

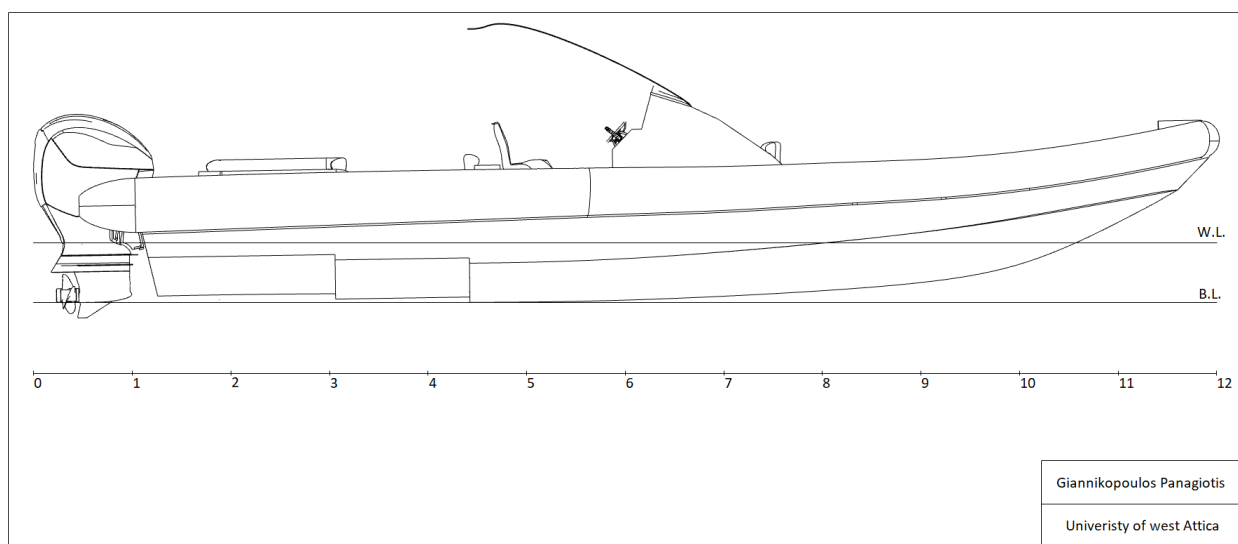


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία

Προμελέτη φουσκωτού σκάφους 12 μέτρων

Preliminary design of a rigid hulled inflatable boat of 12 meters



Συγγραφέας:

Παναγιώτης Γιαννικόπουλος

ΑΜ: 13013

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Γ. Πολίτης

Αθήνα, 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία

Προμελέτη φουσκωτού σκάφους 12 μέτρων

Συγγραφέας

Παναγιώτης Γιαννικόπουλος (ΑΜ: 13013)

Επιβλέπων

Κωνσταντίνος Γ. Πολίτης,

Καθηγητής, ΠΑ.Δ.Α.

Ημερομηνία εξέτασης

18/11/2022

Εξεταστική Επιτροπή

Κωνσταντίνος Γ. Πολίτης,

Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Αλέξανδρος Α. Θεοδουλίδης,

Επίκουρος Καθηγητής
ΠΑ.Δ.Α.

Πέππα Σοφία

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
ΠΑ.Δ.Α.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **Παναγιώτης Γιαννικόπουλος** του **Αθανασίου**, με αριθμό μητρώου **13013** φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής **Μηχανικών** του Τμήματος Ναυπηγών **Μηχανικών**, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών



Παναγιώτης Γιαννικόπουλος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνησή της.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται διεξοδικά η προμελέτη για φουσκωτό σκάφος 12 μέτρων με χρήση των προτύπων ISO. Σε ένα πρώτο επίπεδο, γίνεται αναφορά στην ιστορία και στην εξελικτική πορεία των φουσκωτών σκαφών αλλά και στην υλικοτεχνική δομή των ολισθάκατων. Ακολούθως, περιγράφεται η συστηματική σειρά της οποίας έγινε χρήση για την σχεδίαση και την μελέτη των προτύπων ISO. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η κάτοψη, η γενική σχεδίαση του σκάφους καθώς και φωτορεαλιστική του εικόνα. Επιπλέον, πραγματοποιείται η μελέτη αντοχής των ελασμάτων καθώς και των εγκάρσιων και διαμηκών ενισχυτικών του φουσκωτού σκάφους, με τη βοήθεια υπολογιστικού φύλλου Excel, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 12215. Ταυτόχρονα, βάσει του προτύπου ISO 12217, υπολογίζεται το ελάχιστο απαιτούμενο ύψος και η ελάχιστη απαιτούμενη κατάκλιση. Τέλος, εκτελούνται οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την διαμερισματοποίηση των αεροθαλάμων καθώς και για τον προσδιορισμό του απαραίτητου όγκου που πρέπει να έχουν οι τελευταίοι, σύμφωνα με τον πρότυπο 6185-4.

Λέξεις κλειδιά: Φουσκωτό Σκάφος, Ολισθάκατος, Κανονισμοί ISO

ABSTRACT

In this thesis we are concluding a preliminary design for a rigid hulled inflatable boat of 12 meters with the use of ISO standards. Initially a reference is made to historical data related to inflatable boats, as well as to scientific data that surrounds them and the systematic series that was used for the design and research. Furthermore, the body plan and design of the vessel will be described, as well as a photorealistic version of the final product will be presented. Also, a strength study will be carried out with an excel spreadsheet according to ISO 12215 for the plates, transverse and longitudinal stiffeners of the rigid hulled inflatable boat. Next, we will calculate the minimum required reclining height and angle. Finally, we will make the necessary calculations required for the compartmentalization of the air chambers as well as the necessary volume that the air chambers must have according to standard 6185-4.

Key words: Inflatable boat, Planning boat, ISO standards

Περιεχόμενα

1. Ιστορική αναδρομή	1
1.1 Ιστορία φουσκωτών σκαφών και πρώιμες κατασκευές	1
1.2 Σύγχρονα φουσκωτά σκάφη	3
1.2.1 Φουσκωτό τύπου Reginal Foster Dagnall (R.F.D.)	3
1.2.2 Φουσκωτό τύπου Zodiac	4
1.3 Πρώτη εμφάνιση σκληρής γάστρας RIB	6
2. Ολισθάκατοι	8
2.1 Εισαγωγή	8
2.2 Χαρακτηριστικά ολισθάκατων	10
2.3 Αντίσταση ολισθάκατων	12
2.4 Συστηματική σειρά D. J. Taunton et al. Series 2011	13
3. Υλικά και τεχνολογία	14
3.1 Σύνθετα υλικά	14
3.2 Υφάσματα ενισχυμένα με ίνες	15
3.2.1 Τύποι υφασμάτων	15
3.2.2 Υαλόνημα (Glass fiber)	15
3.2.3 Κεβλαρ (Aramid fiber)	15
3.2.3 Ίνες άνθρακα (Carbon fiber)	15
3.3 Ρητίνες	16
3.3.1 Πολυεστέρας	16
3.3.2 Βινυλεστέρας	16
3.3.3 Εποξειδική ρητίνη	16
3.4 Πυρήνες	18
3.4.1 Honeycomb	18
3.4.2 Ξύλο Μπάλσα	18
3.5 Μέθοδοι κατασκευής	19
4. Γενική διάταξη και εσωτερική σχεδίαση	21
4.1 Γενική διάταξη	21
4.2 Εσωτερική σχεδίαση	23
5. Εφαρμογή του προτύπου ISO 12215	27
5.1 Συντελεστής κατηγορίας σχεδιασμού <i>KDC</i>	27
5.2 Συντελεστής δυναμικού φορτιού <i>ncg</i>	28
5.3 Συντελεστής κατανομής διαμήκους πίεσης <i>kL</i>	28

5.4 Συντελεστής μείωσης πίεσης περιοχής kAR	29
5.5 Συντελεστής μείωσης πίεσης πλευράς κύτους kZ	29
5.6 Πιέσεις σχεδίασης για ταχύπλοα σκάφη	29
5.6.1 Πίεση πυθμένα σε κατάσταση εκτοπίσματος $PBMD$	29
5.6.2 Πίεση πυθμένα σε κατάσταση ολισθησης $PBMP$	30
5.6.3 Πίεση πλευράς κύτους σε κατάσταση εκτοπίσματος $PSMD$	30
5.6.4 Πίεση πλευράς κύτους σε κατάσταση ολισθησης $PSMD$	30
5.6.5 Πίεση καταστρώματος PDM	31
5.6.6 Πίεση υπερκατασκευών $PSUP M$	31
5.6.7 Εσωτερική πίεση σχεδίασης δοχείου καυσίμου.	31
5.6.8 Πίεση σχεδίασης υδατοστεγούς φράκτη.	32
5.7 Συντελεστής λόγου πλάτους μήκους για αντοχή και στιβαρότητα $k2$ και $k3$	32
5.8 Συντελεστής καμπυλότητας kc	32
5.9 Δύναμη διάτμησης και ροπή κάμψης σε ένα πάνελ.	32
5.10 Απαιτήσεις σχεδίασης για FRP single-skin	33
5.11 Απαιτήσεις σχεδίασης για ενισχυτικά	33
5.11.1 Συντελεστής περιοχής διάτμησης	33
5.11.2 Τάσεις σχεδίασης για ενισχυτικά	34
5.11.3 Ελάχιστη επιφάνεια διάτμησης A_w και ελάχιστη ροπή αντιστάσης SM	34
5.11.4 Ελάχιστη 2 ^η ροπή αδράνειας.	34
5.11.5 Δύναμη διάτμησης και ροπή κάμψης σε ένα ενισχυτικό.	35
5.11.6 Μήκος του effective plating be	35
5.3.13 Ελάχιστο απαιτούμενο πάχος για εγκάρσια φράκτη.	36
6. Υπολογισμός Αντοχής.	37
7. Υπολογισμός απαιτούμενης γωνίας και ύψους κατάκλισης.	55
8. Υπολογισμός απαιτούμενου όγκου των αεροθάλαμων.	58
9. Συμπεράσματα.	60
10. Βιβλιογραφία	61
Έντυπη	61
Διαδικτυακή	62

Κατάλογος Εικόνων

1. Το παλτό-σχεδία του Peter Halkett.....	1
2. Το παλτό-σχεδία του Peter Halkett σε χρήση.....	1
3. Η σχεδία 2 ατόμων του Peter Halkett σε χρήση.....	2
4. Η σχεδία 2 ατόμων του Peter Halkett.....	2
5.. Η ειδική ομπρελά για τις σχεδίες του Peter Halkett.....	2
6. Απομεινάρια της σχεδίας 2 ατόμων του Peter Halkett.....	2
7. Το λογότυπο της R.F.D.....	3
8. Διαφημιστικό φυλλάδιο της R.F.D.....	3
9. Ο Pierre Reroutable σε ένα zodiac τύπου U.....	4
10. Ένα από τα πρώτα φουσκωτά Zodiac για μεταφορά εξοπλισμού και στρατιωτών.....	4
11. Zodiac και Citroen στη θάλασσα.....	4
12. Ο Αλαιν Μπομπάρντ στο σκάφος που θα διέσχιζε τον ατλαντικό ωκεανό "Ο αιρετικός.....	4
13. Η μεταφορά του Zodiac 19 μέτρων προς το λιμάνι.....	5
14. Οι 8 μηχανές της Αμφιτρίτης.....	5
15. Δοκιμή Φουσκωτού σκάφους στο κανάλι του Μπρίστολ.....	6
16. RIB Flatacraft στην λίμνη Windemere με κυβερνήτη τον κατασκευαστή της εταιρείας Tony Lee-Elliot.....	6
17. Το rib Avon Sea rider.....	7
18. Το psychedelic surfer εν ώρα του Round Britain.....	7
19. Τυπικό σχέδιο γραμμών γάστρας με ακμή (chine).....	10
20. Συστηματική σειρά με διπλή ακμή (chine) Πηγή: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.....	10
21. Τυπική γεωμετρία Spray rail.....	11
22. Εγκάρσια τομή.....	13
23. Προφίλ.....	13
24. Γεωμετρία εξάγωνου Honeycomb.....	18
25. Γεωμετρία εξάγωνου Honeycomb.....	18
26. Γεωμετρία ξύλου balsa σε μοριακό επίπεδο. $A_{avg}=6350$ micrometers, $B_{avg}=320$ micrometers, $C_{avg}=15.24$ micrometers.....	18
27. Γεωμετρία ξύλου balsa σε μοριακό επίπεδο. $A_{avg}=6350$ micrometers, $B_{avg}=320$ micrometers, $C_{avg}=15.24$ micrometers.....	18
28. Καλούπι ανοιχτού τύπου για ταχύπλοο σκάφος.....	20
29. Μπροστινή όψη του σκάφους.....	23
30. Διάταξη καθισμάτων.....	23
31. Μπροστινή όψη με 10 επιβάτες.....	24
32. 2 επιβάτες στα καθίσματα οδηγού - συνοδηγού και 2 επιβάτες στο πίσω κάθισμα τύπου Π.....	24
33. Πίσω όψη με 10 επιβάτες.....	25
34. Κάτω από την ίσαλο γραμμή.....	25
35. Αλλαγή στα χρώματα απεικόνισης του σκάφους.....	26
36. Απεικόνιση τρισδιάστατης σχεδίασης.....	26
37. Εγκάρσια και διάμηκες ενισχυτικά.....	38
38. Planes για διαχωρισμό των plates.....	38
39. Δημιουργία δισδιάστατου σχεδίου για εκλογή ελασμάτων.....	39

Κατάλογος Γραφημάτων

1. Σχέση υδροστατικής και υδροδυναμικής άνωσης αναλόγως τον αριθμό Froude.	9
2. Συγκριτική ακαμψία των ρητινών ανάλογα την θερμοκρασία που έχουν σκληρύνει.	17
2..Συγκριτική ακαμψία των ρητινών ανάλογα την θερμοκρασία που έχουν σκληρύνει.	17
3. Συγκριτική αντοχή στον των ρητινών ανάλογα την θερμοκρασία που έχουν σκληρύνει.	17
4. Τυπικό γράφημα καταπόνησης - τάσης για ρητίνες σκληρυσμένες για 5 ώρες στους 80° C... 17	
5. Επίδραση της διελαστικής αντοχής διάτμησης των ρητινών, βυθισμένο σε νερό θερμοκρασίας 100° C..	17
6. Συντελεστής κατανομής διαμήκους πίεσης kL	28

Κατάλογος Πινάκων

1. Λεπτομέρειες μοντέλων.....	13
2. Βασικά στοιχεία του σκάφους.	37
3. Συγκεντρωτικός πίνακας διαστάσεων και συντελεστών των ελασμάτων.	40
4. Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμού πιέσεων των ελασμάτων.	41
5. Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμού ελάχιστων παχών των ελασμάτων.	42
6. Συγκεντρωτικός πίνακας επιπροσθέτων υπολογισμών των ελασμάτων με $l/b < 2$	43
7. Συγκεντρωτικός πίνακας διαστάσεων, συντελεστών, πιέσεων και ελάχιστων απαιτήσεων των ενισχυτικών.....	44
8. Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμών για το απαραίτητο πάχος των φρακτών με κατασκευή σάντουιτς.....	45
9 .Ελάχιστο πάχος για την κατασκευή του deck.....	45
10. Παράδειγμα υπολογισμού για κατασκευή σάντουιτς.	46
11. Υπολογισμοί των πάνελ 1A στην b κατεύθυνση.	47
12. Υπολογισμοί των πάνελ 3F-4F στην b κατεύθυνση.	48
13. Υπολογισμοί των πάνελ 3F-4F στην l κατεύθυνση.	49
14. Υπολογισμοί ενισχυτικού 3.	50
15. Υπολογισμοί σάντουιτς για το πάνελ νούμερο 1.....	51
16. Πλάνο πλαστικοποίησης για το πάνελ 1.....	52
17. Πλάνο πλαστικοποίησης για τα πάνελ 3F-4F.	53
18. Πλάνο πλαστικοποίησης για το 3ο ενισχυτικό.	54
19. Πλάνο πλαστικοποίησης για το σάντουιτς πάνελ 1.....	55

Κατάλογος Τεχνικών Σχέδιων

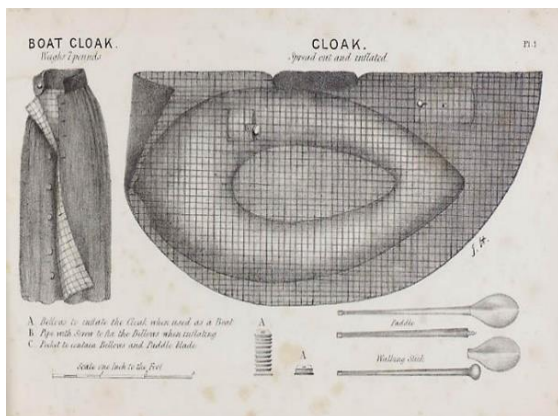
1. Σχέδιο Προφίλ.....	21
2. Σχέδιο Κάτοψης.	22
3. Σχέδιο Μέσης τόμης.	22
4. Απαιτούμενο ύψος κατάκλισης.	57
5. Σχέδιο διαμερισματοποίησής αεροθάλαμων.	59

1. Ιστορική αναδρομή

1.1 Ιστορία φουσκωτών σκαφών και πρώιμες κατασκευές

Η ιστορία των φουσκωτών σκαφών διαφαίνεται από τοιχογραφίες του 8^ο αιώνα π.Χ., που απεικονίζουν τον ασυριανό βασιλιά Ashurnasirall II και την ιδέα του, που βασιζόταν στην κατασκευή αυτοσχέδιων σωσιβίων φτιαγμένων από δέρματα ζώων και φουσκωμένων με το στόμα, με σκοπό τη χρήση τους από στρατιώτες για την ασφαλέστερη διάσχιση ερμητικών ποταμιών. Στην πραγματικότητα, όμως, η σύγχρονη ιστορία ξεκινάει από τον αυτοδίδακτο Αμερικανό χημικό Charles Goodyear, ο οποίος ανακάλυψε τη διαδικασία του βουλκανισμού και προσπάθησε να την τελειοποιήσει στο διάστημα 1834 έως 1839. Βουλκανισμός, ονομάζεται η διαδικασία, η οποία προσφέρει στο καουτσούκ χαρακτηριστικά όπως ελαστικότητα, πλαστικότητα κ.α. Αργότερα, εισέρχεται ο Εγγλέζος μηχανικός και εφευρέτης Thomas Hancock, ο οποίος το 1842 συναντά ένα δείγμα από το βουλκανισμένο λάστιχο του Goodyear και βάζει στόχο να αναπαράγει μια ίδια διαδικασία, η οποία θα είχε ίδιο ή παρόμοιο αποτέλεσμα. Ο στόχος του αυτός καταλήγει στην συνεργασία του με τον χημικό και εφευρέτη Charles Macintosh με κοινό σκοπό την παραγωγή, βιομηχανοποίηση καθώς και την λήψη πατέντας για υφάσματα αποτελεσματικά στην αδιαβροχοποίηση τους.

Το 1843, λοιπόν, ο Thomas Hancock λαμβάνει πατέντα για το βουλκανισμό στην περιοχή του Ηνωμένου Βασιλείου, οκτώ εβδομάδες πριν λάβει πατέντα ο Charles Goodyear στις Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής. Σύμφωνα με την αυτοβιογραφία του "The Origin and Progress of the Caoutchouc or India-Rubber Industry in England", η οποία δημοσιεύθηκε το 1857, την δεκαετία του 1840 σχεδίασε και δημιούργησε φουσκωτό σκάφος με αεροθαλάμους και πάτωμα, χρησιμοποιώντας υφάσματα φτιαγμένα με τη διαδικασία του βουλκανισμού για την αδιαβροχοποίηση τους. Παράλληλα, την ίδια δεκαετία του 1840, ο υπολοχαγός Peter Halkett δημιουργεί δυο τύπους φουσκωτών σκαφών, τα οποία πήραν την ονομασία halkett boats με σκοπό να χρησιμοποιηθούν στις αρκτικές αποστολές. Το πρώτο εκ των δύο σκαφών, ήταν κατασκευασμένο με ύφασμα Macintosh και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως αδιάβροχο παλτό, όμως, στην τσέπη του είχε ένα κουπί και ένα φουσερό που το μετέτρεπε σε μια φουσκωτή σχεδία ενός ατόμου. Μια ακόμα πρωτοτυπία του Peter Halkett ήταν ότι είχε σχεδιάσει μια ειδική ομπρέλα που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως πανί και να παράγει ωθητική δύναμη.



1. Το παλτό-σχεδία του Peter Halkett.

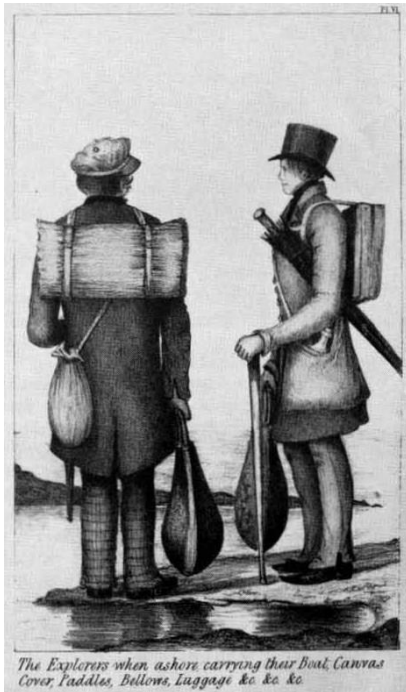
[Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Halkett_boat]



2. Το παλτό-σχεδία του Peter Halkett σε χρήση.

[Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Halkett_boat]

Το δεύτερο halkett boat ήταν μια σχεδία, η οποία φιλοξενούσε 2 άτομα και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως κουβέρτα. Όταν δεν ήταν σε χρήση, μπορούσε να «πακεταριστεί» και να φορηθεί ως τσάντα για την εύκολη μετακίνησή του. Οι σχεδίες του Halkett μπορεί να μην βρήκαν εμπορική απήχηση, όμως, μετά από τεστ σε ποταμό, όπου το πρωτότυπο του διέσχισε 15 χιλιόμετρα χωρίς να βάλει νερό, αναγνωρίστηκε από εξερευνητές με αποτέλεσμα ο Halkett να διαθέσει τις σχεδίες του για την χρήση τους σε αρκτικές αποστολές.



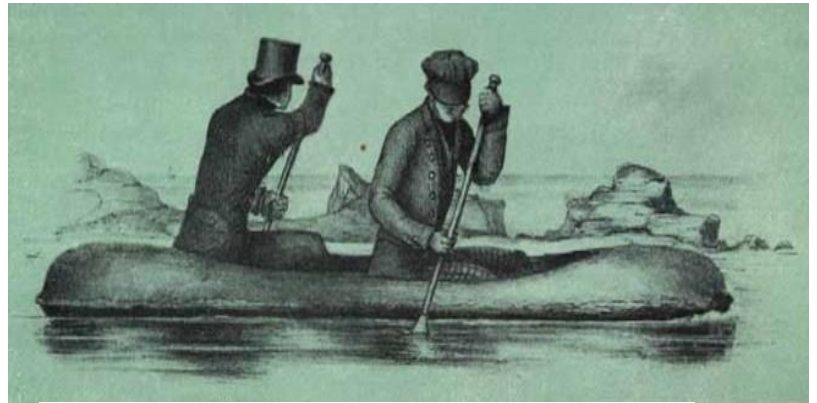
4. Η σχεδία 2 ατόμων του Peter Halkett.

[Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Halkett_boat]



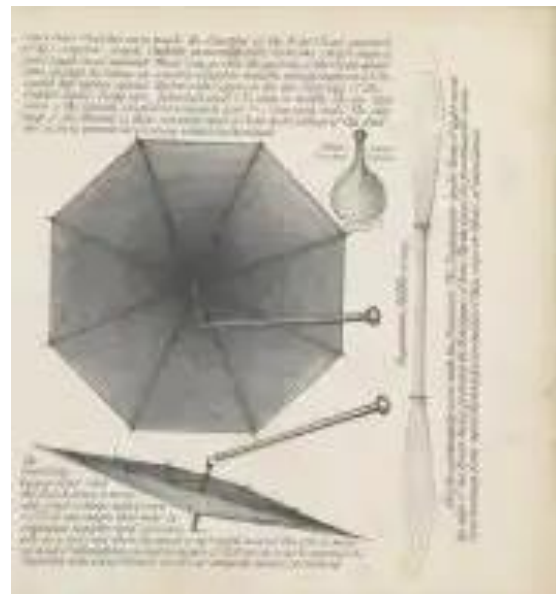
6. Απομεινάρια της σχεδίας 2 ατόμων του Peter Halkett.

[Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Halkett_boat]



3. Η σχεδία 2 ατόμων του Peter Halkett σε χρήση.

[Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Halkett_boat]



5.. Η ειδική ομπρέλα για τις σχεδίες του Peter Halkett

[Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Halkett_boat]

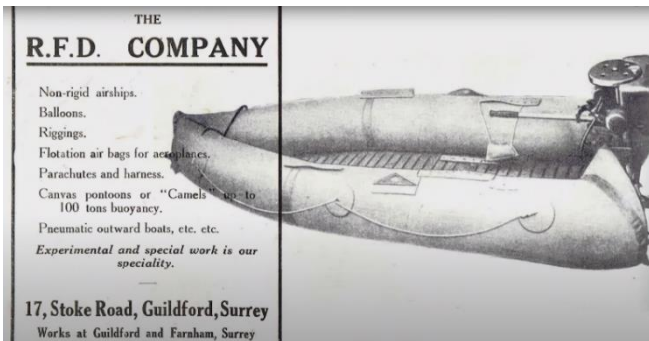
Οι σχεδίες και τα σχέδια που έχουν διασωθεί εκτίθενται στο μουσείο ναυτικής ιστορίας του Stormness στο Ηνωμένο Βασίλειο.

1.2 Σύγχρονα φουσκωτά σκάφη

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η παραγωγή φουσκωτών σκαφών ξεκινάει με πρωτοστάτες τους παραγωγούς αερόστατων RFD στο Ηνωμένο Βασίλειο και JODIAC στην Γαλλία, με απώτερο σκοπό και των δυο η κατανόηση των υφασμάτων εγχυμένων με καουτσούκ και κατά συνέπεια η χρήση τους στην παραγωγή αερόστατων.

1.2.1 Φουσκωτό τύπου Reginal Foster Dagnall (R.F.D.)

Ο δημιουργός του RFD, Reginald Foster Dagnall ήταν μηχανικός και σχεδιαστής αεροσκαφών και αεροστάτων, ο οποίος όταν βρέθηκε με έναν συνεργάτη του, που με τη σειρά του έψαχνε έξυπνες λύσεις για την παρεμπόδιση βύθισης των αεροσκαφών που πέφτουν στο νερό και την εξασφάλιση της ανάκτησής τους για την επισκευή τους, μετά από λίγο καιρό κατάφερε να κάνει παρουσίαση τέτοιων πρωτότυπων κατασκευών σε λίμνη κοντά στο Gulliford του Surrey και έπειτα απέκτησε συμβόλαιο με την κυβέρνηση της Αγγλίας για παραγωγή και σχεδίαση σωστικών εργαλείων προς τιμή της.



7. Το λογότυπο της R.F.D.

[Πηγή: <https://survitecgroup.com/about-us/our-history/>]

8. Διαφημιστικό φυλλάδιο της R.F.D.

[Πηγή: <https://survitecgroup.com/about-us/our-history/>]



9. Η πρώτη σχεδία που φουσκώνει μόνη της, κατασκευασμένη από την R.F.D.

[Πηγή: <https://survitecgroup.com/about-us/our-history/>]

Ο Reginald Foster Dagnall συνέχισε να δημιουργεί σωστικές λύσεις, όπως την πρώτη σχεδία που φουσκώνει μόνη της, η οποία, στη συνέχεια, μετά τον θάνατο του, έγινε το πρώτο σύστημα θαλάσσιας εκκένωσης (MES) και μετεξελίχθηκε δίνοντας χιλιάδες άλλες λύσεις σωστικών συσκευών. Η εταιρεία αυτή σήμερα υπάγεται στον όμιλο Survitec, έναν από τους μεγαλύτερους ομίλους ο οποίος παρέχει προιωντά διάσωσης για τη ναυτιλία, το στρατό και την αεροπορία.

1.2.2 Φουσκωτό τύπου Zodiac

Οι δημιουργοί της Zodiac aerospace Maurice Mallet και Henry de la Vaulx ίδρυσαν την εταιρία το 1896 μαζί με άλλους συνεργάτες και κύρια ασχολία τους μέχρι και την δεκαετία του 1930 ήταν η κατασκευή πάνω από 60 αεροστάτων. Το 1934, ο Pierre Reroutable ένας από τους μηχανικούς της εταιρίας, αφού η εταιρεία είχε αγοράσει την πατέντα από τον Paul Brot, κατασκεύασε ένα από τα πρώτα φουσκωτά σκάφη τύπου καταμαράν, το οποίο θα χρησιμοποιούταν από τη γαλλική ναυτική αεροπορία, η οποία με τη σειρά της, εκείνο το διάστημα έψαχνε πρωτότυπες και εύκολες λύσεις ώστε να μεταφέρει εξοπλισμό και στρατιώτες. Το 1937, ο Pierre Reroutable παρουσιάζει φουσκωτό με σχήμα **U** και ξύλινο πάτωμα · ήταν ο προάγγελος του μοντέρνου φουσκωτού.



10. Ένα από τα πρώτα φουσκωτά Zodiac για μεταφορά εξοπλισμού και στρατιωτών.

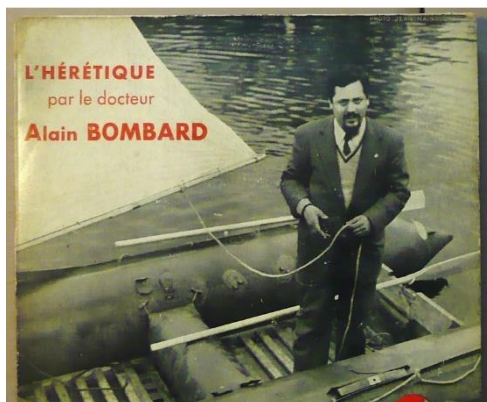
[Πηγή: <https://www.guide-plaisance-mobile.fr/histoire-du-bateau-pneumatique-pb-paul-brot-et-zodiac-souple-et-semi-rigide>]



9. Ο Pierre Reroutable σε ένα zodiac τύπου U.

[Πηγή: <https://www.guide-plaisance-mobile.fr/histoire-du-bateau-pneumatique-pb-paul-brot-et-zodiac-souple-et-semi-rigide>]

Μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, η Zodiac συνέχισε να κατασκευάζει φουσκωτά. Αυτή τη φορά, όμως, ξεκινά να απευθύνεται σε πολίτες και το καταφέρνει, παρουσιάζοντας τα φουσκωτά σκάφη ως μια ανάγκη της εποχής, κάνοντας διαφημιστικές καμπάνιες με διάσημες γαλλικές εταιρείες, και πραγματοποιώντας άθλους, όπως αυτόν του Alain Bombard. Ο τελευταίος, μάλιστα, το 1952 προσπάθησε



12. Ο Alain Μπομπάρντ στο σκάφος που θα διέσχιζε τον ατλαντικό ωκεανό "Ο αιρετικός

[Πηγή: <https://www.guide-plaisance-mobile.fr/histoire-du-bateau-pneumatique-pb-paul-brot-et-zodiac-souple-et-semi-rigide>]



11. Zodiac και Citroen στη θάλασσά.

[Πηγή: <https://www.zodiac-nautic.com/en/brand/>]

και απέτυχε να διασχίσει τον ατλαντικό ωκεανό με ένα σκάφος Zodiac III 4.65 μέτρων, με πανί και άλμπουρο Optimist. Τέλος, η Zodiac προέβη στην τερατώδη κατασκευή των 19 μέτρων Αμφιτρίτη, για χάρη του ωκεανογράφου Jacques Cousteau, το οποίο έφερε 8 εξωλέμβιες μηχανές.



14. Οι 8 μηχανές της Αμφιτρίτης.

[Πηγή: <https://www.boatsnews.com/story/36264/the-amphitrite-the-largest-semi-rigid-ever-built-by-zodiac>]



13. Η μεταφορά του Zodiac 19 μέτρων προς το λιμάνι.

[Πηγή: <https://www.boatsnews.com/story/36264/the-amphitrite-the-largest-semi-rigid-ever-built-by-zodiac>]

1.3 Πρώτη εμφάνιση σκληρής γάστρας RIB

Η ιστορία δείχνει ότι ο συνδυασμός σκληρής γάστρας και αεροθαλάμων ως σύνολο γίνεται ένας στόχος προς πραγματοποίηση για τους μαθητές του Atlantic college στο South Wales της Αγγλίας, υπό την καθοδήγηση του πρώην ναυάρχου Desmond Hoare και για τη δεκαετία 1964-1974, η ομάδα αυτή σχεδίασε, κατασκεύασε και δοκίμασε, μέχρι καταστροφής αρκετές φορές, τα φουσκωτά σκάφη στα ερμητικά νερά του καναλιού του Μπρίστολ.



15. Δοκιμή Φουσκωτού σκάφους στο κανάλι του Μπρίστολ

[Πηγή: <https://www.bbc.com/news/uk-wales-south-east-wales-13377377>]

Όπως συμβαίνει συνήθως, οι ιστορίες, έχουν διάφορες όψεις και αντικρουόμενες όψεις. Κάποιοι λένε ότι το πρώτο RIB παρουσιάστηκε από τον Tony και Edward Lee-Elliot της εταιρείας Flatacraft, οι οποίοι κατασκεύασαν ένα φουσκωτό με διπλό καθρέπτη, πλώρα και πρίμα, με αποτέλεσμα την απλοποίηση της κατασκευής των αεροθαλάμων και την αύξηση της αντοχής της κατασκευής στο πάτωμα.



16. RIB Flatacraft στην λίμνη Windemere με κυβερνήτη τον κατασκευαστή της εταιρείας Tony Lee-Elliot.

[Πηγή: *The Complete RIB Manual: The Definitive Guide to Design, Handling and Maintenance*]

Άλλες πηγές αναφέρουν ότι το πρώτο RIB ήταν αυτό της εταιρείας Avon· πρωτοστάτης σήμερα στην κατηγορία μικρών φουσκωτών σκαφών και ειδών για Yachts. Το όνομα του μοντέλου ήταν Sea rider και παρουσιάστηκε το 1969 στην έκθεση σκάφους του Λονδίνου. Στην πραγματικότητα αυτή η προσπάθεια της Avon, ήρθε σε συνεργασία με τους αδερφούς Gult, οι οποίοι ενσωμάτωσαν στο Sea rider γάστρα από ύφασμα ναλονήματος.



17. Το rib Avon Sea rider.

[Πηγή: *The Complete RIB Manual: The Definitive Guide to Design, Handling and Maintenance*]

Την προηγούμενη χρονιά, το 1968, ο φοιτητής του Atlantic College Paul Jefferies σχεδιάζει και κατασκευάζει μια γάστρα από ύφασμα ναλονήματος. Η συγκεκριμένη προσπάθεια αποτυγχάνει αλλά βοηθάει στην κατασκευή και ανάπτυξη του σκάφους Psychedelic Surfer ένα Rib 6,4 μέτρων με 2 μηχανές, το οποίο λαμβάνει μέρος στον αγώνα Round Britain Powerboat Race του 1969 και είναι από τα λίγα σκάφη που τερματίζει. Ο αγώνας 10 ποδιών και 1459 μιλίων θεωρείται από τους πιο δύσκολους αγώνες για ταχύπλοα σκάφη, αφού οι συνθήκες που αντιμετωπίζουν είναι πολύ δύσκολες. Ακόμα και σήμερα, οι κατασκευαστές ταχύπλοων σκαφών λαμβάνουν μέρος σε αυτόν των αγώνα για να διαφημίσουν την αξιοπιστία των σκαφών τους.



18. Το psychedelic surfer εν ώρα του Round Britain..

[Πηγή: <https://www.bbc.com/news/uk-wales-south-east-wales-13377377>]

2. Ολισθάκατοι

2.1 Εισαγωγή

Σε κάθε περίπτωση, στατική ή δυναμική, το βάρος του σκάφους ισορροπεί από την πίεση που ασκείται στην βρεχόμενη επιφάνεια. Η πίεση αυτή χωρίζεται σε δυο μέρη:

- Υδροστατική πίεση που σχετίζεται με το εκτόπισμα
- Υδροδυναμική πίεση που σχετίζεται με την ταχύτητα του σκάφους

Αυτή η αρχή μας δίνει τη δυνατότητα να διαχωρίσουμε κάθε σκάφος σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες:

- Σκάφη εκτοπίσματος: Η υδροστατική πίεση είναι μεγαλύτερη της υδροδυναμικής πίεσης
- Σκάφη Ημικτοπίσματος: Η υδροστατική πίεση είναι περίπου ίση της υδροδυναμικής πίεσης
- Σκάφη Ολίσθησης: Η υδροστατική πίεση είναι μικρότερη της υδροδυναμικής πίεσης

Για τον προσδιορισμό της κατηγορίας του σκάφους θα πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός Froude F_r :

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gL_{wl}}} \quad (2.1)$$

Όπου:

V είναι η ταχύτητα του σκάφους σε m/s

L_{wl} είναι το μήκος ισάλου σε μετρά

g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας σε m/s^2

Και τα ταξινομούμε με βάση το ακόλουθο:

- Σκάφη εκτοπίσματος: $F_r < 0.4$
- Σκάφη Ημικτοπίσματος: $0.4 \leq F_r \leq 1.0$
- Σκάφη Ολίσθησης: $F_r > 1.0$

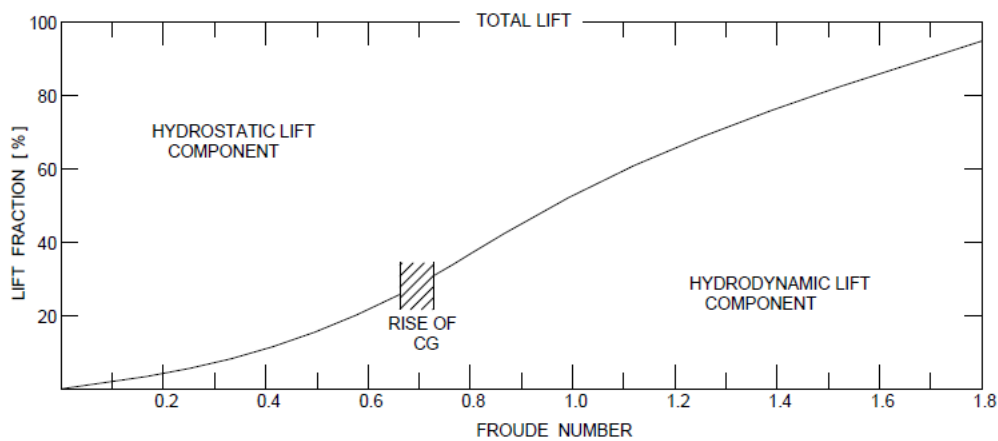
Για τον καλύτερο υπολογισμό σε σκάφη ημικτοπίσματος και ολισθάκατους οπού το L_{wl} δεν είναι σταθερό, χρησιμοποιούνται οι δυο παρακάτω σχέσεις:

$$F_{r_b} = \frac{V}{\sqrt{gB}} \quad (2.2)$$

$$F_{r_v} = \frac{V}{\sqrt{g\nabla^{\frac{1}{3}}}} \quad (2.3)$$

Από πειραματικά δεδομένα είναι δεδομένο ότι ένα σκάφος είναι σε κατάσταση ολίσθησης όταν:

$$F_{r_b} > 3.0 \text{ και } F_{r_v} > 5$$

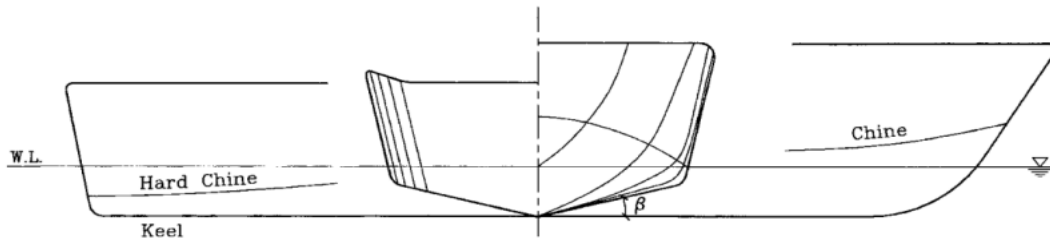


1. Σχέση υδροστατικής και υδροδυναμικής άνωσης αναλόγως τον αριθμό Froude.

[Πηγή: Principles of Yacht Design, Lars Larson]

2.2 Χαρακτηριστικά ολισθάκατων

Η ολίσθηση μιας γάστρας γίνεται όταν παραπάνω από το 50% του βάρους υποστηρίζεται από τις υδροδυναμικές πιέσεις. Εάν οι υδροστατικές πιέσεις είναι μεγαλύτερες, τότε η γάστρα παραμένει σε κατάσταση εκτοπίσματος. Η ταχύτητα που αναπτύσσεται εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, αλλά κυρίως από το σχήμα της γάστρας. Ως φαινόμενο η ολίσθηση είναι σταδιακή. Σε χαμηλές ταχύτητες, που ακόμα έχουμε την υδροδυναμική πίεση σε χαμηλά επίπεδα, η ταχύτητα του ρευστού γύρω από την γάστρα είναι μεγαλύτερη από την ίδια την ταχύτητα της γάστρας, όπου αυτό δημιουργεί μείωση της πίεσης και μια δίνη που τραβάει το σκάφος μέσα. Μόνο όταν αυξάνεται η ταχύτητα τόσο, ώστε να διαχωρίζεται η ροή στο πάτωμα της γάστρας, στο πλάι αλλά και στον καθρέπτη, ξεκινάει το φαινόμενο της ολίσθησης και η κατανομή της πίεσης στην γάστρα δημιουργεί μια πίεση προς τα πάνω ώστε να « βγει » η πλώρη από το νερό και να ολοκληρωθεί το φαινόμενο της ολίσθησης.

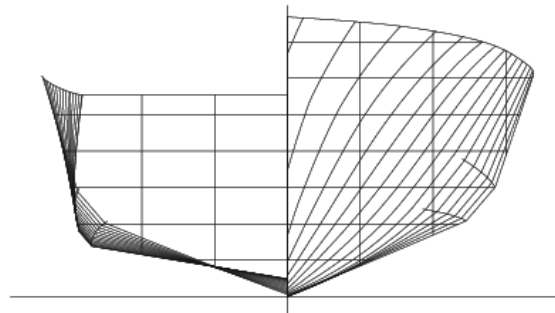


19. Τυπικό σχέδιο γραμμών γάστρας με ακμή (chine).

[Πηγή: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο]

Ο διαχωρισμός στο πλάι της γάστρας επιτυγχάνεται με την χρήση ακμής.

Μια τυπική γωνία Deadrise είναι από 10° έως 15° στην πρύμνη και 35° στην πλώρη της γάστρας, ενώ μπορούμε να έχουμε και παραπάνω από μια ακμή.



20. Συστηματική σειρά με διπλή ακμή (chine) Πηγή: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

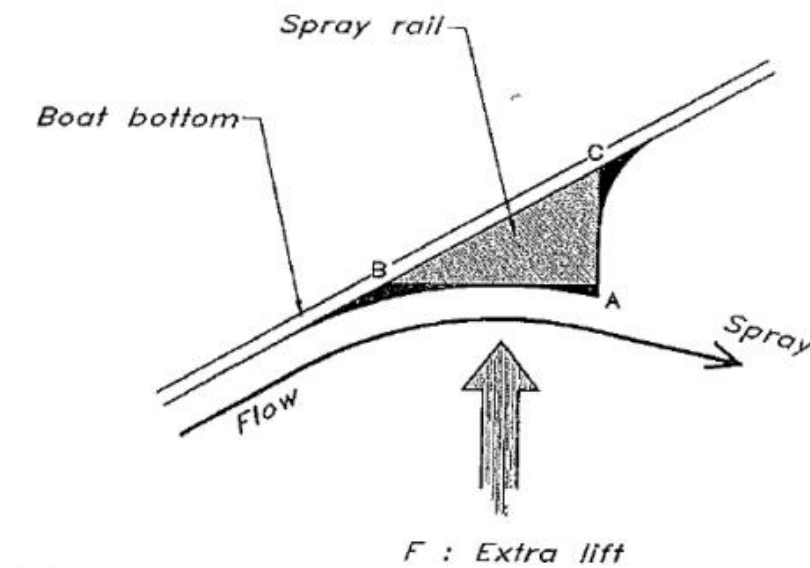
[Πηγή: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο]

Μια γάστρα με διπλή ακμή έχει την ιδιαιτερότητα ότι η ακμή στο ψηλό σημείο βοηθάει στην εξασφάλιση μεγαλύτερης βρεχόμενης επιφάνειας σε μικρές ταχύτητες και σε στάση, δηλαδή καλύτερη ευστάθεια, ενώ η χαμηλή ακμή βοηθάει στον διαχωρισμό ροής σε εκείνο το σημείο σε μεγάλη ταχύτητα. Για αυτό και η σχεδίαση μιας γάστρας με διπλή ακμή απαιτεί την πειραματική δοκιμή, ώστε η υψηλή ακμή να μην εμπλέκεται στην ροή της χαμηλής ακμής.

Μια άλλη κατηγορία ταχύπλων σκαφών είναι αυτή των οποίων η γάστρα έχει σχεδιαστεί με Steps. Ο σχεδιασμός αυτός προσφέρει τον διαχωρισμό ροής στο εσωτερικό του Step σε υψηλές ταχύτητες με αποτέλεσμα να μειώνεται η βρεχόμενη επιφάνεια και η αντίσταση χωρίς το υδροδυναμικό Lift να μειώνεται σημαντικά. Έτσι, επιτυγχάνεται η αύξηση της ταχύτητας της ολισθάκατου.

Όταν, όμως, η γάστρα είναι σε μικρές ταχύτητες υπάρχουν φαινόμενα διαχωρισμού δίνης. Αυτό αυξάνει την αντίσταση σημαντικά σε σχέση με τις γάστρες χωρίς step.

Ένα ακόμα σημαντικό κομμάτι των ολισθάκατων είναι τα spray rails. Αυτά βοηθούν στη μείωση της βρεχόμενης επιφάνειας, δημιουργώντας διάμηκες ακμές. Όμως, το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι, όταν το ταχύπλοο ολισθαίνει, δηλαδή δημιουργείται αρκετό lift, τα spray rails είναι αυτά που ανακατευθύνουν το νερό μακριά από το σκάφος και το deck.



21. Τοπική γεωμετρία Spray rail.

