρύ από τον κανονικό χάλυβα. Ο χάλυβας υψηλής αντοχής είναι ισχυρότερος από τον κανονικό χάλυβα. Ο χάλυβας υψηλής εφελκυσμού στην κατασκευή πλοίων χρησιμοποιείται συνήθως σε περιοχές του πλοίου που υπόκεινται σε υψηλά επίπεδα μηχανικής καταπόνησης, καθώς και στις περιοχές του καταστρώματος και του πυθμένα των μεγαλύτερων δεξαμενόπλοιων.



Εικόνα 5.3 : Δημιουργία γάστρας από χάλυβα (<https://www.high-strength-steel.com>)



5.1.3 Ανοξείδωτο ατσάλι

Ο ανοξείδωτος χάλυβας είναι ιδανικός για τη ναυπήγηση λόγω της αντοχής και της αντοχής του. Το πιο σημαντικό είναι ότι είναι μη διαβρωτικό που σημαίνει ότι ο ανοξείδωτος χάλυβας δεν σκουριάζει. Ως αποτέλεσμα, ο ανοξείδωτος χάλυβας είναι τέλειος για τις σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες υπόκειται ο χάλυβας, όπως το δριμύ ηλιακό φως και το αλμυρό νερό.

5.1.4 Κράμα αλουμινίου

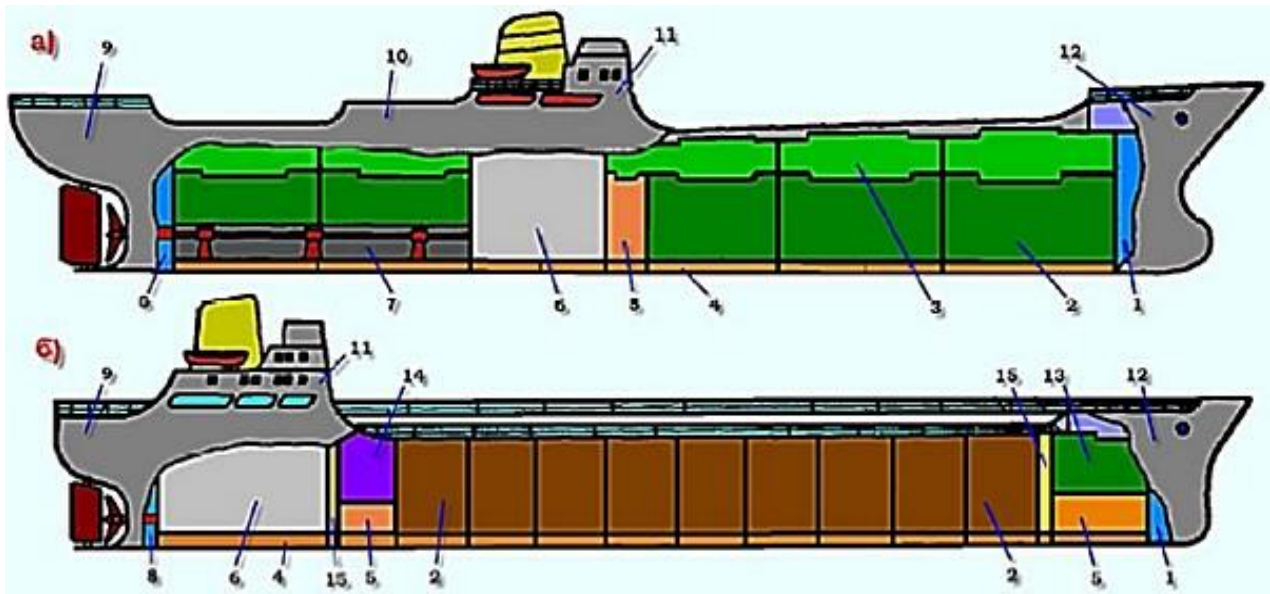
Τα κράματα αλουμινίου έχουν ευεργετικές ιδιότητες που δεν έχουν τα αντίστοιχα του χάλυβα. Κατά κύριο λόγο, ένα πλοίο κατασκευασμένο με κράματα αλουμινίου έναντι χάλυβα θα είναι 60% ελαφρύτερο κατά μέσο όρο. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι το αλουμίνιο είναι ανθεκτικό στη διάβρωση και είναι ένα φθηνό υλικό στη συντήρηση. Ένα μειονέκτημα των κραμάτων αλουμινίου είναι ότι είναι αρκετά ακριβά για το αρχικό κόστος, περίπου 8-10 φορές πιο ακριβά από τον χάλυβα.



Εικόνα 5.4 : Κατασκευή σκελετού από κράμα αλουμινίου (<https://rosenburg.co>)

5.2 Σχεδιασμός

Η σχεδίαση της γάστρας καθορίζεται από το σκοπό του σκάφους και χαρακτηρίζεται από το μέγεθος, το σχήμα και το υλικό των επιμέρους τμημάτων και τμημάτων της γάστρας, την αμοιβαία διάταξη τους και τις μεθόδους σύνδεσης. Το κύτος ενός πλοίου είναι μια σύνθετη μηχανική κατασκευή, η οποία υπόκειται συνεχώς σε παραμόρφωση κατά τη λειτουργία, ειδικά όταν πλέει σε κύματα.

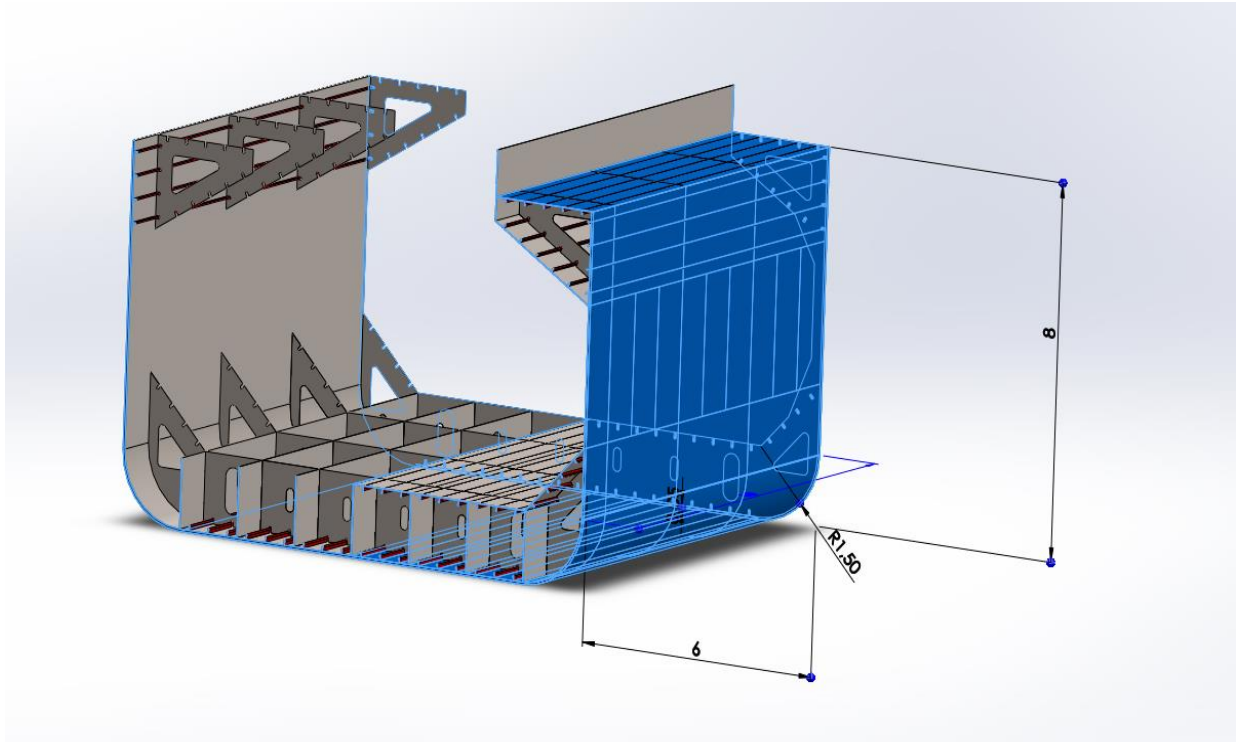


Εικόνα 5.5 : Εσωτερική δομή του σκάφους (<https://areal-tur.ru>)

Ο σχεδιασμός της γάστρας θα πραγματοποιηθεί με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος του Solidworks. Θα αναφερθούμε ακριβώς στα επιμέρους κομμάτια που φέρει μια γάστρα στην κατασκευή της μέσω χρωματικής ένδειξης και ανά βήμα σχεδιασμού για καλύτερη επεξήγηση του θέματος.

— Εξωτερική επένδυση (καρίνα)

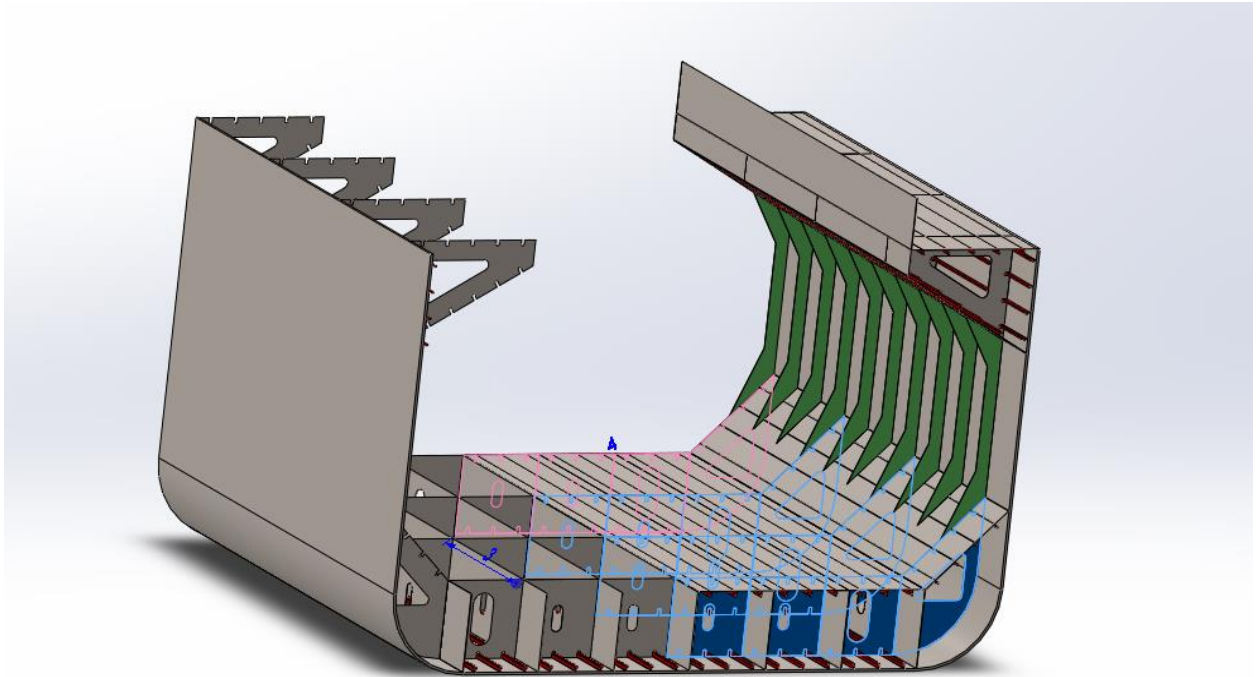
Το πρώτο μέρος απαρτίζεται από την εξωτερική επιφάνεια όπου θα φτιαχτεί η καρίνα της γάστρας. Η καρίνα αποτελεί την μεγαλύτερη επιφάνεια της γάστρας και ουσιαστικά καλύπτει όλα τα παρελκόμενα εσωτερικά. Τα υλικά κατασκευής είναι συνήθως από χάλυβα. Παραπάνω, αναφερθήκαμε πάνω στις τάσεις, παραμορφώσεις και τις ιδιότητες των επιλεγμένων υλικών αυτής της γάστρας.



Εικόνα 5.6 : Κομμάτι 1^ο γάστρας (ΚΑΡΙΝΑ)

— Πλαϊνά κορδόνια

Συνεχίζοντας, τον σχεδιασμό έχουμε την διαμήκεις σε σειρά λαμαρίνες, που ουσιαστικά αποσκοπούν ως τα νεύρα της γάστρας στην κατασκευή. Ο σχεδιασμός του γίνεται σε παράλληλα σημεία η μία λαμαρίνα με την άλλη και η απόσταση μεταξύ τους προκύπτει βάση των σχέσεων παραπάνω. Το υλικό κατασκευής είναι κοινό εξίσου χρησιμοποιείται ο χάλυβας.