[Πηγή: Principles of Yacht Design, Lars Larson]

2.3 Αντίσταση ολισθήκατων

Γενικά η συνολική αντίσταση ενός πλωτού μέσου υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$R_T = R_{Calm} + R_{Adw} \quad (2.4)$$

Οπού:

- R_T είναι η συνολική αντίσταση
- R_{Calm} είναι η αντίσταση σε ηρεμο νερο
- R_{Adw} η αντίσταση λόγω κυματισμων

$$R_{Calm} = R_{fr} + R_{Wm} + R_{Form} + R_{Air} + R_{App}$$

- R_{fr} η αντίσταση λόγω τριβής
- R_{Wm} η αντισταση κυματισμων
- R_{Form} η αντισταση λόγω συνεκτικότητας
- R_{Air} η αντισταση λόγω αερα
- R_{App} η αντισταση λόγω προσαρτηματων της γαστρας

Για την εκτίμηση της αντίστασης ενός ταχυπλόου χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- Πειραματικές μεθόδους (π.χ.: Μέθοδος Froude)
- Εμπειρικές μεθόδους (π.χ.: Μέθοδος Savitsky 1964, Morabito 2010)
- Από συστηματικές σειρές (π.χ.: Series 62, Series 65, Series 62 Dutch, BK and MBK series, Kowalyshyn and Metcalf 2006, Taunton et al. 2011, Begovic and Bertorello 2012, De Luca and Pensa 2014)
- Στατιστικές μεθόδους (π.χ.: Μέθοδος Radojicic 1985)
- CFD (Computational Fluid Dynamics)

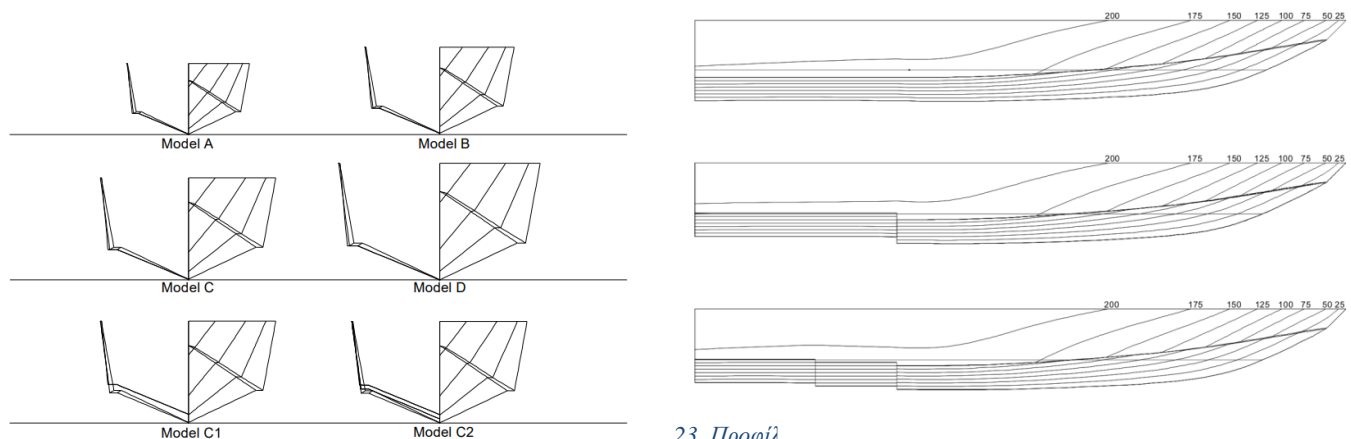
2.4 Συστηματική σειρά D. J. Taunton et al. Series 2011

Το 2011 δημιουργήθηκε από μια ερευνητική ομάδα, μια σειρά ολισθάκατου με σκληρή ακμή ώστε να μελετηθούν οι επιδόσεις τους σε ήρεμο νερό αλλά και σε συνθήκες κύματος. Αυτή η μελέτη ως σκοπό είχε την κατανόηση της επίδρασης των διάφορων παραμέτρων, όπως η σχέση μήκους - βάρους. Στη μελέτη αυτή συμπεριλαμβάνεται ανάλυση δεδομένων από δεξαμενή μήκους 198 μέτρων, φάρδους 4.57 μέτρων, βυθίσματος 1.68 μέτρων και μέγιστης ταχύτητας ρυμούλκησης 15 μετρά το δευτερόλεπτο. Η συστηματική σειρά έχει 6 μοντέλα με λόγο μήκους –πλάτους που κυμαίνεται από 3.6-6.2, deadrise angle 22.5 μοίρες και συντελεστή ταχύτητας 1.75-6.77.

Model	A	B	C	D
L (m)	2.0	2.0	2.0	2.0
B (m)	0.32	0.39	0.46	0.53
T (m)	0.06	0.08	0.09	0.11
Δ (N)	119.25	175.83	243.4	321.95
$L/\nabla^{1/3}$	8.7	7.64	6.86	6.25
L/B	6.25	5.13	4.35	3.77
β°	22.5	22.5	22.5	22.5
LCG (%L)	0.33	0.33	0.33	0.33

1. Λεπτομέρειες μοντέλων.

[Πηγή: Characteristics of a series of high speed hard chine planing hulls. RINA publications]



22. Εγκάρσια τομή.

[Πηγή: Characteristics of a series of high speed hard chine planing hulls. RINA publications]

23. Προφίλ.

[Πηγή: Characteristics of a series of high speed hard chine planing hulls. RINA publications]

3. Υλικά και τεχνολογία

3.1 Σύνθετα υλικά

Τα σύνθετα υλικά χαρακτηρίζονται ως ομογενή υλικά παραγμένα από τον συνδυασμό δυο ή περισσότερων υλικών και με τη χρήση κατάλληλης μήτρας οργανικής, μεταλλικής ή κεραμικής επιτυγχάνεται η ομογενοποίηση τους με αποτέλεσμα την δημιουργία συγκεκριμένων ιδιοτήτων στο σύνθετο υλικό.

Μια ειδική ομάδα σύνθετων υλικών είναι αυτή των fiber reinforced composites, η οποία αποτελείται από την σύνθεση τριών βασικών κατηγοριών.

1. Ενισχυμένα με ίνες υφάσματα (Reinforcements).
2. Ρητίνη (Matrix).
3. Πυρήνας (Core Material).

Στην βιομηχανία κατασκευής σκαφών το πιο σύνηθες υλικό που χρησιμοποιείται είναι το νήμα γυαλιού, το οποίο μπορεί να μην είναι αυτό με τα καλύτερα χαρακτηριστικά, όμως είναι το ιδανικό συγκριτικά με το κόστος κατασκευής, την αντοχή του υλικού αλλά και την ευκολία διαχείρισης αυτού. Έτσι, είναι το πλέον διαδεδομένο υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τουριστικών σκαφών.

Οι ρητίνες είναι από τα πιο δύσκολα κομμάτια των fiber reinforced composites, όχι μόνο για να κατανοηθούν αλλά και να εφαρμοστούν από σχεδιαστές και κατασκευαστές. Παρόλα αυτά, με τη βοήθεια των χημικών μηχανικών, η πλέον κατάλληλη ρητίνη για τουριστικά σκάφη είναι αυτή του πολυεστέρα, αφού είναι αυτή που, όπως και το νήμα γυαλιού, δίνει την καλύτερη σύνθεση μεταξύ κόστους κατασκευής και αντοχής.

Το υλικό του πυρήνα έχει εμφανή θετικά αποτελέσματα στην κατασκευή σκαφών από σκάφη 10 μετρά και πάνω. Υλικό ενός πυρήνα θεωρείται οποιοδήποτε έχει την ικανότητα να διαχωρίσει ένα ελασματοποιημένο κέλυφος και να μεταφέρει τις δυνάμεις διάτμησης κατά το μήκος του sandwich. Τα υλικά πυρήνα διαχωρίζονται σε φυσικά, όπως ξύλο μπάλσα ή κόντρα πλακέ θαλάσσης αλλά και σε τεχνητά υλικά, όπως τεχνητή κηρήθρα αλλά και πολυβινυλοχλωρίδιο σε μορφή αφρού.

Τα κύρια πλεονεκτήματα από την ανάπτυξη σύνθετων υλικών είναι:

1. Καλές μηχανικές ιδιότητες
2. Μικρό βάρος κατασκευής
3. Αντιδιαβρωτικές ιδιότητες
4. Μεγάλη διάρκεια ζωής
5. Μικρές απαιτήσεις συντήρησης
6. Μπορούν να συνδυαστούν πολλά υλικά λόγω ύπαρξης της ρητίνης
7. Ενεργειακά οικονομικός τρόπος κατασκευής

3.2 Υφάσματα ενισχυμένα με ίνες

3.2.1 Τύποι υφασμάτων

1. Chopped Strand Mat (CSM): Μικρές ίνες 4-5 εκατοστών χωρίς συγκεκριμένη κατεύθυνση οπού συγκρατούνται από ένα απλό συνδετικό υλικό.
2. Unidirectional Roving (UDR): Νήματα από ίνες που συγκρατούνται από μια ραφή.
3. Woven Roving (WR): Νήματα από ίνες που συγκρατούνται από μια ύφανση.
4. Biaxial Roving (BR): Διπλή στρώση από UDR με κατεύθυνση 0° και 90° .
5. Triaxial Roving (TR): Τριπλή στρώση από UDR με κατεύθυνση 0° , 45° και 90° .
6. Rove-Mat (RM): Woven roving και biaxial ή triaxial ραμμένα σε μια στρώση chopped stand mat

3.2.2 Υαλόνημα (Glass fiber).

Το υαλόνημα ευθύνεται για το 90% της παραγωγής FRP γιατί είναι φθηνό στην παραγωγή και έχει καλή αναλογία στη σχέση αντοχής - βάρους καθώς επίσης έχει και εξαιρετικά αντιδιαβρωτικά χαρακτηριστικά. Για την κατασκευή ινών γυαλιού, χύνεται λιωμένο γυαλί σε διαστάσεις από 5 έως 25 μικρόμετρα. Στη συνέχεια τα μεμονωμένα νήματα κόβονται σε συγκεκριμένες διαστάσεις για την ομοιομορφία τους. Αυτό έχει ως σκοπό το να λειτουργήσει ως παράγοντας σύζευξης κατά την διάρκεια εμποτισμού με ρητίνη. Το πιο σύνηθες υαλόνημα που χρησιμοποιείται στην ναυπήγηση είναι το e-glass ή electrical glass το οποίο στη χημική του σύνθεση περιέχει οξείδιο της σιλικόνης, ασβέστιο, μαγνήσιο και βόριο, το οποίο και του δίνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως την αντίσταση του σε θερμική αγωγιμότητα, αντίσταση στην τριβή, αλλά και σε δονήσεις.

3.2.3 Κεβλαρ (Aramid fiber).

Η πιο γνωστή μορφή του αρμιδίου είναι το Kevlar και οι ιδιότητες που το χαρακτηρίζουν είναι το χαμηλό βάρος, η υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό, αντοχή σε κρούση και κόπωση αλλά και η ιδιότητα του να μπορεί να πάρει διάφορες μορφές πλέξης προσδίδοντας τα χαρακτηριστικά που χρειάζονται για κάθε εφαρμογή. Τα αρμίδια δεν έχουν τόσο καλή απόδοση στη συμπίεση καθώς παρουσιάζουν μη γραμμική συμπεριφορά σε χαμηλές τιμές παραμόρφωσης σε σχέση με το γυαλί. Αυτό, όμως, μπορεί να ξεπεραστεί με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά πλέξης που διαθέτει, και με κατάλληλο σχεδιασμό για να υπάρχουν σωστά αποτελέσματα.

3.2.3 Ίνες άνθρακα (Carbon fiber).

Το καρμπόν είναι το υλικό που προσφέρει τη μεγαλύτερη αντοχή και ακαμψία σε σχέση με όλα τα άλλα υλικά, όμως το κύριο ελάττωμα του είναι ότι δεν έχει καλή αντίσταση στη διάβρωση αλλά κυρίως σε θραύση σε αντίθεση με τα άλλα υλικά. Έτσι, το καρμπόν είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται σε σκάφη αποδόσεων ως μέρος της ενίσχυσης ή ολοκληρωτικά για σκάφη αγώνων καθώς είναι και ακριβό αλλά και απαιτητικό στην κατασκευή του.

3.3 Ρητίνες

3.3.1 Πολυεστέρας

Ο πολυεστέρας είναι μια κατηγορία πολυμερούς και είναι το πιο οικονομικό αλλά και το πιο εύκολο σε χρήση σύστημα ρητίνης που χρησιμοποιεί για παραγωγή σύνθετων υλικών καθώς είναι θερμοστατικό και δεν χρειάζεται ιδιαίτερες εγκαταστάσεις ώστε να σκληρύνει. Οι ακόρεστοι πολυεστέρες αποτελούνται από ακόρεστα υλικά όπως ο ανυδρίτης ή το φουμαρικό οξύ, το οποίο διαλύεται σε ένα δραστικό μονομερές, όπως το στυρένιο, ώστε να διαμορφωθεί το τελικό προϊόν. Οι περισσότεροι πολυεστέρες είναι ανασταλτικοί προς τον αέρα και δεν σκληραίνουν. Για να γίνει αυτό, προστίθεται παραφίνη στην σύνθεση του, η οποία δημιουργεί μια στρώση στην επιφάνεια της και επιτρέπει την διαδικασία σκλήρυνσης του συστήματος. Αυτή η διαδικασία δημιουργεί όμως, το πρόβλημα του ότι για να γίνει δευτερογενή συγκόλληση, να προστεθεί δηλαδή άλλη στρώση, θα πρέπει το κερύ που δημιουργείται από την παραφίνη να αφαιρεθεί με το χέρι. Έτσι, αυτού του τύπου οι πολυεστέρες δεν συνιστώνται για μεγάλες κατασκευές, όπως σκάφη. Για αυτό στην βιομηχανία χρησιμοποιούνται μη αναστελλόμενες από τον αέρα ρητίνες.

Τέτοιοι πολυεστέρες είναι οι ορθοφθαλικοί και ισοφθαλικοί πολυεστέρες. Οι ορθό - ρητίνες είναι οι πρώτες πολυεστερικές ρητίνες που δημιουργήθηκαν και είναι ευρέως γνωστές ακόμα και σήμερα. Έχουν περιορισμένη θερμική ισορροπία καθώς και χημική αντοχή και έχουν αρκετούς περιορισμούς στη διαδικασία εφαρμογής τους. Οι ίσο - ρητίνες έχουν γενικά καλύτερες μηχανικές ιδιότητες αλλά προσφέρουν και αρκετά καλύτερη χημική αντίσταση σε σχέση με της ορθό - ρητίνες. Επίσης έχουν μεγάλη αντίσταση σε διείσδυση νερού για αυτόν το λόγο χρησιμοποιούνται ευρέως στην ναυπηγική.

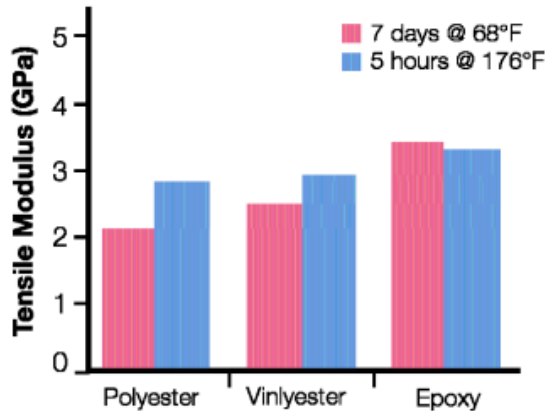
3.3.2 Βινυλεστέρας

Ο βινυλεστέρας είναι μια ρητίνη η οποία παράγεται από την εστεροποίηση της εποξειδικής ρητίνης με ένα μονολειτουργικό ακόρεστο οξύ όπως είναι το ακρυλικό ή μεθακρυλικό οξύ. Ο ορός βηρύλλιο αναφέρεται στα υποκατάστατα του εστέρα, που είναι πιο επιρρεπής στον πολυμερισμό και για αυτό και πάντα προστίθεται ένας αναστολέας ώστε να σταθεροποιηθεί. Στην συνέχεια το πολυμερές που δημιουργείται διαλύεται με ένα δραστικό μονομερές όπως το στυρένιο ώστε να διαμορφωθεί το τελικό προϊόν. Ο χειρισμός καθώς και τα κύρια χαρακτηριστικά του βινυλεστέρας είναι παρόμοια με του πολυεστέρα, όμως, τα κύρια πλεονεκτήματα που έχει σε σχέση με τον πολυεστέρα είναι η καλύτερη αντίσταση διάβρωσης, η μειωμένη υδατοπερατότητα σε σχέση με τον πολυεστέρα καθώς και εξαιρετικές μηχανικές ικανότητες, όπως μμεγάλη αντοχή σε θραύση και κρούση, κάτι που εξηγεί και την αυξημένη τιμή του σε σχέση με το πολυεστέρα.

3.3.3 Εποξειδική ρητίνη

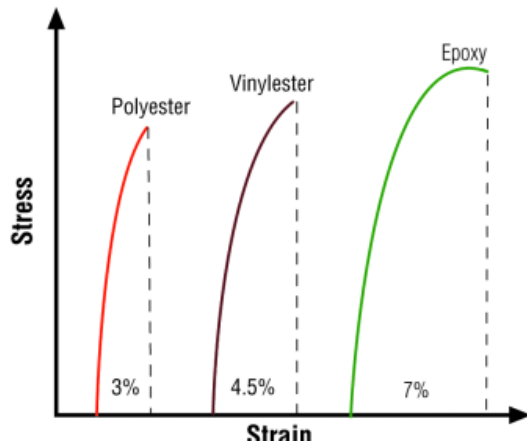
Η Εποξειδική ρητίνη κατατάσσεται στα πολυεποξειδικά που είναι μια ομάδα από αντιδραστικά προπολυμερή και πολυμερή που περιέχουν εποξειδικές ομάδες. Οι εποξειδικές ρητίνες μπορούν να αντιδράσουν είτε με τον εαυτό τους μέσω καταλυτικού ομοπολυμερισμού, είτε με ένα ευρύ φάσμα συναντιδρώντων συμπεριλαμβανομένων πολυλειτουργικών αμινοξέων, φαινόλων, αλκοολών και θειόλων. Αυτά τα συναντιδρόντα συχνά αναφέρονται ως σκληρυντικά και η αντίδραση διασύνδεσης αναφέρεται συνήθως ως σκλήρυνση. Οι εποξειδικές ρητίνες έχουν τα πιο αποδοτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με όλες τις ρητίνες που χρησιμοποιούνται στην ναυπηγική

και είναι το γνωστότερο υλικό μήτρας όσον αφορά τα αγωνιστικά σκάφη. Τα κύρια πλεονεκτήματα είναι η αυξημένη αντοχή και ακαμψία, η ικανότητα συγκόλλησης στα υφάσματα ενίσχυσης αλλά και στον πυρήνα, η βελτιούμενη αντοχή σε κόπωση και μικρό ρωγμές, μειωμένη υδατοπερατότητα σε σχέση με τα άλλα δυο είδη καθώς και αντίσταση στην ώσμωση. Τα κύρια μειονεκτήματα της εποξειδικής ρητίνης είναι η δυσκολία στην διαχείριση καθώς χρειάζονται ιδιαίτερες εγκαταστάσεις, αλλά και μικρή αντοχή σε θραύση.



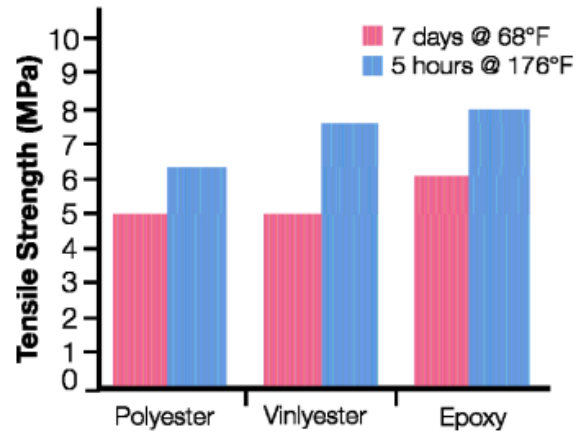
2. Συγκριτική ακαμψία των ρητινών ανάλογα την θερμοκρασία που έχουν σκληρύνει.

[Πηγή: : *The Advantages of Epoxy Resin versus Polyester in Marine Composite Structures. Sp resins.*



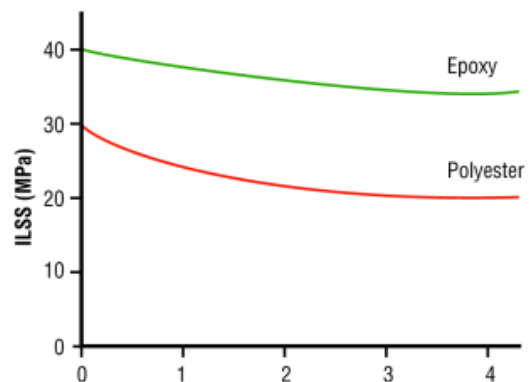
5. Τυπικό γράφημα καταπόνησης - τάσης για ρητίνες που έχουν σκληρύνει για 5 ώρες στους 80° C.

[Πηγή: : *The Advantages of Epoxy Resin versus Polyester in Marine Composite Structures. Sp resins.*



4. Συγκριτική αντοχή στον των ρητινών ανάλογα την θερμοκρασία που έχουν σκληρύνει.

[Πηγή: : *The Advantages of Epoxy Resin versus Polyester in Marine Composite Structures. Sp resins.*



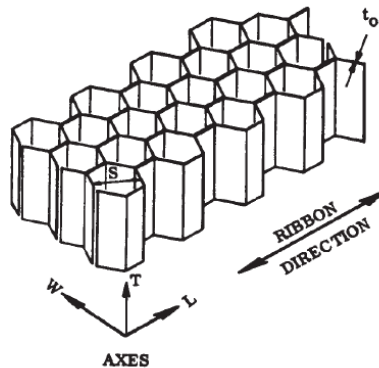
6. Επίδραση της διελαστικής αντοχής διάτμησης των ρητινών, βυθισμένο σε νερό θερμοκρασίας 100° C.

[Πηγή: : *The Advantages of Epoxy Resin versus Polyester in Marine Composite Structures. Sp resins.*

3.4 Πυρήνες

3.4.1 Honeycomb

Το Honeycomb είναι μια σειρά από κελιά, φωλιασμένα μεταξύ τους για να σχηματίσουν πάνελ παρόμοια σε εμφάνιση με τη φέτα διατομής μιας κυψέλης. Στη διευρυμένη μορφή του, το Honeycomb είναι 90-99 % κενός χώρος. Το honeycomb έχει πολύ καλή αντίσταση στη φωτιά, είναι εύκαμπτο, είναι ελαφρύ και έχει καλή αντοχή στην κρούση. Προσφέρει την καλύτερη αναλογία αντοχής - βάρους. Το honeycomb χρησιμοποιείται κυρίως για δομικές εφαρμογές στην αεροδιαστημική βιομηχανία καθώς και σε αγωνιστικά σκάφη υψηλών αποδόσεων.

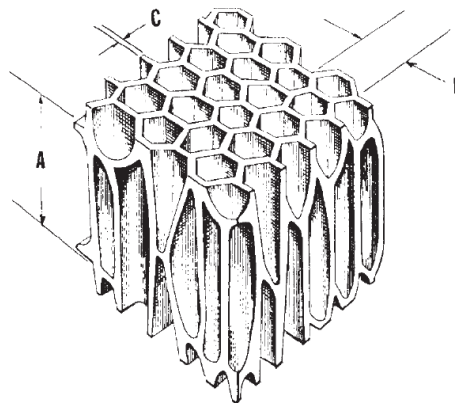


24. Γεωμετρία εξάγωνου Honeycomb.

[Πηγή: Marine Composites second edition, Eric Greene and associates.]