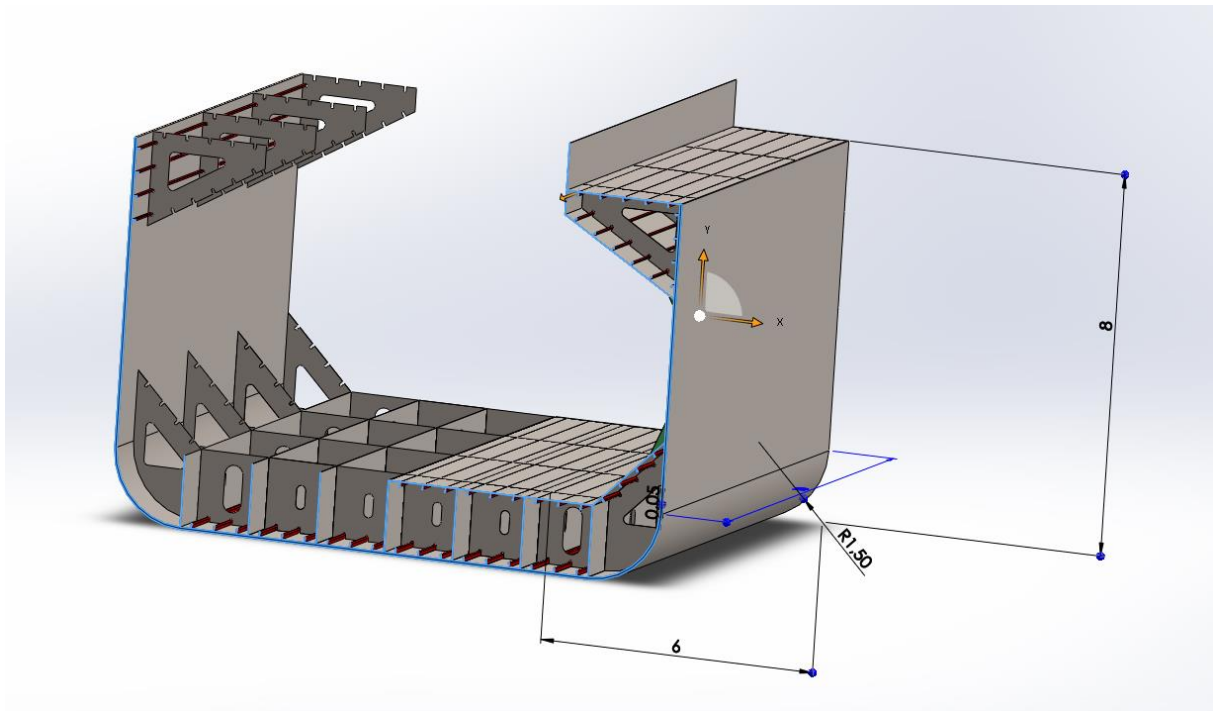
Εικόνα 5.7 : Κομμάτι 2^ο γάστρας (ΠΛΑΙΝΑ ΚΟΡΔΟΝΙΑ)



Εικόνα 5.8 : Πλαϊνά κορδόνια (<https://areal-tur.ru>)

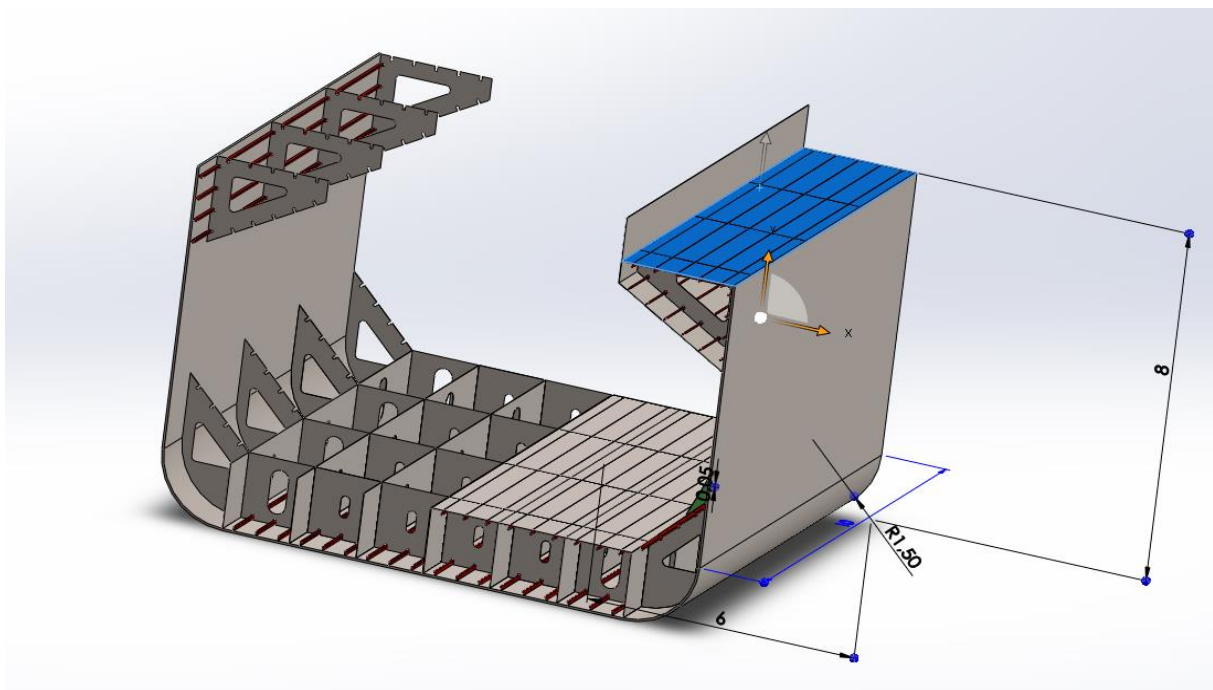
— Δοκοί

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δοκοί από υλικά είτε από χάλυβά είτε από χυτοσίδηρο για συγκεκριμένες εφαρμογές ναυπηγικής χρήσης.



Εικόνα 5.9 : Κομμάτι 3^ο γάστρας (ΔΟΚΟΙ)

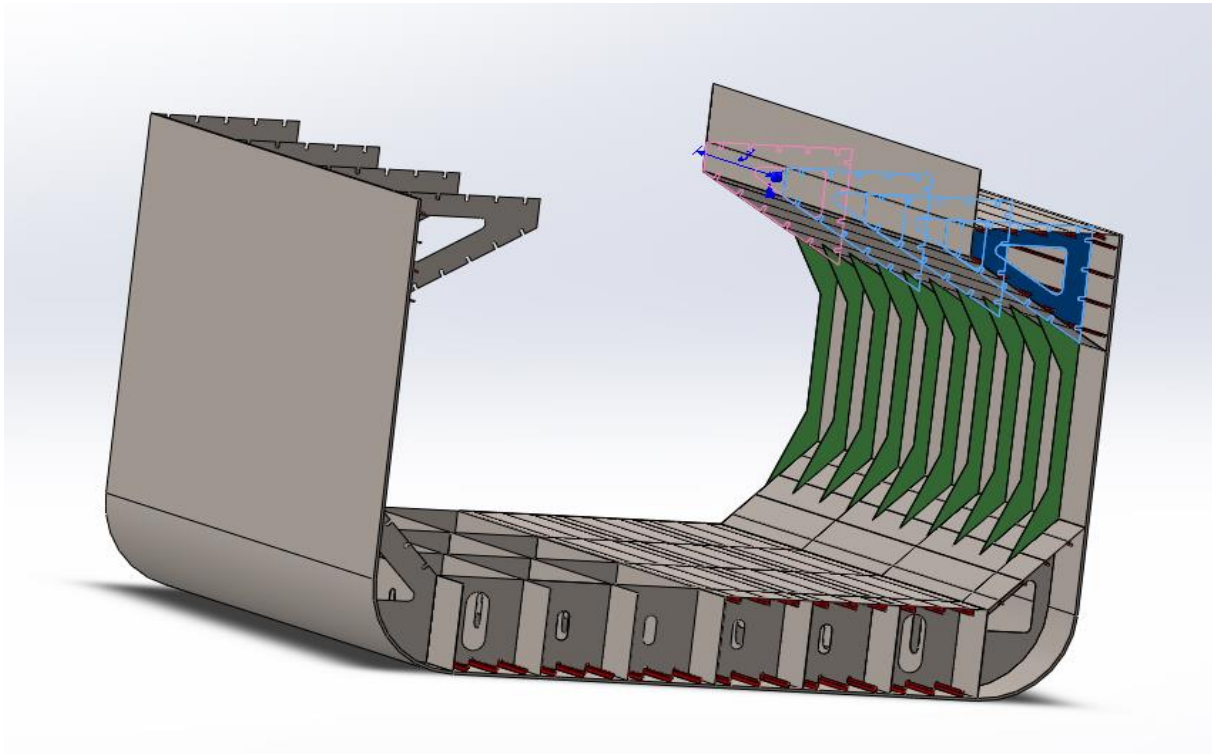
— Κορδόνι καταστρώματος



Εικόνα 5.10 : Κομμάτι 4^ο γάστρας (ΚΟΡΔΟΝΙ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ)

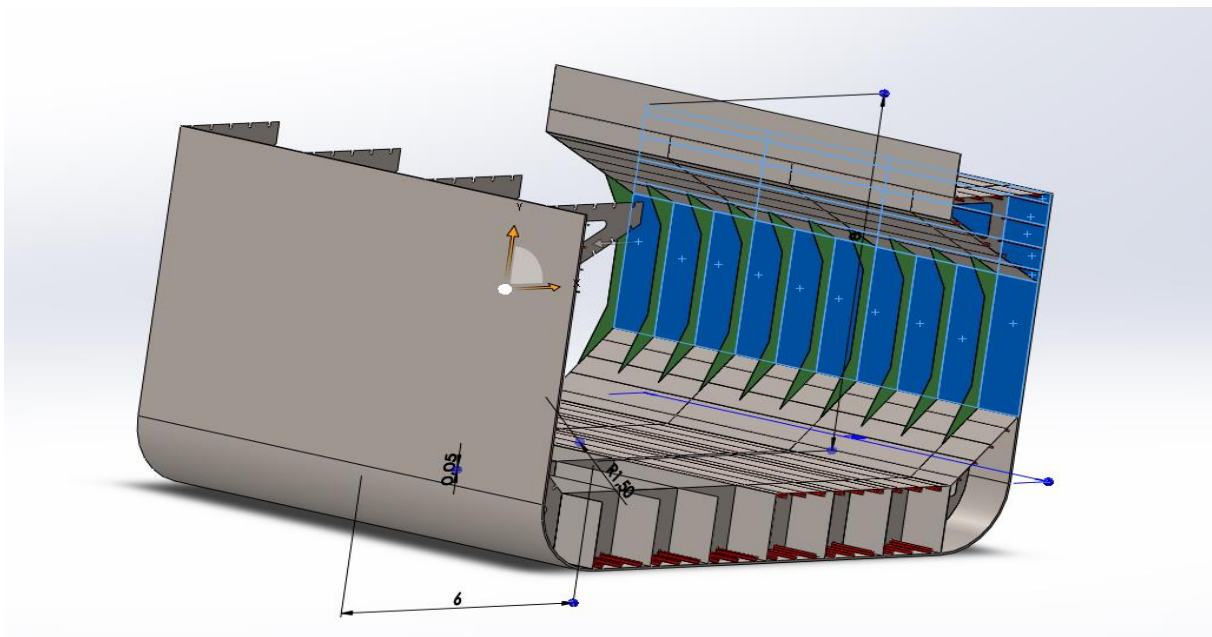
— Δέσιμο κατασκευής

Το δέσιμο της κατασκευής δεν αποσκοπεί σε κάποιο συγκεκριμένο τμήμα αλλά είναι το κύριο κομμάτι που συνδέει την καρίνα με το επάνω μέρος του καταστρώματος σε μορφή νεύρου.



Εικόνα 5.11 : Κομμάτι 5^ο γάστρας (ΔΕΣΙΜΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ)

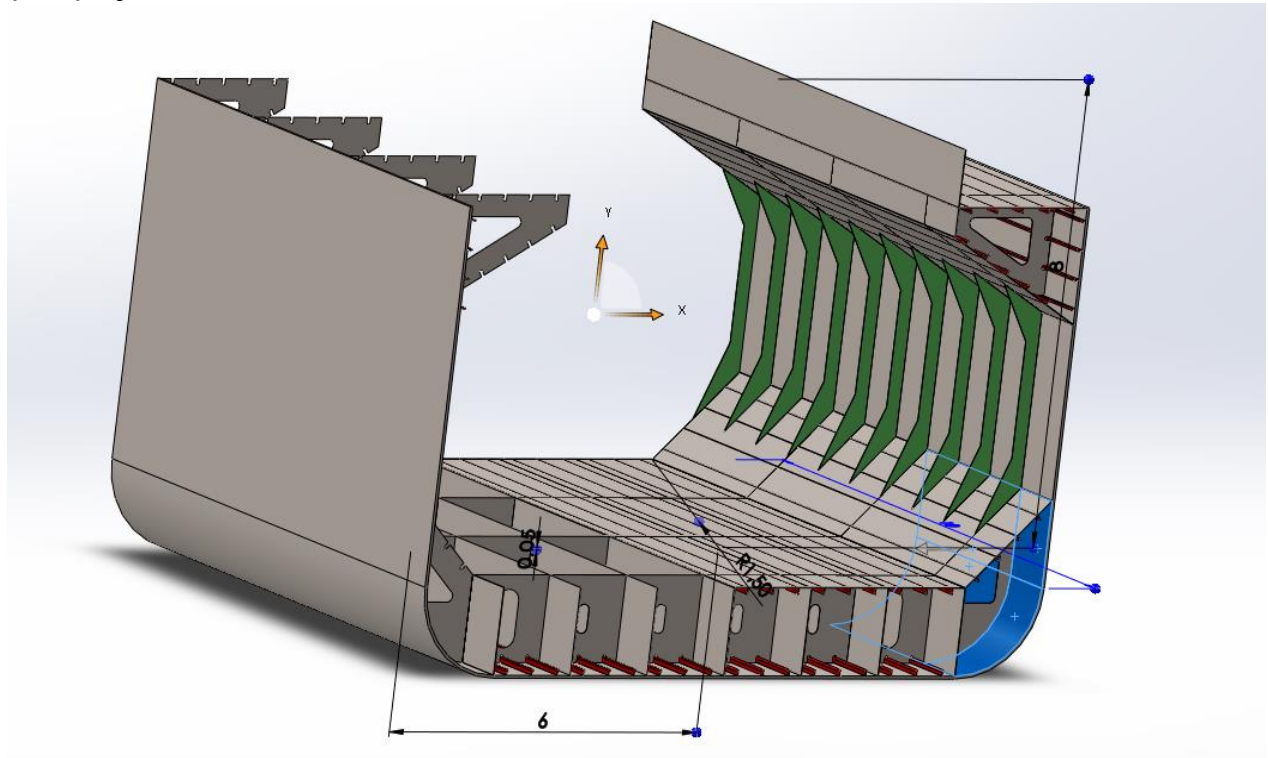
— Πλαίσιο & Shirstrek



Εικόνα 5.12 : Κομμάτι 6^ο γάστρας (ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ SHIRSTREK)

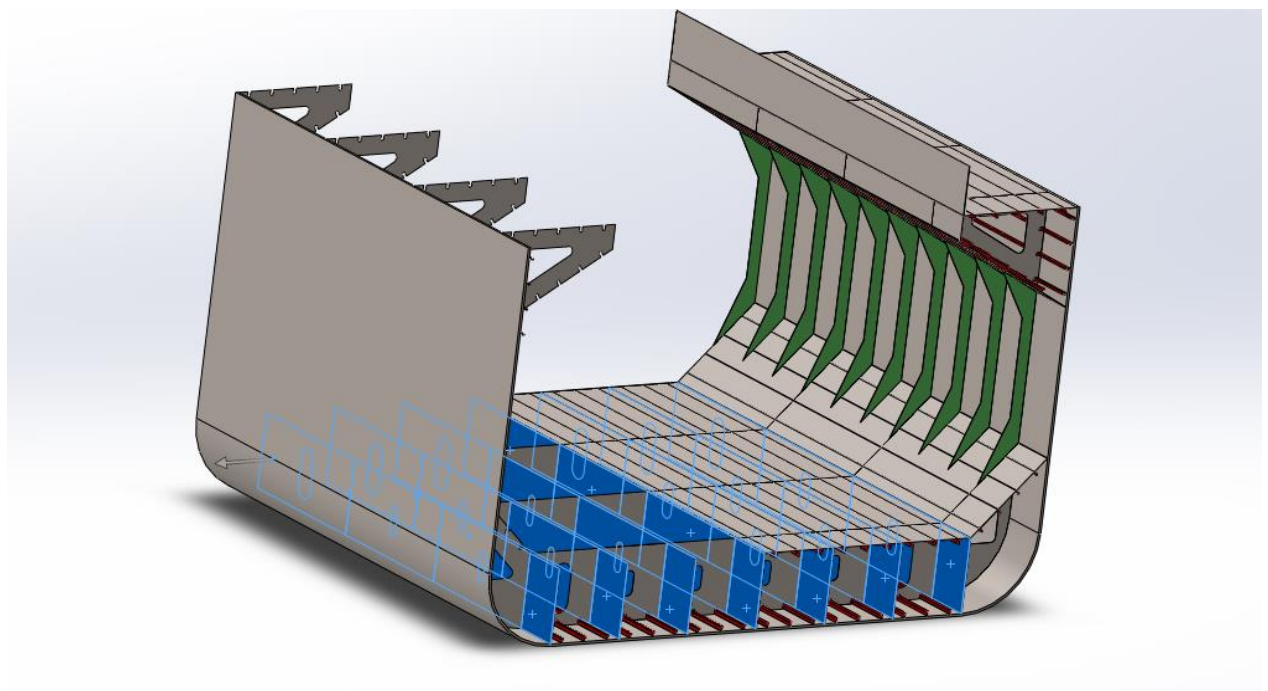
— Ζυγωματική ζώνη

Η ζυγωματική ζώνη είναι το σημείο στο οποίο μετά τον σχεδιασμό του πλαισίου και του shirstek χωρίζει και πλαγιάζει (κάνει την καμπύλη) ώστε να ενωθεί με τον πυθμένα της γάστρας.



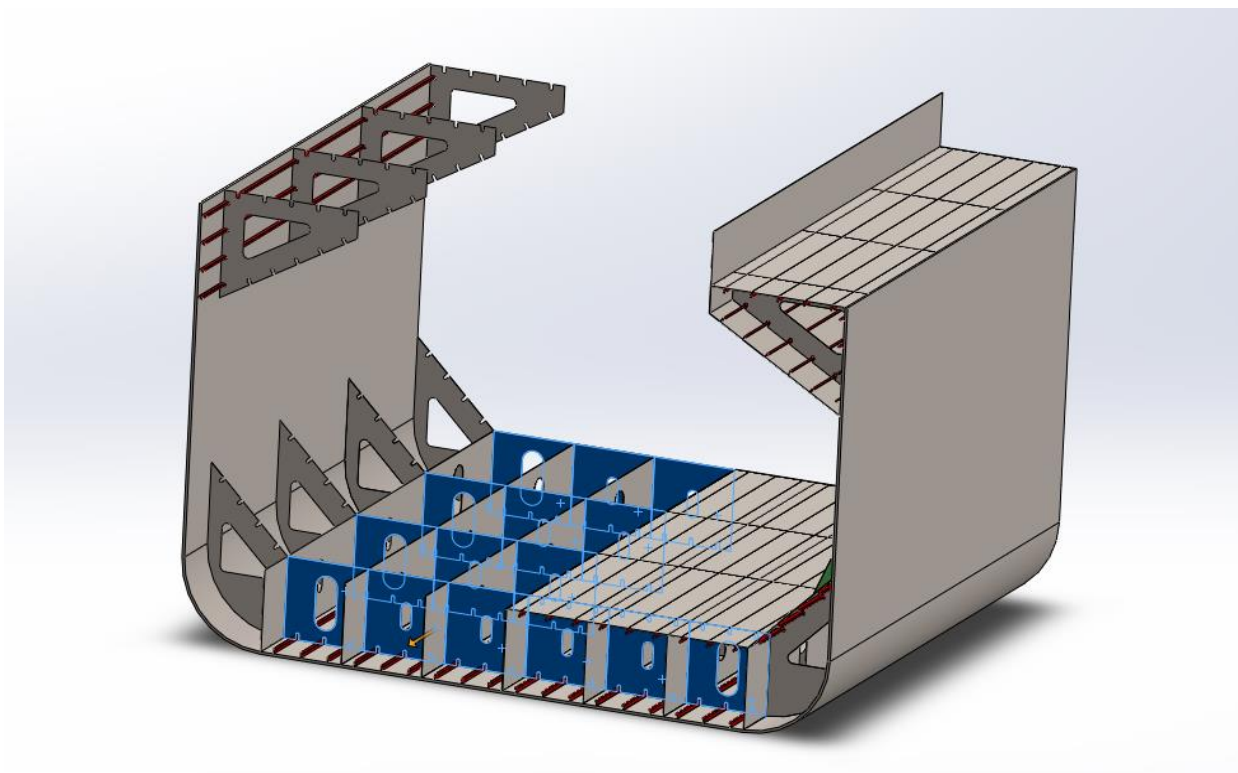
Εικόνα 5.13 : Κομμάτι 7^ο γάστρας (ΖΥΓΩΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ)

— Κάτω κορδόνι κατασκευής



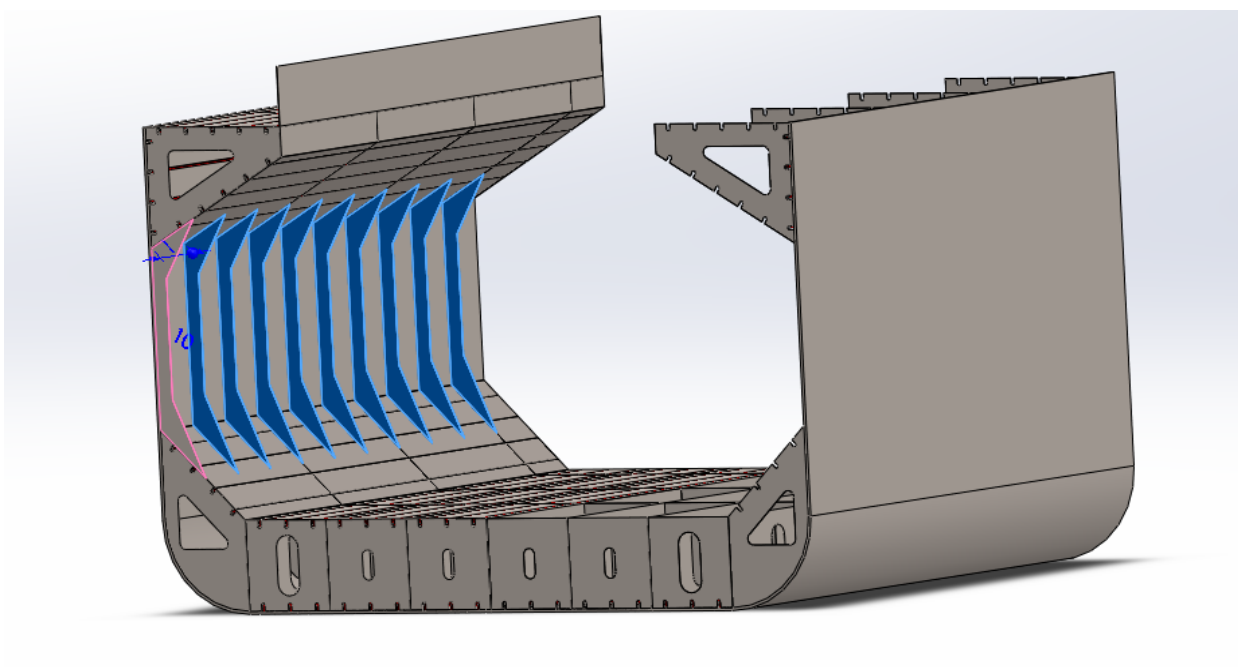
Εικόνα 5.14 : Κομμάτι 8^ο γάστρας (ΚΑΤΩ ΚΟΡΔΟΝΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ)

— Χλωρίδα



Εικόνα 5.15 : Κομμάτι 9° γάστρας (ΧΛΩΡΙΔΑ)

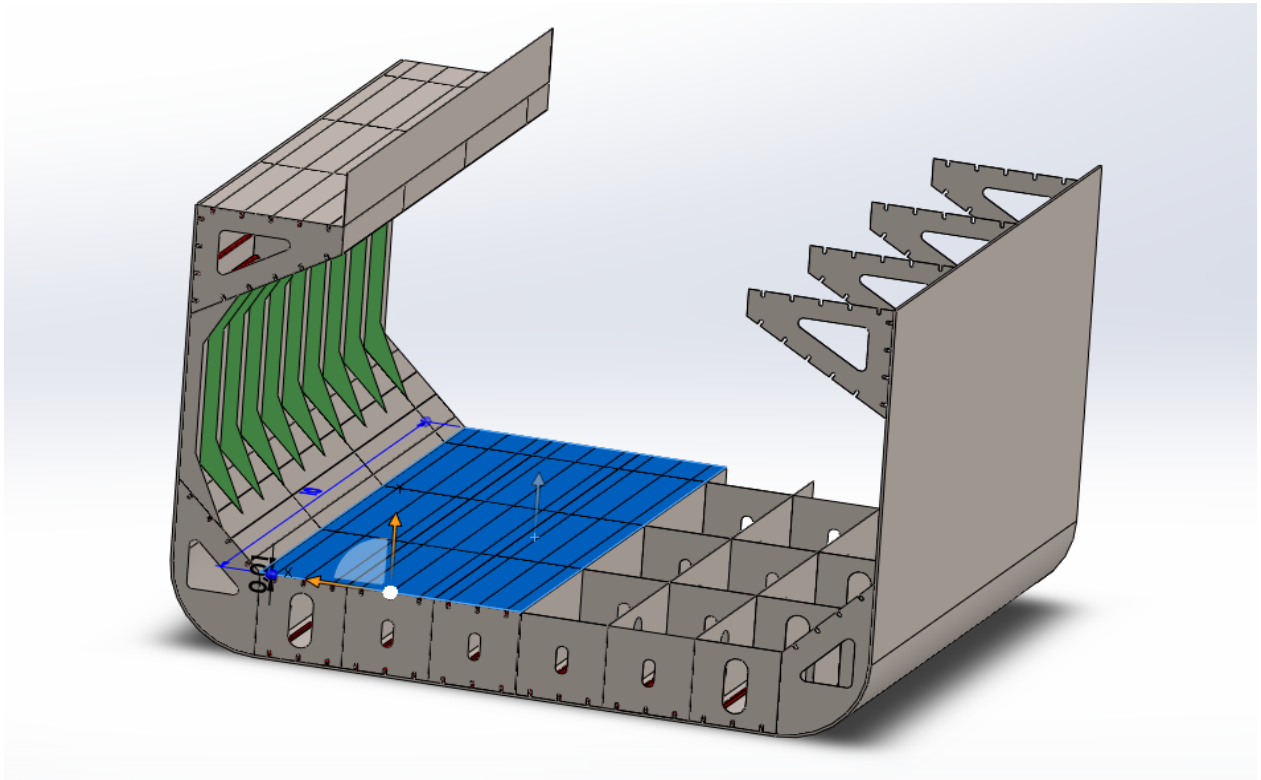
— Πλευρική ζώνη



Εικόνα 5.16 : Κομμάτι 10° γάστρας (ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΖΩΝΗ)