3.4.2 Ξύλο Μπάλσα

Το ξύλο Μπάλσα είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιημένο υλικό πυρήνα. Είναι ένας φυσικός πυρήνας υψηλής αντοχής και αρκετά φθηνός σε σχέση με το honeycomb. Η αντοχή αυτή του υλικού επιτυγχάνεται, επειδή σε μικροσκοπικό επίπεδο έχει δομή τύπου κηρήθρας, ενώ ακόμα ένα προτέρημα του είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε επιφάνειες που αποτελούνται από δύσκολες καμπύλες.



26. Γεωμετρία ξύλου balsa σε μοριακό επίπεδο. $A_{avg}=6350$ micrometers, $B_{avg}=320$ micrometers, $C_{avg}=15.24$ micrometers. .

[Πηγή: Marine Composites second edition, Eric Greene and associates.]

3.4.3.1 Cross linked pvc foam

Οι πολυβινυλικοί αφροί σε μορφή πυρήνα κατασκευάζονται από τον συνδυασμό πολυβινυλικού συμπολυμερούς με σταθεροποιητές, πλαστικοποιητές, ενώτη διασυνδέσεως και παράγοντες διόγκωσης. Το μείγμα αυτό θερμαίνεται υπό πίεση ώστε να ενεργοποιηθούν οι ενώτες διασυνδέσεως και ύστερα βυθίζεται σε ζεστό νερό ώστε να επεκταθεί στην επιθυμητή πυκνότητα. Το τελικό προϊόν κατανέμεται στα θερμοπλαστικά, το οποίο του επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί και σε επιφάνειες που αποτελούνται από δύσκολες καμπύλες, όπως το ξύλο μπάλσα.

3.4.3.2 Linear pvc foam

Οι γραμμικοί αφροί πολυβινυλίου έχουν ιδιαίτερες ιδιότητες λόγω της μη συνδεδεμένης μοριακής δομής τους. Σε σύγκριση με το cross linked pvc foam οι ως άνω έχουν λιγότερο ευνοϊκές στατικές ιδιότητες αλλά ένα πλεονέκτημα τους είναι η καλή αντίσταση στην αστοχία όπως και ότι μπορούν να δεχθούν σημαντικές μετατοπίσεις πριν συμβεί αυτή. Οι αφροί pvc έχουν μειωμένη υδατοπερατότητα και κακή αντίσταση σε θερμότητα.

3.5 Μέθοδοι κατασκευής

Για την παραγωγή σκαφών με σύνθετα υλικά οι βιομηχανίες παραγωγής σκαφών έχουν αναπτύξει διάφορους τρόπους με κύριο μέλημα να μειώσουν τα έξοδα παραγωγής, να αυξήσουν την παραγωγικότητα και να επιδείξουν καλή ποιότητα στο τελικό προϊόν. Κάθε διαδικασία παραγωγής έχει είτε μικρό κόστος επένδυσης, όσον αφορά στον εξοπλισμό αλλά μεγάλο κόστος σε εργατοώρες ή μεγάλο κόστος επένδυσης για εξοπλισμό με μικρότερο κόστος σε εργατοώρες. Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές είναι οι εξής:

1. Με ψεκασμό:

Ο πιο οικονομικός τρόπος παραγωγής για μεγάλες ποσότητες σκαφών. Ψιλοκομμένες ίνες γυαλιού μαζί με κατάλληλη ποσότητα ρητίνης διοχετεύονται ταυτόχρονα πάνω σε ένα ανοιχτό καλούπι. Το τελικό αποτέλεσμα έχει κακή ποιότητα λόγω της υψηλής ποσότητας ρητίνης αλλά είναι ο πιο οικονομικός τρόπος να δημιουργηθεί μια σειρά παραγωγής.

2. Τοποθέτηση στο χέρι σε ανοιχτό καλούπι:

Είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος δημιουργίας σκαφών και σύνθετων υλικών, είναι απλός και αποτελεσματικός χωρίς να υπάρχουν σημαντικές πιθανότητες για αστοχία. Επίσης, είναι ο πιο οικονομικός τρόπος παραγωγής, όσον αφορά στο κόστος της επένδυσης, αφού χρειάζεται μόνο ένα ανοιχτό καλούπι για να μπορέσει να ετοιμαστεί το προϊόν. Σε αυτή τη διαδικασία τα υφάσματα ενίσχυσης κόβονται σε συγκεκριμένα μεγέθη και αφού το καλούπι έχει προετοιμαστεί κερώνοντάς το και με την χρήση μιας στρώσης gel coat, τοποθετούνται το ένα μετά το άλλο αφού εμποτίζονται με ρητίνη και πατιούνται με ανοξείδωτα ρολά. Το τελικό αποτέλεσμα έχει κακή ποιότητα λόγω της μεγάλης ποσότητας ρητίνης.

3. Τοποθέτηση στο χέρι σε ανοιχτό καλούπι με βοήθεια σακούλας κενού.

Η προηγούμενη διαδικασία που αναφέραμε μπορεί να βελτιωθεί με μικρό σχετικά κόστος προσθέτοντας την τεχνολογία σακούλας κενού. Αφού ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία το καλούπι σφραγίζεται με μια σακούλα που με ένα ειδικό μηχάνημα διώχνουμε τον αέρα μέσα από το καλούπι και δημιουργούμε ένα κενό αέρος. Έτσι, η ατμοσφαιρική πίεση τραβάει το υλικό έγχυσης στο κέλυφος του καλουπιού και η πλεονάζουσα ρητίνη διοχετεύεται εκτός αυτού. Αυτή η μικρή αλλαγή προσφέρει ιδιαίτερα καλές ιδιότητες στην αντοχή ενός σκάφους.

4. Έγχυση ρητίνης υπό κενό αέρος.

Η διαδικασία αυτή έχει την διαφορά ότι οι ενισχύσεις τον υφασμάτων, ακόμα και ο πυρήνας, εάν αυτός χρησιμοποιείται, τοποθετούνται χωρίς ρητίνη στο καλούπι. Ύστερα δημιουργείται η ίδια διαδικασία κενού αέρος και με διάφορους σωλήνες καθώς και ένα ειδικό ύφασμα τοποθετημένο εσωτερικά στη σακούλα κενού, αλλά πάνω από τις ενισχύσεις, διοχετεύεται η ρητίνη από την ίδια απορροφητική δύναμη. Το τελικό αποτέλεσμα είναι καλύτερο από όλες τις παραπάνω διαδικασίες, αφού έχει την ελάχιστη δυνατή ρητίνη που προσδίδει στις ενισχύσεις τα καλύτερα δυνατά χαρακτηριστικά.



28. Καλούπι ανοιχτού τύπου για ταχύπλοο σκάφος.

[Πηγή: : <https://www.sportsmanboatsmfg.com/>]

4. Γενική διάταξη και εσωτερική σχεδίαση

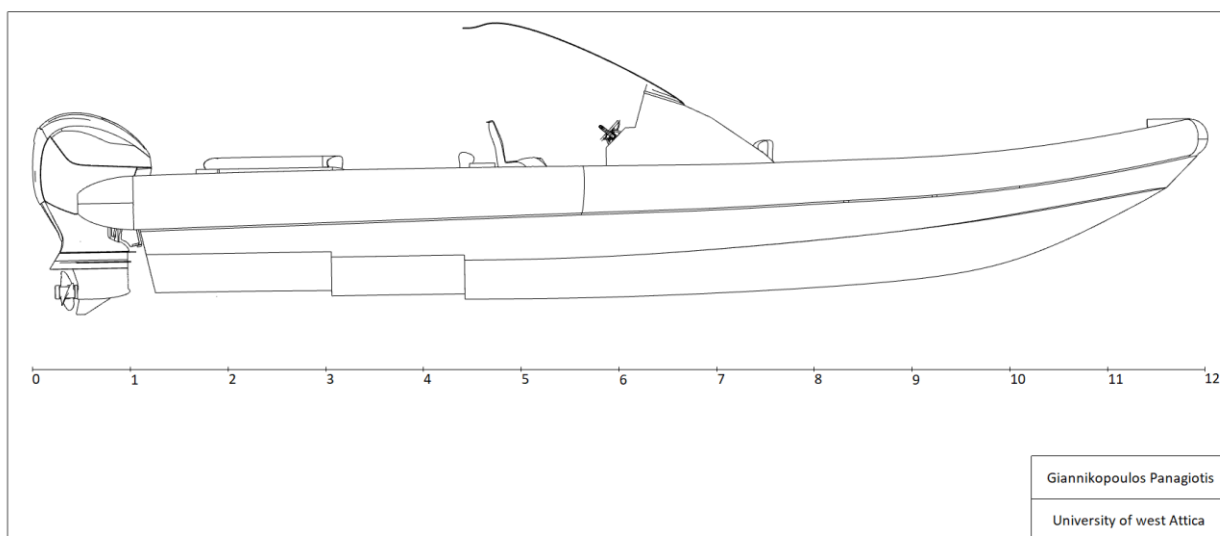
Το συγκεκριμένο κεφάλαιο θα έχει μορφή τεχνικής έκθεσης. Σκοπός της εργασίας είναι να σχεδιαστεί ένα φουσκωτό σκάφος συνολικού μήκους 12 μέτρων, χρησιμοποιώντας στοιχεία από την συστηματική σειρά D. J. Taunton et al. Series 201, η οποία δημιουργήθηκε στο Πανεπιστήμιο του Southampton, καθώς και να γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές για την υποστήριξη και σωστή λειτουργία των αεροθάλαμων. Στη συγκεκριμένη τεχνική έκθεση θα παρουσιαστούν τα εξής:

1. Η γενική διάταξη.
2. Η εξωτερική σχεδίαση του σκάφους.
3. Ο δομικός σχεδιασμός σύμφωνα με τον κανονισμό ISO 12215.
4. Οι υπολογισμοί αντοχής του σκάφους με υπολογιστικό φύλλο excel.

Η διαστάσεις του σκάφους καθώς και όλοι οι υπολογισμοί έχουν γίνει σύμφωνα με το ISO 8666 και ISO 12215 και η τελική ταχύτητα σχεδίασης του σκάφους είναι τα 50 Knots και το σκάφος έχει ως σκοπό να χρησιμοποιείται για θαλάσσιο τουρισμό. Η κατηγορία σχεδίασης του, σύμφωνα με το CE, είναι B, Offshore και έχει δυνατότητες να τα ταξιδεύει σε ανέμους έως 40 Knots καθώς και ύψος κύματος 3.9 μέτρα. Το σκάφος, επίσης, κατανέμεται στην κατηγορία ανοιχτού τύπου χωρίς κλειστή υπερκατασκευή, όμως, διαθέτει ανεμοθραύστη για την άνεση του πληρώματος καθώς και την προστασία από το νερό και τον αέρα.

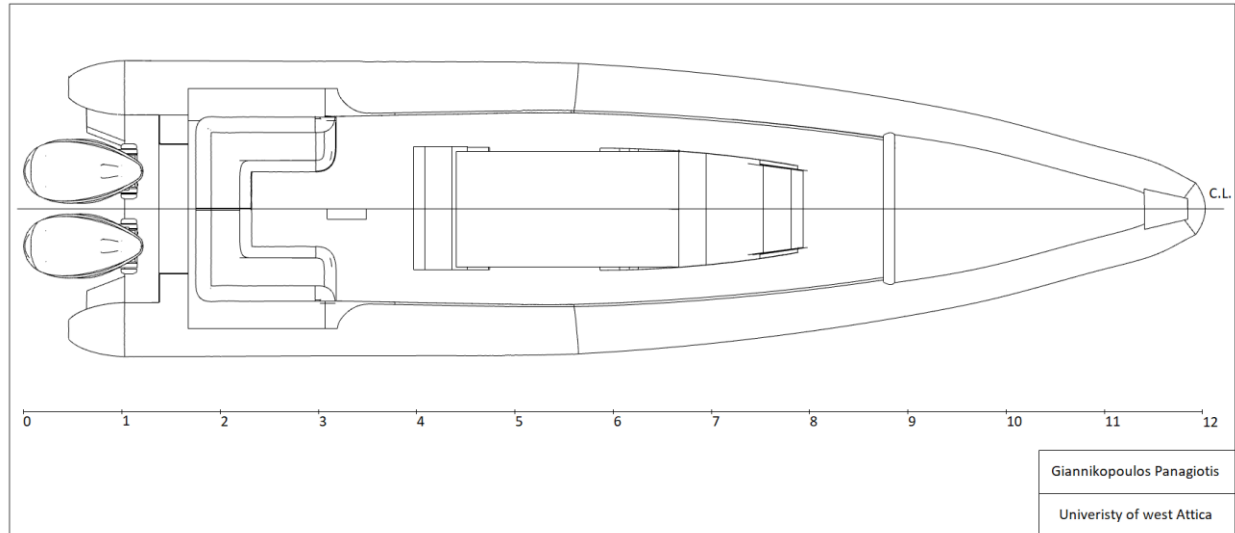
4.1 Γενική διάταξη

Στο ακόλουθο σχέδιο παρουσιάζεται το προφίλ του σκάφους, δηλαδή η γενική του διάταξη του καθώς και το κάθισμα οδηγού, το τιμόνι, ο ανεμοθραύστης και η κονσόλα.



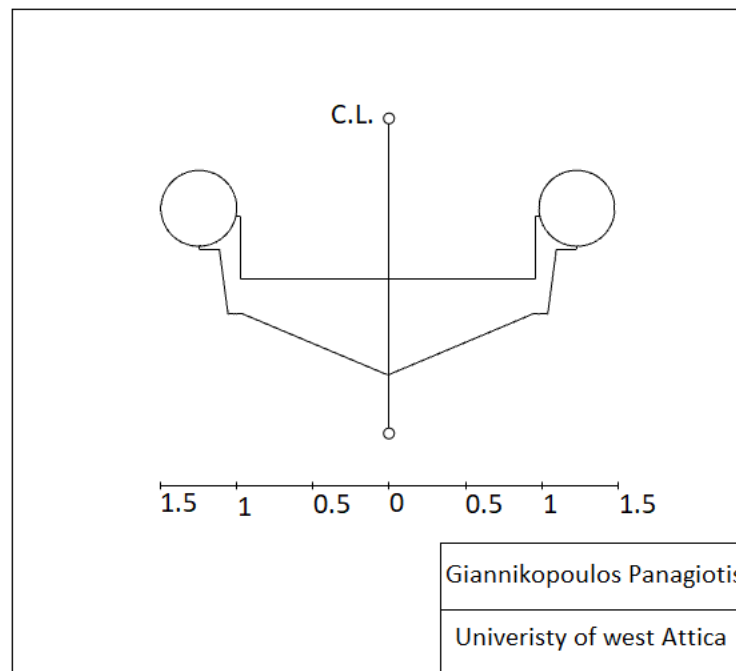
1. Σχέδιο Προφίλ.

Το ακόλουθο σχέδιο παρουσιάζει την κάτοψη του σκάφους όπου φαίνεται χαρακτηριστικά το μπροστινό sundeck, η κονσόλα με το κάθισμα της, το κάθισμα πίσω από αυτά, που χρησιμοποιείται και ως μικρή κουζίνα με ψυγείο και νιπτήρα, το πίσω κάθισμα τύπου Π, καθώς και πιο πίσω οι εξωλέμβιες μηχανές και ο χώρος που μπορεί κάποιος επιβάτης να εισέλθει και να εξέλθει από το νερό.



2. Σχέδιο Κάτοψης.

Το ακόλουθο σχέδιο παρουσιάζει την όψη μέσης τομής όπου φαίνεται η σχεδίαση της υποστήριξης των αεροθάλαμων.



3. Σχέδιο Μέσης τμήσης.

4.2 Εσωτερική σχεδίαση

Εκτός από την σχεδίαση σε δύο και τρεις διαστάσεις, για την καλύτερη κατανόηση των χώρων καθώς και την αισθητική του σκάφους, έχει γίνει μοντελοποίηση του τελευταίου σε φωτορεαλιστικό πρόγραμμα του Rhinoceros, το οποίο προσφέρει την δυνατότητα αλλαγής χρώματος σε όλα τα μέρη του σκάφους, παρουσίασης, άλλα και εξαγωγής φωτορεαλιστικών αποτυπώσεων για τον τρόπο αξιοποίησης των χώρων από ανθρώπους.



29. Μπροστινή όψη του σκάφους.



30. Διάταξη καθισμάτων.



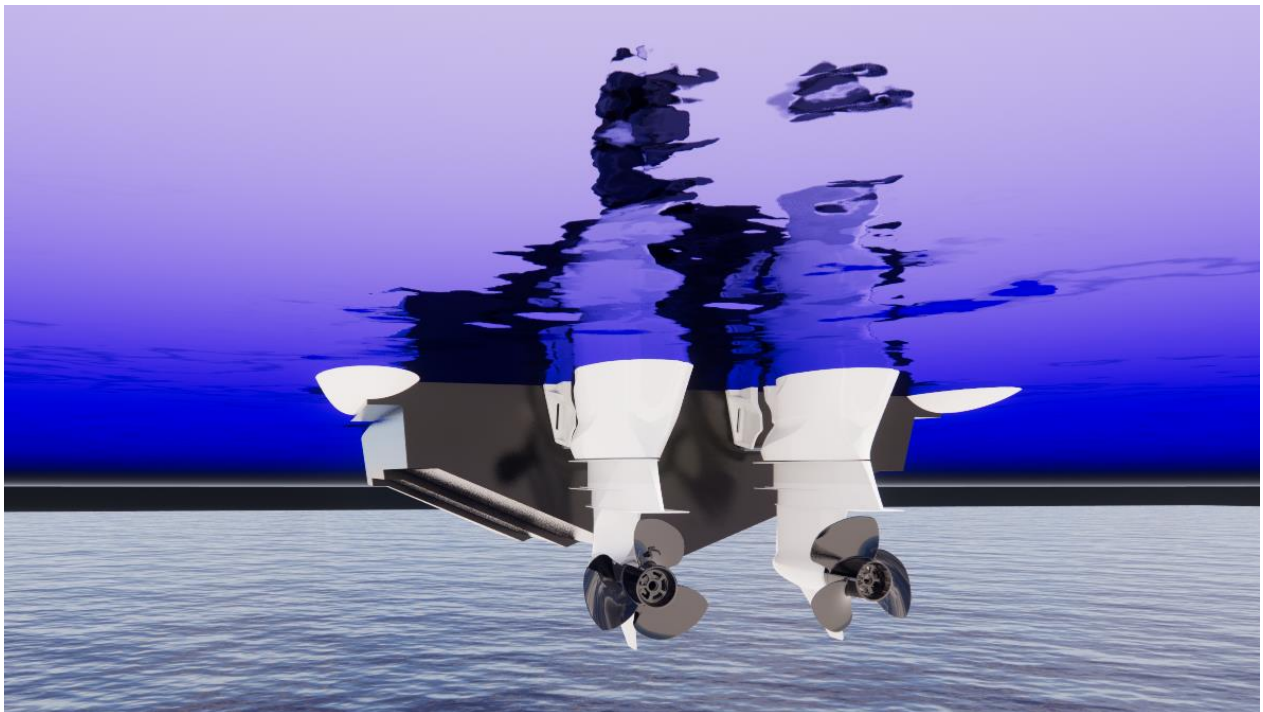
31. Μπροστινή όψη με 10 επιβάτες.



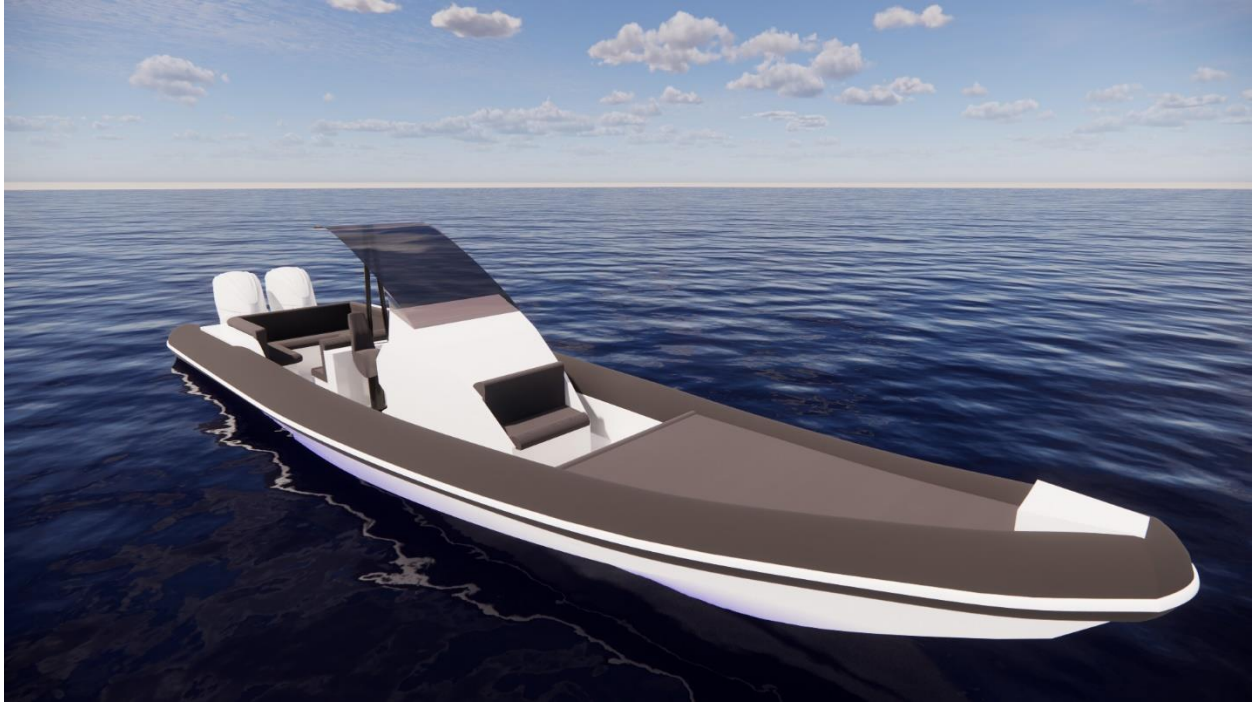
32. 2 επιβάτες στα καθίσματα οδηγού - συνοδηγού και 2 επιβάτες στο πίσω κάθισμα τύπου Π.



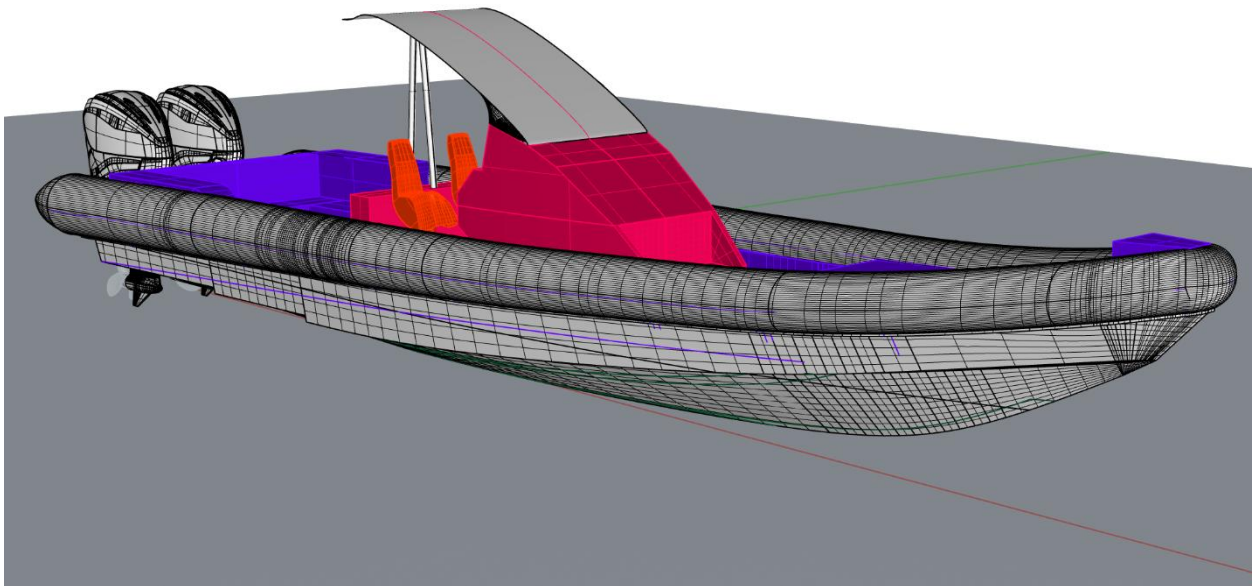
33. Πίσω όψη με 10 επιβάτες.



34. Κάτω από την ίσαλο γραμμή.



35. Αλλαγή στα χρώματα απεικόνισης του σκάφους.



36. Απεικόνιση τρισδιάστατης σχεδίασης.

5. Εφαρμογή του προτύπου ISO 12215.

Ο κανονισμός ISO 12215 ασχολείται με μικρά σκάφη και συγκεκριμένα με την κατασκευή της καρίνας και τη διαστασολόγηση όλων των στοιχείων της. Συγκεκριμένα, η δομή αυτού του προτύπου έχει σκέλη που το καθένα ασχολείται με ένα διαφορετικό κομμάτι.

1. Θερμοσκληρόμενες ρητίνες και ενίσχυση από ίνες γιαλού
2. Βασικά υλικά για κατασκευή σάντουιτς
3. Χάλυβας, Κράματα αλουμίνιου, ξύλο και άλλα υλικά
4. Εργαστήριο και κατασκευή
5. Πιέσεις σχεδιάσεις, τάσεις σχεδιασμού, δομικός προσδιορισμός
6. Δομική διαρρύθμιση και λεπτομερείς ενισχυτικών
7. Πιέσεις σχεδιάσεις για πολλαπλές καρίνες
8. Πηδάλια
9. Λεπτομερείς για ιστιοπλοϊκά σκάφη
10. Λεπτομέρειες για πιέσεις και στερέωση καταρτιού

Για την μελέτη του δομικού σχεδιασμού τα πρώτα τέσσερα κομμάτια είναι ενημερωτικά, ενώ το 5^ο και 6^ο κομμάτι χρησιμοποιούνται για τους απαραίτητους υπολογισμούς αντοχής.

Η δομή του ISO 12215-5 βάζει τον σχεδιαστή να διαλέξει τους διάφορους συντελεστές καθώς και τις κυρίες διαστάσεις του σκάφους και μέσω αυτού υπολογίζονται πρώτα οι πιέσεις σχεδιάσεις και ύστερα ο δομικός προσδιορισμός με τις ελάχιστες απαιτήσεις σε πάχος ανά mm και βάρος ενίσχυσης kg/m².

5.1 Συντελεστής κατηγορίας σχεδιασμού K_{DC}

Η κατηγορία σχεδίασης που επιλέγεται είναι B, offshore για ύψος κύματος έως 4 μετρά και άνεμο έως 8 Beaufort.

$$K_{DC}=0.8 \quad (1)$$

5.2 Συντελεστής δυναμικού φορτίου n_{cg}

Ο συντελεστής δυναμικού φορτίου έχει το όριο της ταχύτητας, το οποίο είναι για να προφυλάξει το πλήρωμα από απότομες επιταχύνσεις κρούσης, που για να αποτραπούν εγκαίρως θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν καθίσματα με ανάρτηση για απορρόφηση των κραδασμών.

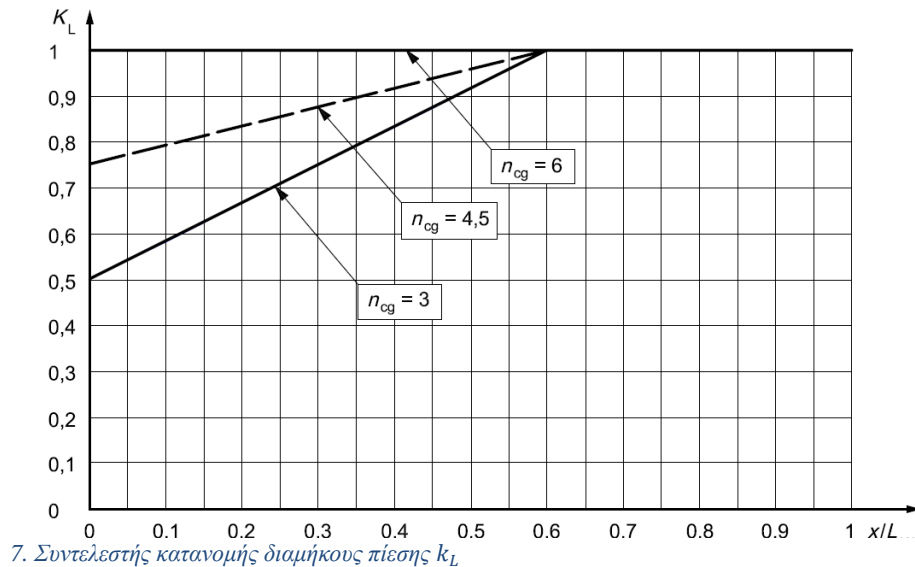
$$n_{cg} = 0.32 \left[\frac{L_{wl}}{10 \times B_c} + 0.084 \right] \times (50 - \beta_{0.4}) \times \frac{V^2 \times B_c^2}{m_{ldc}} = 10.64 \quad (2)$$

αν $n_{cg} \geq 3$ τότε

$$n_{cg} = \frac{0.5 \times V}{m_{ldc}^{0.17}} = 5.98 \quad (3)$$

5.3 Συντελεστής κατανομής διαμήκουσ πίεσης k_L

Ο συντελεστής κατανομής διαμήκουσ πίεσης λαμβάνει υπόψη τις διάφορες δυνάμεις πίεσης ανάλογα με τη θέση που μελετάμε το σκάφος.



Οπότε $k_L = 1$ (4)

5.4 Συντελεστής μείωσης πίεσης περιοχής k_{AR}

Συντελεστής μείωσης πίεσης περιοχής k_{AR} λαμβάνει υπόψη τις δυνάμεις πιέσεων σε πάνελ και ενισχυτικά.

$$k_{AR} = \frac{k_R \times 0.1 \times m_{LDC}^{0.15}}{A_D^{0.3}} \quad (5)$$

$$k_R = 1 \text{ για ταχύπλοα σκάφη}$$

A_D είναι το εμβαδόν ελάσματος:

$A_D = (l \times b) \times 10^{-6}$ αλλά όχι μεγαλύτερο από $2.5 \times b^2 \times 10^{-6}$ για plates.

$A_D = (l_u \times s) \times 10^{-6}$ αλλά όχι μικρότερο από $0.33 \times l_u^2 \times 10^{-6}$ για ενισχυτικά.

$k_{ARmin} = 0.25$ για ταχύπλοά σκάφη σε οποιοδήποτε σημείο μελετηθεί.

5.5 Συντελεστής μείωσης πίεσης πλευράς κύτους k_Z

Ο συντελεστής μείωσης πίεσης πλευράς κύτους k_Z λαμβάνει υπόψιν τη διαφορά μεταξύ πίεσης στο πάτωμα του σκάφους και πίεσης στο πλάι του σκάφους.

$$k_Z = \frac{Z-h}{Z} \quad (6)$$

Z είναι το ύψος από την κορυφή του καταστρώματος έως την ίσαλο γραμμή

h είναι το ύψος από κέντρου του κάθε πάνελ που αναλύεται έως την ίσαλο γραμμή

5.6 Πιέσεις σχεδίασης για ταχύπλοα σκάφη.

5.6.1 Πίεση πυθμένα σε κατάσταση εκτοπίσματος P_{BMD} .

Πίεση στον πυθμένα σε κατάσταση εκτοπίσματος:

$$P_{BMD} = P_{BMD \text{ BASE}} \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L \frac{Kn}{m^2} \quad (7)$$

$$P_{BMD \text{ MIN}} = m_{LDC}^{0.33} \times 0.9 \times L_{WL} \times k_{DC} \frac{Kn}{m^2} \quad (8)$$

$$P_{BMD\ BASE} = 2.4 \times m_{LDC}^{0.33} + 20 \frac{Kn}{m^2} \quad (9)$$

5.6.2 Πίεση πυθμένα σε κατάσταση ολίσθησης P_{BMP}

Πίεση στον πυθμένα σε κατάσταση ολίσθησης:

$$P_{BMP} = P_{BMP\ BASE} \times k_{AR} \times k_L \frac{Kn}{m^2} \quad (10)$$

$$P_{BM\ MIN} = m_{LDC}^{0.33} \times 0.9 \times L_{WL} \times k_{DC} \frac{Kn}{m^2} \quad (11)$$

$$P_{BM\ MIN} = \frac{0.1 \times m_{LDC}}{L_{WL} \times B_C} \times (1 + K_{DC}^{0.5} \times n_{cg}) \frac{Kn}{m^2} \quad (12)$$

5.6.3 Πίεση πλευράς κύτους σε κατάσταση εκτοπίσματος P_{SMD}

Η πίεση σχεδίασης σε κατάσταση εκτοπίσματος στην πλευρά του κύτους P_{SMD} είναι η μεγαλύτερη των:

$$P_{SMD} = [P_{DM\ BASE} + k_Z \times (P_{BMD\ BASE} - P_{DM\ BASE})] \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L \frac{Kn}{m^2} \quad (13)$$

$$P_{SM\ min} = 0.9 \times L_{WL} \times k_{DC} \frac{Kn}{m^2} \quad (14)$$

$$P_{DM\ BASE} = 0.35 \times L_{WL} + 14.6 \frac{Kn}{m^2} \quad (18)$$

5.6.4 Πίεση πλευράς κύτους σε κατάσταση ολίσθησης P_{SMP}

Η πίεση σχεδίασης σε κατάσταση ολίσθησης στην πλευρά του κύτους P_{SMP} είναι η μεγαλύτερη των:

$$P_{SMP} = [P_{DM\ BASE} + k_Z \times (0.25 \times P_{BMP\ BASE} - P_{DM\ BASE})] \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L \frac{Kn}{m^2} \quad (15)$$

$$P_{SM\ min} = 0.9 \times L_{WL} \times k_{DC} \frac{Kn}{m^2} \quad (14)$$

$$P_{DM\,BASE} = 0,35 \times L_{WL} + 14,6 \frac{Kn}{m^2} \quad (18)$$

5.6.5 Πίεση καταστρώματος P_{DM}

Η πίεση καταστρώματος P_{DM} θα είναι το μεγαλύτερο των:

$$P_{DM} = P_{DM\,BASE} \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L \frac{Kn}{m^2} \quad (16)$$

$$P_{DM\,min} = 5 \frac{Kn}{m^2} \quad (17)$$

$$P_{DM\,BASE} = 0,35 \times L_{WL} + 14,6 \frac{Kn}{m^2} \quad (18)$$

5.6.6 Πίεση υπερκατασκευών $P_{SUP\,M}$

Η πίεση υπερκατασκευών $P_{SUP\,M}$ θα είναι το μεγαλύτερο των:

$$P_{SUP\,M} = P_{DM\,BASE} \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_{SUP} \frac{Kn}{m^2} \quad (19)$$

$$P_{DM\,min} = 5 \frac{Kn}{m^2} \quad (17)$$

$$P_{DM\,BASE} = 0,35 \times L_{WL} + 14,6 \frac{Kn}{m^2} \quad (18)$$

5.6.7 Εσωτερική πίεση σχεδίασης δοχείου καυσίμου.

Η πίεση σχεδίασης δοχείου καυσίμου P_{tb}

$$P_{tb} = 10 \times h_b \frac{Kn}{m^2} \quad (19)$$

5.6.8 Πίεση σχεδίασης υδατοστεγούς φράκτη.

Η πίεση σχεδίασης υδατοστεγούς φράκτη P_{wb}

$$P_{wb} = 7 \times h_b \frac{Kn}{m^2} \quad (20)$$

h_b είναι το υψος που φτάνει το νερό.

Οι τιμές των P είναι μεταβλητές αφού λαμβάνουν υπόψιν τους διάφορους συντελεστές. Έτσι, οι τιμές του θα φαίνονται στο συγκεντρωτικό υπολογιστικό φύλο excel.

5.7 Συντελεστής λόγου πλάτους μήκους για αντοχή και στιβαρότητα k_2 και k_3 .

$$k_2 = \frac{0,271 \times \frac{l^2}{b} + 0,910 \times \frac{l}{b} - 0,554}{\frac{l^2}{b} - 0,313 \times \frac{l}{b} + 1,351} \quad (21)$$

$$k_3 = \frac{0,027 \times \frac{l^2}{b} - 0,029 \times \frac{l}{b} + 0,011}{\frac{l^2}{b} - 1,463 \times \frac{l}{b} + 1,108} \quad (22)$$

5.8 Συντελεστής καμπυλότητας k_c

Στην περίπτωση που μελετάμε δεν υπάρχει σημαντική καμπυλότητα αφού για την χειρότερη περίπτωση ο k_c είναι ίσος με 1.

5.9 Δύναμη διάτμησης και ροπή κάμψης σε ένα πάνελ.

Η δύναμη διάτμησης και ροπή κάμψης στο μέσο ενός πάνελ υπολογίζονται από τις εξής σχέσεις.

$$F_d = \sqrt{k_c} \times k_{SHC} \times P \times b \times 10^{-3} \text{ N} \quad (23)$$

$$M_d = 83.33 \times k_c^2 \times 2k_2 \times P \times b^2 \times 10^{-6} \text{ N} \quad (24)$$

5.10 Απαιτήσεις σχεδίασης για FRP single-skin

Η τάση σχεδίασης ισούται με:

$$\sigma_d = 0.5 \times \sigma_{uf} \quad (25)$$

σ_{uf} είναι η ελάχιστη αντοχή σε κάμψη του ενισχυτικού υλικού σύμφωνα με το annex C του ISO 12215.

Το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος είναι:

$$t = b \times k_c \times \sqrt{\frac{P \times k_2}{1000 \times \sigma_d}} \text{ mm} \quad (26)$$

Το ελάχιστο απαιτούμενο βάρος των υφασμάτων γυαλιού είναι:

$$w_{min} = 0.43 \times k_5 \times (A + k_7 + V + k_8 \times m_{LDC}^{0.33}) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad (27)$$

Όπου:

$k_5 = 1$ για ενισχυση 50% με e-glass.

$k_7 = 0.03$ για τον πυθμένα.

$k_7 = 0$ για το καταστρώμα και τα έξαλα.

$k_8 = 0.15$ για όλες τις περιπτώσεις με χρήση FRP.

5.11 Απαιτήσεις σχεδίασης για ενισχυτικά.

5.11.1 Συντελεστής περιοχής διάτμησης.

Ο συντελεστής περιοχής διάτμησης k_{SA} για ενισχυτικά τα οποία συγκολλούνται με τα πάνελ είναι:

$$k_{SA} = 5 \quad (28)$$

5.11.2 Τάσεις σχεδίασης για ενισχυτικά

Η τιμή της διατμητικής τάσης σχεδίασης t_d είναι:

$$t_d = 0.5t_u \quad (29)$$

t_u είναι η διατμητική τάση του ενισχυτικού υλικού με το annex C του ISO 12215.

Η τιμή της τάσης εφελκυσμού και τάσης συμπίεσης σ_d είναι:

$$\sigma_d = 0.5\sigma_{ut} \text{ and } 0.5\sigma_{uc} \quad (30)$$

σ_{ut} είναι η τάση εφελκυσμού του ενισχυτικού υλικού με το annex C του ISO 12215.

σ_{uc} είναι η τάση συμπίεσης του ενισχυτικού υλικού με το annex C του ISO 12215.

5.11.3 Ελάχιστη επιφάνεια διάτμησης A_w και ελάχιστη ροπή αντίστασης SM

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη επιφάνεια διάτμησης A_w και ροπή αντίστασης SM είναι:

$$A_w = \frac{k_{SA} \times P \times S \times l_U}{\tau_d} \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \quad (31)$$

$$SM = \frac{83.33 \times k_{CS} \times P \times S \times l_U^2}{\sigma_d} \times 10^{-9} \text{ cm}^3 \quad (32)$$

A_w είναι η επιφάνεια διάτμησης, δηλαδή η διατομή του ενισχυτικού.

5.11.4 Ελάχιστη 2^η ροπή αδράνειας.

Η ελάχιστη 2^η ροπή αδράνειας συμπεριλαμβανομένου του effective plating

$$I = \frac{26 \times k_{CS}^{1.5} \times P \times S \times l_U^3}{k_{1S} \times E_{tc}} 10^{-11} \text{ cm}^4 \quad (33)$$

E_{tc} είναι ο συντελεστής ελαστικότητας σύμφωνα με το Annex C.

$k_{1S} = 0.05$ είναι ο συντελεστής παρεκκλίσεως για τα ενισχυτικά.

5.11.5 Δύναμη διάτμησης και ροπή κάμψης σε ένα ενισχυτικό.

Η δύναμη διάτμησης και ροπή κάμψης στο μέσο ενός πάνελ υπολογίζονται από τις εξής σχέσεις.

$$F_d = 5 \times P \times s \times l_u \times 10^{-4} \text{ N} \quad (34)$$

$$M_d = 83.33 \times k_{cs} \times P \times s \times l_u^2 \times 10^{-9} \text{ N} \quad (35)$$

5.11.6 Μήκος του effective plating b_e

Το μήκος του *effective plating* b_e για κατασκευή *frp* θα είναι ίσό με $20t$

Όπου t είναι το πάχος του κάθε πάνελ όπου είναι συνδεδεμένο το ενισχυτικό.

5.3.12.6 Μέγιστες τιμές αναλογίας ύψους/πάχους και πλάτους/πάχους.

Στην περίπτωση ενισχυτικού τύπου *top hat* για κατασκευή *FRP* οι τιμές είναι:

$$\frac{h}{t_w/2} = 30 \quad (36)$$

$$\frac{d}{t_f} = 21 \quad (37)$$

Όπου:

h είναι το ύψος του ενισχυτικού.

d είναι το φάρος του ενισχυτικού στην πάνω πλευρά του.

$t_w/2$ είναι το πάχος του ενισχυτικού στο πλάι.

t_f είναι το πάχος του ενισχυτικού στην πάνω πλευρά του.

5.3.13 Ελάχιστο απαιτούμενο πάχος για εγκάρσια φράκτη.

Το ελάχιστο πάχος των εγκάρσιων φραχτών για κόντρα πλακέ θαλάσσης είναι:

$$t_b = 7.0 \times D_b \quad (38)$$

D_b είναι το βάθος από το χαμηλότερο σημείο έως και το ύψος του deck.

Το ελάχιστο πάχος των εγκάρσιων φραχτών για κατασκευή σάντουιτς είναι:

$$t_s \times t_c \geq \frac{t_b^2}{6} \times \frac{25}{\sigma_d} \text{ mm} \quad (39)$$

Και

$$t_s \times \frac{t_c^2}{2} \geq \frac{t_b^3}{12} \times \frac{4000}{E_{\iota\sigma}} \text{ mm} \quad (39)$$

t_b είναι το πάχος του κόντρα πλακέ θαλάσσης από την εξίσωση 38.

t_s είναι το πάχος του φλοιού.

t_c είναι το πάχος του πυρήνα.

$\sigma_d, E_{\iota\sigma}$ είναι η τάση και ο συντελεστής ελαστικότητας σύμφωνα με το Annex

Όλοι οι συντελεστές, οι πιέσεις καθώς και οι ελάχιστες απαιτήσεις σχεδίασης, παρουσιάζονται στα υπολογιστικά φύλλα.

6. Υπολογισμός Αντοχής.

Η τεχνική αναφορά που θα παρουσιαστεί έχει γίνει σε υπολογιστικό φύλλο excel και διαθέτει ένα συγκεντρωτικό υπολογιστικό φύλλο με τα βασικά στοιχεία του σκάφους, τους συντελεστές, τους υπολογισμούς των πιέσεων, καθώς και όλες τις επαληθεύσεις όπου απαιτούνται από τους υπολογισμούς. Για τους απαραίτητους υπολογισμούς σε κάθε πάνελ και ενισχυτικό έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά υπολογιστικά φύλλα.

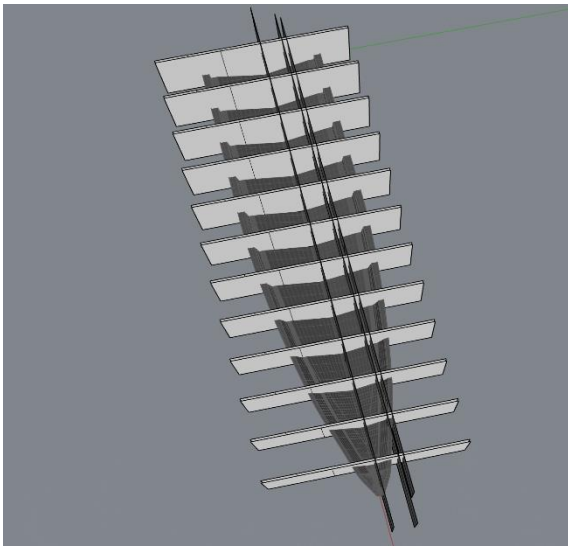
Principal craft data				
Bc	m	Chine beam	6.1	1.8978
BH	m	Beam of the hull	ISO 8666	2.4011
BWL	m	Beam of the fully loaded waterline at <i>m</i> LDC	ISO 8666	2.1842
LH	m	Length of the hull	ISO 8666, 6.1	12
LWL	m	Length of the fully loaded waterline at <i>m</i> LDC	ISO 8666, 6.1	9.16
V	knots	Maximum speed at <i>m</i> LDC	6.1	50
<i>m</i> LDC	kg	Loaded displacement mass of the craft	3.2	4482
b _{0,4}	°	Deadrise angle at 0,4 <i>L</i> _{WL} forward of its aft end	6.1, 7.3	20.78
nCG	1	Dynamic load factor	7.3	5.98
kDC	1	Design category factor	7.2	0,8

2. Βασικά στοιχεία του σκάφους.

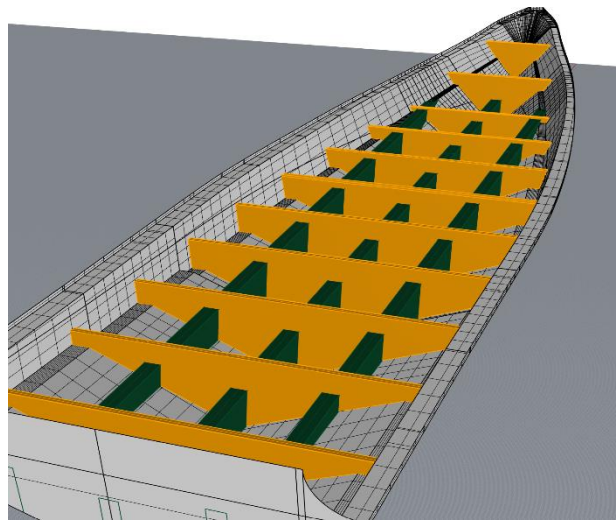
Η διαστασολόγηση των πάνελ και των ενισχυτικών γίνεται με βάση το κεφάλαιο 9 αλλά και υστέρτα από υπολογισμούς και επαναλήψεις για την σωστή τοποθέτηση των ενισχυτικών καθώς και των πάνελ.

Στις πλάκες Α και Β υπάρχει διαμήκης ενίσχυση τύπου Π ή top hat stiffener και εγκάρσια ενίσχυση τύπου διατιχιστικού νομέα ή bulkhead.