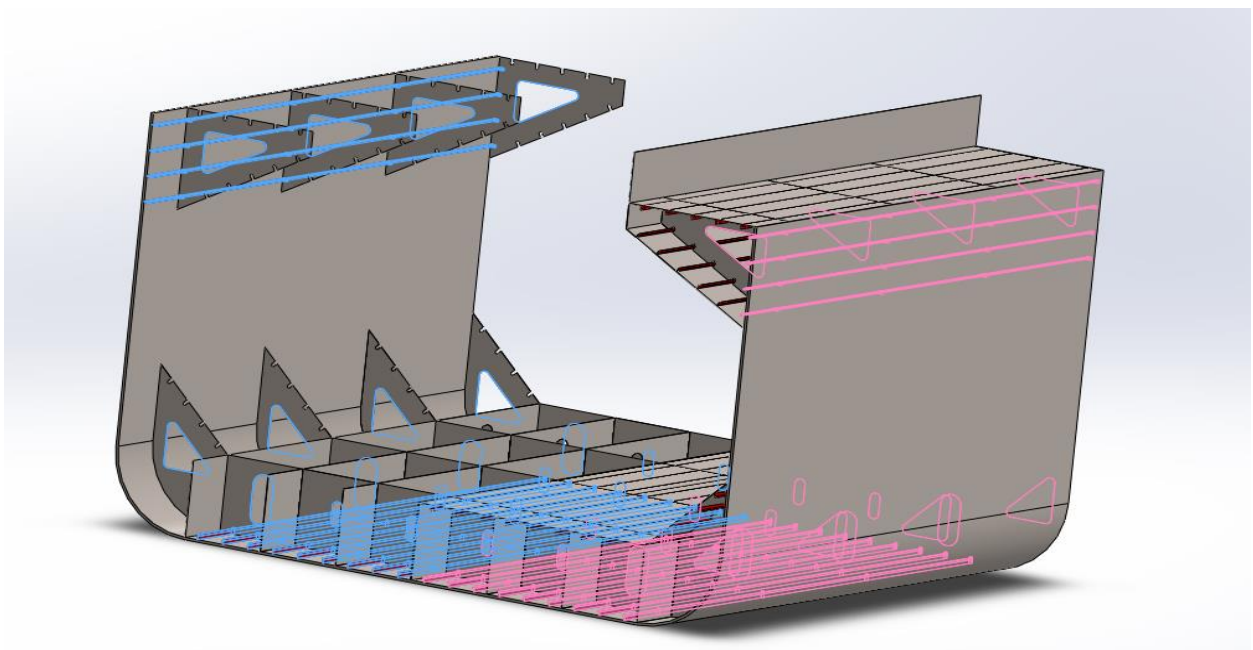
— Δάπεδο του δεύτερου πυθμένα

Το δάπεδο του δεύτερου πυθμένα εφαρμόζει επάνω στις κατασκευές του κάτω κορδονιού και των χλωρίδων και πατάει σε σχήμα τάφ. Η εφαρμογή τους γίνεται με συγκόλληση υψηλής ευκρίνειας.



Εικόνα 5.17: Κομμάτι 11^ο γάστρας (ΔΑΠΕΔΟ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ)

— Ζώνη καρίνας



Εικόνα 5.18 : Κομμάτι 12^ο γάστρας (ΖΩΝΗ ΚΑΡΙΝΑΣ)

5.3 Στατική ανάλυση υλικού (AISI 1010 Steel)

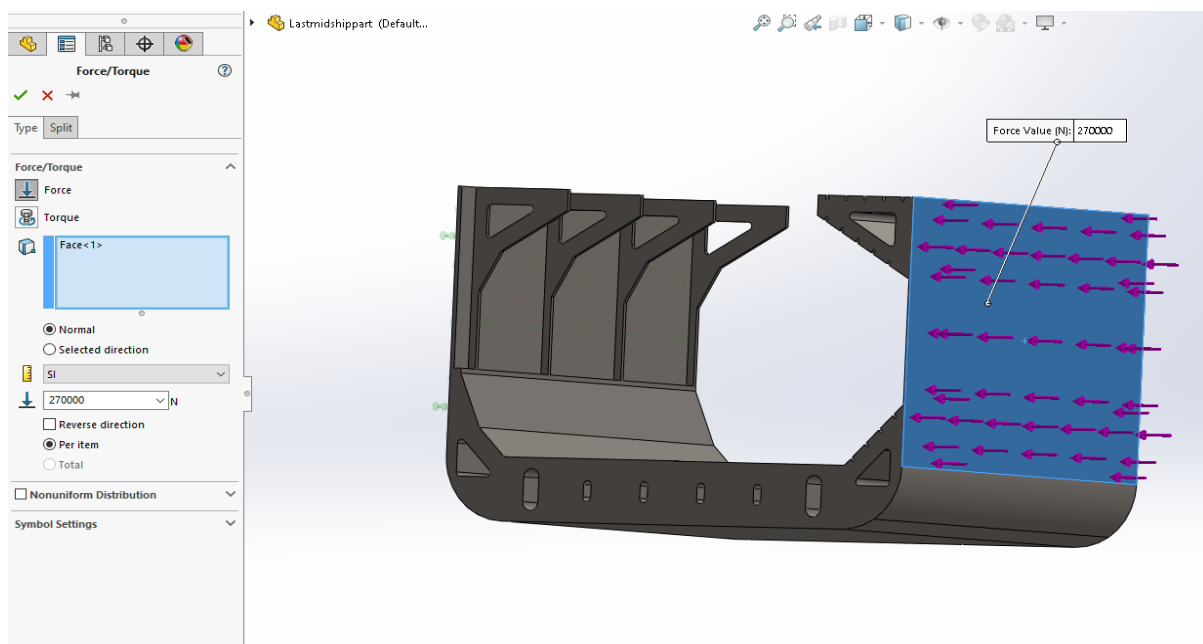
Στο κομμάτι της στατικής ανάλυσης θα μελετήσουμε την αντοχή ως προς το υλικό καθώς και τις ιδιότητες που παρουσιάζει ως προς τις τάσεις και τις παραμορφώσεις μετά την άσκηση της δύναμης.

Αρχικά, για να ορίσουμε την δύναμη που θα εισάγουμε θα πρέπει να γνωρίζουμε το όριο διαρροής δηλαδή το σημείο όπου το υλικό έχει ως μέγιστο σημείο πριν την αστοχία. Μέσω του πίνακα που διατίθεται από την βιβλιοθήκη υλικών του SolidWorks παρατηρούμε τα εξής της (εικόνας 5.19):

Property	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	80000	N/mm ²
Mass Density	7870	kg/m ³
Tensile Strength	325	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	180	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.22e-005	/K

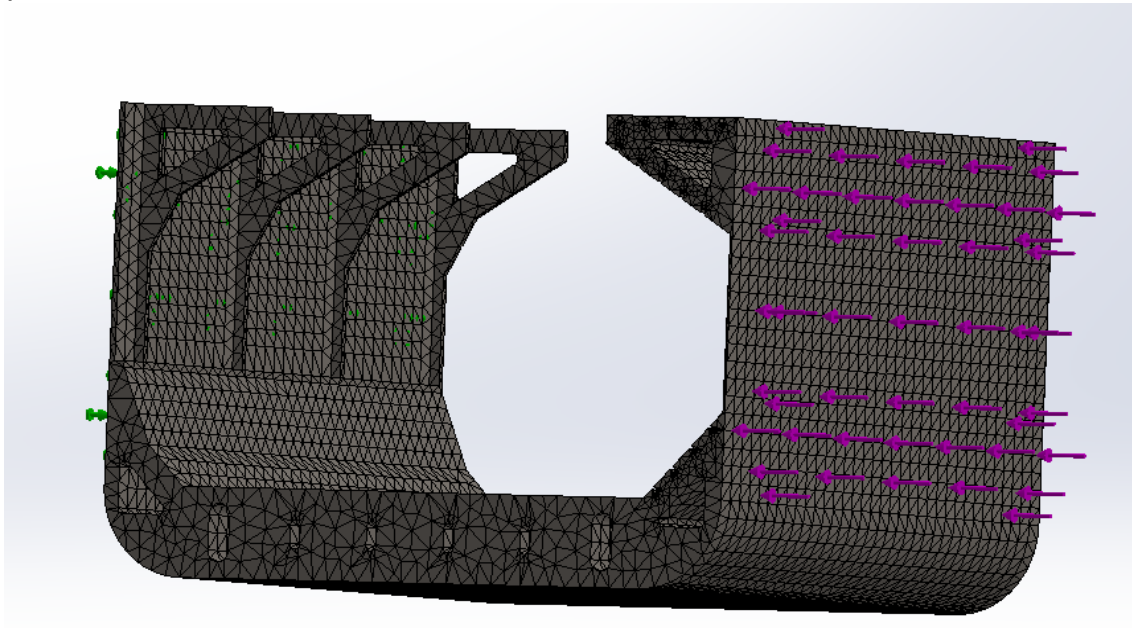
Εικόνα 5.19 : Επιλογή υλικού (με όριο διαρροής 180 Mpa)

Το όριο διαρροής γραμμένο στην αγγλική ορολογία ως Yield strength ανέρχεται στα 180 Mpa. Μέσω χτυπημάτων θα βρούμε την μέγιστη τιμή δύναμης ώστε να έρθουμε όσο πιο κοντά γίνεται στο όριο διαρροής του υλικού. Μετά, από αρκετές προσπάθειες βρήκαμε τιμή δύναμης **Force** τα **270000 N**.

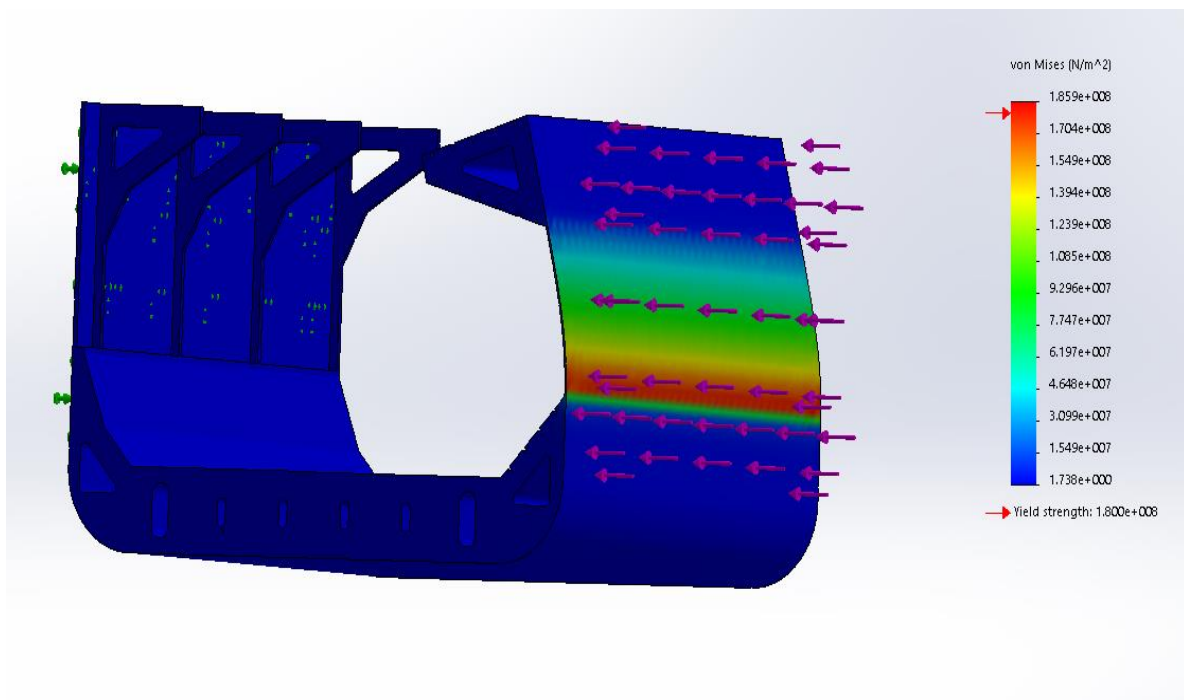


Εικόνα 5.20 : Ορισμός φορτίου

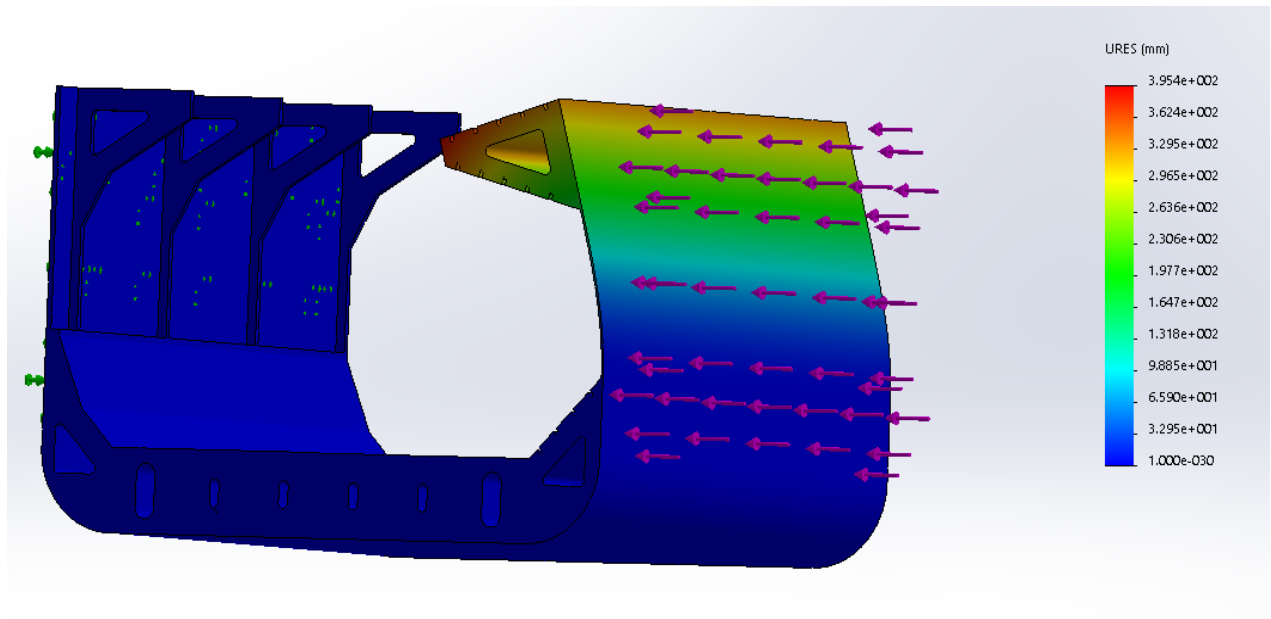
Συνεχίζουμε με τον ορισμό του υλικού όπου θα είναι το AISI 1010 Steel και έπειτα εισάγουμε την πάκτωση της κατασκευής αντίθετα από το σημείο άσκησης της δύναμης. Στην συνέχεια εισάγουμε την δύναμη ως επιλογή στο **External Loads** και βάζουμε την τιμή των 270000 N. Τελειώνοντας, κάνουμε την διαστατικοποίηση κοινώς ως Mesh όπως παρουσιάζεται στην (εικόνα 5.21) όπου θα χωρίσουμε το κομμάτι σε πολύ μικρά κομμάτια προκειμένου να βγει η ανάλυση με μεγαλύτερη ακρίβεια. Καταλήγουμε στα τελικά μας αποτελέσματα τα οποία θα μας δείξουν τις μέγιστες τάσεις παραμορφώσεις στο όριο του ορίου διαρροής του υλικού που παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 5.21 : Mesh



Εικόνα 5.22 : Τελική ανάλυση τάσεων κατά Von Mises (Pa)



Εικόνα 5.23 : Τελική ανάλυση παραμορφώσεων (mm)

Έτσι, καταλήγουμε να έχουμε διαπιστώσει πως για δύναμη 270000 N το υλικό είναι αρκετά οριακά στο όριο διαρροής όπου και ήταν το ζητούμενο. Στην συνέχεια μετατρέπουμε τα N σε kg και έχουμε ότι η πλευρά που επιλέξαμε να χτυπήσουμε αντέχει έως και 21 τόνους για επιφανειακό χτύπημα.

5.4 Ανάλυση κρούσης (με την μέθοδο της γραμμικής δυναμικής ανάλυσης - Linear dynamic analysis)

Στη γραμμική δυναμική ανάλυση, μελετάμε την απόκριση της κατασκευής στην σε συνάρτηση με το πεδίο του χρόνου και επομένως όλες οι πληροφορίες διατηρούνται. Να σημειωθεί πως μελετιούνται μόνο γραμμικές ιδιότητες. Η αναλυτική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιήσει την τροπική αποσύνθεση ως μέσο μείωσης των βαθμών ελευθερίας στην ανάλυση.

• ΒΗΜΑ 1^ο (Ορισμός υλικού)

Στο πρώτο βήμα θα πρέπει να βρούμε τις βασικές πληροφορίες του εξαρτήματος του πλοίου το οποίο είναι το κομμάτι της γάστρας. Ξεκινώντας, θα χρειαστούμε το υλικό κατασκευής της γάστρας, την ταχύτητα με την οποία θα χτυπήσει το εμπόδιο που έχουμε συνθέσει καθώς και τις πλευρές κρούσης.

Το υλικό της γάστρας, θα είναι το **AISI 1010 Steel** όπως βλέπουμε και στην (εικόνα 5.24) το οποίο χρησιμοποιείται για ναυπηγική χρήση και θα το ακολουθήσουμε στην ανάλυση μας. Τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται παρακάτω μέσα από την λίστα επιλογής της βιβλιοθήκης του SolidWorks.

Material

Properties Tables & Curves Appearance CrossHatch Custom Application Data

Material properties
Materials in the default library can not be edited. You must first copy the material to a custom library to edit it.

Model Type: Linear Elastic Isotropic Include creep effect

Units: SI - N/mm² (MPa)

Category: Steel

Name: AISI 1010 Steel, hot rolled bar

Default failure criterion: Max von Mises Stress

Description:

Source:

Sustainability: Defined

Property	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	80000	N/mm ²
Mass Density	7870	kg/m ³
Tensile Strength	325	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	180	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.22e-005	/K

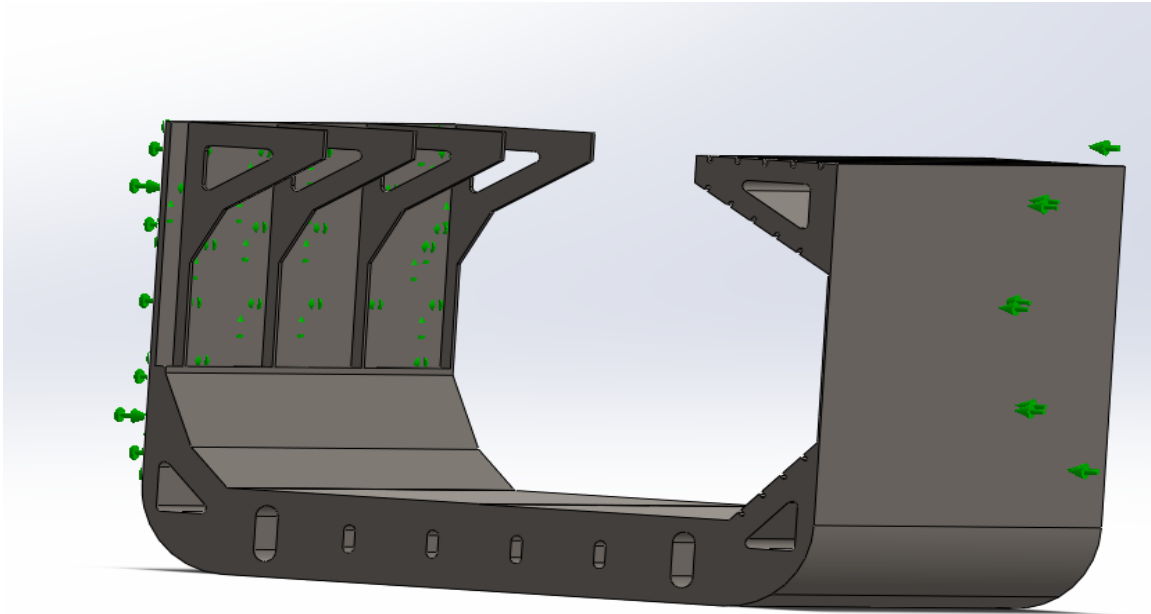
Click [here](#) to access more materials using the SOLIDWORKS Materials Web Portal. Open... Apply Close Save Config... Help

Εικόνα 5.24 : Επιλογή υλικού AISI 1010 Steel

Επιλέγουμε, να δουλέψουμε στο σύστημα του SI, συνεπώς οι μονάδες μέτρησης θα είναι σε (MPa). Παρατηρούμε, το όριο διαρροής του υλικού το οποίο ανέρχεται στα 180 MPa και με αυτό θα πάμε ως βάση στην ανάλυση μας.

- **ΒΗΜΑ 2^ο (Εισαγωγή γάστρας ως κύριο κατασκευαστικό εξάρτημα)**

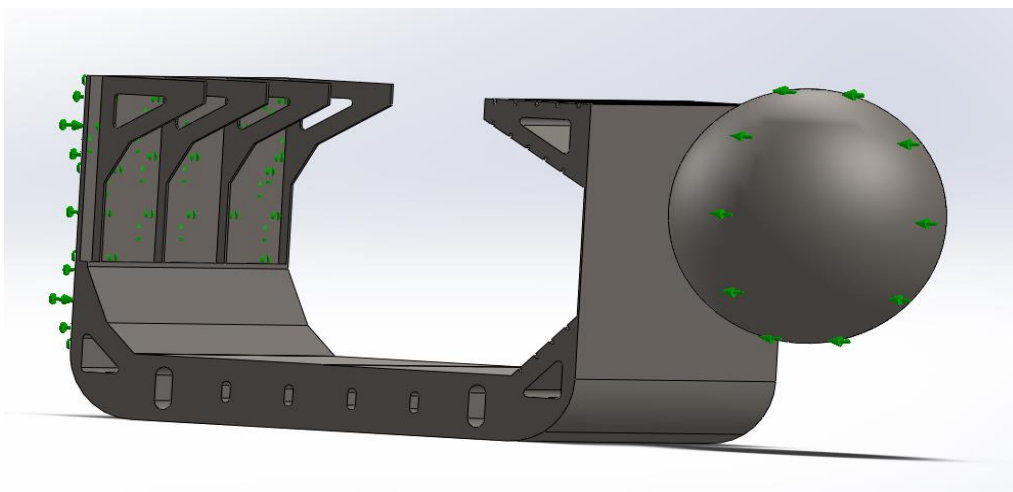
Στην συνέχεια, εισάγουμε το κομμάτι με το οποίο θα δουλέψουμε επάνω και του ορίζουμε το υλικό που είπαμε παραπάνω. Η εισαγωγή θα γίνει μέσω του Assembly και θα το ορίσουμε ως το κύριο μέρος της κρούσης δηλαδή το σταθερό.



Εικόνα 5.25 : Εισαγωγή κομματιού γάστρας

- **ΒΗΜΑ 3^ο (Εισαγωγή κυκλικής μάζας για κρούση)**

Έπειτα, θα πρέπει να βάλουμε έναν όγκο όπου στην περίπτωση μας θα απεικονίζει μια μορφή μάζας όπου θα συγκρουστεί με την γάστρα. Έχουμε, επιλέξει μια κυκλική μορφή βράχου όπου θα μελετήσουμε την σύγκρουση μεταξύ τους. Μέσω του **Move component** θα κινήσουμε την κυκλική μάζα να ακουμπήσει επάνω στο σημείο της σύγκρουσης έχοντας πατημένη την εντολή **Collision** όπου υποδηλώσει το σταμάτημα της μάζας όταν συγκρουσθεί με την γάστρα.



Εικόνα 5.26 : Εισαγωγή κυκλικής μορφής μάζας

- **ΒΗΜΑ 4^ο (ορισμός υλικού)**

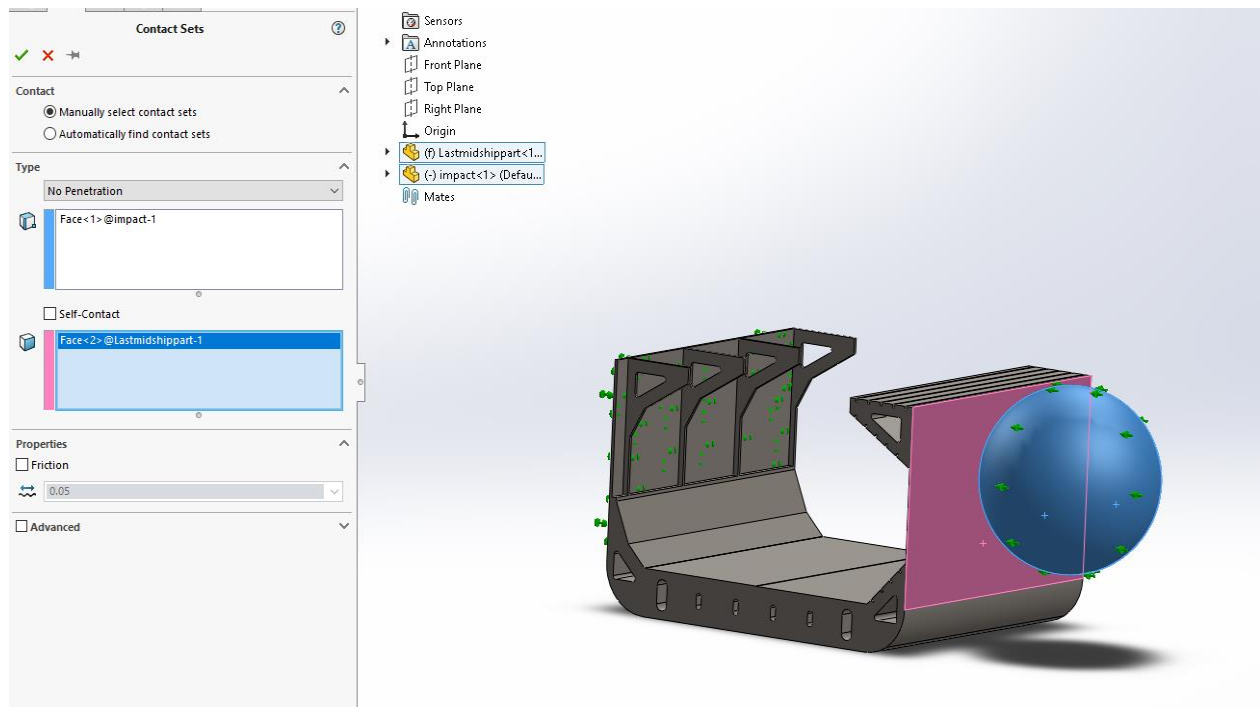
Πηγαίνοντας παρακάτω, ξεκινάμε με τον ορισμό υλικού της γάστρας με το υλικό **AISI 1010 Steel Hot steel bar** και την κυκλική μάζα ως φυσικό υλικό βράχου. Εφόσον, τελειώσουμε με την επιλογή θα μας εμφανίσει τσεκαρισμένο πράσινο ως δήλωση ότι πραγματοποιήθηκε ο ορισμός του υλικού.