Στις πλάκες Γ υπάρχει ενίσχυση στο διάμηκες λόγω ένωσης του deck με το hull δημιουργώντας ένα φθισικό ενισχυτικό καθώς και εγκάρσια ενίσχυση τύπου διαξιφιστικού νομέα ή bulkhead.



38. Planes για διαχωρισμό των plates.

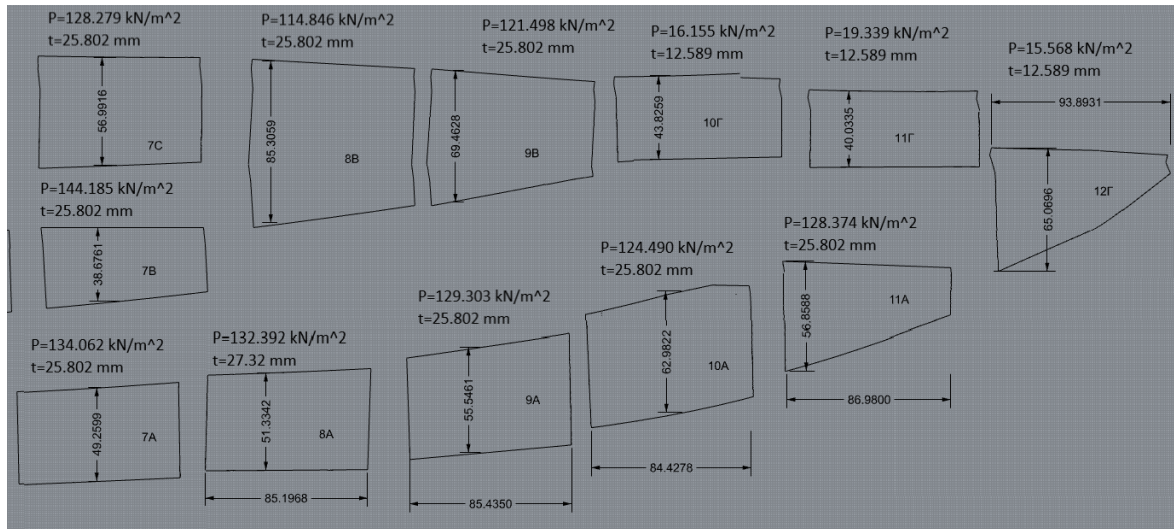
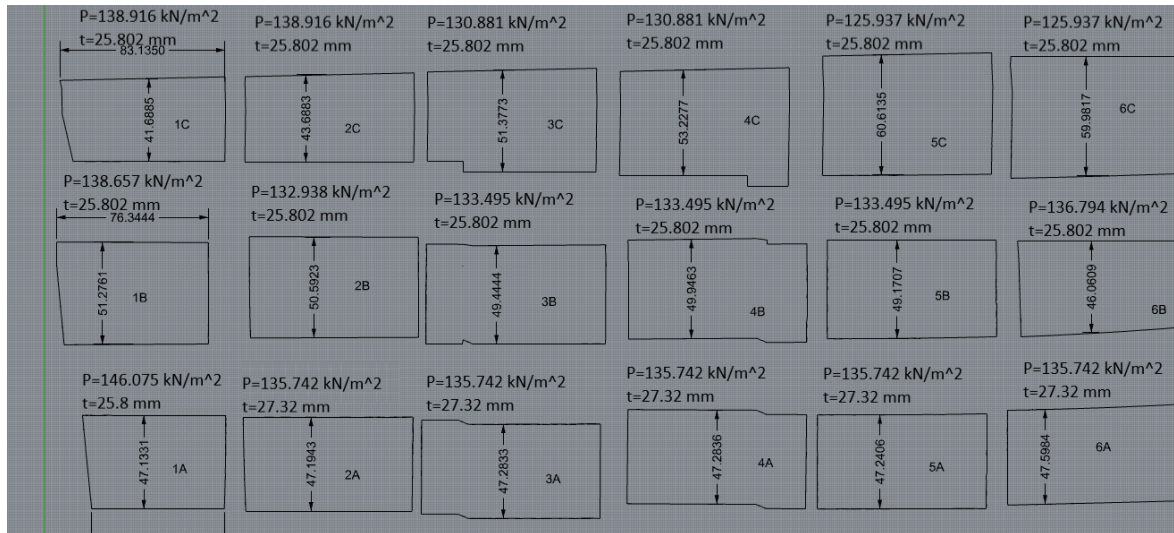


37. Εγκάρσια και διάμηκες ενισχυτικά.

Αφού έχουν καθοριστεί τα ενισχυτικά θα πρέπει να φέρουμε εγκάρσια και διάμηκες plane για να κάνουμε των διαχωρισμό των πάνελ, στη συνέχεια οι κανονισμοί ορίζουν τα εξής:

- b η μικρή απόσταση αναμεσα σε ένα πάνελ.
- l η μεγάλη απόσταση αναμεσα σε ένα πάνελ.
- s είναι μικρή απόσταση αναμεσα από δυο ενισχυτικά
- l_u είναι η μεγάλη απόσταση αναμεσα από δυο ενισχυτικά

Αφού χωρίσουμε τα plates θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τις εντολές UnrollUvSrf, ώστε να κάνουμε τις τρισδιάστατες επιφάνειες δισδιάστατες και στην συνέχεια χρησιμοποιώντας την εντολή Make2d να δημιουργήσουμε ένα τεχνικό σχέδιο, ώστε να μπορέσουμε να μετρήσουμε τις επιφάνειες και να βρούμε τα πλάτη και μήκη των plates.



39. Δημιουργία δισδιάστατου σχεδίου για εκλογή ελασμάτων.



Single skin panel dimensioning and calculations	Plate No	AD plates	AD Max		l	b	l/b	kZ	kSHC	kR	kAR panel	Kar true	kL	k2
		m2	m2		mm	mm	1	1	1		1	1	1	1
		Design area under consideration	Max design area under consideration	Is the max area less than the chosen area ?	Longer dimension of plate panel	Shorter dimension of plate panel	Panel aspect ratio	Vertical pressure distribution factor	shear strength aspect ratio factor	Structural component and boat type factor	Area pressure reduction factor	Area pressure reduction factor	Longitudinal pressure distribution factor	Panel aspect ratio factor for bending stiffness
		7.5.1	7.5.1		9.1.2	9.1, 10	-	7.6	10.5.4	7.5	7.5	7.5	7.4	10.1.2
Bottom pressure	1A	0.525	0.625	TRUE	1050	500	2.100	1	0.466	1	0.4282	0.4282	1	0.500
	1B	0.498	0.562	TRUE	1050	474	2.215	1	0.466	1	0.4351	0.4351	1	0.502
	1C-G	0.471	0.504	TRUE	1050	449	2.339	1	0.464	1	0.4423	0.4423	1	0.502
	1H	0.314	0.930	TRUE	514.5	610	0.843	1	0.303	1	0.4997	0.4997	1	0.226
	2H	0.246	0.583	TRUE	509	483	1.054	1	0.350	1	0.5377	0.5377	1	0.331
	1I	0.129	0.165	TRUE	500	257	1.946	1	0.461	1	0.6532	0.6532	1	0.495
	2A-2G	0.546	0.676	TRUE	1050	520	2.019	1	0.464	1	0.4232	0.4232	1	0.498
	3A-4A	0.130	0.168	TRUE	500	259	1.931	1	0.460	1	0.6517	0.6517	1	0.495
	3B-4B	0.171	0.291	TRUE	500	341	1.466	1	0.419	1	0.6001	0.6001	1	0.448
	3C-4C	0.211	0.443	TRUE	500	421	1.188	1	0.376	1	0.5633	0.5633	1	0.380
	3D-4D	0.214	0.456	TRUE	500	427	1.171	1	0.373	1	0.5609	0.5609	1	0.375
	3E-4E	0.219	0.477	TRUE	502	437	1.149	1	0.369	1	0.5564	0.5564	1	0.367
3F-4F	0.205	0.416	TRUE	502	408	1.230	1	0.384	1	0.5680	0.5680	1	0.394	
Side Pressure	3G-4G	0.167	0.272	TRUE	505	330	1.530	1	0.427	1	0.6042	0.6042	1	0.458
	3H-4H	0.146	0.206	TRUE	510	287	1.777	1	0.451	1	0.6282	0.6282	1	0.485
	5H-6H	0.175	0.289	TRUE	515	340	1.515	1	0.425	1	0.5953	0.5953	1	0.456
	2I-3I	0.200	0.367	TRUE	523	383	1.366	1	0.405	1	0.5718	0.5718	1	0.428
	4I-5I	0.159	0.230	TRUE	524	303	1.729	1	0.447	1	0.6130	0.6130	1	0.482
	1J	0.278	0.406	TRUE	690	403	1.712	0.447	0.446	1	0.5182	0.5182	1	0.480

3. Συγκεντρωτικός πίνακας διαστάσεων και συντελεστών των ελασμάτων.



Single skin panel dimensioning and calculations	Plate No	PBMD	PBMD BASE	PBM MIN	PBMP	PBMP BASE	PSMD	PSM MIN	PSMP	PDM	PDM BASE	PDM MIN	PSUP M	
		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
		Motorcraft bottom pressure in displacement mode	Motorcraft base bottom pressure in displacement mode	Motorcraft bottom minimum pressure (planing or displacement)	Motorcraft bottom pressure in planing mode	Motorcraft base bottom pressure in planing mode	Motorcraft side pressure in displacement mode	Minimum motorcraft side pressure (displacement or planing mode)	Motorcraft side pressure in planing mode	Motorcraft deck pressure	Motorcraft deck base pressure	Minimum motorcraft deck pressure	Motorcraft superstructure pressure	
	8.1.2	8.1.2	8.1.2, 8.1.3	8.1.3	8.1.3	8.1.4	8.1.4, 8.1.5	8.1.5	8.1.6	8.1.6	8.1.6	8.1.7		
Bottom pressure	1A	20.033	58.477	13.810	125.220	292.415	-	6.5952	17.806	6.100	17.806	5	2.135	
	1B	20.357			127.242		6.199			2.169				
	1C-G	20.690			129.327		6.300			2.205				
	1H	23.377			146.119		7.118			2.491				
	2H	25.153			157.225		7.659			2.681				
	1I	30.558			191.007		9.305			3.257				
	2A-2G	19.799			123.755		6.029			2.110				
	3A-4A	30.487			190.564		9.283			3.249				
	3B-4B	28.072			175.470		8.548			2.992				
	3C-4C	26.352			164.720		8.024			2.808				
	3D-4D	26.241			164.022		7.990			2.797				
	3E-4E	26.028			162.692		7.925			2.774				
	3F-4F	26.570			166.078		8.090			2.832				
Side Pressure	3G-4G	28.265	7.066	35.335	8.607	3.012								
	3H-4H	29.387	7.347	36.738	8.948	3.132								
	5H-6H	27.849	6.962	34.815	8.480	2.968								
	2I-3I	26.748	6.687	33.438	8.145	2.851								
	4I-5I	28.679	7.170	35.852	8.733	3.056								
	1J	24.241	6.790	17.633	7.381	2.583								

4. Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμού πιέσεων των ελασμάτων.



Single skin panel dimensioning and calculations	Plate No	Fd	Md	ψ	t _{min}	t		w _{min}	w	
		N/mm	Nmm/mm	1	mm	mm		kg/m ²	kg/m ²	
		is the shear force in the middle of b dimension	is the bending moment in the b direction	fibre content by mass	minimum required single-skin plating thickness	Total thickness from	Are the minimum values surpassed ?	MIN HULL THICKNESS SS bottom side/transom	Total fiber content by mass	Are the minimum values surpassed ?
		10.1.5 eq(33)	10.1.5 eq(34)	Annex C	10.2.2 eq(35)	Annex h		10.6.2	Annex h	
Bottom pressure	1A	29.145	2608.909	0.367	13.401	20.294	TRUE	2.324065	11.1	TRUE
	1B	28.115	2390.205	0.367	12.827	20.294	TRUE		11.1	TRUE
	1C-G	26.955	2181.335	0.367	12.254	20.294	TRUE		11.1	TRUE
	1H	27.033	2047.298	0.367	11.872	20.294	TRUE		11.1	TRUE
	2H	26.599	2024.376	0.352	12.632	15.283	TRUE		7.95	TRUE
	1I	22.624	1041.350	0.367	16.472	20.294	TRUE		11.1	TRUE
	2A-2G	29.835	2777.237	0.367	13.827	20.294	TRUE		11.1	TRUE
	3A-4A	22.714	1053.764	0.359	16.588	17.497	TRUE		9.3	TRUE
	3B-4B	25.084	1523.569	0.352	15.248	15.283	TRUE		7.95	TRUE
	3C-4C	26.074	1850.767	0.352	13.612	15.283	TRUE		7.95	TRUE
	3D-4D	26.121	1868.604	0.352	13.485	15.283	TRUE		7.95	TRUE
	3E-4E	26.223	1902.137	0.352	13.348	15.283	TRUE		7.95	TRUE
3F-4F	25.988	1813.289	0.352	13.958	15.283	TRUE	7.95	TRUE		
Side Pressure	3G-4G	4.981	293.974	0.360	6.935	10.109	TRUE	5.4	TRUE	
	3H-4H	4.755	244.832	0.360	7.349	10.109	TRUE	5.4	TRUE	
	5H-6H	5.034	305.871	0.360	7.001	10.109	TRUE	5.4	TRUE	
	2I-3I	5.189	350.047	0.360	6.752	10.109	TRUE	5.4	TRUE	
	4I-5I	4.858	264.183	0.360	7.429	10.109	TRUE	5.4	TRUE	
	1J	3.168	229.115	0.360	6.849	10.109	TRUE	1.679065	5.4	TRUE

5. Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμού ελάχιστων παχών των ελασμάτων.



Single skin panel dimensioning and calculations	Plate No	Mdb	Mdl	y/b		EAR	a	βb	βl	ELNAb	ELNAI
		Nmm/mm	Nmm/mm	<= =k1=0.017		-	-	-	-	-	-
		maximum design bending moment in the b direction	maximum design bending moment in the l direction	maximum relative deflection	Are the minimum values surpassed ?	Effective aspect ratio EAR	factors according to EAR			Laminate calculation plate (n)	Laminate calculation plate (n)
		(H.4)	(H.5)	(H.6)		Table H.3	Table H.3	Table H.3	Table H.3		
Bottom pressure	1A										
	1B										
	1C-G										
	1H	1658.745	2308.507	0.003	TRUE	0.843	0.001	0.031	0.042	6646455	6646455
	2H	1234.562	1099.436	0.004	TRUE	0.866	0.001	0.034	0.030	3033905	6646455
	1I	1038.964	672.095	0.001	TRUE	1.946	0.002	0.082	0.053	6646455	6646455
	2A-2G										
	3A-4A	1052.177	681.499	0.002	TRUE	1.931	0.002	0.082	0.053	4332837	4332837
	3B-4B	1599.378	1110.888	0.005	TRUE	1.466	0.002	0.078	0.054	3033905	3033905
	3C-4C	1990.133	1583.023	0.007	TRUE	1.188	0.002	0.068	0.054	3033905	3033905
	3D-4D	2006.291	1618.432	0.007	TRUE	1.171	0.002	0.067	0.054	3033905	3033905
	3E-4E	2036.050	1676.071	0.007	TRUE	1.149	0.002	0.066	0.054	3033905	3033905
	3F-4F	1952.336	1504.369	0.006	TRUE	1.230	0.002	0.071	0.054	3033905	3033905
Side Pressure	3G-4G	305.710	209.020	0.0032	TRUE	1.530	0.002	0.079	0.054	829344	829344
	3H-4H	247.181	162.527	0.0023	TRUE	1.777	0.002	0.082	0.054	829344	829344
	5H-6H	318.804	218.745	0.0035	TRUE	1.515	0.002	0.079	0.054	829344	829344
	2I-3I	372.767	267.653	0.0044	TRUE	1.366	0.002	0.076	0.055	829344	829344
	4I-5I	267.948	177.194	0.0027	TRUE	1.729	0.002	0.081	0.054	829344	829344
	1J	232.800	154.295	0.0031	TRUE	1.712	0.002	0.081	0.054	829344	829344

6. Συγκεντρωτικός πίνακας επιπροσθέτων υπολογισμών των ελασμάτων με $l/b < 2$.



Plate location	Stiffener No	AD plates	AD min	lu	s	kAR Stiffener	Kar true	PBMD	PBMD BASE	PBM MIN	PBMP	PBMP BASE	Ψ	kcs	Ksa	σd tensile	σd compressive	Td	
		m2	m2	mm	mm	1	1	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	1	-	-	0.5 out	0.5 σuc	0.5 τu	
		Design area under consideration	Min design area under consideration	Unsuport ed span of stiffener or frame	Stiffener or frame spacing	Area pressure reduction factor	Area pressure reduction factor	Motorcraft bottom pressure in displacement mode	Motorcraft base bottom pressure in displacement mode	Motorcraft bottom minimum pressure (planing or displacement)	Motorcraft bottom pressure in planing mode	Motorcraft base bottom pressure in planing mode	fibre content by mass	Curvature factor for stiffeners	Stiffener shear area factor	Tensile design stress near plating	Compressive design stress near top flange	Design shear stress	
		7.5.1	7.5.1	9.2.2	9.2.1	7.5	7.5	8.1.2	8.1.2	8.1.2, 8.1.3	8.1.3	8.1.3	Annex C	11.2.1	11.2.1	11.3	11.3	11.3	
Plate 1A	1	0.314	0.147	667	471	0.500	0.500	23.370				146.075							
	2	0.400	0.238	850	471	0.465	0.465	21.730				135.828							
Plate 2A	3	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716				135.742							
	4	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716				135.742							
Plate 3A	5	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716				135.742							
	6	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716				135.742							
Plate 4A	7	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716				135.742							
	8	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716				135.742							
Plate 5	9	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716	58.477	13.810		135.742	292.415	0.350	1	5	53.5	62.3	33.0
	10	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716				135.742							
Plate 6	11	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716				135.742							
	12	0.401	0.238	850	472	0.464	0.464	21.716				135.742							
Plate 7A	13	0.418	0.238	850	492	0.458	0.458	21.448				134.062							
	14	0.418	0.238	850	492	0.458	0.458	21.448				134.062							
Plate 8A	15	0.436	0.238	850	513	0.453	0.453	21.180				132.392							
Plate 9A	16	0.472	0.238	850	555	0.442	0.442	20.686				129.303							

Plate location	Stiffener No	be	be+w	h	w	Etc	k1s	Aw actual	AW	Ave the minimum values suppressed	Sm actual	SM	Ave the minimum values suppressed	h/(tw/2) actual	h/(tw/2) max	Ave the minimum values suppressed	Fd	Md
		mm				-		cm2			cm3						N	Nm
		effective plating 20t		height of stiffener	width of stiffener	is the mean of compressive/tensile modulus	deflection factor for stiffeners	actual Web area	Web area min			Section modulus min tensile		Maximum values			shear force	bending moment
		11.6				annex c		Calc	11.4		annex h	11.4		annex h			11.5 eq(51)	11.5 eq(52)
Plate 1A	1	516.0373	616.04	13.1	10			130.5	13.9	TRUE	119.5	47.7	TRUE	22	30	TRUE	22945	2551
	2	516.0373	616.04	13.3	10			132.5	17.7	TRUE	121.4	72.0	TRUE	22	30	TRUE	29241	4142
Plate 2A	3	546.3932	646.39	13.5	10			134.5	17.8	TRUE	123.5	72.1	TRUE	22	30	TRUE	27230	3857
	4	546.3932	646.39	13.3	10			133.2	17.8	TRUE	122.3	72.1	TRUE	22	30	TRUE	27230	3857
Plate 3A	5	546.3932	646.39	19.1	10			191.1	17.8	TRUE	202.3	72.1	TRUE	27	30	TRUE	27230	3857
	6	546.3932	646.39	18.5	10			184.6	17.8	TRUE	212.3	72.1	TRUE	23	30	TRUE	27230	3857
Plate 4A	7	546.3932	646.39	24.7	10			247.3	17.8	TRUE	357.0	72.1	TRUE	25	30	TRUE	27230	3857
	8	546.3932	646.39	24.4	10			244.3	17.8	TRUE	351.4	72.1	TRUE	24	30	TRUE	27230	3857
Plate 5	9	516.0373	616.04	25.1	10	10666.667	0.050	250.6	17.8	TRUE	359.3	72.1	TRUE	25	30	TRUE	27230	3857
	10	516.0373	616.04	24	10			240.3	17.8	TRUE	340.3	72.1	TRUE	24	30	TRUE	27230	3857
Plate 6	11	516.0373	616.04	23.5	10			235.2	17.8	TRUE	331.1	72.1	TRUE	24	30	TRUE	27230	3857
	12	516.0373	616.04	20.4	10			203.5	17.8	TRUE	276.0	72.1	TRUE	20	30	TRUE	27230	3857
Plate 7A	13	516.0373	616.04	20.4	10			203.8	18.5	TRUE	235.9	74.2	TRUE	25	30	TRUE	27683	3922
	14	516.0373	616.04	13.5	10			134.5	18.5	TRUE	147.2	74.2	TRUE	17	30	TRUE	28032	3922
Plate 8A	15	546.3932	646.39	15.7	10			156.7	19.3	TRUE	174.2	76.4	TRUE	20	30	TRUE	28865	4089
Plate 9A	16	516.0373	616.04	7.95	10			79.5	20.9	TRUE	88.0	80.8	TRUE	11	30	TRUE	31228	4321

7. Συγκεντρωτικός πίνακας διαστάσεων, συντελεστών, πιέσεων και ελάχιστων απαιτήσεων των ενισχυτικών.

Bulkhead calculations													
Bulkhead frame No				fr1	fr2	fr3	fr4	fr5	fr6	fr7	fr8	fr9	fr10
Db	mm	Depth of the bulkhead	11.8	0.630	0.455	0.540	0.626	0.659	0.674	0.676	0.663	0.741	0.583
tb	mm	min thickness of unstiffened solid plywood bulkheads	11.8.1	4.4093	3.1829	3.78	4.3841	4.6116	4.7194	4.7285	4.6403	5.1856	4.0775
Eio	-	is the mean of compressive/tensile modulus	annex c	8300									
td		Minimum core shear strength	10.5.5 and T.13	0.31									
Core chosen		Rigid Pvc II 120 kg/m ³	Annex D										
σd	-	Compressive stress	Annex C	62.25									
ψ	1	fibre content by mass	Annex C	0.35									
tsxtc	mm	Sandwich bulkheads with identical FRP skins	11.8.2.3	1.301	0.678	0.956	1.287	1.423	1.491	1.497	1.441	1.800	1.113
$tsxtc^2/2 > =$	mm		11.8.2.3	3.443	1.295	2.169	3.384	3.939	4.221	4.246	4.013	5.600	2.723
t _{cmin}	mm	minimum values		1.902	1.902	1.902	1.902	1.902	1.902	1.902	1.902	1.902	1.902
t _{smin}	mm	minimum values		2.473	2.473	2.473	2.473	2.473	2.473	2.473	2.473	2.473	2.473
t _c =t _{cmin} +10*t _{cmin}	mm	thcness of core		20.921	20.921	20.921	20.921	20.921	20.921	20.921	20.921	20.921	20.921
$ts = tc + (to + ti) / 2$			11.8.2.1	25.106	25.106	25.106	25.106	25.106	25.106	25.106	25.106	25.106	25.106
t _o		t _{outer}		4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184
t _i		t _{inner}		4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184	4.184
t _t		T _{total of the sandwich}		29.290	29.290	29.290	29.290	29.290	29.290	29.290	29.290	29.290	29.290

8. Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμών για το απαραίτητο πάχος των φρακτών με κατασκευή σάντουιτς.

Deck thicness min				
Deck thicness t _{min}	mm	Deck minimum thicness		2.735
Deck thicness w _{min}	kg/m ²	for ψ=0.35 typical mat-rov laminate equation c1	Annex C	1.411

9. Ελάχιστο πάχος για την κατασκευή του deck.



Sandwich Calculations for 1 plate				
	N/mm ²	Design stress for sandwich plating	10.5.2	67.626
Design stress σ_{dc}	N/mm ²	Design stress for sandwich plating	10.5.2	66.300
S _{Mo} /1 cm width	mm ³ /mm	Minimum section modulus Inner skin	10.5.3	385.798
S _{Mi} /1 cm	mm ³ /mm	Minimum section modulus outer skin		393.516
I/1 cm	mm ⁴ /mm	Minimum second moment	10.5.3	2148.380
ψ	-	fibre content by mass	Annex C	0.404
E _{io}	-	In plane modulus	Annex C	10352.000
t _s	mm	dis btw mid-thickness of the skins of the sandwich	10.5.4	29.678
t _o	mm	mid thickness of outer shell	annex h	4.723
t _i	mm	mid thickness of inner shell		4.955
t _o /t _i		t _i W 0,7 t _o .		3.306
t _c		CORE THICKNESS		20.000
S _{Mo} /1 cm width	mm ³ /mm	sm outer approximation	Annex D	944.661
S _{Mi} /1 cm	mm ³ /mm	sm inner approximation	Annex D	991.016
I/1 cm		I approximation	Annex D	21299.742
t _s need to be bigger or equal to this number	mm	Thickness required by shear load capabilities	10.5.4	18.791
t _d	0.55*t _u	Design shear strength rigid pvc $\rho=200$ kg/m ³	table d.2	1.551
t _d min		Minimum design core sear strength according to w	10.5.5	0.310
w _{os} min	kg/m ²	fibre mass per square metre of the outer skin	10.5.6	1.068
w _{is} min	kg/m ²	fibre mass per square metre of the inner skin		0.748

10. Παράδειγμα υπολογισμού για κατασκευή σάντουιτς.



Panel No 1A															
Design pressure P kN/m2	Panel short dimension b mm	Design shear force Fd/mm N/mm	Design bending Mt Nmm/m												
125	500	29	2609												
Laminate calculation for a 1 mm wide strip laminate															
Ply No.	Definition	Fabrics on each ply	Fibre			Modulus Ei N/mm2	st/cu N/mm2	Interlaminar tu N/mm2	stdc/stcu td/tu *	std N/mm2	td N/mm2				
			Dry mass kg/m2	type	Content %										
			Input	G, C, A	C.1	Table C.4		Table 7	(7)*(9)	(8)*(9)					
1 outer	Mat 300	1	0.3	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	43	8.625				
2	Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625				
3	Mat 450	1	0.45	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625				
4	Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05				
5	Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05				
6	Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05				
7	Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625				
8	Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625				
9	Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05				
10	Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05				
11	Rov 450	2	0.9	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625				
12	Mat 450	2	0.9	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625				
13	Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05				
14 inner	Mat 450	1	0.45	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625				
Total			11.100			0.367	9331								
			Sum Col			Average	Average								
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
Ply No.	Thickness ti	Ei * ti	Dist. Zgi from outside	Ei * ti * Zgi	Ei * ti * Zgi ²	(Ei * ti ³)/12	(EiI) From base	Zcrit from zNA	SMi	si					
	mm	N/mm	mm	N	Nmm	Nmm	Nmm2	mm	mm3/mm	N/mm2					
	Eq. C.1 to C.3	(6)*(12)	Calc	(13)*(14)	(14)*(15)	(6)*(12) ³ /12	(16) + (17)	Calc	Calc	Calc					
1 outer	0.70	4483	0.35	1570	550	183.3	733	-9.48	109.571	23.810					
2	2.10	13450	1.75	23555	41252	4950.2	46202	-8.78	118.316	22.050					
3	1.05	6725	3.33	22377	74460	618.8	75079	-6.68	155.562	16.771					
4	1.16	15412	4.43	68351	303132	1740.3	304872	-5.63	89.243	29.234					
5	1.16	15412	5.60	86292	483146	1740.3	484887	-4.46	112.531	23.184					
6	1.16	15412	6.76	104233	704930	1740.3	706670	-3.30	152.262	17.134					
7	2.10	13450	8.40	112924	948091	4950.2	953041	-2.13	486.908	5.358					
8	2.10	13450	10.50	141190	1482127	4950.2	1487077	2.07	-501.632	-5.201					
9	1.16	15412	12.13	186953	2267779	1740.3	2269520	3.23	-155.210	-16.809					
10	1.16	15412	13.29	204894	2723914	1740.3	2725654	4.40	-114.132	-22.859					
11	2.10	13450	14.93	200769	2996900	4950.2	3001850	6.50	-159.772	-16.329					
12	2.10	13450	17.03	229035	3900161	4950.2	3905111	8.60	-120.736	-21.608					
13	1.16	15412	18.66	287614	5367295	1740.3	5369035	9.77	-51.405	-50.752					
14 inner	1.05	6725	18.60	125117	2327786	618.8	2328405	9.65	-107.592	-24.248					
20.294		189375	9.48	1794876	23621522			23658136	6646455						
Sum Col		Sum Col	ZNA	Sum Col	Sum Col			EI Base	EINA						
1	22	23	24	25	26	27	28	29							
Ply No.	Compliance factor	Location of t	Shear stress analysis					Compliance factor td/ti *							
			Z calc from NA	First mt Q S Eixti	Shear flow q	ti average									
	(10)/(21)	interface	mm	calc	N/mm	fx(26)/EIna	(27)/1	(11)/(27)							
1 outer	1.78	Tens	1-2	8.4	40922	0.2	0.2	48.1	st maximum outer ply						
2	1.93	Tens	2-3	6.9	144845	0.6	0.6	13.6							
3	2.53	Tens	3-4	5.6	186207	0.8	0.8	10.6							
4	3.13	Tens	4-5	4.5	263931	1.2	1.2	6.1							
5	3.94	Tens	5-6	3.3	323714	1.4	1.4	5.0							
6	5.34	Tens	6-7	1.9	365557	1.603	1.6	4.4							
7	7.93	Tens	7-8	0.0	380111	1.6668	1.7	5.2	t is maximum at NA						
8	-11.25	Comp	8-9	-1.8	366398.6	1.6067	1.6	5.4							
9	-4.28	Comp	9-10	-3.2	325521.0	1.4	1.4	4.9							
10	-3.15	Comp	10-11	-4.6	266702.6	1.2	1.2	6.0							
11	-3.58	Comp	11-12	-6.5	193411.3	0.8	0.8	10.2							
12	-2.71	Comp	12-13	-8.4	91853.9	0.4	0.4	21.4							
13	-1.42	Comp	13-14	-9.2	-49684.6	-0.2	-0.2	-32.4							
14 inner	-2.41	Comp	underside of 14	-10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	t = 0 top and bottom						
Allowable design bending Mt according to this table						2713	[(Nmm/mm) = Design bending Mt - minimum								
Required thickness according to Equation (35) and sf according						t=13.4 mm									
Average γ = [bottom of column 5, using Equation (C.2)]						ψ=0.367									
Value of σdf according to Table C.4 a)						87.162 N/mm2									

11. Υπολογισμοί των πένελ 1A στην b κατεύθυνση.



Panel No 3F-4F											
Design pressure P kN/m ²	Panel short dimension b mm		Design shear force Fd/mm N/mm	Design bending Mt Nmm/mm							
166	408		26	1952							
Laminate calculation for a 1 mm wide strip laminate											
Ply No.	Definition	Fabrics on each ply	Fibre			Modulus E _{ti} N/mm ²	st/cu N/mm ²	Interlam inar tu interlam N/mm ²	stcd/stc u td/tu *	stcd N/mm ²	td N/mm ²
			Dry mass	type	Content						
			kg/m ² Input	G, C, A	C.1						
			Table C.4			Table 7			(7)*(9)	(8)*(9)	
1 outer	Mat 300	1	0.3	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	43	8.625
2	Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625
3	Mat 450	1	0.45	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625
4	Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05
5	Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05
6	Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05
7	Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625
8	Mat 450	1	0.45	G	0.3	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625
9	Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05
10	Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05
11	Rov 450	1	0.45	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625
12	Mat 450	2	0.9	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625
13	Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05
14 inner	Mat 450	1	0.45	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625
Total			7.950		0.352	9331					
			Sum Col		Average	Average					
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Ply No.	Thickness t _i	E _i * t _i	Dist. Z _{gi} from outside	E _i * t _i * z _{gi}	E _i * t _i * z _{gi} ²	(E _i * t _i ³)/12	(E _i I) From base	z _{crit} from zNA	S _{Mi}	s _i	
	mm	N/mm	mm	N	Nmm	Nmm	Nmm ²	mm	mm ³ /m	N/mm ²	
	Eq. C.1 to C.3	(6)*(12)	Calc	(13)*(14)	(14)*(15)	(6)*(12).L ³ / 12	(16) + (17)	Calc	Calc	Calc	
1 outer	0.70	4483	0.35	1570	550	183.3	733	-6.72	70.581	27.661	
2	2.10	13450	1.75	23555	41252	4950.2	46202	-6.02	78.800	24.778	
3	1.05	6725	3.33	22377	74460	618.8	75079	-3.91	121.108	16.121	
4	0.58	7706	4.14	31933	132327	217.5	132545	-2.86	80.024	24.397	
5	0.58	7706	4.73	36418	172110	217.5	172327	-2.28	100.439	19.438	
6	1.16	15412	5.60	86292	483146	1740.3	484887	-1.70	134.838	14.479	
7	2.10	13450	7.23	97267	703415	4950.2	708365	1.57	#####	-6.450	
8	1.05	6725	8.81	59233	521725	618.8	522343	2.62	#####	-10.778	
9	0.58	7706	9.62	74166	713801	217.5	714018	3.20	-71.630	-27.256	
10	0.58	7706	10.21	78651	802745	217.5	802963	3.78	-60.604	-32.215	
11	1.05	6725	11.02	74128	817100	618.8	817719	4.83	-98.109	-19.900	
12	2.10	13450	12.60	169456	2134969	4950.2	2139919	6.93	-68.372	-28.555	
13	0.58	7706	13.94	107429	1497638	217.5	1497856	7.52	-30.490	-64.032	
14 inner	1.05	6725	14.18	95328	1351283	618.8	1351902	7.98	-59.373	-32.882	
	15.283	142608	6.72	957805	9446521		9466858	3033905			
	Sum Col	Sum Col	ZNA	Sum Col	Sum Col		EIbase	EINA			
1	22	23	24	25	26	27	28	29			
Ply No.	Compliance factor sd/si *	Location of t	Shear stress analysis					Compliance factor td/ti *			
			Z calc from NA	First mt Q S Eixti	Shear flow q	t _i average	st maximum outer ply				
			mm	calc	N/mm	N/mm ²					
(10)/(21)	interface	mm	calc	f _x (26)/E _i n _a	(27)/1	(11)/(27)					
1 outer	1.54	Tens	1-2	5.7	28541	0.2	0.2	35.3			
2	1.72	Tens	2-3	4.2	95321	0.8	0.8	10.6			
3	2.64	Tens	3-4	3.0	118111	1.0	1.0	8.5			
4	3.75	Tens	4-5	2.3	137935	1.2	1.2	6.0			
5	4.71	Tens	5-6	1.6	153273	1.3	1.3	5.4			
6	6.32	Tens	6-7	0.3	170495	1.460	1.5	4.8			
7	-6.59	Tens	7-8	-1.3	163562	1.4010	1.4	6.2		t is maximum at NA	
8	-5.43	Comp	8-9	-2.5	149496.5	1.2806	1.3	6.7			
9	-2.64	Comp	9-10	-3.2	127087.2	1.1	1.1	6.5			
10	-2.24	Comp	10-11	-3.9	100192.6	0.9	0.9	8.2			
11	-2.94	Comp	11-12	-5.1	71231.8	0.6	0.6	14.1			
12	-2.05	Comp	12-13	-6.6	-7889.3	-0.1	-0.1	-127.6			
13	-1.12	Comp	13-14	-7.3	-63561.2	-0.5	-0.5	-12.9			
14 inner	-1.78	Comp	undersid e of 14	-8.6	0.0	0.0	0.0	0.0		t = 0 top and bottom	
Allowable design bending Mt according to this table						2030	[(Nmm/mm) = Design bending Mt * minimum				
Required thickness according to Equation (35) and sf according to average							t=11.3 mm				
Average y = [bottom of column 5, using Equation (C.2)]							ψ=0.352				
Value of σdf according to Table C.4 a)							84.538	N/mm ²			

12. Υπολογισμοί των πάνελ 3F-4F στην b κατεύθυνση.

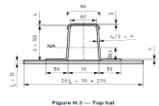


Panel No 3F-4F		Design shear force Fd/mm N/mm		Design bending Mt Nmm/mm									
166	502	26	1504										
Laminate calculation for a 1 mm wide strip laminate													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
Ply No.	Definition	Fibres on each ply	Fibre			Modulus E _{ti} N/mm ²	st/cu N/mm ²	Interlaminar t _u N/mm ²	stcd/stcu t _d /t _u *	stcd N/mm ²	td N/mm ²		
			Dry mass kg/m ² input	type	Content %								
			G, C, A	C.1		Table C.4		Table 7	(7)*(9)	(8)*(9)			
1	outer	Mat 300	1	0.3	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	43	8.625	
2		Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625	
3		Mat 450	1	0.45	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625	
4		Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05	
5		Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05	
6		Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05	
7		Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625	
8		Mat 450	1	0.45	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625	
9		Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05	
10		Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05	
11		Rov 450	1	0.45	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625	
12		Mat 450	2	0.9	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625	
13		Rov 450	1	0.45	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05	
14	inner	Mat 450	1	0.45	G	0.30	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.625	
Total				7.950		0.352	9331						
				Sum Col		Average	Average						
				12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Thickness t	E _i t ³	Dist. Z _{gi} from outside	E _i t ³ z _{gi}	E _i t ³ z _{gi} ²	(E _i t ³ z _{gi} ³)/12	(EI) _{From base}	z _{crit} from zNA	S _{Mi}	s _i			
	mm	N/mm	mm	N	Nmm	Nmm	Nmm ²	mm	mm ³ /m	N/mm ²			
	Eq. C.1 to C.3	(6)*(12)	Calc	(13)*(14)	(14)*(15)	(6)*(12) / 12	(16) + (17)	Calc	Calc	Calc			
1	outer	0.70	4483	0.35	1570	550	183.3	733	-6.72	70.58	21		
2		2.10	13450	1.75	23555	41252	4950.2	46202	-6.02	78.80	19		
3		1.05	6725	3.33	22377	74460	618.8	75079	-3.91	121.11	12		
4		0.58	7706	4.14	31933	132327	217.5	132545	-2.86	80.02	19		
5		0.58	7706	4.73	36418	172110	217.5	172327	-2.28	100.44	15		
6		1.16	15412	5.60	86292	483146	1740.3	484887	-1.70	134.84	11		
7		2.10	13450	7.23	97267	703415	4950.2	708365	1.57	-302.67	-5		
8		1.05	6725	8.81	59233	521725	618.8	522343	2.62	-181.14	-8		
9		0.58	7706	9.62	74166	713801	217.5	714018	3.20	-71.63	-21		
10		0.58	7706	10.21	78651	802745	217.5	802963	3.78	-60.60	-25		
11		1.05	6725	11.02	74128	817100	618.8	817719	4.83	-98.11	-15		
12		2.10	13450	12.60	169456	2134969	4950.2	2139919	6.93	-68.37	-22		
13		0.58	7706	13.94	107429	1497638	217.5	1497856	7.52	-30.49	-49		
14	inner	1.05	6725	14.18	95328	1351283	618.8	1351902	7.98	-59.37	-25		
	15.283	142608	6.72	957805	9446521		9466858	3033905					
	Sum Col	Sum Col	ZNA	Sum Col	Sum Col		EBBase	EINA					
	22	23	24	25	26	27	28	29					
	Compliance factor		Shear stress analysis					Compliance factor t _d /t _u *					
			Location of t interface	Z calc from NA	First mt QS Eixti (z _i - calc	Shear flow q	t _i average						
	(10)/(21)		mm	mm	Nmm	N/mm	N/mm ²						
					f _x (26)/E _i n _a	(27)/1	(11)/(27)						
1	outer	1.994	Tens	1-2	5.67	28541.29	0.2	0.2	35.279	st maximum outer ply			
2		2.2262	Tens	2-3	4.18	95321.15	0.8	0.8	10.563				
3		3.4214	Tens	3-4	2.98	118111.33	1.0	1.0	8.5251				
4		4.8652	Tens	4-5	2.28	137935.00	1.2	1.2	5.9669				
5		6.1063	Tens	5-6	1.55	153273.49	1.3	1.3	5.3698				
6		8.1977	Tens	6-7	0.30	170494.90	1.5	1.5	4.8274				
7		-8.5508	Tens	7-8	-1.30	163562.46	1.4	1.4	6.1562	t is maximum at NA			
8		-7.044	Comp	8-9	-2.50	149496.48	1.3	1.3	6.7354				
9		-3.4283	Comp	9-10	-3.20	127087.15	1.1	1.1	6.4762				
10		-2.9005	Comp	10-11	-3.90	100192.63	0.9	0.9	8.2146				
11		-3.8152	Comp	11-12	-5.09	71231.83	0.6	0.6	14.136				
12		-2.6588	Comp	12-13	-6.55	-7889.28	-0.1	-0.1	-127.63				
13		-1.4593	Comp	13-14	-7.34	-63561.24	-0.5	-0.5	-12.949				
14	inner	-2.3088	Comp	underside of 14	-8.57	0.00	0.0	0.0	0	t = 0 top and bottom			
Allowable design bending Mt according to this table						1565	[(Nmm/mm) = Design bending Mt / minimum t=14 mm						
Required thickness according to Equation (35) and sf according to													
Average γ = [bottom of column 5, using Equation (C.2)]							ψ=0.352						
Value of σ _{df} according to Table C.4 a)							84,538						
							N/mm ²						

13. Υπολογισμοί των πάνελ 3F-4F στην l κατεύθυνση.



Stiffener 3								
Design pressure	Stiffener span	Stiffener spacing	Shear coefficient	Design shear force	Design bending moment			
P	l_u	s	k_{sa}	F_d	M_d			
kN/m ²	mm	mm	*	N	Nm	Nmm		
146.0753889	850	472	5.00	27230	3857	3.86		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Element	Depth h mm	Width b mm	Modulus E N/mm ²	σ_u ή σ_{cu} N/mm ²	Interlaminar t_u N/mm ²	σ_{cd}/σ_{cu} ή t_d/t_u *	σ_{td} N/mm ²	τ_d N/mm ²
Annex c						Table 7	(5)*(7)	(6)*(7)
extra flange	3	110	22500	430	13.8	0.5	215	6.9
Normal flange = web	6	100	8300	107	16.4	0.5	53.5	8.2
Web above NA ($2*tw/2$)	115	12	8300	107	66	0.5	53.5	33
Web below NA ($2*tw/2$)	19.5	12	8300	125	66	0.5	62.25	33
Bonding flange = web	6	134.5	8300	125	16.4	0.5	62.25	8.2
Attached plating	25.80187	646.3932	8300	125	16.4	0.5	62.25	8.2
Total	175.3019		10667					
Web1+W eb2	134.5	Height of top of web1 =		25.5		$h/(tw/2) < 30$ see Table 20		22.41667
1	10	11	12	13	14	15	16	17
Element	Area $A = b \cdot h$ mm ²	$E \times A$ N	Dist/out side z_{gi} mm	$E \times A \times z_i$ Nmm	$E \times A \times z_i^2$ Nmm	$(E \times b \times h^3)/12$ Nmm	Around base $(EI)_i$ Nmm ²	Z_{crit} from NA mm
	(2)*(3)	(4)*(10)	calc	(11)*(12)	(12)*(13)	((3)(4)*x(2)^3)/12	(14)+(15)	Calc
extra flange	330	7425000	173.8019	1.29E+09	2.24E+11	5.57E+06	2.24E+11	149.8
Normal flange = web	600	4980000	169.3019	8.43E+08	1.43E+11	1.49E+07	1.43E+11	146.8
Web above NA ($2*tw/2$)	1380	11454000	108.8019	1.25E+09	1.36E+11	1.26E+10	1.48E+11	140.8
Web below NA ($2*tw/2$)	234	1942200	41.55187	80702035	3.35E+09	6.15E+07	3.41E+09	25.8
Bonding flange = web	807	6698100	28.80187	1.93E+08	5.56E+09	2.01E+07	5.58E+09	6.3
Attached plating	16678.15	1.38E+08	12.90093	1.79E+09	2.30E+10	7.68E+09	3.07E+10	-25.5
	20029.15	2.14E+08		5.44E+09	5.35E+11	2.04E+10	5.55E+11	4.16E+11
			25.5	mm			EI	EINA
1	18	19	20	21	22	23	24	25
Element	Section moduli S_{mi} cm ³	Direct stresses σ_i N/mm ²	Compliance factor s_d/s_i	Location of t	First moment Q_i $\sum EA(z_i - z_{NA})$ N	Shear flow q $F_d Q_i/EI_{NA}$ N/mm	Shear stresses τ_i average N/mm ²	Compliance factor t_d/t_i
	Calc	Calc	(8)/(19)		calc	(22)/EINA	(23)/(3)	(9)/(24)
extra flange	123.5	31.2	6.89	Bottom flange	1.1E+09	72.01085	0.7	10.5
Normal flange = web	341.7	11.3	4.74	Top of web	1.82E+09	118.8439	1.2	6.9
Web above NA ($2*tw/2$)	356.3	10.8	4.94	Neutral axis	2.77E+09	181.2546	15.1	2.2
Web below NA ($2*tw/2$)	1941.8	2.0	31.34	Bottom of web	2.8E+09	183.298	15.3	2.2
Bonding flange = web	7912.0	0.5	127.68	Bottom flange/top plating	2.83E+09	184.7616	1.4	6.0
Attached plating	-1971.0	-2.0	-31.81	Bottom of plating	1.09E+09	71.10203	0.1	
Min Compl factor on s =			4.74					2.2



14. Υπολογισμοί ενισχυτικού 3.



Panel No 1												
Design pressure P kN/m ²	Panel short dimension b mm		Design shear force Fd/mm N/mm	Design bending Mt Nmm/mm								
125	500		29	2609	Laminate calculation for a 1 mm wide strip laminate						11	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Ply No.	Definition		Fibre			Modulus E _{ti} N/mm ²	st/cu N/mm ²	Interlaminar t _u interlaminar N/mm ²	stcd/stc _u t _d /t _u *	stcd N/mm ²	t _d N/mm ²	
			Dry mass kg/m ²	type	Content							
			Input	G, C, A	C.1	Table C.4		Table 7	(7)*(9)	(8)*(9)		
1	outer	Mat 300	1	0.3	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	43	8.625
2		Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625
3		Mat 450	1	0.45	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625
4		Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05
5		Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05
6		Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	183	14.10	0.5	91.46	7.05
7		Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	85	17.25	0.5	42.5	8.625
core							246	4	2.82	1	3.7	2.82
8		Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.63
9		Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05
10		Mat 450	2	0.9	G	0.3	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.63
11		Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05
12		Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05
13		Rov 450	2	0.9	G	0.48	13240	144	14.10	0.5	72	7.05
14	inner	Mat 450	1	0.45	G	0.3	6400	117	17.25	0.5	58.5	8.63
Total				11.100		0.381	9820					
				Sum Col		Average	Average					
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
Ply No.	Thickne	Ei 'ti	Dist. Zgi from outside	Ei 'ti ' zgi	Ei 'ti ' zgi2	(Ei 'ti ' zgi)/12	(EI)I From base	zcrit from zNA	SMi	si		
	mm										N/mm	mm
	Eq. C.1 to C.3	(6)*(12)	Calc	(13)*(14)	(14)*(15)	(6)*(12) / 12	(16) + (17)	Calc	Calc	Calc		
1	outer	0.70	4483	0.35	1570	550	183.3	733	-19.63	248.538	10.497	
2		2.10	13450	1.75	23555	41252	4950.2	46202	-18.93	257.735	10.122	
3		1.05	6725	3.33	22377	74460	618.8	75079	-16.83	289.919	8.999	
4		1.16	15412	4.43	68351	303132	1740.3	304872	-15.78	149.475	17.454	
5		1.16	15412	5.60	86292	483146	1740.3	484887	-14.61	161.380	16.166	
6		1.16	15412	6.76	104233	704930	1740.3	706670	-13.45	175.346	14.879	
7		2.10	13450	8.40	112924	948091	4950.2	953041	-12.29	397.115	6.570	
core		20.00										
8		2.10	13450	30.50	410190	12509726	4950.2	12514676	11.92	-409.455	-6.372	
9		1.16	15412	32.13	495197	15910776	1740.3	15912517	13.08	-180.310	-14.469	
10		2.10	13450	33.76	454113	15332214	4950.2	15337164	15.18	-321.382	-8.118	
11		1.16	15412	35.40	545527	19309391	1740.3	19311131	16.35	-144.288	-18.081	
12		1.16	15412	36.56	563468	20600330	1740.3	20602071	17.51	-134.696	-19.369	
13		1.16	15412	37.72	581409	21933038	1740.3	21934779	18.67	-126.299	-20.657	
14	inner	1.05	6725	37.67	253313	9541610	618.8	9542229	18.56	-262.877	-9.924	
Total		39.36	386483	19.63	3722519	117692646		117726050	-31227122			
1		22	23	24	25	26	27	28	29			
Ply No.	Compliance factor sd/si *		Location of t	Shear stress analysis					Compliance factor t _d /t _i *			
				Z calc from NA	First mt Q S Eixti (zi - zNA) Nmm	Shear flow q N/mm	t _i average N/mm ²					
	(10)/(21)		interface	mm	calc	fx(26)/EI	(27)/1	(11)/(27)				
1	outer	4.05	Tens	1-2	18.6	86445.4	0.1	0.1	106.90	<i>st maximum outer ply</i>		
2		4.20	Tens	2-3	17.1	326937.7	0.3	0.3	28.3	<i>t is maximum at NA</i>		
3		4.72	Tens	3-4	15.8	436584.1	0.4	0.4	21.2			
4		5.24	Tens	4-5	14.6	670801.1	0.6	0.6	11.3			
5		5.66	Tens	5-6	13.5	887077.4	0.8	0.8	8.5			
6		6.15	Tens	6-7	12.1	1085412.9	1.0	1.0	7.0			
7		6.47	Tens	7-8	0.2	1236536.2	1.2	1.2	7.5			
core		-	Core	3-6	3.6	1236536.24	0.0	0.0	96.2	<i>t is maximum at NA</i>		
8		-9.18	Comp	8-9	-11.7	1090393.5	1.0	1.0	8.5	<i>t = 0 top and bottom</i>		
9		-4.98	Comp	9-10	-13.3	897765.2	0.8	0.8	8.4			
10		-7.21	Comp	10-11	-14.9	707699.9	0.7	0.7	13.1			
11		-3.98	Comp	11-12	-16.3	464741.1	0.4	0.4	16.3			
12		-3.72	Comp	12-13	-17.5	203841.7	0.2	0.2	37.1			
13		-3.49	Comp	13-14	-18.1	-74998.6	-0.1	-0.1	0.0			
14	inner	-5.89	Comp	underside of 14	-19.7	0.0	0.0	0.0	0.0			
Allowable design bending Mt according to this table							2713	[(Nmm/mm) = Design bending Mt ' minimum				
Required thickness according to Equation (35) and sf according to								t = 33.2 mm				
Average γ = [bottom of column 5, using Equation (C.2)]								ψ = 0.381				
Value of σ _{df} according to Table C.4 a)								89.812 N/mm ²				

15. Υπολογισμοί σάντουιτς για το πάνελ νούμερο 1.



Panel No 1A						
Design pressure P kN/m ²	Panel short dimension b mm		Design shear force Fd/mm N/mm	Design bending Mt Mdb Nmm/m m		
125	500		29	2609		
Lamination plan						
1	2		3	4	5	6
Ply No.	Definition	Fabrics on each ply	Fibre			Thickness
			Dry mass	type	Content	<i>t_i</i>
			kg/m ²	*	ψ	mm
			Input	G, C, A	C.1	Eq. C.1 to C.3
1 outer	Mat 300	1	0.3	G	0.3	0.70
2	Mat 450	2	0.9	G	0.3	2.10
3	Mat 450	1	0.45	G	0.3	1.05
4	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
5	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
6	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
7	Mat 450	2	0.9	G	0.3	2.10
8	Mat 450	2	0.9	G	0.3	2.10
9	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
10	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
11	Rov 450	2	0.9	G	0.30	2.10
12	Mat 450	2	0.9	G	0.30	2.10
13	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
14 inner	Mat 450	1	0.45	G	0.30	1.05
Total			11.100		0.367	20.294
			Sum Col		Average	Sum Col

16. Πλάνο πλαστικοποίησης για το πάνελ 1.



Panel No 3F-4F						
Design pressure P kN/m ²	Panel short dimension b mm		Design shear force Fd/mm N/mm	Design bending Mt Mdb Nmm/m m		
166	408		26	1952		
Lamination plan						
1	2		3	4	5	6
Ply No.	Definition	Fabrics on each ply	Fibre			Thickness
			Dry mass	type	Content	<i>t_i</i>
			kg/m ²	*	ψ	mm
			Input	G, C, A	C.1	Eq. C.1 to C.3
1 outer	Mat 300	1	0.3	G	0.3	0.70
2	Mat 450	2	0.9	G	0.3	2.10
3	Mat 450	1	0.45	G	0.3	1.05
4	Rov 450	1	0.45	G	0.48	0.58
5	Rov 450	1	0.45	G	0.48	0.58
6	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
7	Mat 450	2	0.9	G	0.3	2.10
8	Mat 450	1	0.45	G	0.3	1.05
9	Rov 450	1	0.45	G	0.48	0.58
10	Rov 450	1	0.45	G	0.48	0.58
11	Rov 450	1	0.45	G	0.30	1.05
12	Mat 450	2	0.9	G	0.30	2.10
13	Rov 450	1	0.45	G	0.48	0.58
14 inner	Mat 450	1	0.45	G	0.30	1.05
Total			7.950		0.352	15.283
			Sum Col		Average	Sum Col

17. Πλάνο πλαστικοποίησης για τα πάνελ 3F-4F.



Stiffener 3					
Design pressure	Stiffener span	Stiffener spacing	Shear coefficient	Design shear force	
P	lu	s	ksa	Fd	
kN/m ²	mm	mm	*	N	
146.0753889	850	472	5,00	27230	
1	2	3	4	5	12
Ply No.	Definition	Fibre			Thickness
		Dry mass	type	Content	t_i
		kg/m ²	*	ψ	mm
		Input	G, C, A	C.1	Eq. C.1 to C.3
1 outer	Mat 300	0.3	G	0.3	0.70
2	Rov 600	0.6	G	0.48	0.78
3	Rov 600	0.6	G	0.48	0.78
4	Mat 300	0.6	G	0.3	1.40
5	Rov 900	0.9	G	0.48	1.16
6	Rov 900	0.9	G	0.48	1.16
7	Mat 300	0.3	G	0.3	0.70
8	Mat 300	0.3	G	0.30	0.70
9	Rov 900	0.9	G	0.48	1.16
10	Rov 900	0.9	G	0.48	1.16
11	Mat 300	0.3	G	0.30	0.70
12	Mat 300	0.3	G	0.30	0.70
13	Rov 600	0.6	G	0.48	0.78
14 inner	Mat 300	0.3	G	0.30	0.70
Total		7.800		0.405	12.589
		Sum Col		Average	Sum Col

18. Πλάνο πλαστικοποίησης για το 3ο ενισχυτικό.



Panel No 1						
Design pressure P kN/m ²	Panel short dimension b mm		Design shear force Fd/mm N/mm	Design bending Mt Mdb Nmm/m m		
166	408		26	1952		
Lamination plan						
1	2		3	4	5	6
Ply No.	Definition	Fabrics on each ply	Fibre			Thickness
			Dry weight	type	Content	<i>t_i</i>
			kg/m ²	*	ψ	mm
			Input	G, C, A	C.1	Eq. C.1 to C.3
1 outer	Mat 300	1	0.3	G	0.3	0.70
2	Mat 450	2	0.9	G	0.3	2.10
3	Mat 450	1	0.45	G	0.3	1.05
4	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
5	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
6	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
7	Mat 450	2	0.9	G	0.3	2.10
core						20.00
8	Mat 450	2	0.9	G	0.3	2.10
9	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
10	Mat 450	2	0.9	G	0.3	2.10
11	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
12	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
13	Rov 450	2	0.9	G	0.48	1.16
14 inner	Mat 450	1	0.45	G	0.3	1.05
Total			11.100		0.381	39.36
			Sum Col		Average	Average

19. Πλάνο πλαστικοποίησης για το σάντουιτς πάνελ 1.

7. Υπολογισμός απαιτούμενης γωνίας και ύψους κατάκλισης.

Συμφώνα με το annex A του ISO 12217-1 το απαιτούμενο ύψος $h_{D(R)}$ για την κατηγορία σχεδίασης B θα πρέπει να βρίσκεται αναμεσά στα όρια:

$$0,4 > h_{D(R)} > 1,41 \quad (40)$$

Όπου

$$H_1 = \frac{L_h}{15} = 0.8 \quad (41)$$

Συντελεστής τοποθεσίας ανοίγματος

$$F_1 = 1 \quad (42)$$

Για ανοίγματα που βρίσκονται στην εξωτερική περιφέρεια της καρίνας.

Συντελεστής ανοίγματος

$$F_2 = 1 \quad (43)$$

Για ανοίγματα που βρίσκονται στην εξωτερική περιφέρεια της καρίνας.

Συντελεστής εσοχής

$$F_3 = 0.7 \quad (44)$$

Όταν οι εσοχές είναι γρήγορης αποστράγγισης.

Συντελεστής εκτοπίσματος

$$F_4 = \left(\frac{10 \times V_D}{L_H \times B^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.73 \quad (45)$$

$$V_D = \frac{mLDC}{1.025} \quad (46)$$

Συντελεστής επίπλευσης

$$F_5 = 1 \quad (47)$$

Και υπολογίζεται από τη σχέση:

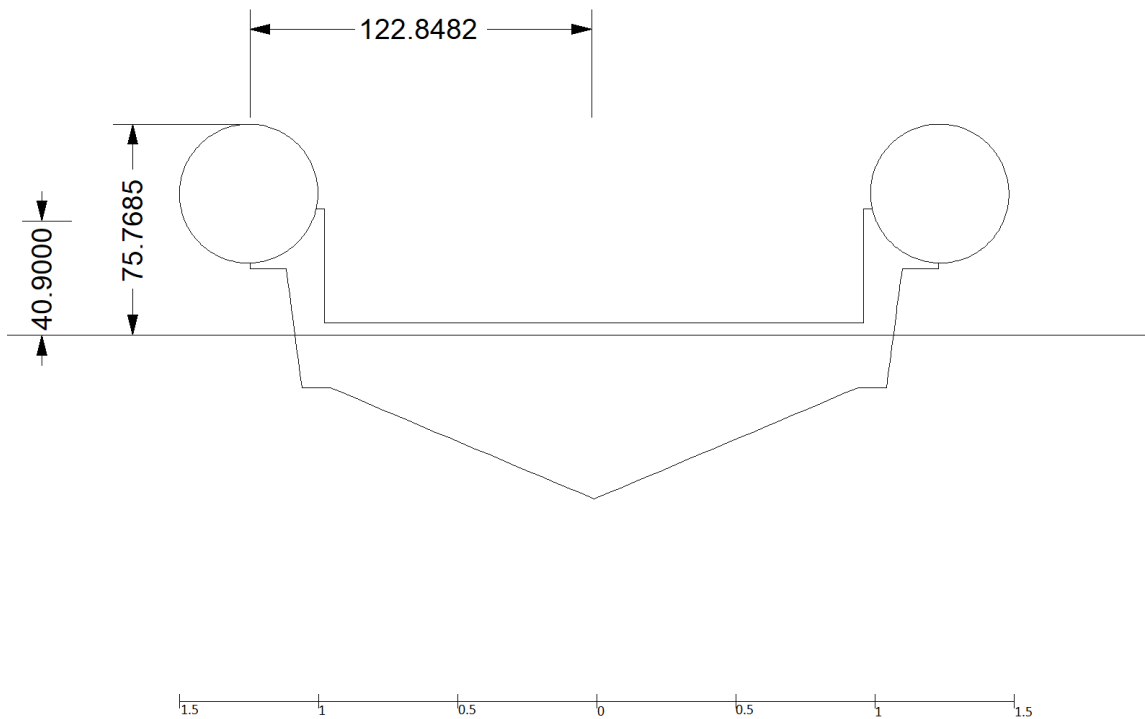
$$h_{D(R)} = H_1 \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times F_5 = 0,409 \text{ m} \quad (48)$$

Η θεωρητική γωνιά κατάκλισης θα είναι ίση με:

$$\varphi_D = \tan^{-1}\left(\frac{Z_D}{y'_D}\right) = 29.49^\circ \quad (49)$$

Z_D είναι το ύψος εισροής.

y'_D είναι το πλάτος εισροής.



4. Απαιτούμενο ύψος κατάκλισης.

8. Υπολογισμός απαιτούμενου όγκου των αεροθάλαμων.

Σύμφωνα με το ISO 6185-4, φουσκωτά σκάφη με μέγεθος από 8 έως 24 μέτρα και ιπποδύναμή μεγαλύτερη των 20 ίππων φουσκωτό σκάφος θεωρείται μια κατασκευή η οποία φέρει αεροθάλαμους γεμισμένους είτε με αέρα είτε με αφρό και με συνολική άνωση για αυτούς μεγαλύτερη του 50% της απαιτούμενης άνωσης για όλο το φουσκωτό σκάφος.

Η απαιτούμενη δύναμή είτε για εξωλέμβιες είτε για εσωλέμβιες μηχανές που πρέπει να φέρει το φουσκωτό σε Kw, σύμφωνα με τον κανονισμό υπολογίζεται ως εξής:

$$P_{calc} = L_{max} \times B_{max} \times \sqrt[3]{m_{LDC}} = 596 \text{ Kw} \quad (50)$$

$$1\text{kw}=1.337 \text{ Hp} \quad (51)$$

$$\text{Οπότε} \quad P_{calc} = 796 \text{ Hp} \quad (52)$$

Ο συνολικός ανωστικός όγκος του φουσκωτού σκάφους θα πρέπει να είναι:

$$V_{req} > \frac{1.33 \times m_{LDC}}{1000} = 5.96 \text{ m}^3 \quad (53)$$

Ο συνολικός όγκος των αεροθάλαμων ισούται

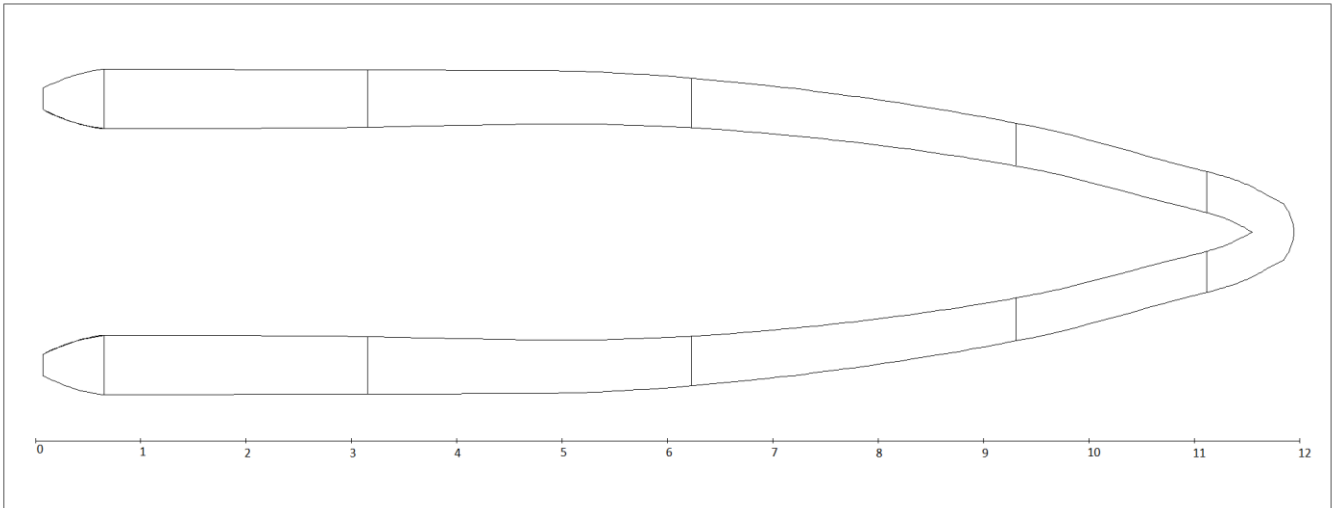
$$V_i = 3.88 \text{ m}^3 \quad (54)$$

Οπού

$$V_i > 0.5V_{req} \quad (55)$$

Για λόγους ασφάλειας οι αεροθάλαμοι πρέπει να χωριστούν σε διαμερίσματα με ελάχιστο αριθμό αυτών 5 και με μέγιστο μήκος 4 μετρά. Επίσης το κάθε διαμέρισμα δεν πρέπει να ξεπερνάει το 20% του συνολικού όγκου των αεροθάλαμων.

Για την διασφάλιση των κανονισμών επιλέχθηκε η διαμερισματοποίησή των αεροθάλαμων σε 11 διαμερίσματα. 2 διαμερίσματα μόνο για τους κυματοθραύστες όπου είναι η πιο ευάλωτη περιοχή, ένα διαμέρισμα στο U της πλήρης καθώς και 4 ακόμα διαμερίσματα σε κάθε πλευρά.



5. Σχέδιο διαμερισματοποίησης αεροθάλαμων.



9. Συμπεράσματα.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας για τους απαραίτητους υπολογισμούς που απαιτούνται από τα πρότυπα ISO που μπορούν να εφαρμοστούν χωρίς να γίνει φυσικό τεστ σε πραγματικό μοντέλο του σκάφους, εξήχθησαν τα εξής αποτελέσματα.

1. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν τα πρότυπα των ISO είναι προσεγγιστικοί με αποτέλεσμα να δείχνουν την εκτίμηση με βάση εμπειρικά δεδομένα. Ακολουθώντας τις οδηγίες για τοποθέτηση των ενισχυτικών και των διάφορων στοιχείων, εξάγεται αποτέλεσμα το οποίο είναι άξιο εμπιστοσύνης, όμως επιδέχεται βελτίωσης, αφού στην προκείμενη περίπτωση, δηλαδή μμιας κατασκευής μονού φλοιού, οι κύριες δυνάμεις που ασκούνται είναι ελαστικές. Στην παρούσα εργασία, όμως, μελετάται η αντοχή του κάθε πάνελ σε δυνάμεις τάσης και συμπίεσης που είναι υποδεέστερες από την ελαστική. Τέλος, υπάρχει ο περιορισμός ότι χρησιμοποιώντας το annex H του ISO 12215-5 μπορούμε να μελετήσουμε μοντέλα με απλή δομή υφασμάτων..
2. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της αντοχής σε όλα τα στοιχεία της κατασκευής. Από το ήδη υπάρχον τρισδιάστατο μοντέλο μπορεί να δημιουργηθεί ένα δεύτερο, όπου δημιουργώντας ένα περίπλοκο πλέγμα και τοποθετώντας πληροφορίες για τα υλικά που χρησιμοποιούνται αλλά και τις αντίστοιχες πίεσης για το κάθε σημείο μπορούμε να πάρουμε τα ανάλογα δεδομένα, τα οποία θα είναι βέβαια και πιο ακριβή.
3. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η κλασική θεωρία ελασματοποίησης (CLT) η οποία προσφέρει μμεγάλη ευελιξία στα υφάσματα που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και να υπολογιστούν όλες οι τάσεις και πολλά ακόμα χαρακτηριστικά που υπάρχουν σε ένα πάνελ με ακρίβεια.

10. Βιβλιογραφία

Έντυπη

Sutcliffe, D. (2010). The RIB and its place of birth the Atlantic College.

Dag, P. (2013). *The Complete RIB Manual: The definitive guide to design, handling and maintenance*. Barrus and Pantaenius.

Pain, S. (2009, 05 30). Don't forget your umbrella. London: New scientist.

Pike, D. (2005, 06). The History and future development of RIB's.

Soupeze, J.-B. R. (2018). STRUCTURAL ANALYSIS OF COMPOSITE SEARCH AND RESCUE VESSELS UNDER.

Sutcliffe, D. (2010). The RIB and its place of birth the Atlantic College.

Taunton, D.J., Hudson, D.A. and Shenoi. (2010). *Characteristics of a series of high speed hard chine planing hulls - part 1: performance in calm water*. ePrints Soton. <https://eprints.soton.ac.uk/172717/>

Eric Greene Associates. (1999). *Marine Composites*. Eric Greene Associates.

Jones, R. M. (1998). *Mechanics Of Composite Materials*. Taylor & Francis.

Larsson, L., & Eliasson, R. E. (2000). *Principles of Yacht Design* (2nd ed.). Gardners Books.

Tsai, S. W., & Hahn, T. H. (1980). *Introduction to Composite Materials* (1st ed.). Technomic Publishing Co, Inc.

ISO 12215 (2008) Small Craft. Hull Construction and Scantlings, n.d.

ISO 6185 (2018) Inflatable boats.

Διαδικτυακή

Wikipedia contributors. (2022, October 22). *Halkett boat*. Wikipedia.

Διαθέσιμο: https://en.wikipedia.org/wiki/Halkett_boat

B. (n.d.). *Our History | Survitec*.

Διαθέσιμο: <https://survitecgroup.com/about-us/our-history/>

Dermody, B. N. (2011, May 15). *Atlantic College students' RIB sea safety revolution*. BBC News.

Διαθέσιμο: <https://www.bbc.com/news/uk-wales-south-east-wales-13377377>

Histoire du bateau pneumatique PB (Paul Brot) et Zodiac : Souple et semi rigide. (1952, December 23). GPM - Guide De La Plaisance Mobile - Cartes, Camping, Ponton, Cale De Mise À L'eau, Mouillage, Port.

Διαθέσιμο: <https://www.guide-plaisance-mobile.fr/histoire-du-bateau-pneumatique-pb-paul-brot-et-zodiac-souple-et-semi-rigide>

Luxury & high-end rigid inflatable boat manufacturer. (2022, September 7). Zodiac Nautic.

Διαθέσιμο: <https://www.zodiac-nautic.com/en/brand/>

Step Design for Powerboats. (n.d.). Copyright © 2022, AeroMarine Research by Jim Russell.

Διαθέσιμο: <https://aeromarineresearch.com/steps.html>

Torterat, C. (2021, March 2). *The Amphitrite, the largest semi-rigid ever built by Zodiac*.

BoatsNews.com.

Διαθέσιμο: <https://www.boatsnews.com/story/36264/the-amphitrite-the-largest-semi-rigid-ever-built-by-zodiac>

Θεοδουλίδης, Α. Θ. (n.d.). Θεωρία Πλοίου II (. <https://Ocp.Teiath.Gr/>).

Διαθέσιμο: https://ocp.teiath.gr/modules/units/?course=NAFP_UNDER10