Εικόνα 5.27 : Ορισμός υλικών

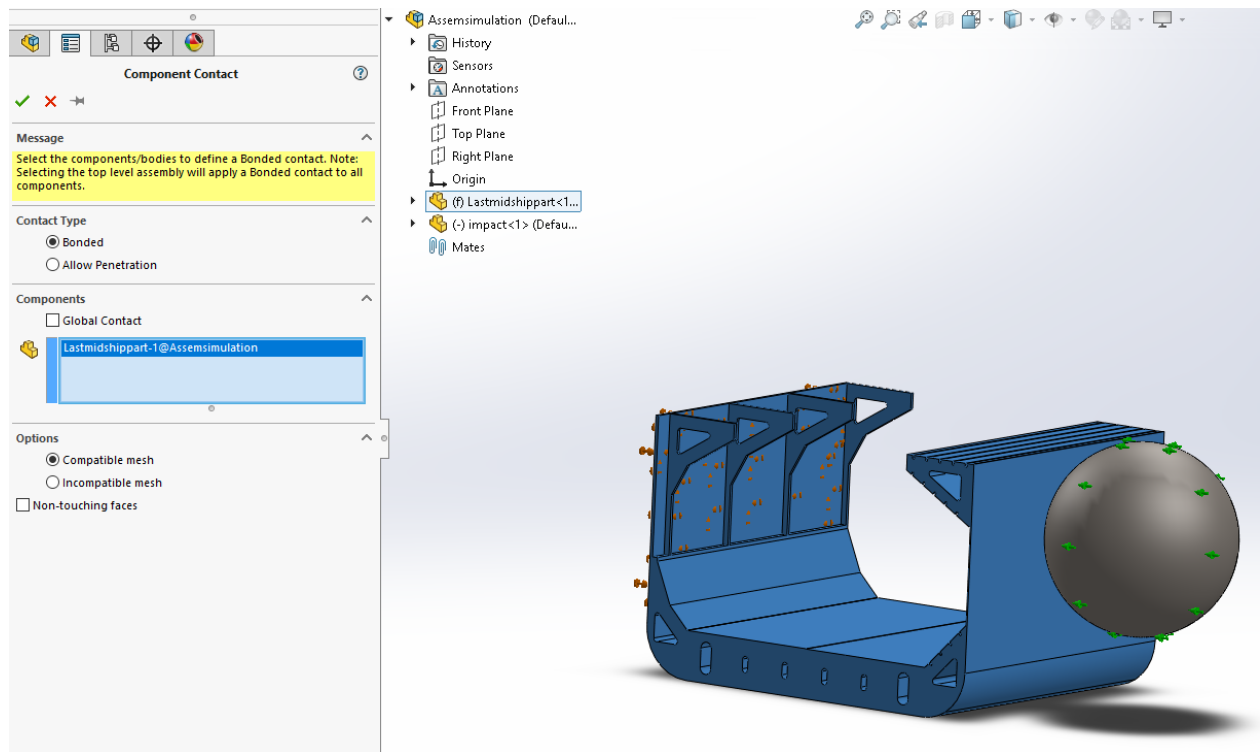
- **ΒΗΜΑ 5^ο (συνδέσεις)**

→ **Contact sets:** Σε αυτό το σημείο θα ορίσουμε το σημείο στο οποίο θα γίνει η σύγκρουση καθώς και τα πιο από τα κομμάτια θα συγκρουστεί με το αντίστοιχο. Στην περίπτωση μας θα βάλουμε την κυκλική μάζα πως πέφτει επάνω στο κομμάτι της γάστρας στην δεξιά πλευρά.



Εικόνα 5.28 : Επιλογή πλευρών επαφής

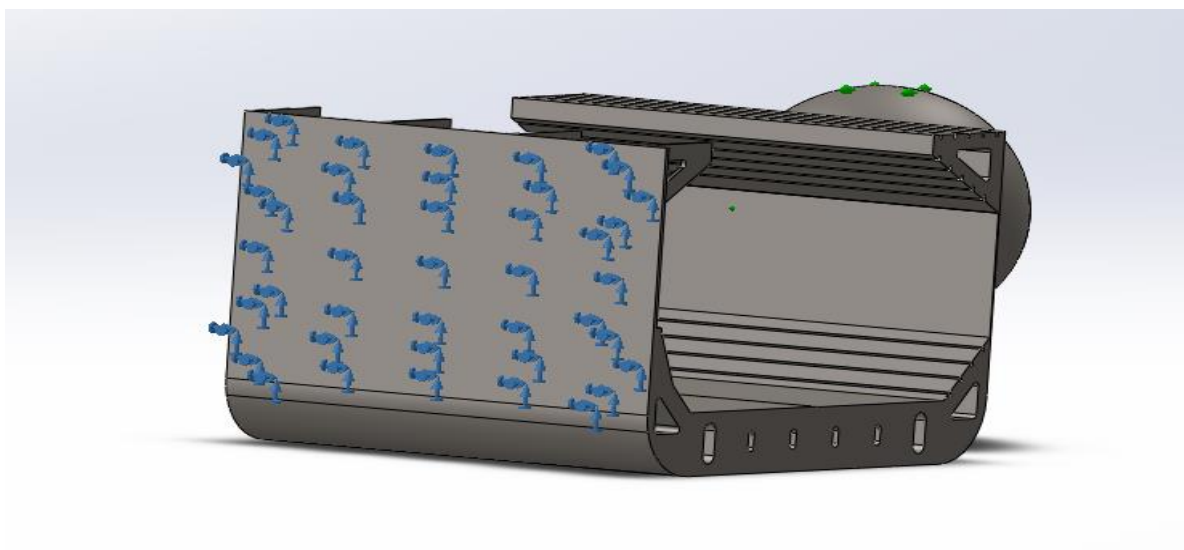
→ **Component contact (επαφή εξαρτήματος):** Σε αυτό το βήμα θα εισάγουμε το κύριο κατασκευαστικό μέρος όπου θα γίνει η κρούση το οποίο είναι η γάστρα του πλοίου.



Εικόνα 5.29 : Ορισμός εξαρτημάτων προς κρούση

- **ΒΗΜΑ 6^ο (εισαγωγή πάκτωσης κατασκευής)**

Στην συνέχεια θα εισάγουμε την πάκτωση της κατασκευής όπου θα οριστεί η αντίθετη πλευρά της κρούσης για ορθά αποτελέσματα και στιβαρότερη κατασκευή. Η επιλογή θα γίνει μέσω της εντολής του **Fix Geometry** και θα επιλέξουμε την αντίθετη μεριά όπου είναι η αριστερή στην περίπτωση μας.



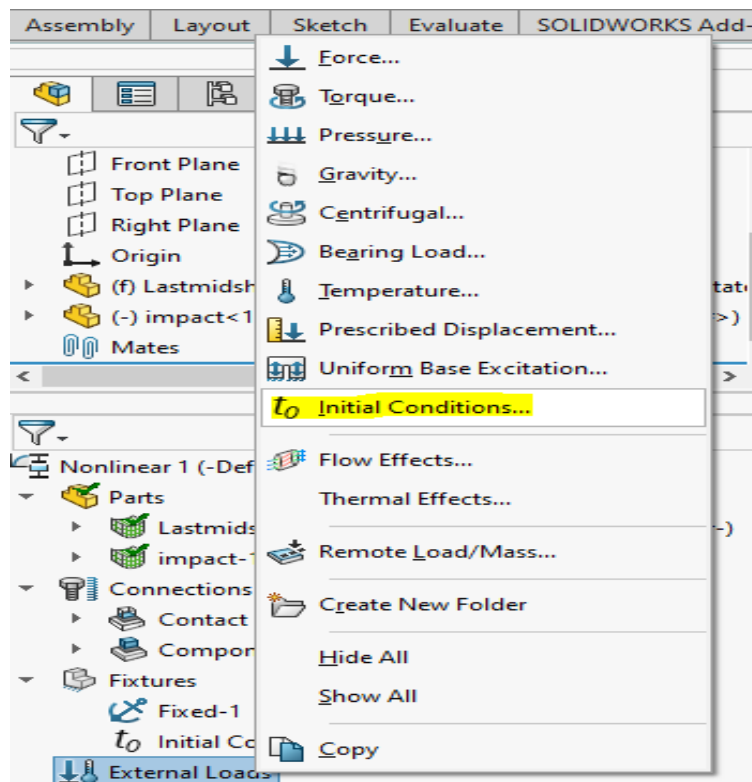
Εικόνα 5.30 : Ορισμός πάκτωσης

- **ΒΗΜΑ 7^ο (Εισαγωγή ταχύτητας σε m/s)**

Θα επιλέξουμε την ιδιότητα άσκησης φορτίου που θέλουμε να εισάγουμε στην ανάλυση μας. Έτσι μέσω του **External Loads** θα επιλέξουμε το **Initial Conditions** ως αρχικές συνθήκες όπου θα ορίσουμε την ταχύτητα σε (m/s) και την φορά κατεύθυνσης που θα έχει η άσκηση του φορτίου.



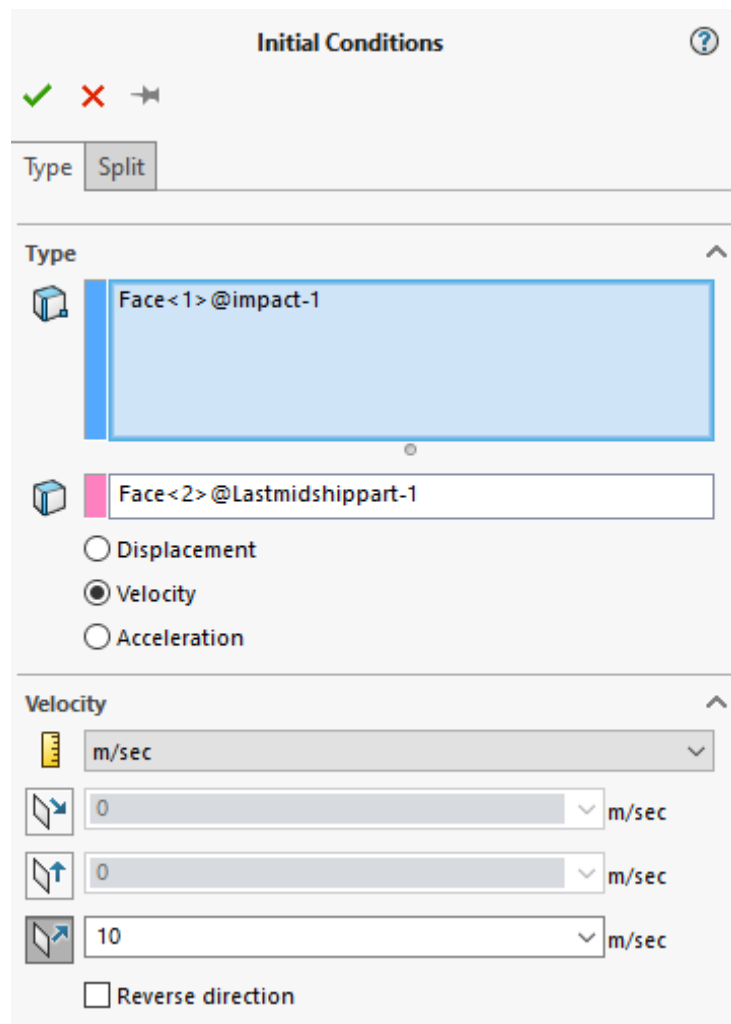
Εικόνα 5.31 : Ορισμός ταχύτητας δεξαμενόπλοιου



Εικόνα 5.32 : Επιλογή φορτίου

- **ΒΗΜΑ 8^ο** (ορισμός τιμής ταχύτητας και επιλογή πλευρών κρούσης)

Η μελέτη μας θα γίνει σε ταχύτητα 20 κόμβων όπου φτάνει ένα δεξαμενόπλοιο εμπορίου. Έτσι η μετατροπή μας θα είναι (20 Knots όπου αντιστοιχεί σε 10,04 m/s). Για λόγους ασφαλείας στην ανάλυση μας η ταχύτητα έχει οριστεί στρογγυλά στα 10 m/s.

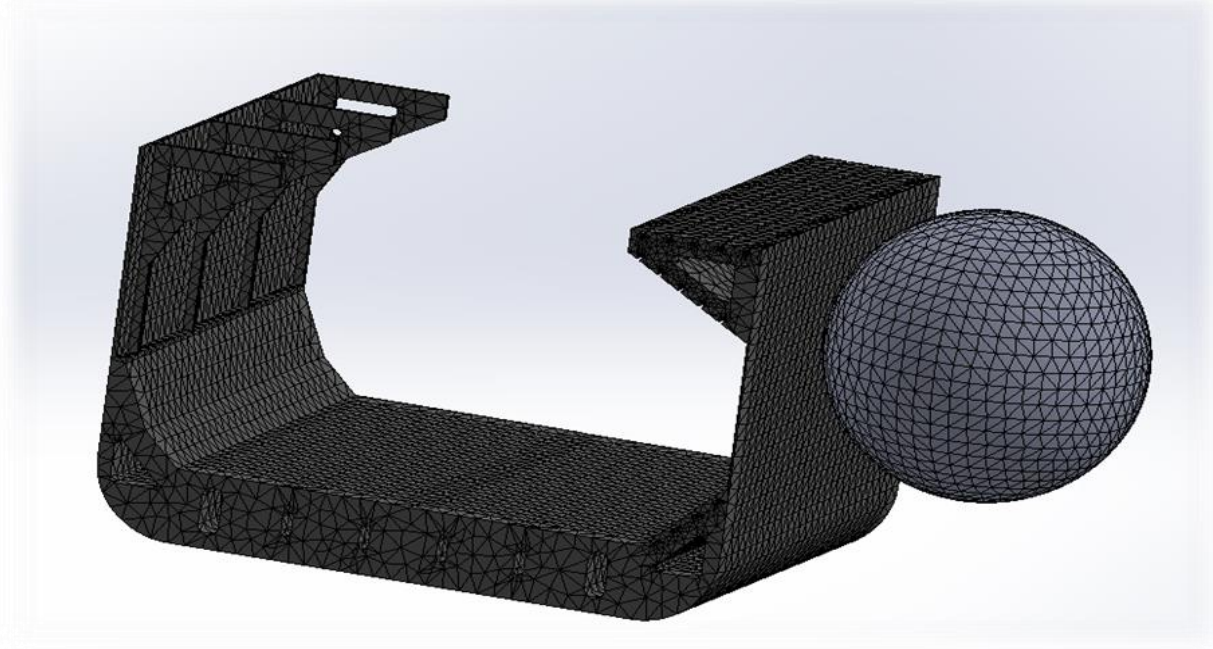


Εικόνα 5.33 : Τιμή ταχύτητας και διεύθυνση κρούσης

Ως **Face 1** επιλέγουμε την μπάλα όπου θα συγκρουσθεί με την γάστρα του πλοίου και ως **Face 2** το σημείο όπου θα γίνει η σύγκρουση. Στην συνέχεια θα βάλουμε την 2^η επιλογή του Velocity όπου υποδηλώνει την ταχύτητα όπου θα χτυπήσει σε m/s. Η ταχύτητα είναι στα 10m/s και η κατεύθυνση ορίζεται από μόνη της καθώς έχουμε βάλει την φορά όπου θα γίνει η σύγκρουση μέσω της πλευράς του Face 2.

- **ΒΗΜΑ 9^ο (Mesh)**

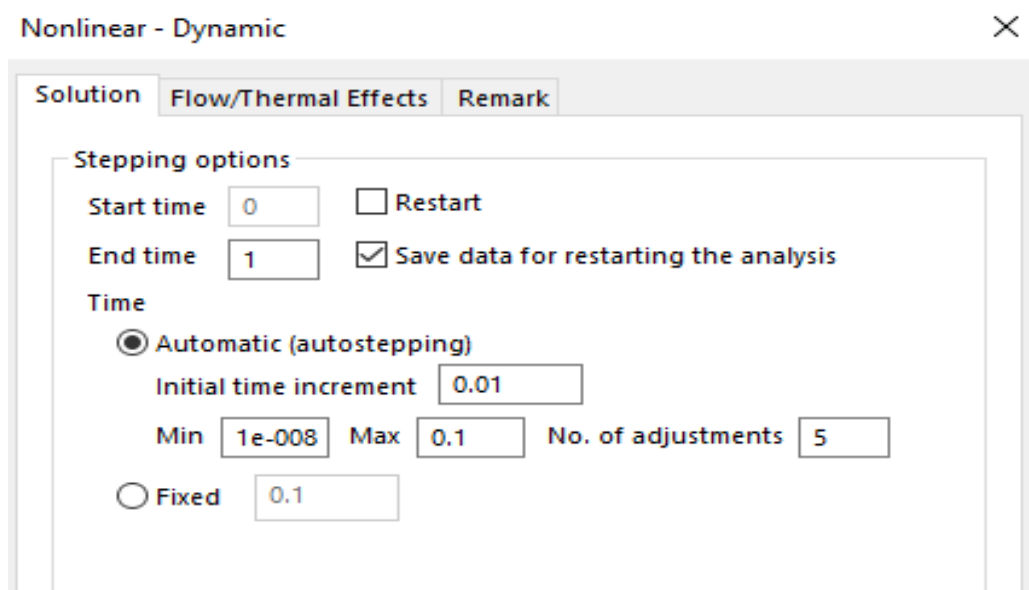
Εν πορεία της ανάλυσης, θα εφαρμόσουμε την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων μέσω της επιλογής του Mesh όπου θα σπάσουμε το κύριο κατασκευαστικό εξάρτημα της γάστρας σε πολύ μικρά κομμάτια προκειμένου να γίνει η ανάλυση πιο λεπτομερής. Προσοχή μια υποσημείωση που πρέπει να αναφέρουμε είναι πως η διακριτοποίηση θα εφαρμοστεί σε κάθε κομμάτι ξεχωριστά αλλιώς θα βγούνε λάθος αποτελέσματα κατά την επίλυση του προβλήματος.



Εικόνα 5.34 : Mesh

- **ΒΗΜΑ 10^ο (Ορισμός χρόνου)**

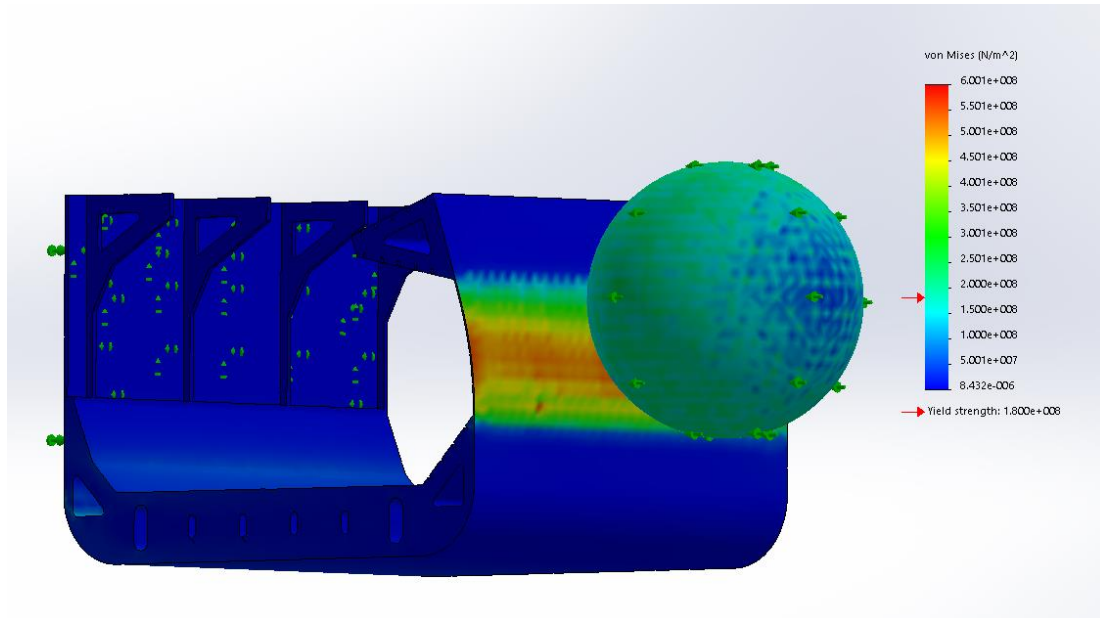
Πριν τρέξουμε την ανάλυση θα πρέπει να ορίσουμε τον χρόνο της κρούσης. Ο χρόνος έχει οριστεί στο 1 sec.



Εικόνα 5.35 : Ορισμός ταχύτητας

- **ΒΗΜΑ 11^ο (Stress- Τάσεις)**

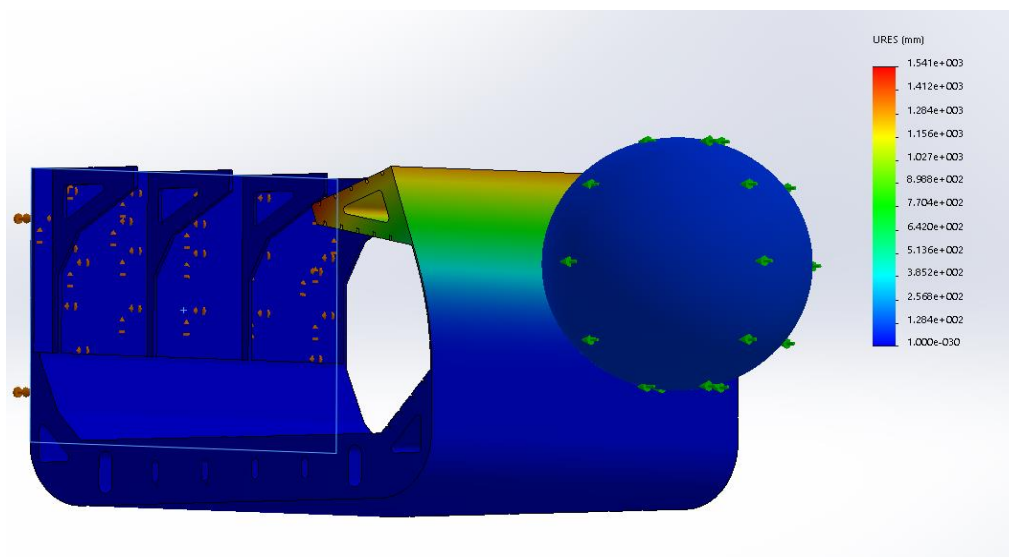
Τέλος τα αποτελέσματα μας, θα μας παρουσιάσουν τις τάσεις καθώς και τις παραμορφώσεις κατόπιν της σύγκρουσης. Προς διευκόλυνση θα παρουσιάσουμε τα τελικά αποτελέσματα καθώς είναι και αυτά που μας ενδιαφέρουν. Μέσω του χτυπήματος βλέπουμε πως η αστοχία είναι στα **600 Mpa** το οποίο αντιστοιχεί ως και 3 φορές παραπάνω της τιμής του ορίου διαρροής του υλικού όπου ανέρχεται στα 180 Mpa.



Εικόνα 5.36 : Τελική ανάλυση τάσεων κατά Von Mises (Pa)

- **ΒΗΜΑ 11^ο (Displacement- Μετατόπιση-Παραμόρφωση)**

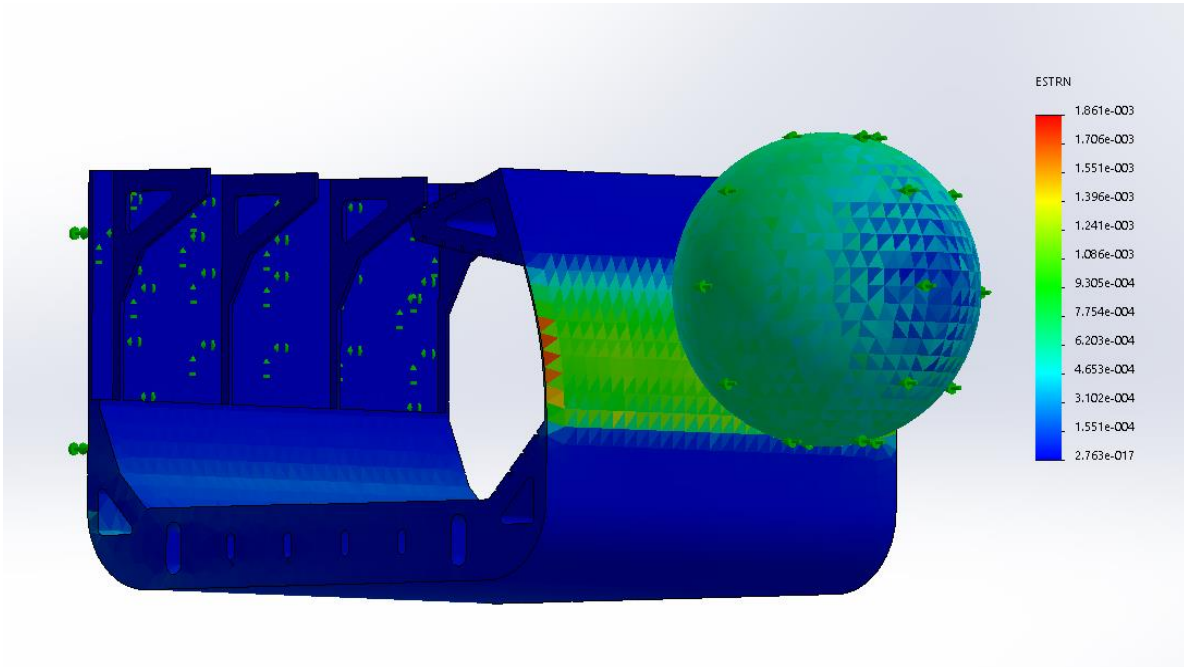
Η παραμόρφωση κατά την σύγκρουση ανέρχεται στα **1541mm** δηλαδή 154 cm κάτι το οποίο είναι αρκετά αποδεκτό για μια τέτοιου είδους κρούση.



Εικόνα 5.37 : Τελική ανάλυση παραμορφώσεων (mm)

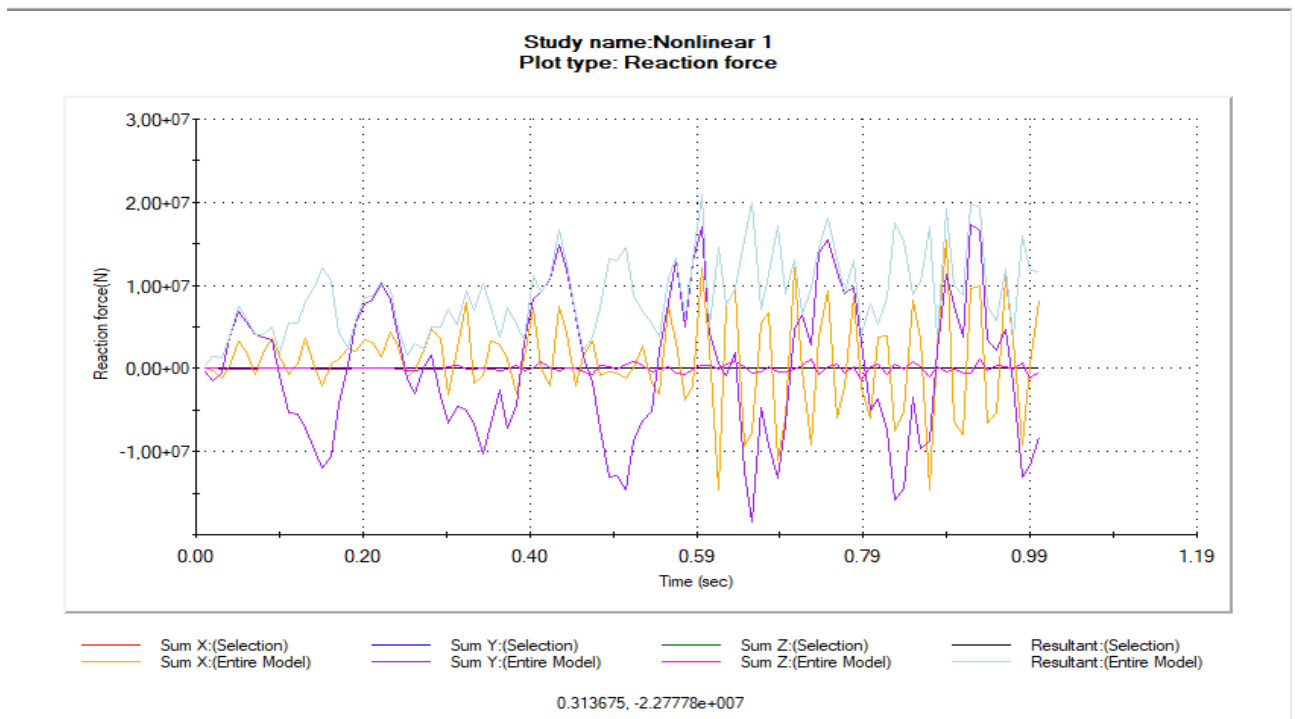
- **ΒΗΜΑ 11^ο (Καμπύλη Τάσης-Παραμόρφωση)**

Μέσω του παρακάτω σχήματος και τις τιμές θα τις μεταφέρουμε στο επόμενο βήμα σε διαγράμματα όπου το κάθε ένα θα έχει τον δικό του σκοπό απασχόλησης αποτελούμενο είτε από την δύναμη, είτε από την τριβή εξαρτώμενη από τον χρόνο κλπ.

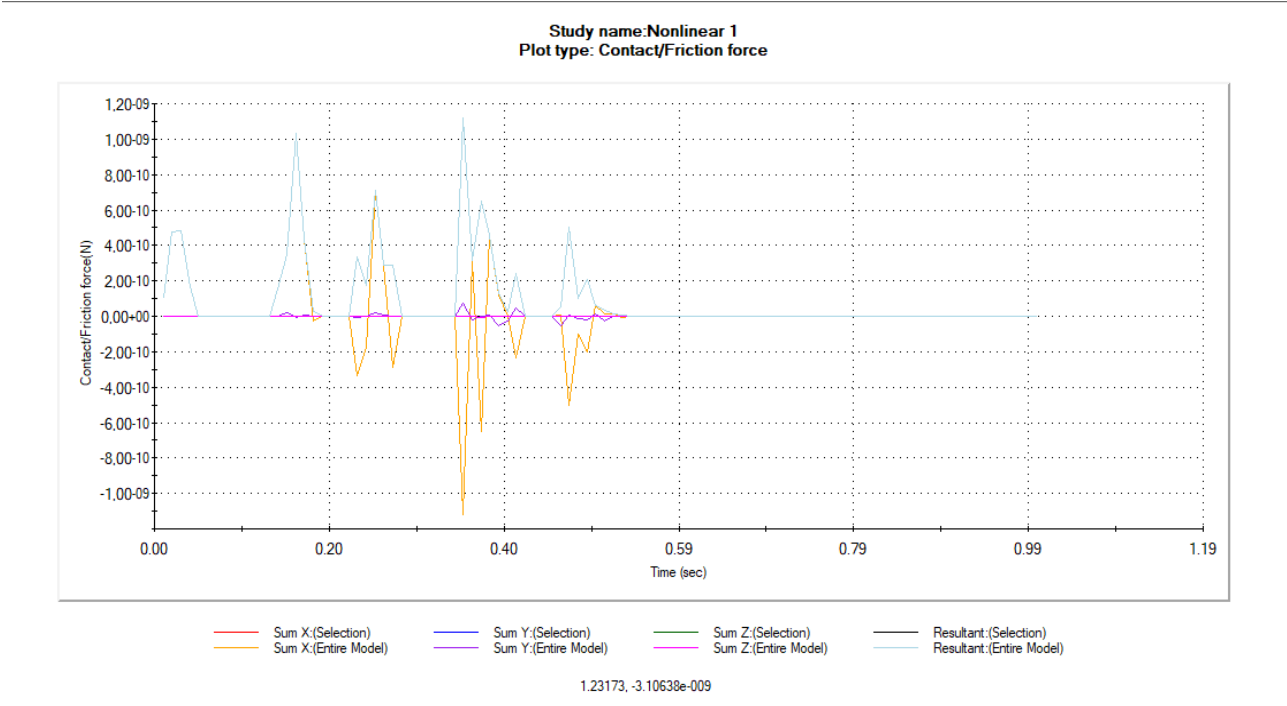


Εικόνα 5.38 : Τελική ανάλυση τάσεων κατά Von Mises (Pa)

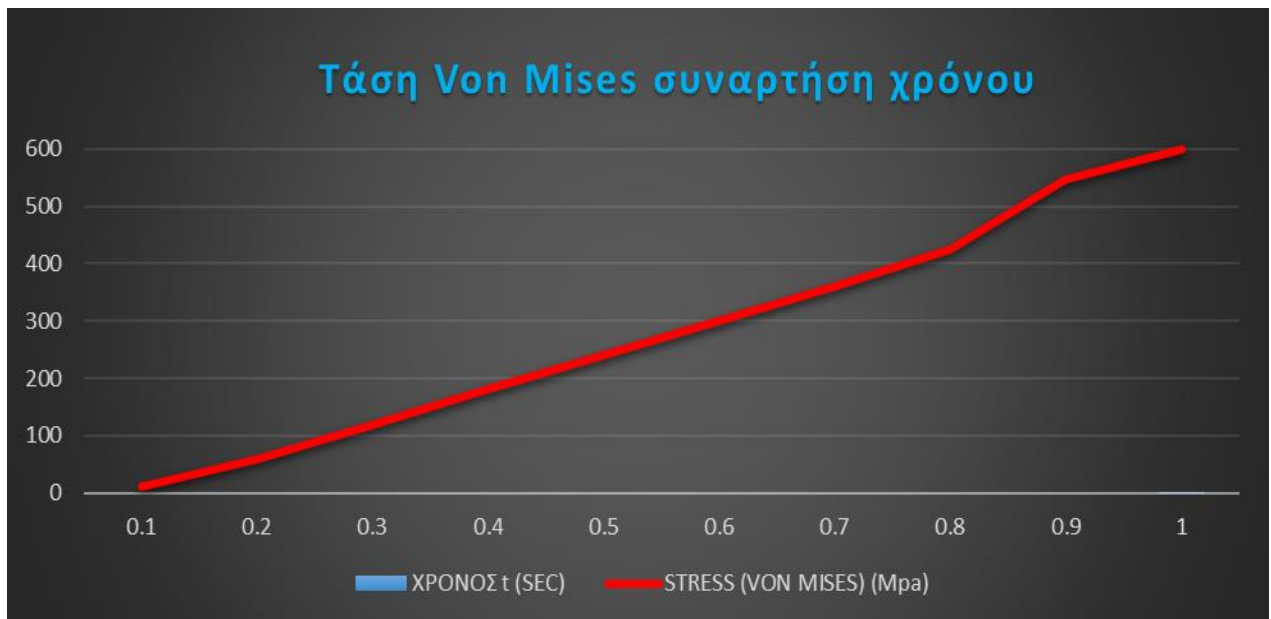
- **ΒΗΜΑ 12^ο (Διαγράμματα ανάλυσης)**



Διάγραμμα 1^ο : Ανταπόκριση δύναμης (N) συνάρτησή του χρόνου σε (Sec)



Διάγραμμα 2^ο : Δύναμη επαφής/τριβής (N) συνάρτησή του χρόνου σε (Sec)



Διάγραμμα 3^ο : Τάσεις κατά Von Mises (Mpa) συνάρτησή του χρόνου (sec)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, την μελέτη που κάναμε επάνω στο κομμάτι της γάστρας και όλα τα μέρη που χρησιμοποιήθηκαν. Αφού, επεξηγήσαμε όλα τα μέρη του πλοίου καθώς και μερικά που δεν είναι κοινώς ευρέως, μετά ακολούθησε η ανάλυση των υλικών της γάστρας που ήταν και το κομμάτι που θα γινόταν η ανάλυση καθώς και οι σχέσεις κατά τον οποίο γίνονται οι υπολογισμοί της γεωμετρίας. Στο τέλος, ακολούθησε ο σχεδιασμός και οι αναλύσεις ανάμεσα στην στατική ανάλυση όπου μελετήσαμε τις ιδιότητες του υλικού που χρησιμοποιήσαμε για ναυπηγική χρήση. Στην συνέχεια ακολούθησε η κρούση της γάστρας με μια κυκλικής μορφής μάζα ως παράδειγμα σύγκρουσης με βράχο και μέσω αυτού ορίσαμε ταχύτητα, χρόνο και βρήκαμε μέγιστες τάσεις παραμορφώσεις της κατασκευής. Καταλήξαμε, στο πέρασμα του χρόνου για $t=0-1 \text{ sec}$, ταχύτητα 10 m/s να έχουμε μέγιστη τάση τα 600 Mpa .

Εικόνες:

- www.Wikipedia.org/εμπορικό ναυτικό
- www.Wikipedia.org/Ερπυσμός
- www.Wikipedia.org/Μέρη πλοίου
- www.Wikipedia.org/τριβή πλοίου

Δημοσιεύσεις & ιστοσελίδες:

- https://el.wikipedia.org/wiki/Ελληνικό_εμπορικό_ναυτικό
- <https://www.isalos.net>
- <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/23438>
- <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/23438>
- <https://maritimecyprus.com/2020/08/11/loss>
- <https://seaofthieves.fandom.com/wiki/Fire>
- <https://maredu.hcg.gr/modules/document/file.php/MAK264/>
- <https://e-nautilia.gr/4-istories-exafanisis-ploion-kai-to-megalutero-nautiko-musthrio-olwn-twn-epoxwn>
- <https://areal-tur.ru/el/shvejjcariya/stroenie-korablya-vidy-i-naznachenie-korablei-pomeshcheniya-dlya.html>
- <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/3027/Kalara.pdf?>
- <https://www.secnews.gr/186155/ploia-epitheseis-kyvernochoro>
- <https://www.boatsafe.com/parts-of-a-ship/>
- <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/bridge-of-a-ship-design-and-layout>
- <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/importance-of-ships-keel-and-types-of-keel>
- <https://www.texasironandmetal.com/metal-steel-ship-construction>
- <https://www.high-strength-steel.com/seamless-steel-pipe/shipbuilding-steel-pipe>
- <https://hellanicus.lib.aegean.gr>
- <https://areal-tur.ru/el/avstriya/elementy-nabora-korpusa-sudna-elementy-nabora-korpusa-sudna-glavnye.html>
- <http://users.ntua.gr/caridis/methodoi/keimena/chap%2003/Chapter%2003.pdf>
- <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle>