2011


**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ


ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ & ΕΠΙΣΤΗΜΗ

# ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ & ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΓΑΣΤΡΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ


**ΚΟΛΟΒΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ**

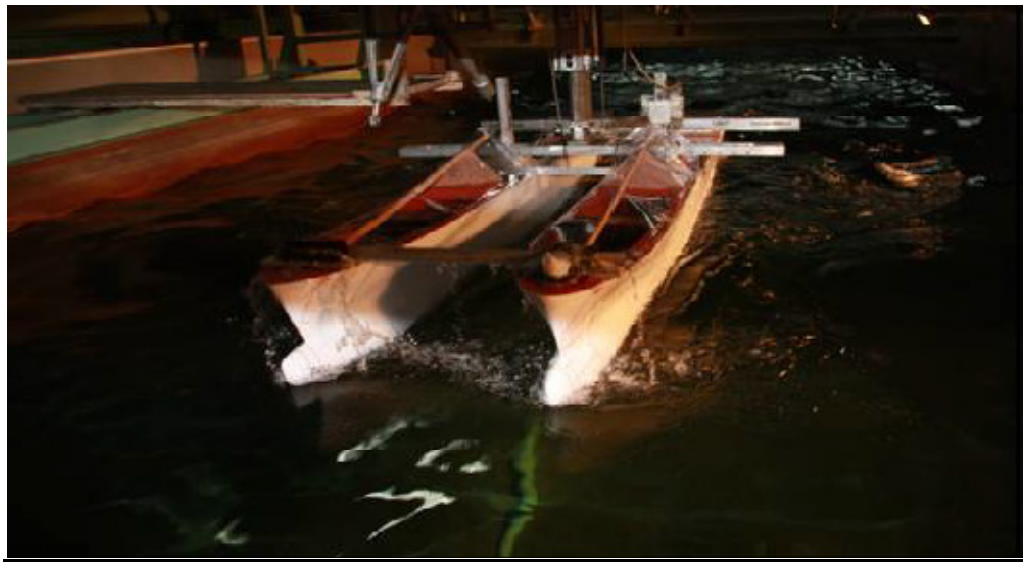
**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών**
**«Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία και Επιστήμη»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# Προκαταρκτική Μελέτη & Σχεδίαση δίγαστρου πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων



**ΚΟΛΟΒΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ**

**Τριμελής Επιτροπή**

Επιβλέπων: Αν. Καθηγητής Γ. Ζαραφωνίτης

**Μέλη**

α. Καθηγητής Ε. Σαμουηλίδης

β. Επ. Καθηγητής Δ. Λυρίδης

**ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**0. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

**1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΟΙΟΥ - ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ**

1.1 Σκοπός προκαταρκτικής μελέτης & σχεδίασης δίγαστρου πλοίου νέου τύπου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

1.2 Παρούσα κατάσταση δίγαστρων πλοίων – Τύποι και γενικά χαρακτηριστικά.

1.3 Γενική περιγραφή μορφής πλοίου – Μελλοντική αποστολή & χρήση.

1.4 Συνοπτική περιγραφή υφιστάμενων μονόγαστρων πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων αντίστοιχης μεταφορικής ικανότητας – Συγκριτικά στοιχεία.

1.5 Ανάλυση κυρίων διαστάσεων υπό μελέτη πλοίου και περιγραφή Γενικής Διάταξης.

1.6 Ανάλυση DWT.

1.7 Ανάπτυξη προκαταρκτικού σχεδίου Γενικής Διάταξης (General Arrangement).

**2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

2.1 Γενικά.

2.2 Υπολογισμός διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων σκάφους.

2.3 Υπολογισμός εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων σκάφους.

**3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΣΕ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥΣ**

3.1 Περιγραφή δοκιμών σε μοντέλο του υπό μελέτη πλοίου.

3.2 Αποτελέσματα αντίστασης σε ήρεμο νερό.

3.3 Αποτελέσματα δοκιμών σε κατάσταση θαλάσσης.

3.4 Υπολογισμός απαιτούμενης ισχύος πρόωσης σκάφους.

**4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ (LS)**

4.1 Βάρος μεταλλικής κατασκευής ($W_{ST}$).

4.2 Βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης ($W_M$).

4.3 Βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού ($W_{OT}$).

4.4 Συνολική κατανομή βάρους Light Ship – Θέση LCG και VCG.

## 5. ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΘΙΚΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

5.1 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 0% φορτίο.

5.2 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 25% φορτίο.

5.3 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 50% φορτίο.

5.4 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 75% φορτίο.

5.5 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 100% φορτίο.

## 6. ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ

6.1 Υπολογισμός ολικής χωρητικότητας GT.

6.2 Υπολογισμός καθαρής χωρητικότητας NT.

6.3 Έλεγχος περιορισμών καθαρής χωρητικότητας.

6.4 Σύνθεση πληρώματος.

## 7. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΛΟΙΟΥ

7.1 Κόστος κατασκευής πλοίου.

7.2 Κόστος εκμετάλλευσης πλοίου.

7.3 Ελάχιστος απαιτούμενος ναύλος.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

## 9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΄΄Α΄΄** : Σχέδιο Γενικής Διάταξης (General Arrangement).

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΄΄Β΄΄** : Σχέδια μέσης τομής στο 15%, 30%, 50%, 70%, 85% του $L_{OA}$ από την εφαρμογή Marspeed.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΄΄Γ΄΄** : Πίνακες αποτελεσμάτων υπολογισμού αντοχής και βάρους ελασμάτων και διαμήκων ενισχυτικών στο 15%, 30%, 50%, 70%, 85% του $L_{OA}$ από την εφαρμογή Marspeed.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΄΄Δ΄΄** : Κατασκευαστικά σχέδια μέσης τομής στο 15%, 30%, 50%, 70%, 85% του $L_{OA}$.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’Ε΄΄** : Κατασκευαστικά σχέδια εγκάρσιων υδατοστεγών φρακτών ($X_c$= 0, 13.50, 24.82, 38.7, 57.60, 63.90, 70.08 m από το AP) .

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’ΣΤ΄΄** : Πίνακες αποτελεσμάτων υπολογισμών αντοχής και βάρους εγκαρσίων ενισχυτικών, εγκαρσίων φρακτών και των ενισχυτικών τους στο 15%, 30%, 50%, 70%, 85% του $L_{OA}$ σύμφωνα με τους κανονισμούς του Νηογνώμονα. Πίνακες τελικού βάρους κενού σκάφους (LS) και θέσεων LCG και VCG.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’Ζ’’** : Στοιχεία και σχέδια κυρίων μηχανών, μειωτήρων, ηλεκτρομηχανών και σωστικών λέμβων πλοίου.

## 10. <u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία και Επιστήμη». Σκοπός της είναι η προκαταρκτική μελέτη & σχεδίαση ενός δίγαστρου πλοίου νέου τύπου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Το υπό μελέτη πλοίο αποτελεί ουσιαστικά ένα νέο πλοίο, καθώς πρόκειται για δίγαστρο πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, αντίστοιχο του οποίου δεν υφίσταται επί του παρόντος στον παγκόσμιο εμπορικό στόλο. Η εν λόγω Διπλωματική θα εξετάσει τις παραμέτρους του προκαταρκτικού σταδίου προμελέτης, με έμφαση στη σχεδίαση, ώστε στη συνέχεια να καθίσταται δυνατή η εκπόνηση μελέτης σε πιο αναλυτικό στάδιο.

Ξεκινώντας, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι προς υποβοήθηση της Διπλωματικής εργασίας ελήφθησαν αρκετά στοιχεία από ανάλογη σχεδίαση του Ευρωπαϊκού προγράμματος CARGOXPRESS, στο οποίο συμμετέχει και το ΕΜΠ.

Αρχικά, καθορίσθηκε η μορφή του υπό μελέτη πλοίου, τα κύρια χαρακτηριστικά της οποίας έχουν ως ακολούθως:

α. Η θέση των υπερκατασκευών θα βρίσκεται στο πρυμναίο τμήμα του σκάφους, σε περιοχή που να επιτρέπει την τοποθέτηση δύο (2) σειρών εμπορευματοκιβωτίων πρύμνηθεν αυτών.

β. Τα εμπορευματοκιβώτια θα τοποθετηθούν πρώραθεν (το μεγαλύτερο μέρος) και πρύμνηθεν των υπερκατασκευών και θα βρίσκονται όλα σε εξωτερικό χώρο, επί του κυρίου καταστρώματος, το ύψος των οποίων θα εξαρτηθεί από τη μη απόκρυψη της προβλεπόμενης ορατότητας.

γ. Η πρόωση του πλοίου θα υποστηρίζεται από δύο (2) μηχανοστάσια, από ένα (1) σε κάθε ημιγάστρα, τα οποία θα βρίσκονται κάτωθεν των υπερκατασκευών. Θα χρησιμοποιηθούν κύριες μηχανές Diesel οι οποίες θα στρέφουν ελικοφόρους άξονες με την αναπτυσσόμενη ταχύτητα υπηρεσίας να φθάνει τους 15 knots.

Με βάση τις ανωτέρω παραδοχές πραγματοποιήθηκε εκπόνηση σχεδίου Γενικής Διάταξης (General Arrangement), σε συνδυασμό με επιπλέον στοιχεία που παρασχέθηκαν από τον διδάσκοντα, (κύριες διαστάσεις, βύθισμα, μεταφορική ικανότητα, αυτονομία). Κατόπιν αξιοποίησης των προαναφερόμενων δεδομένων και με γνώμονα τους περιορισμούς που εξάγονται από αυτά, προέκυψε η σχεδίαση του υπό μελέτη πλοίου. Το υλικό κατασκευής καθορίσθηκε να είναι ναυπηγικός χάλυβας υψηλής αντοχής NV-32 με Yield stress 315 $N/mm^2$ και Young Modulus 206000 $N/mm^2$.

Ακολούθως και με δεδομένο ότι δεν υφίσταται αντίστοιχο όμοιο πλοίο, προκειμένου να έχουμε συγκριτικά στοιχεία, πραγματοποιήθηκε προκαταρκτικός υπολογισμός της αντοχής του σκάφους, ώστε να ληφθεί το βάρος της μεταλλικής κατασκευής ($W_{ST}$) και να γίνει εφικτή η συνέχιση της προμελέτης.

Ο υπολογισμός των εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων του σκάφους υπολογίσθηκε με βάση τους κανονισμούς του Νορβηγικού Νηογνώμονα (DNV), σε πρόγραμμα Excel. Σε ότι αφορά τον υπολογισμό των ελασμάτων της γάστρας και του κυρίου καταστρώματος καθώς και των διαμήκων ενισχυτικών έγινε χρήση της εφαρμογής Marspeed, η οποία διατίθεται ελεύθερα από το Γαλλικό Νηογνώμονα (BV), προκειμένου να επισπευτεί η διαδικασία. Παράλληλα, έγινε και δειγματοληπτική αντιστοίχηση με τα καθοριζόμενα από τον DNV για τα διαμήκη κατασκευαστικά στοιχεία, από την οποία διαπιστώθηκε ότι τα αποτελέσματα Γαλλικού και Νορβηγικού Νηογνώμονα συγκλίνουν.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των δοκιμών, που πραγματοποιήθηκαν στη δεξαμενή του ΕΜΠ, σε μοντέλο του υπό μελέτη πλοίου, με λόγο μοντέλου - πλοίου 1:24, με μέριμνα του Εργαστηρίου Ναυτικής & Θαλάσσιας Υδροδυναμικής του ΕΜΠ. Από τα αποτελέσματα της αντίστασης σε ήρεμο νερό και σε κατάσταση θαλάσσης εξήχθη η απαιτούμενη ισχύς προώσεως του σκάφους με βάση την οποία έγινε επιλογή των κυρίων μηχανών του πλοίου.

Συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα της αντοχής του σκάφους εκτελείται υπολογισμός του βάρους μεταλλικής κατασκευής, στον οποίο προστίθενται και τα βάρη που προκύπτουν με υπολογισμούς από τις υπόλοιπες απαιτήσεις του πλοίου (Μηχανολογική εγκατάσταση, ενδιαίτηση & εξοπλισμός). Τελικά, προκύπτει το συνολικό βάρος του κενού σκάφους (LS) καθώς και οι αντίστοιχες θέσεις του κέντρου βάρους στο διάμηκες (LCG) και στο εγκάρσιο (VCG).

Στη συνέχεια, εκτελείται υπολογισμός των διαφόρων καταστάσεων φόρτωσης σε διαφορετικά Payload από 0 έως 100 %, με τα αντίστοιχα LCG & VCG. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά ακολούθως πραγματοποιείται έλεγχος ικανοποίησης των κριτηρίων άθικτης ευστάθειας.

Με βάση τα τελικά βάρη του πλοίου εκτελείται καταμέτρηση του πλοίου, όπου υπολογίζεται η ολική (GT) και η καθαρή (NT) χωρητικότητες καθώς και η σύνθεση του πληρώματος με βάση τις διατάξεις του ΠΔ 238/1987.

Τέλος, πραγματοποιείται αναλυτικός προϋπολογισμός του κόστους κατασκευής και εκμετάλλευσης του πλοίου, από τον οποίο εξάγεται η βιωσιμότητα του σκάφους στη ναυτιλιακή αγορά.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αν. Καθηγητή κ. Γ. Ζαραφωνίτη, για τον προσωπικό χρόνο τις υποδείξεις και τις παρεμβάσεις του, ώστε να είναι όσο το δυνατό πιο πλήρης αυτή η εργασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συμπαράστασή της όλη αυτή την περίοδο.

# 1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΟΙΟΥ - ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

## 1.1 Σκοπός προκαταρκτικής μελέτης & σχεδίασης δίγαστρου πλοίου νέου τύπου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων

Η παρούσα Διπλωματική εργασία εκπονείται με σκοπό την ολοκλήρωση της προκαταρκτικής μελέτης και σχεδίασης ενός πλοίου νέου τύπου, το οποίο δεν υφίσταται επί του παρόντος στη ναυτιλιακή αγορά. Η εν λόγω μελέτη θα εστιαστεί στη σχεδίαση, ώστε από το τελικό αποτέλεσμα να προκύψει η κατάλληλη Γενική Διάταξη, η οποία θα καλύπτει τις προϋποθέσεις που δόθηκαν από το διδάσκοντα (Δίγαστρο σκάφος, μήκος, πλάτος, κοίλο, Θέση φορτίου, χωροθέτηση υπερκατασκευών & μηχανολογικής εγκατάστασης) και παράλληλα θα εμφανίζει μία καινούργια πρόταση προς αξιοποίηση στα επόμενα στάδια μελέτης.

Τα βασικά στοιχεία στη μορφή του υπό μελέτη πλοίου είναι αφενός το γεγονός ότι θα είναι δίγαστρο και αφετέρου το ότι θα μεταφέρει εμπορευματοκιβώτια. Μέχρι σήμερα, όλα τα πλοία νέου τύπου με δύο γάστρες χρησιμοποιούνται ως επιβατηγά ή επιβατηγά – οχηματαγωγά (Ε/Γ-Ο/Γ), κυρίως λόγω των μεγάλων ταχυτήτων που μπορούν να αναπτύξουν, το οποίο αποτελεί και το κυρίως ζητούμενο σε πλοία που μεταφέρουν επιβάτες σε αντίθεση με τα πλοία φορτίου. Η καινοτομία του υπό μελέτη πλοίου αποτελεί η αλλαγή της μέχρι τώρα χρήσης των δίγαστρων σκαφών από Ε/Γ-Ο/Γ σε φορτηγό πλοίο και συγκεκριμένα Containership. Αντίστοιχα, τα συμβατικά πλοία μεταφοράς containers είναι σήμερα όλα μονόγαστρα και πλέουν με ταχύτητες έως 20 knots.

Το υπό μελέτη πλοίο θα αποτελέσει ένα συνδυασμό των σημερινών υφιστάμενων δίγαστρων σκαφών και των μονόγαστρων containership. Αυτό αποτελεί ουσιαστικά και το σκοπό της εν λόγω Διπλωματικής, δηλαδή να εξετάσουμε την εφικτότητα κατασκευής ενός δίγαστρου φορτηγού πλοίου, το οποίο θα είναι παράλληλα εκμεταλλεύσιμο εμπορικά και ικανό να αποφέρει οικονομικό κέρδος.

Το κύριο μειονέκτημα των δίγαστρων πλοίων, όσον αφορά τη μεταφορική τους ικανότητα, αποτελεί η περιορισμένη δυνατότητά τους να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες φορτίου, κυρίως λόγω των δύο χωριστών γαστρών, οι οποίες μειώνουν το συνολικό όγκο φορτίου σε σχέση με το συγκεντρωμένο όγκο που διαθέτουν τα μονόγαστρα σκάφη. Ωστόσο, στα δίγαστρα σκάφη το συνολικό πλάτος του πλοίου είναι αυξημένο, το οποίο προκύπτει από την ισαπόσταση των δύο (2) ημιγαστρών, με αποτέλεσμα αυξημένο πλάτος σε αναλογία με το μήκος τους, που σημαίνει ότι έχουν αυξημένο εμβαδόν καταστρωμάτων από το κύριο κατάστρωμα και πάνω. Αυτή την κατασκευαστική τους διαφορά θα εκμεταλλευτούμε με σκοπό να τη

χρησιμοποιήσουμε ως χώρο φορτίου, προκειμένου να επιτύχουμε τη μέγιστη δυνατή μεταφορική ικανότητα.

Επιπρόσθετα, λόγω του ότι το υπό μελέτη πλοίο θα είναι φορτηγό σημαίνει ότι δεν απαιτείται η πλεύση του με υψηλές ταχύτητες όπως τα αντίστοιχα Ε/Γ-Ο/Γ. Αυτό συνεπάγεται ότι δεν χρειάζεται η εγκατάσταση μηχανών ή συστημάτων πρόωσης αυξημένης ισχύος, οι οποίες παράλληλα αυξάνουν το συνολικό βάρος του Light Ship, καταλαμβάνουν μεγάλους χώρους του σκάφους και κυρίως εκτοξεύουν το κόστος και τον προϋπολογισμό του πλοίου. Εκτιμάται ότι μία ταχύτητα της τάξης των 15 knots θα ήταν ικανοποιητική για το υπό μελέτη πλοίο και αυτή δύναται να επιτευχτεί με την τοποθέτηση συνήθων μηχανών Diesel και συμβατικών αξονικών συστημάτων, τα οποία θα καταλαμβάνουν σχετικά μικρότερο ποσοστό όγκου και βάρους του πλοίου, ενώ το κόστος αγοράς, συντήρησης και λειτουργίας θα είναι σημαντικά χαμηλότερο.

Επιπλέον, λόγω της μη αναγκαιότητας επίτευξης υψηλών ταχυτήτων δεν υφίσταται παράλληλα και απαίτηση για υλικό κατασκευής με χαμηλό ειδικό βάρος, όπως το αλουμίνιο, το οποίο συναντάται συνήθως στα δίγαστρα Ε/Γ-Ο/Γ προκειμένου να είναι εφικτή η επίτευξη υψηλών ταχυτήτων πλεύσης. Συνεπώς, το υπό μελέτη πλοίο δύναται να κατασκευαστεί με ναυπηγικό χάλυβα, καθώς η επιθυμητή ταχύτητα υπηρεσίας δύναται να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση ελαφρών υλικών, που εκτιμάται ότι θα μειώσει επιπλέον το κόστος κτήσης του πλοίου.

Σε ότι αφορά τις υπερκατασκευές, οι οποίες στα ταχύπλοα δίγαστρα σκάφη τοποθετούνται στο πρωραίο τμήμα του πλοίου, προκειμένου να καθίσταται δυνατός ο βέλτιστος χειρισμός τους και πηδαλιούχηση τους, εκτιμάται ότι δεν απαιτείται κάτι αντίστοιχο στο υπό μελέτη πλοίο, καθώς αφενός δεν θα έχουμε μεγάλες ταχύτητες, αφετέρου θα ήταν καλύτερη η εγκατάστασή τους σε πρυμναία θέση του σκάφους, ώστε να υπάρχει παράλληλα και οπτικός έλεγχος του μεταφερόμενου φορτίου.

Γενικά, εκτιμάται ότι το υπό μελέτη πλοίο, λόγω της προοπτικής για πλεύση με χαμηλές ταχύτητες, θα έχει μειωμένο κόστος κτήσης σε σύγκριση με τα ταχύπλοα δίγαστρα Ε/Γ-Ο/Γ αντίστοιχων διαστάσεων. Παρακάτω θα εξετασθεί κατά πόσον η μεταφορική του ικανότητα δύναται να κάνει το πλοίο αυτό εμπορικά εκμεταλλεύσιμο.

## 1.2 Παρούσα κατάσταση δίγαστρων πλοίων – Τύποι & γενικά χαρακτηριστικά

Στη συνέχεια και προκειμένου να υπάρχει μια πληρέστερη εικόνα της τωρινής χρήσης των δίγαστρων πλοίων, πραγματοποιείται μία σύνοψη της κατάστασης του παγκόσμιου εμπορικού στόλου, σε ότι αφορά τα δίγαστρα σκάφη, όπου παρατίθενται οι τύποι αυτών μετά των γενικών χαρακτηριστικών τους. Έτσι, γίνεται κατανοητή η παρούσα τάση της ναυτιλιακής αγοράς αναφορικά με τα δίγαστρα πλοία.

Από την τελευταία δεκαετία του 20$^{ου}$ αιώνα και μετά αναπτύχθηκε η κατασκευή μεγάλων δίγαστρων ταχύπλοων σκαφών για χρήση ως Ε/Γ-Ο/Γ, με μήκος που κυμαίνεται μεταξύ 70 και 100 m και ταχύτητες της τάξης των 30 - 40 knots. Ο βασικός τύπος των υφιστάμενων δίγαστρων σκαφών είναι το Catamaran, ενώ έχουν επίσης ναυπηγηθεί και παραλλαγές του σε μικρότερη κλίμακα, όπως τα Wave piercers, τα SWATHS και τα SemiSWATHS. Στο παρόν κεφάλαιο θα εστιαστούμε στην περιγραφή των Catamarans, λόγω του ότι το υπό μελέτη πλοίο θα έχει αντίστοιχη μορφή, με σκοπό να συνάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τη συνέχιση της Διπλωματικής εργασίας.

Τα Catamarans χρησιμοποιούνται ευρέως και με επιτυχία τα τελευταία χρόνια στο χώρο της ακτοπλοΐας λόγω της ικανότητάς τους να μεταφέρουν σε μικρά χρονικά διαστήματα ικανό αριθμό επιβατών και οχημάτων, καθώς ο περιορισμός του χρόνου ταξιδίου αποτελεί το επιθυμητό εκ μέρους του επιβατικού κοινού σε αντίθεση με τα πλοία φορτίου, τα οποία ως επί το πλείστον πλέουν με χαμηλές ταχύτητες. Ο μικρός χρόνος ταξιδίου (συνήθως μερικές ώρες) έχει εξαλείψει την ανάγκη για καμπίνες επιβατών, για τους οποίους παρέχονται καθίσματα αεροπορικού τύπου, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση μεγάλων χώρων στο πλοίο, οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν σε άλλες δυνατότητες, όπως καταστρώματα οχημάτων.

Τα ανωτέρω πλοία χωρίζονται με βάση την αναπτυσσόμενη ταχύτητα σε:

α. Πλήρως ολισθαίνοντα (Planning crafts).
β. Ημιεκτοπίσματος (Semi-Displacement crafts).
γ. Σκάφη εκτοπίσματος (Displacement crafts).

ενώ με βάση τη μορφή των υφάλων διακρίνονται σε:
α. Πλοία με ακμή.
β. Πλοία στρογγυλού πυθμένα.
Τέλος, υφίστανται και τα σκάφη ειδικής σχεδίασης (Low Wash Catamarans) με ιδιαίτερα λεπτόγραμμες γάστρες, τα οποία χρησιμοποιούνται σε θάλασσες όπου απαιτείται προστασία του περιβάλλοντος ή αποφυγή πρόκλησης κυματισμών.

Στη συνέχεια, παρατίθενται εικόνες και γενικά χαρακτηριστικά Ε/Γ & Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων catamaran, τα οποία βρίσκονται σήμερα σε λειτουργία, προς απόκτηση μιας ολοκληρωμένης εικόνας της σημερινής κατάστασης και των αλλαγών που έχουν διενεργηθεί στον τομέα της ακτοπλοΐας.

Η Ελληνική ναυτιλιακή εταιρία Hellenic Seaways διαθέτει το μεγαλύτερο στόλο με ταχύπλοα δίγαστρα Ε/Γ & Ε/Γ-Ο/Γ στην ακτοπλοΐα της χώρας μας συνδέοντας αρκετά νησιά του Αιγαίου, κυρίως τις Κυκλάδες, με τον Πειραιά και άλλα λιμάνια της χώρας. Τα δίγαστρα ταχύπλοα σκάφη της εταιρίας χωρίζονται στα Highspeed (με δυνατότητα μεταφοράς επιβατών και οχημάτων) και στα Flyingcat (με δυνατότητα μεταφοράς μόνον επιβατών). Παρακάτω φαίνονται από ένα πλοίο των δύο κατηγοριών με τα κύρια χαρακτηριστικά και δυνατότητες.

## Highspeed 4

| | |
|---|---|
| Τύπος πλοίου | Καταμαράν / Επιβατηγό - Οχηματαγωγό |
| Έτος ναυπήγησης | 2000 |
| Χώρα ναυπήγησης | Αυστραλία |
| Μήκος | 92,04 |
| Πλάτος | 24,00 |
| Ταχύτητα | 35 |
| Επιβάτες | 1.004 |
| Οχήματα | 188 |
| Καμπίνες | - |

## Flyingcat 3

| | |
|---|---|
| Τύπος πλοίου | Καταμαράν / Επιβατηγό |
| Έτος ναυπήγησης | 1998 |
| Χώρα ναυπήγησης | Αγγλία |
| Μήκος | 47,70 |
| Πλάτος | 11,80 |
| Ταχύτητα | 40 |
| Επιβάτες | 360 |
| Οχήματα | - |
| Καμπίνες | - |

Μία άλλη Ελληνική ναυτιλιακή εταιρία που δραστηριοποιείται στο χώρο της ακτοπλοΐας είναι η Sea Jets, η οποία έχει δρομολογήσει τρία (3) Catamarans Ε/Γ & Ε/Γ-Ο/Γ από τον Πειραιά και τη Ραφήνα προς τις Κυκλάδες και την Κρήτη. Στη συνέχεια φαίνονται πλοία της εν λόγω εταιρίας μετά των κύριων χαρακτηριστικών τους.

## Superjet

| Όνομα Πλοίου | SUPERJET |
|---|---|
| Τύπος Πλοίου | Καταμαράν/Επιβατηγό |
| Έτος Ναυπήγησης | 1995 |
| Χώρα Ναυπήγησης | Φιλανδία |
| Μήκος | 42 |
| Πλάτος | 10 |
| Ταχύτητα | 34 |
| Επιβάτες | 394 |

## Megajet

| Όνομα Πλοίου | MEGAJET |
|---|---|
| Τύπος Πλοίου | Καταμαράν / Επιβατηγό-Οχηματαγωγό |
| Έτος Ναυπήγησης | 1996 |
| Χώρα Ναυπήγησης | Αυστραλία |
| Μήκος | 77.46 |
| Πλάτος | 26 |
| Ταχύτητα | 33 |
| Επιβάτες | 750 |
| Οχήματα | 100 |

Τέλος, τα μεγαλύτερα ταχύπλοα δίγαστρα πλοία παγκοσμίως είναι αυτά της κλάσης HSS 1500 της Stena Lines, τα οποία δρομολογούνται σε ακτοπλοϊκές γραμμές της Μεγάλης Βρετανίας. Φωτογραφίες και γενικά χαρακτηριστικά παρατίθενται στη συνέχεια.

## HSS 1500

| | |
|---|---|
| Type: | High-speed catamaran |
| Length: | 126.6 m |
| Beam: | 40.0 m |
| Draught: | 4.8 m |
| Decks: | 7 |
| Installed power: | COGAG Turbines:<br>2x GE LM2500<br>2x GE LM1600 |
| Propulsion: | 4x Kamewa Type S Waterjets |
| Speed: | Unladen record 51 knots |
| Capacity: | 1,500 passengers<br>375 cars |

## 1.3 Γενική περιγραφή μορφής πλοίου – Μελλοντική αποστολή & χρήση

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους και τους περιορισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω, καταλήξαμε σε ένα γενικό πλάνο της μορφής που θα δώσουμε στο υπό μελέτη πλοίο, προκειμένου στη συνέχεια να προχωρήσουμε σε λεπτομερή ανάλυση και σχεδίαση του.

Αρχικά, θεωρούμε ότι το υπό σχεδίαση πλοίο θα είναι δίγαστρο τύπου Catamaran και θα ανήκει στην κατηγορία των σκαφών εκτοπίσματος και στρογγυλού πυθμένα αντίστοιχα. Το φορτίο που θα μεταφέρει το πλοίο θα τοποθετηθεί εξωτερικά από το κύριο κατάστρωμα και άνω σε στοίβαση, καθώς πρόκειται για containers, προκειμένου να εκμεταλλευθούμε το μεγάλο εμβαδόν καταστρώματος που παρέχει ένα δίγαστρο σκάφος άνωθεν των δύο ημιγαστρών λόγω του Cross Deck. Η χωροθέτηση των εμπορευματοκιβωτίων θα εξαρτηθεί από τη θέση των υπερκατασκευών, η οποία θα πρέπει να οριστεί από πριν.

Λόγω του ότι το υπό μελέτη πλοίο θα είναι φορτηγό εκτιμάται ότι οι υπερκατασκευές θα πρέπει να τοποθετηθούν σε πρυμναία θέση του σκάφους, αφενός γιατί η πλεύση θα γίνει με χαμηλές ταχύτητες, καθώς δεν υφίσταται ανάγκη γρήγορης μεταφοράς (πχ επιβάτες), οπότε δεν απαιτείται η μέγιστη δυνατή ορατότητα, αφετέρου για να είναι εφικτός ο οπτικός έλεγχος του μεταφερόμενου φορτίου από τη γέφυρα. Συνεπώς, η βέλτιστη θέση των υπερκατασκευών θα είναι σε περιοχή μεταξύ του μέσου και της πρύμνης του πλοίου, έτσι ώστε να υπάρχει επαρκής χώρος και για τοποθέτηση δύο (2) σειρών containers πρύμνηθεν αυτών. Το ύψος και ο αριθμός των καταστρωμάτων των υπερκατασκευών θα καθορισθεί με βάση τις ανάγκες διαβίωσης και τον αριθμό μελών του πληρώματος καθώς και την επαρκή ορατότητα από τη γέφυρα όπως αυτή καθορίζεται από τη SOLAS.

Με βάση τα ανωτέρω, τα εμπορευματοκιβώτια θα τοποθετηθούν εξωτερικά πρώραθεν και πρύμνηθεν των υπερκατασκευών από το κύριο κατάστρωμα και άνω. Το ύψος του φορτίου θα βρίσκεται σε εξάρτηση με την ορατότητα που θα υπάρχει από τη γέφυρα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Το μέγιστο δυνατό φορτίο που θα δύναται να μεταφέρει το πλοίο θα καθορισθεί συναρτήσει του τελικά υπολογισθέντος Light Ship και των αναλωσίμων.

Στη συνέχεια θα καθορίσουμε τη θέση των μηχανοστασίων. Από λειτουργικής άποψης, το καλύτερο σημείο θα ήταν κάτωθεν των υπερκατασκευών, πρωτίστως για λόγους άμεσης πρόσβασης του πληρώματος και δευτερευόντως για την εξοικονόμηση μήκους αξονικών συστημάτων. Επιπρόσθετα, επειδή το πλοίο θα είναι δίγαστρο θα απαιτηθεί η εγκατάσταση δύο ελίκων για λόγους ικανοποιητικής πλευστότητας και χειρισμών. Για το λόγο αυτό θα χωροθετηθούν δύο (2) χωριστά μηχανοστάσια, από ένα σε κάθε ημιγάστρα, σε κάθε ένα από τα οποία θα τοποθετηθεί από μία κύρια μηχανή, η οποία θα υποστηρίζει την αριστερή ή τη δεξιά προπέλα αντίστοιχα διαμέσου κατάλληλου μειωτήρα και αξονικού συστήματος.

Ο όγκος των δεξαμενών αποθήκευσης καυσίμων θα εξαρτηθεί από την επιθυμητή αυτονομία του πλοίου, την οποία θεωρούμε σε επτά (7) ημέρες. Μία ικανοποιητική θέση για τις δεξαμενές αποθήκευσης πετρελαίου θα ήταν από μία πρώραθεν εκάστου μηχανοστασίου και πρωραθεν αυτών από μία δεξαμενή αποθήκευσης ελαίου λιπάνσεως. Εντός εκάστου μηχανοστασίου θα τοποθετηθεί από μία δεξαμενή χρήσεως πετρελαίου καθώς και από μία δεξαμενή ποσίμου ύδατος. Δεξαμενές Ballast θα τοποθετηθούν στο πρωραίο και πρυμναίο τμήμα του σκάφους, συμμετρικά σε κάθε ημιγάστρα, και ο αριθμός τους καθώς και ο όγκος τους θα εξαρτηθεί από την επιθυμητή μέγιστη διαγωγή που θα έχει το πλοίο στις διάφορες καταστάσεις φόρτωσης. Επιπρόσθετα, προς κάλυψη αναγκών πλευρικής διαγωγής θα εγκατασταθεί από μία (1) Heeling tank σε κάθε ημιγάστρα, περί το μέσο του πλοίου.

Το υπό μελέτη πλοίο προορίζεται για χρήση ως μικρό Containership με μεταφορική ικανότητα της τάξης των 150 TEU. Θα έχει δυνατότητα πλεύσης σε ανοιχτή θάλασσα με ταχύτητα υπηρεσίας της τάξεως των 15 knots και με αυτονομία επτά (7) ημερών συνεχούς ταξιδίου. Αυτό συνεπάγεται σε ακτίνα ενεργείας 2520 ν.μ. η οποία δύναται να καλύψει θαλάσσιες διαδρομές, όπως Πειραιάς – Βαρκελώνη με επιστροφή. Το αυξημένο πλάτος του θα επιβάλει περιορισμούς σε περιπτώσεις πρυμοδέτησης σε λιμάνια, ωστόσο η απόσταση μεταξύ των ελίκων στο εγκάρσιο παρέχουν αυξημένη ικανότητα χειρισμών κατά την είσοδο ή έξοδο από λιμάνια και σε περιορισμένα ύδατα.

## 1.4 Συνοπτική περιγραφή υφιστάμενων μονόγαστρων πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων αντίστοιχης μεταφορικής ικανότητας – Συγκριτικά στοιχεία

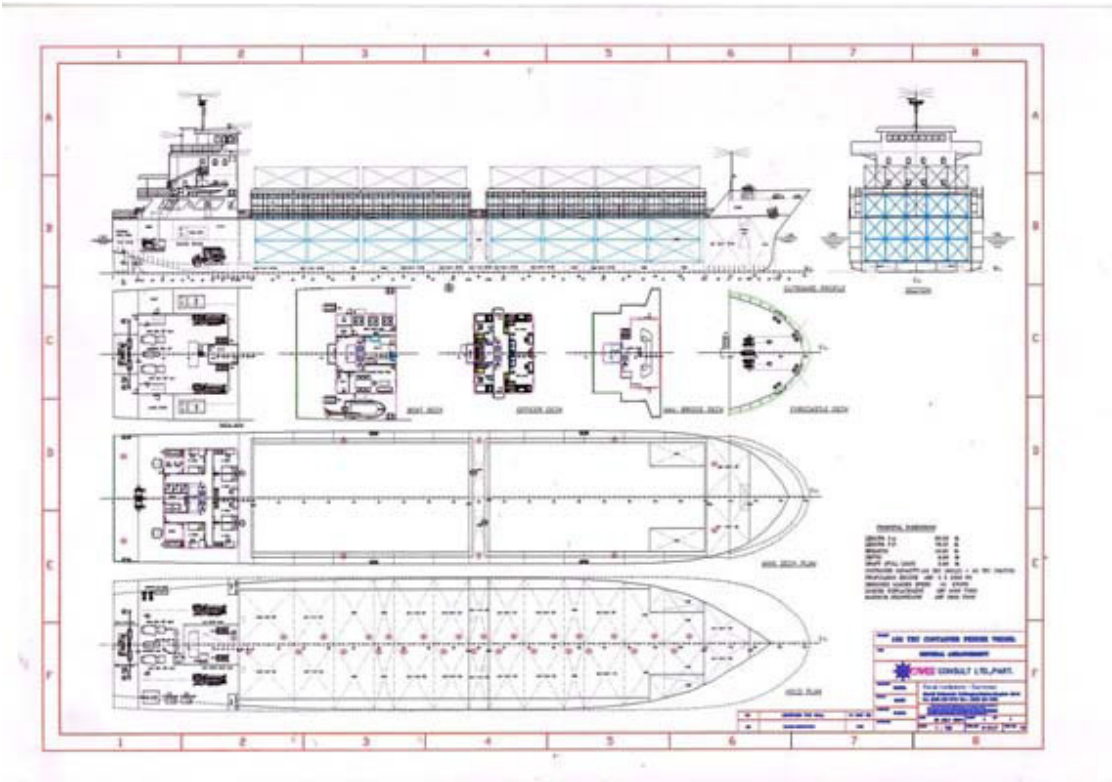
Με δεδομένο ότι δεν υφίσταται όμοιο πλοίο με το υπό μελέτη, στη συνέχεια θα γίνει μια περιγραφή των κύριων χαρακτηριστικών μονόγαστρων Containerships, τα οποία έχουν μεταφορική ικανότητα της τάξης των 150 – 200 TEU, προκειμένου να αντληθούν χρήσιμα στοιχεία προς υποβοήθηση της περαιτέρω προκαταρκτικής μελέτης. Παρακάτω παρατίθενται φωτογραφίες και κύρια χαρακτηριστικά έξι (6) εκ των ανωτέρω πλοίων, τα στοιχείων των οποίων παρασχέθηκαν από την Αιμιλία Αλησαφάκη, ναυπηγό ΕΜΠ, μέλος του Εργαστηρίου Μελέτης πλοίου.

## GOLDEN VOYAGE

## MENTANI SEJAHTERA

## NP SURATTHANI 1

## NP SURATTHANI 1 (General Arrangement)



## PRIDE OF VEERE

## SEATRAN LINE 2

**ΤΕΜΝΑ**

| Ship Name | Ship Type | Date of Build | TEU | DWT | Displacement (tn) | Speed | LBP | Beam | Draft | Depth | LOA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Golden Voyage** | Container Ship (Fully Cellular) | 1-6-93 | 120 | 1693 | 3530 | | 85 | 15.4 | 4.372 | 7.5 | 90.8 |
| **Mentari Sejahtera** | Container Ship (Fully Cellular) | 1-9-97 | 171 | 3702 | | 12 | 79 | 15 | 5.811 | 7.3 | 84.57 |
| **N P Suratthani 1** | Container Ship (Fully Cellular) | 1-10-07 | 154 | 2778 | 3800 | 10 | 78.15 | 16.06 | 4 | 6.5 | 83.53 |
| **Pride Of Veere** | Container Ship (Fully Cellular) | 1-5-98 | 190 | 3200 | | 13 | 105 | 11.36 | 3.6 | 5.58 | 109.97 |
| **Seatran Line 2** | Container Ship (Fully Cellular) | 1-1-91 | 144 | 2913 | | | 77.3 | 14.8 | 4.811 | 5.9 | 82.8 |
| **Tenma** | Container Ship (Fully Cellular) | 1-4-07 | 140 | 1438 | | 14 | 72.8 | 13.2 | 3.68 | 6.6 | 80 |

| Ship Name | GT | Flag | Total HP | Total kW | Type | Number | Cylinder Bore | Cylinder Stroke | Engine Layout | Engine RPM | Engine Speed |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Golden Voyage** | 2745 | Korea (South) | 4 500.00 | 3 310.00 | Motor Diesel | 1 | 400 | 460 | In Line | 520 | Medium |
| **Mentari Sejahtera** | 2797 | Indonesia | 1 795.00 | 1 320.00 | Motor Diesel | 1 | 280 | 320 | In Line | 775 | High |
| **N P Suratthani 1** | 2839 | Thailand | 2 402.00 | 1 766.00 | Motor Diesel | 2 | 210 | 290 | In Line | 850 | High |
| **Pride Of Veere** | 2077 | Antigua & Barbuda | 2 448.00 | 1 800.00 | Motor Diesel | 2 | 240 | 290 | In Line | 1000 | High |
| **Seatran Line 2** | 1912 | Thailand | 3 018.00 | 2 220.00 | Motor Diesel | 1 | 260 | 980 | In Line | 250 | Medium |
| **Tenma** | 499 | Japan | 2 500.00 | 1 839.00 | Motor Diesel | 1 | 340 | 620 | In Line | 310 | Medium |

Από την επισκόπηση των επιμέρους στοιχείων των παραπάνω πλοίων παρατηρούμε ότι τα κύρια χαρακτηριστικά τους κυμαίνονται στα ακόλουθα όρια:

TEU capacity = 120 – 190

DWT = 1400 – 3700

Engine HP = 1800 – 4500

Speed = 10 -14 knots

$L_{BP}$ = 72 – 105

Beam = 11 – 16

Draught = 3.6 – 5.8

Depth = 5.5 – 7.5

GT = 499 – 2800

Number of main engines : Σε 4 σκάφη μία (1) – Σε 2 σκάφη 2.

Propulsion type : FP propeller.

Παρατηρώντας τα κύρια χαρακτηριστικά των ανωτέρω μονόγαστρων Containerships, τα οποία επιλέχθηκαν για μεταφορική ικανότητα αντίστοιχη με αυτή του υπό μελέτη πλοίου, διαπιστώνουμε ότι αυτά διαθέτουν μήκη της τάξεως των 70 έως 100 m, πλάτη 11έως 16 m, κοίλο 5.5 έως 7.5 m, ενώ η μέγιστη ταχύτητα πλεύσης είναι 14 knots, η οποία παρέχεται από μία (1) κύρια μηχανή ως επί το πλείστον. Η ηλεκτρική ισχύς είναι της τάξεως των 350 KW maximum και παρέχεται από 2 έως 3 ηλεκτρομηχανές. Σε όλα τα ανωτέρω μονόγαστρα σκάφη το μεταφερόμενο φορτίο τοποθετείται τόσο κάτωθεν όσο και άνωθεν του κυρίου καταστρώματος, προκειμένου να εξασφαλισθεί ο μέγιστος δυνατός ωφέλιμος όγκος. Στο υπό μελέτη δίγαστρο πλοίο δεν θα τοποθετήσουμε εμπορευματοκιβώτια κάτωθεν του κυρίου καταστρώματος, ωστόσο θα εκμεταλλευθούμε το μεγάλο πλάτος που υπάρχει από το main deck και άνω, λόγω του cross deck, ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο Payload.

## 1.5 Ανάλυση κυρίων διαστάσεων υπό μελέτη πλοίου & περιγραφή Γενικής Διάταξης.

Στη συνέχεια, παρατίθεται πίνακας με τα γενικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη σκάφους, τα οποία διαμορφώθηκαν σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν από το διδάσκοντα. Η προϋπόθεση είναι ότι ο τελικός ισολογισμός βαρών, που θα προκύψει από τον καταμερισμό του LS & DWT, θα πρέπει να καταλήγει σε εκτόπισμα 3000 tons. Επίσης, θεωρούμε δεδομένες τις κύριες διαστάσεις του πλοίου (Μήκος, πλάτος ημιγάστρας, πλάτος cross deck, κοίλο). Με βάση αυτά και

σε συνδυασμό με τους υπολογισμούς που γίνονται παρακάτω στο κεφάλαιο 4 για το LS, καταλήγουμε στα βασικά στοιχεία που συνθέτουν το υπό μελέτη πλοίο.

**Πίνακας 1.1/Ι**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Εκτόπισμα στο Tmax | Δ | 3000 | tons |
| Βάρος άφορτου πλοίου | LS | 891.70 | tons |
| Deadweight | DWT | 2108.30 | tons |
| Ολικό μήκος | $L_{OA}$ | 80.14 | m |
| Μήκος μεταξύ καθέτων | $L_{BP}$ | 75.2 | m |
| Ολικό πλάτος | $B_{OA}$ | 21 | m |
| Πλάτος ημιγάστρας | | 7.032 | m |
| Πλάτος cross deck | | 7 | m |
| Κοίλο | D | 10 | m |
| Μέγιστο βύθισμα | $T_{max}$ | 4.67 | m |
| Διπύθμενο | | 1.8 | m |
| Διπύθμενο μηχανοστασίου | | 1.0 | m |
| Αριθμός μελών πληρώματος | | 16 | άτομα |
| Ταχύτητα υπηρεσίας | $V_{SERVICE}$ | 15 | knots |
| Κύριες μηχανές Diesel | 2 x | QSK60 MCRS | Cummins |
| Ηλεκτρομηχανές Diesel | 2 x | K 19-CP | Cummins |

Ακολούθως, οριοθετούμε τη Γενική Διάταξη, ώστε εν συνεχεία να προχωρήσουμε στη λεπτομερή σχεδίασή της, η οποία επισυνάπτεται στο **Παράρτημα ''Α''**. Οι υπερκατασκευές του πλοίου θα τοποθετηθούν μεταξύ του μέσου και της πρύμνης του σκάφους, δηλαδή ανάμεσα στους νομείς 22 και 38. Οι λόγοι τοποθέτησης των υπερκατασκευών στη θέση αυτή είναι αφενός για να υπάρχει επαρκής ορατότητα του μεταφερόμενου φορτίου από τη γέφυρα, το οποίο απαιτείται για λόγους ασφαλείας και αφετέρου γιατί η πλεύση θα γίνεται με χαμηλή ταχύτητα και συνεπώς δεν απαιτείται άμεση οπτική επαφή της πλώρης προς αποφυγή ατυχημάτων. Επιπρόσθετα, στην επιλεχθείσα θέση των υπερκατασκευών παρέχεται η δυνατότητα για τοποθέτηση ενός μικρότερου ποσοστού εκ των συνολικών containers και πρύμνηθεν αυτών, ώστε να βελτιωθεί η διαμήκης ευστάθεια. Ο αριθμός των καταστρωμάτων των υπερκατασκευών επιλέγεται σε πέντε (5) με ύψος εκάστου 2.8 m, προκειμένου να υφίσταται επαρκής χώρος για την ενδιαίτηση, την τροφοδοσία και την ψυχαγωγία του πληρώματος αλλά και η απαιτούμενη ορατότητα από τη γέφυρα, η οποία σύμφωνα με τη SOLAS

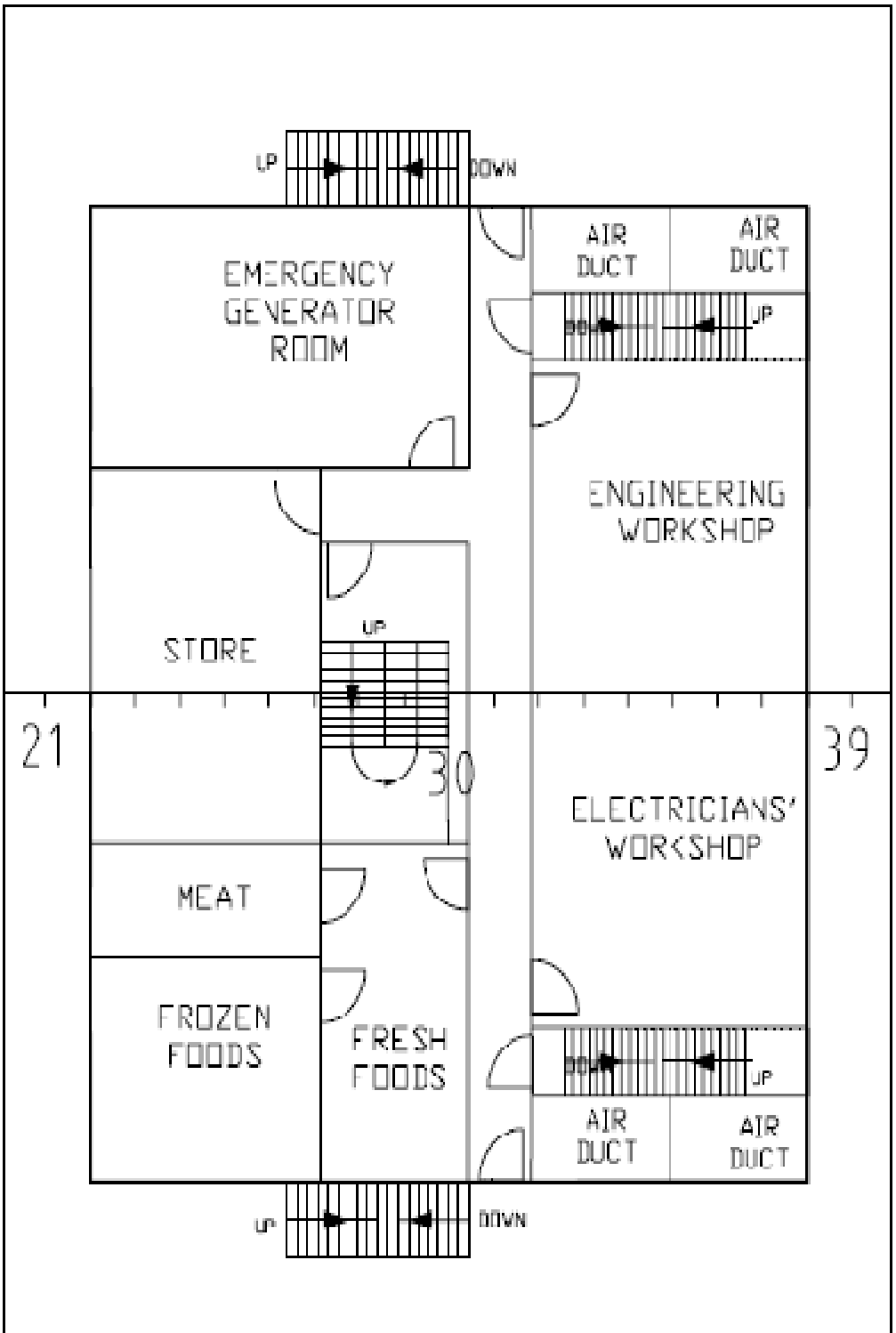
θα πρέπει να είναι δύο (2) ολικά μήκη πλοίου (2 x $L_{OA}$), μετρούμενα από την πλώρη του.

Το μεταφερόμενο φορτίο θα τοποθετηθεί στα εξωτερικά καταστρώματα του πλοίου, από το κύριο κατάστρωμα και άνω σε στοίβαση. Με τον τρόπο αυτό θα εξασφαλισθεί το μέγιστο εμβαδόν για εγκατάσταση του φορτίου, καθώς από το κύριο κατάστρωμα και άνω τα δίγαστρα πλοία διαθέτουν το Cross deck, που προστίθεται στο συνολικό πλάτος του σκάφους. Ο συνολικός αριθμός εμπορευματοκιβωτίων (containers), που το πλοίο δύναται να μεταφέρει ανέρχεται σε 162 TEU των 12.20 tons ή 142 TEU των 13.92 tons, όπως αυτά υπολογίζονται αναλυτικά παρακάτω στο κεφάλαιο 4, τα οποία τοποθετούνται στα εξωτερικά καταστρώματα του σκάφους με την ακόλουθη διάταξη:

α. Επτά (7) σειρές containers στο κύριο κατάστρωμα πρώραθεν των υπερκατασκευών, επί των οποίων τοποθετούνται έξι (6) containers στο πλάτος και τρία (3) στο ύψος (Σύνολο 126 TEU).

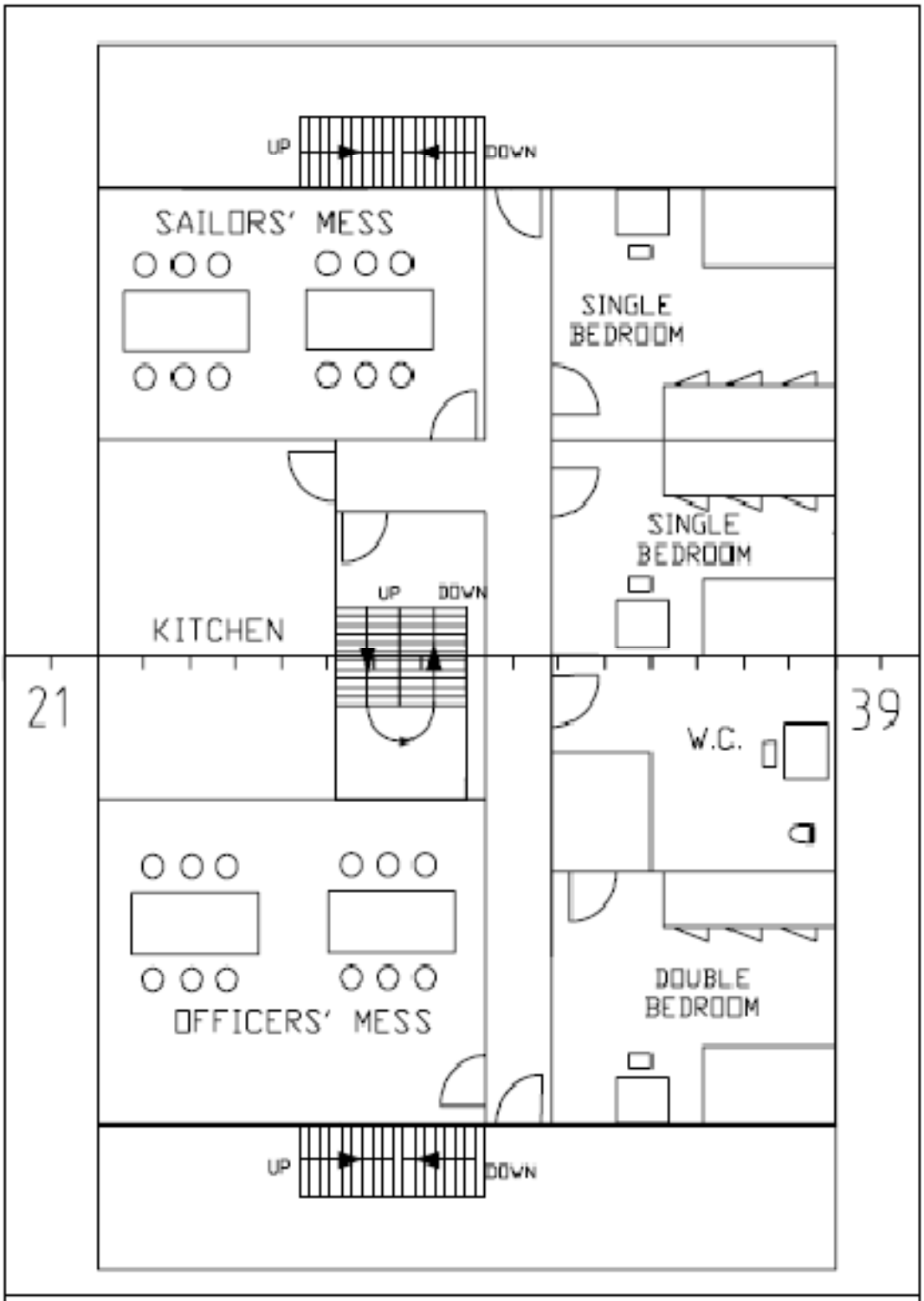
β. Δύο (2) σειρές containers στο κύριο κατάστρωμα πρυμνήθεν των υπερκατασκευών, επί των οποίων τοποθετούνται έξι (6) containers στο πλάτος και τρία (3) στο ύψος (Σύνολο 36 TEU).

Η φόρτωση και η εκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων θα πραγματοποιείται με εξωτερικό γερανό, ο οποίος θα πρέπει να υφίσταται στους λιμένες απόπλου και κατάπλου. Ο αριθμός των μελών του πληρώματος ανέρχεται σε δεκαέξι (16) άτομα και οι χώροι ενδιαίτησης τους βρίσκονται στην υπερκατασκευή, επί του $1^{ου}$ , $2^{ου}$ και $3^{ου}$ καταστρώματος από το Main deck, όπου υφίσταται δυνατότητα μονόκλινων δωματίων για τέσσερα (4) άτομα και δίκλινων δωματίων για τα υπόλοιπα δώδεκα (12). Οι καμπίνες του Κυβερνήτη και του $A^{ου}$ Μηχανικού καθώς και άλλες δύο (2) καμπίνες διαθέτουν ιδιωτικό WC, ενώ οι υπόλοιπες έξι (6) έχουν κοινό WC ανά δύο. Στην υπερκατασκευή, επί του $1^{ου}$ καταστρώματος από το Main deck, βρίσκονται η κουζίνα, οι τραπεζαρίες Αξιωματικών και πληρώματος και χώροι ψυχαγωγίας. Στην υπερκατασκευή, επί του Main Deck τοποθετήθηκαν τα συνεργεία μηχανικών και ηλεκτρολόγων, η ηλεκτρογεννήτρια ανάγκης, οι ψυκτικές και αποθήκη υλικών. Η γέφυρα βρίσκεται στην υπερκατασκευή, επί του $4^{ου}$ καταστρώματος από το Main deck, στην οποία είναι δυνατή η ορατότητα δύο (2) ολικών μηκών πλοίου (2 x $L_{OA}$), μετρούμενα από την πλώρη του σκάφους, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τη SOLAS. Όλες οι υπερκατασκευές επικοινωνούν μεταξύ τους με εσωτερικό κλειστό κλιμακοστάσιο, που βρίσκεται περίπου στο κέντρο κάθε υπερκατασκευής, καθώς και με εξωτερικές κλίμακες αριστερά και δεξιά τους. Κατόψεις των καταστρωμάτων των υπερκατασκευών φαίνονται στις επόμενες σελίδες.



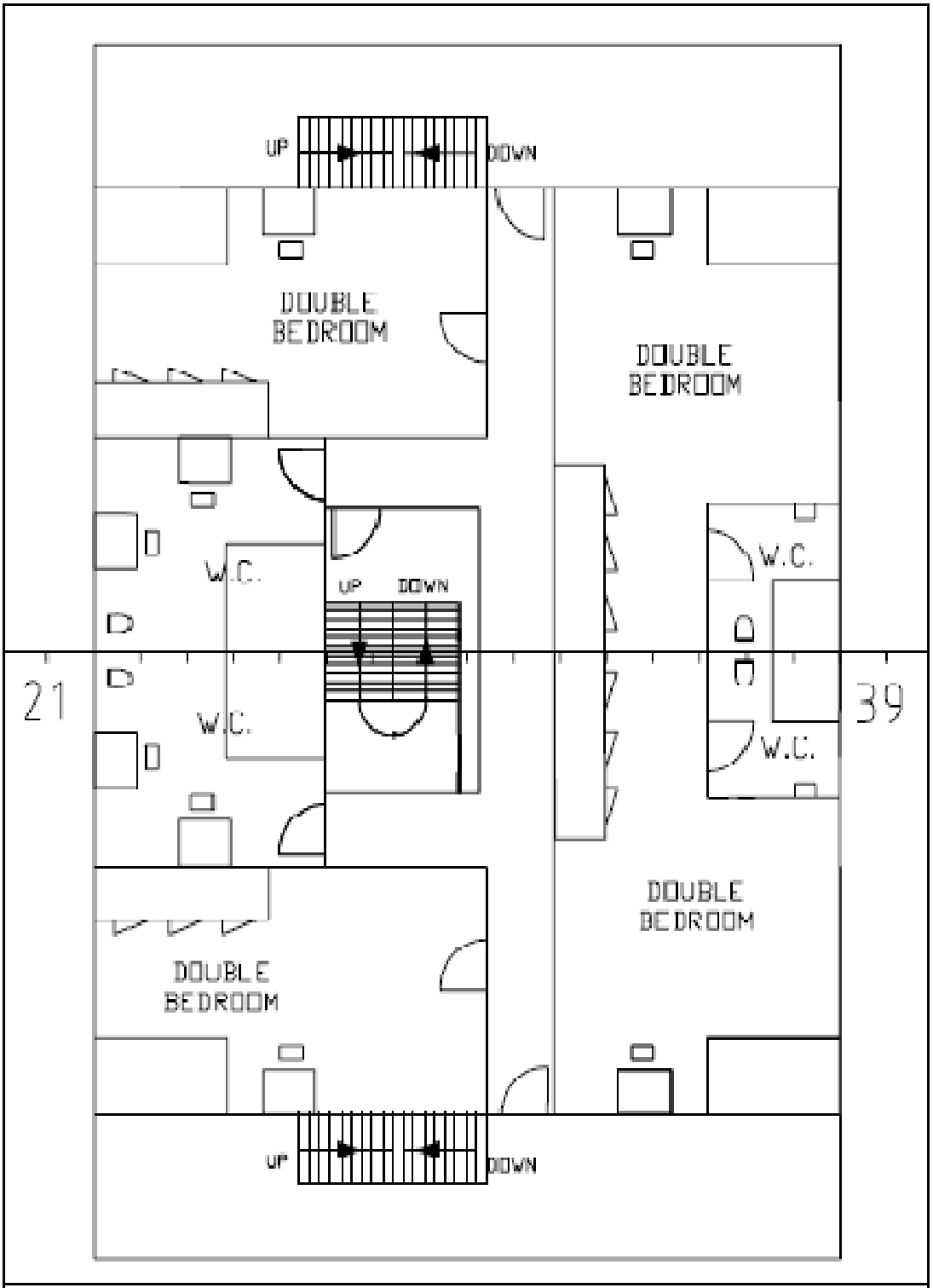

ΚΑΤΩΨΕΙΣ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Main Deck - Scale 1 :75



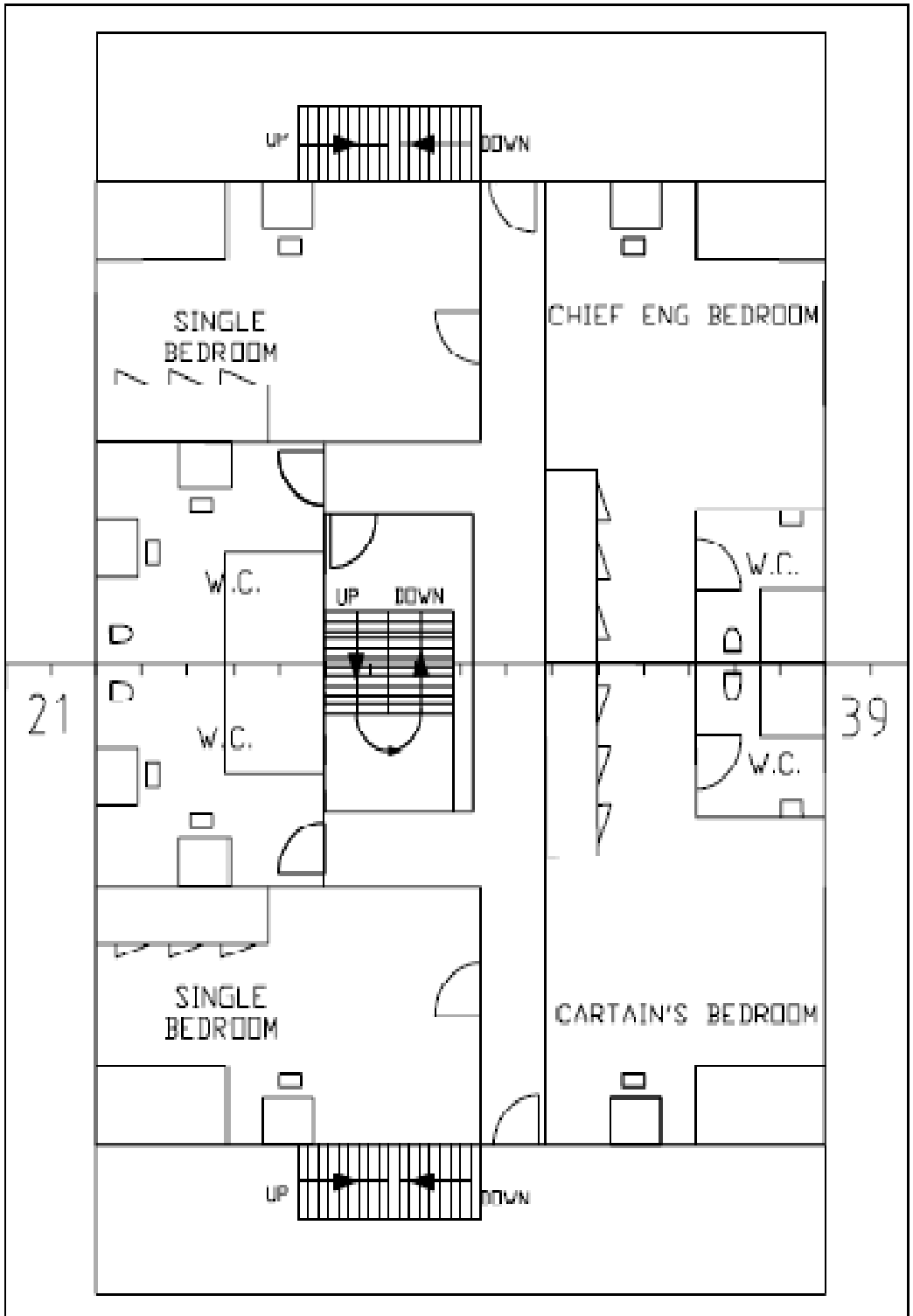

ΚΑΤΩΨΕΙΣ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

A Deck – Scale 1 :75



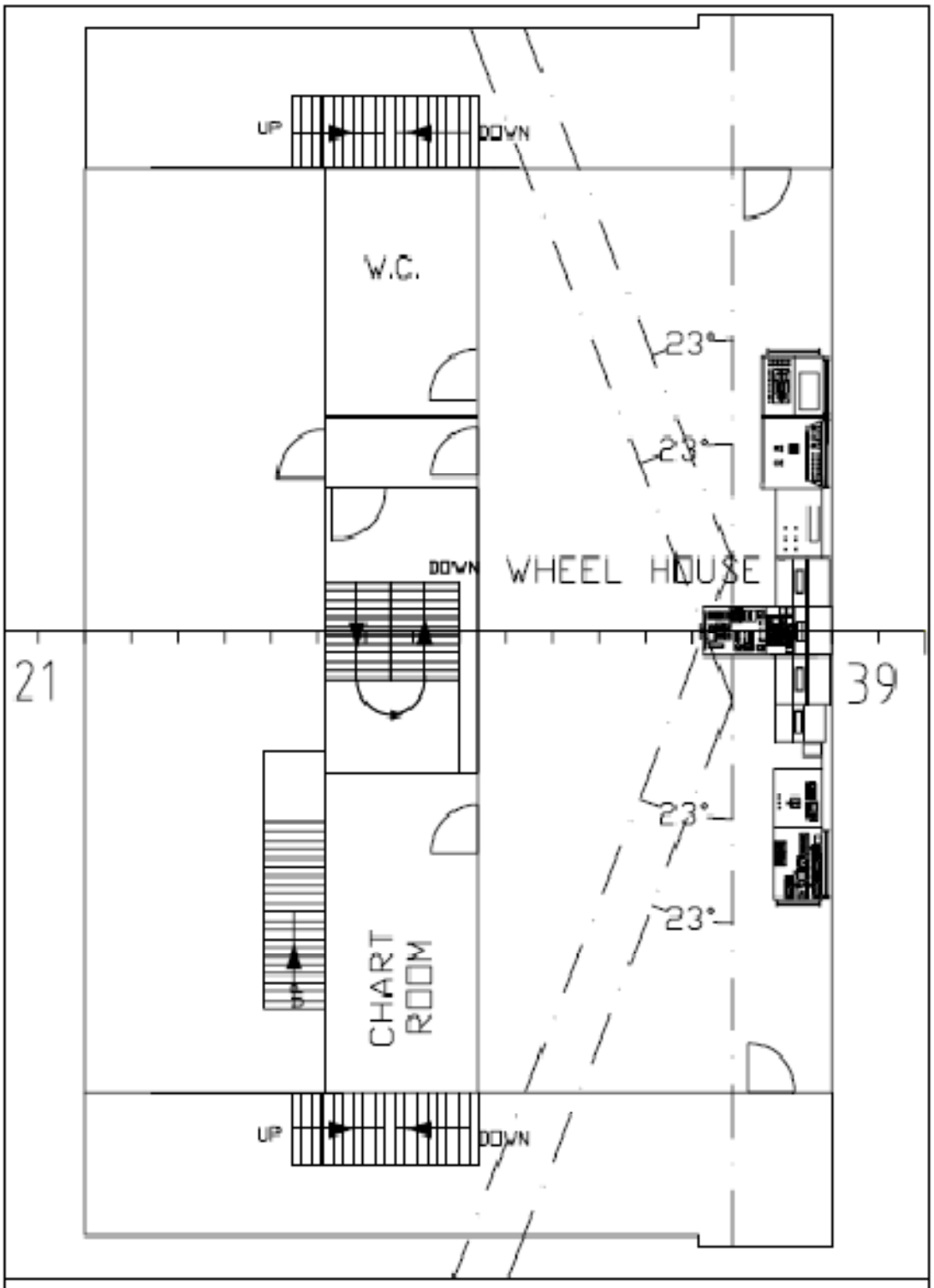

ΚΑΤΩΨΕΙΣ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

B Deck - Scale 1 :75




ΚΑΤΩΨΕΙΣ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

C Deck - Scale 1 :75




ΚΑΤΩΨΕΙΣ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Bridge Deck - Scale 1 :75

Οι δύο (2) χώροι πρόωσης θα τοποθετηθούν κάτωθεν των υπερκατασκευών, μεταξύ των νομέων 22 και 38 συμμετρικά σε κάθε ημιγάστρα, για λόγους άμεσης πρόσβασης του πληρώματος και προς επίτευξη του μικρότερου δυνατού μήκους των αξονικών συστημάτων, το οποίο συνεπάγεται και μείωση του συνολικού βάρους του Light Ship. Σε κάθε ένα εξ αυτών θα εγκατασταθούν από μία (1) κύρια μηχανή Diesel Cummins QSK 60 – MT 2, με αποδιδόμενη συνεχή ισχύ 1640 KW στις 1800 rpm η καθεμία. Σε κάθε κύρια μηχανή θα συμπλεχθεί από ένας μειωτήρας στοφών Finnoy Gear G50 με σχέση μείωσης 10:1 (max rpm 1800 – max KW 2000). Η πρόωση του σκάφους θα υλοποιηθεί δια δύο (2) συμβατικών προπελών, διαμέτρου 2.3 m η καθεμιά, στις οποίες καταλήγουν οι δύο (2) άξονες, και δύο (2) συμβατικών πηδαλίων. Επιπρόσθετα, εντός κάθε μηχανοστασίου θα τοποθετηθούν από μία (1) γεννήτρια Diesel Cummins K 19-CP 335 DM/5 με ισχύ 335 KW στις 1500 rpm, καθώς και τα απαραίτητα βοηθητικά μηχανήματα (αντλίες, συμπιεστές αέρος, μονάδες κλιματισμού κλπ). Η συνολική αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς των ηλεκτρομηχανών υπολογίσθηκε με βάση την αντίστοιχη μονόγαστρων σκαφών με παρόμοια μεταφορική ικανότητα. Ο έλεγχος των κυρίων μηχανών πραγματοποιείται μέσω καταλλήλων κονσόλων στο χώρο της γέφυρας. Η πρόσβαση σε κάθε μηχανοστάσιο εκτελείται μέσω δύο (2) κλειστών κλιμακοστασίων, που βρίσκονται αριστερά και δεξιά της υπερκατασκευής στο ύψος του κυρίου καταστρώματος. Αναλυτικά στοιχεία και σχέδια των κυρίων μηχανών, μειωτήρων και ηλεκτρομηχανών παρατίθενται στο **Παράρτημα ''Z''**.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμου diesel θα είναι δύο (2) και θα τοποθετηθούν από μία (1) πρώραθεν εκάστου μηχανοστασίου. Η χωρητικότητα τους θα καθορισθεί με βάση την κατανάλωση των κυρίων μηχανών και ηλεκτρομηχανών, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή αυτονομία, η οποία καθορίζεται σε επτά (7) ημέρες συνεχούς πλεύσης. Πρώραθεν αυτών θα εγκατασταθούν από μία (1) δεξαμενή αποθηκεύσεως ελαίου λιπάνσεως, οι οποίες θα καταλαμβάνουν συνολικά το 4% του συνολικού όγκου καυσίμων. Επιπρόσθετα, εντός κάθε μηχανοστασίου θα τοποθετηθεί από μία (1) δεξαμενή χρήσεως πετρελαίου καθώς και από μία (1) δεξαμενή ποσίμου ύδατος. Οι δεξαμενές Ballast θα είναι από τρεις (3) σε κάθε ημιγάστρα, μία στο Fore peak, μία στο After Peak και μία πρύμνηθεν του Fore peak, η χωρητικότητα των οποίων αναλύεται παρακάτω στις καταστάσεις φόρτωσης, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή διαγωγή. Για την κάλυψη αναγκών πλευρικής διαγωγής θα εγκατασταθεί από μία (1) Heeling tank σε κάθε ημιγάστρα περί το μέσο του σκάφους.

Σε περίπτωση εγκατάλειψης του σκάφους θα τοποθετηθούν δύο (2) σωσίβιοι λέμβοι κλειστού τύπου, μοντέλο LBT 525C της NORDEC μήκους 5.25 m, αριστερά και δεξιά των υπερκατασκευών, οι οποίες είναι κρεμασμένες σε σύστημα καπονιών με καθαίρεση μέσω βαρύτητας. Έκαστη λέμβος έχει δυνατότητα μεταφοράς εικοσιπέντε (25) ατόμων, που υπερκαλύπτει τον αριθμό των επιβαινόντων. Επίσης, στο πρωραίο τμήμα του σκάφους θα τοποθετηθεί ένα σύστημα αγκυροβολίας και θέσεις προσδέσεως αριστερά και δεξιά πρώρα και πρύμα. Αναλυτικά στοιχεία και σχέδια των σωσίβιων λέμβων φαίνονται στο **Παράρτημα ''Z''**.

Κάτωθεν του κυρίου καταστρώματος το σκάφος χωρίζεται διαμήκως σε επτά (7) υδατοστεγανές εγκάρσιες φρακτές ανά ημιγάστρα, ο αριθμός των οποίων καθώς και η θέση της πρωραίας φρακτής συγκρούσεως καλύπτει τις απαιτήσεις του Νηογνώμονα. Η θέση κάθε φρακτής φαίνεται λεπτομερώς στο σχέδιο Γενικής Διάταξης του πλοίου.

## 1.6 Ανάλυση DWT.

Σε κατάσταση Full Load Departure το πλοίο μεταφέρει DWT της τάξεως των 2108 tons, με το Payload να βρίσκεται στους 1977 tons. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι υποκατηγορίες βαρών που συνθέτουν το τελικό DWT, δηλαδή το πλήρωμα, τα αναλώσιμα και το Pay Load .

**Πίνακας 1.2/Ι**

| | | |
|---|---|---|
| Diesel oil | $W_{diesel}$ | 108.5 tons |
| Fresh water | $W_{FW}$ | 15.1 tons |
| Lube oil | $W_{LO}$ | 4.7 tons |
| Provisions | $W_{PR}$ | 1.2 tons |
| Crew & Effects | $W_{CR}$ | 1.5 tons |
| **Αναλώσιμα** | **ΣΥΝΟΛΟ** | **131.2 tons** |
| **Payload** | | **1977 tons** |
| **DWT** | | **2108.2 tons** |

Με δεδομένο ότι το πλοίο θα ανεφοδιάζεται κάθε επτά (7) ημέρες θα πρέπει να διαθέτει την απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου και λιπαντικού, που προκύπτει από την ημερήσια κατανάλωση, συμπεριλαμβανομένου ενός υπόλοιπου ασφαλείας 10%. Η ταχύτητα υπηρεσίας ανέρχεται σε δεκαπέντε (15) knots με τις δύο (2) κύριες μηχανές να αποδίδουν 1641 KW (2200 HP) στις 1800 rpm, ενώ οι κύριοι μειωτήρες λειτουργούν με λόγο μείωσης 10:1. Η κατανάλωση καυσίμου είναι 13.98 tons/day και για τις δύο (2) μηχανές, ενώ για κάθε ηλεκτρομηχανή Diesel 0.88 tons/day.

Η συνολική χωρητικότητα σε καύσιμα Diesel θα είναι 108.55 tons, εκ των οποίων οι 22.91 tons βρίσκονται στις δύο (2) δεξαμενές Daily oil service, από μία (1) σε κάθε μηχανοστάσιο και οι υπόλοιποι 85.63 tons σε δεξαμενές αποθήκευσης πρώραθεν των δύο (2) μηχανοστασίων. Τα λιπαντικά καταλαμβάνουν 4.7 tons το 4% των καυσίμων, και αποθηκεύονται σε δύο (2) δεξαμενές, που θα τοποθετηθούν από μία (1) πρώραθεν του κάθε μηχανοστασίου.

Το πόσιμο νερό υπολογίζεται με βάση την ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο, η οποία θεωρείται ότι είναι 135 kg/day/person και συνολικά για επτά (7) ημέρες ταξιδιού 16 άτομα πλήρωμα αντιστοιχεί σε 15.12 tons. Οι προμήθειες σε τρόφιμα θεωρούνται ότι είναι 11.5 kg/day/person και συνολικά 1.3 tons. Τέλος, το βάρος του πληρώματος μετά των αποσκευών του αντιστοιχεί σε 75 kg/person & 60 kg αποσκευές/person, που είναι στο σύνολο 1.52 tons.

Συγκεντρώνοντας όλα τα ανωτέρω καταλήγουμε στο σύνολο των αναλωσίμων, που αντιστοιχεί σε 131.2 tons. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το τελικό LS όπως υπολογίζεται παρακάτω είναι 891.7 tons και με δεδομένο το εκτόπισμα στους 3000 tons προκύπτουν τα DWT σε 2108.2 tons και Payload σε 1977 tons.

## 1.7 Ανάπτυξη προκαταρκτικού σχεδίου Γενικής Διάταξης (General Arrangement).

Με βάση τις προαναφερόμενες προϋποθέσεις και στοιχεία εκπονήθηκε το σχέδιο Γενικής Διάταξης του πλοίου, όπως φαίνεται αναλυτικά στο **Παράρτημα ΄΄Α΄΄**, στο οποίο έχουν αποτυπωθεί οι ακόλουθες τομές του πλοίου:

α. Διαμήκης τομή.
β. Εγκάρσια μέση τομή.
γ. Κατόψεις καταστρωμάτων, υπερκατασκευών, υποστρωμάτων.

Οι κατασκευαστικοί νομείς έχουν τις ακόλουθες αποστάσεις κατά μήκος του πλοίου:

α. AE – No19 & No 104 – No116 : 600 mm.
β. No 19 – No 104 : 700 mm.

Στο πλοίο έχουν τοποθετηθεί επτά (7) εγκάρσιες φρακτές σε κάθε ημιγάστρα, ο αριθμός και η θέση των οποίων ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Νηογνώμονα, οι οποίες είναι μία πρωραία φρακτή συγκρούσεως μεταξύ $0{,}05L_{BP}<x_c<3+0.05L_{BP}$ από την πρωραία κάθετο ($3.76< x_c=4{,}3$ m$<6{,}76$) και μία φρακτή σε κάθε άκρο του μηχανοστασίου, σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στο Rules for High speed, Light craft and Naval surface craft του DNV. Οι διαμήκεις θέσεις των εγκάρσιων φρακτών σε κάθε ημιγάστρα έχουν ως ακολούθως:

α. No1 στο νομέα 104 (Διαμήκης θέση x= 70.083 m από AP).
β. No2 στο νομέα 94 (Διαμήκης θέση x= 63.901 m από AP).
γ. No3 στο νομέα 76 (Διαμήκης θέση x= 57.601 m από AP).
δ. No4 στο νομέα 58 (Διαμήκης θέση x= 38.7 m από AP), πρωραία φρακτή μηχανοστασίου.
ε. No5 στο νομέα 38 (Διαμήκης θέση x= 24.825 m από AP), πρυμναία φρακτή μηχανοστασίου.
στ. No6 στο νομέα 22 (Διαμήκης θέση x= 13.501 m από AP).
ζ. No7 στο νομέα 7 (Διαμήκης θέση x= 4.2 m από AP).

Το διπύθμενο ορίσθηκε στα 1.8 m από την BL, εκτός από το χώρο του μηχανοστασίου, στον οποίο θα βρίσκεται στο 1 m από την BL. Το κοίλο τέθηκε στα 10 m από την BL. Οι θέσεις των καταστρωμάτων καθ΄ ύψος έχουν ως κάτωθι:

α. Main deck σε απόσταση 10 m από την BL.
β. A deck σε απόσταση 12.8 m από την BL.
γ. B deck σε απόσταση 15.6 m από την BL.
δ. C deck σε απόσταση 18.4 m από την BL.
ε. Bridge deck σε απόσταση 21.2 m από την BL.
στ. D deck σε απόσταση 23.87 m από την BL.

Οι υπερκατασκευές τοποθετήθηκαν μεταξύ των νομέων 22 και 38, με πλάτος 13 m, μήκος 11.2 m και συνολικό ύψος 13.87 m. Διαθέτουν πέντε (5) χωριστά καταστρώματα με ύψος εκάστου 2.8 m. Κάθε ένα από τα δύο μηχανοστάσια τοποθετήθηκε σε κάθε ημιγάστρα κάτωθεν των υπερκατασκευών και διαθέτουν τρία (3) υποστρώματα έκαστο. Εντός αυτών υπάρχουν από μία κύρια μηχανή, μία ηλεκτρομηχανή, μία δεξαμενή χρήσεως πετρελαίου, μεταξύ των νομέων 35 και 38, και μία δεξαμενή ποσίμου ύδατος, μεταξύ των νομέων 22 και 25. Τα μεταφερόμενα TEU τέθηκαν δύο (2) σειρές πρύμνηθεν των υπερκατασκευών, μεταξύ των νομέων 0 και 20, και επτά (7) σειρές πρώραθεν των υπερκατασκευών μεταξύ των νομέων 40 και 103. Τα containers τοποθετήθηκαν από το κύριο κατάστρωμα και άνω και καταλαμβάνουν συνολικό ύψος 8.4 m, ενώ το συνολικό πλάτος επί του πλοίου είναι 15.6175 m. Οι σωστικές λέμβοι υφίστανται αριστερά και δεξιά των υπερκατασκευών, κρεμασμένες σε καπόνια σε ύψος 3.3 m από το κύριο κατάστρωμα.

Οι επτά (7) εγκάρσιες υδατοστεγείς φρακτές χωρίζουν το πλοίο σε οκτώ (8) ανεξάρτητα στεγανά διαμερίσματα ανά μία ημιγάστρα. Από αυτές οι No5 και No6 αποτελούν αντίστοιχα την πρωραία πρυμναία φρακτή του μηχανοστασίου σε κάθε ημιγάστρα. Η No1 αποτελεί την πρωραία φρακτή συγκρούσεως.

Οι δύο (2) δεξαμενές αποθηκεύσεως πετρελαίου τοποθετήθηκαν πρώραθεν εκάστου μηχανοστασίου, μεταξύ των νομέων 38 και 43, ενώ οι δύο (2) δεξαμενές ελαίου λιπάνσεως πρώραθεν κάθε δεξαμενής πετρελαίου, μεταξύ των νομέων 43 και 45. Οι έξι (6) δεξαμενές Ballast τοποθετούνται ως ακολούθως:

α. Fore Peak No1 & No2 μεταξύ των νομέων 104 και 115.
β. Salt Water Ballast Tank No1 & No2 μεταξύ των νομέων 94 και 104.
γ. After Peak No1 & No2 μεταξύ των νομέων 7 και 22.

Τέλος, οι δύο (2) Heeling tank, που βρίσκονται από μία σε κάθε ημιγάστρα, κάθε μία από τις οποίες θα έχει μέγιστη χωρητικότητα 130 tons θαλασσινού ύδατος, προκειμένου να επιτυγχάνεται πλευρική κλίση $4^{o}$ αριστερά ή δεξιά αντίστοιχα. Οι εν λόγω δεξαμενές βρίσκονται μεταξύ των νομέων 49 και 58.

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

### 2.1 Γενικά

Το κεφάλαιο αυτό έχει ως αντικείμενο τον υπολογισμό της αντοχής του υπό μελέτη πλοίου, από την οποία θα προκύψει το βάρος της μεταλλικής κατασκευής του σκάφους. Λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν υφίσταται όμοιο πλοίο με το υπό μελέτη, προκειμένου να λάβουμε στοιχεία για τη μεταλλική κατασκευή, ο μόνος τρόπος υπολογισμού της είναι δια του καθορισμού των διαμήκων και εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων, από τα οποία θα προκύψουν και τα αναλογούντα βάρη του $W_{ST}$. Η αντοχή του σκάφους υπολογίζεται με βάση τους κανονισμούς του Νορβηγικού Νηογνώμονα (DNV). Σε ότι αφορά τα διαμήκη κατασκευαστικά στοιχεία και τα ελάσματα και προκειμένου να επισπευτεί η διαδικασία έγινε χρήση της εφαρμογής Marspeed, του Γαλλικού Νηογνώμονα, η οποία διατίθεται ελεύθερα από το διαδίκτυο. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε και δειγματοληπτική αντιδιαστολή των αποτελεσμάτων του Marspeed με αυτά του DNV όπου διαπιστώθηκε ότι αυτά ταυτίζονται.

Επιπρόσθετα και προκειμένου να αποτυπωθούν λεπτομερώς τα διαμήκη και εγκάρσια κατασκευαστικά στοιχεία του σκάφους σχεδιάσθηκαν πέντε (5) εγκάρσιες τομές του πλοίου στο 15, 30, 50, 70 και 85% του $L_{OA}$, μετρούμενα από το ΑΕ του πλοίου, όπου παράλληλα φαίνονται και οι αλλαγές των ενισχυτικών κατά μήκος του σκάφους. Τα κατασκευαστικά των εν λόγω εγκάρσιων τομών επισυνάπτονται στο **Παράρτημα ''Δ''**. Αντίστοιχες τομές σχεδιάσθηκαν και στην εφαρμογή Marspeed.

Το υλικό κατασκευής που επιλέχθηκε είναι ναυπηγικός χάλυβας υψηλής αντοχής NV-32 με Yield stress 315 $N/mm^2$ και Young Modulus 206000 $N/mm^2$, καθώς η ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου θα είναι 15 Knots, συνεπώς δεν απαιτείται η τοποθέτηση ελαφρού υλικού (πχ. αλουμίνιο) για την επίτευξη υψηλών ταχυτήτων πλεύσης.

### 2.2 Υπολογισμός διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων σκάφους

Προκειμένου να εξαχθεί ένα αποτέλεσμα, που να προσομοιάζει σε μεγάλο βαθμό με την πραγματική μορφή των ελασμάτων και διαμήκων ενισχυτικών του πλοίου, σχεδιάσθηκαν στην εφαρμογή Marspeed πέντε (5) εγκάρσιες τομές κατά μήκος του σκάφους, με βάση τα κατασκευαστικά σχέδια των εγκάρσιων τομών, στα ακόλουθα σημεία, μετρούμενα από το ΑΡ του πλοίου:

α. Στο 15% του $L_{OA}$ (10.08 m από το ΑΡ).
β. Στο 30% του $L_{OA}$ (22.08 m από το ΑΡ).
γ. Στο 50% του $L_{OA}$ (36.48 m από το ΑΡ).
δ. Στο 70% του $L_{OA}$ (53.28 m από το ΑΡ).
ε. Στο 85% του $L_{OA}$ (65.28 m από το ΑΡ).

Τα σχέδια των ανωτέρω εγκαρσίων τομών στο Marspeed επισυνάπτονται στο **Παράρτημα ΄΄Β΄΄**. Στη συνέχεια θεωρήθηκε ότι η εγκάρσια τομή του πλοίου παραμένει σταθερή για κάθε 20% του $L_{OA}$ , και συνεπώς υπάρχουν πέντε (5) διαφορετικές εγκάρσιες τομές που διατρέχουν το πλοίο σε όλο το μήκος του, οι οποίες αναλυτικά έχουν ως ακολούθως:

α. 0 - 20% $L_{OA}$ (0 - 16 m) (εγκάρσια τομή σκάφους στο 15%$L_{OA}$).
β. 20 - 40% $L_{OA}$ (16 - 32 m) (εγκάρσια τομή σκάφους στο 30%$L_{OA}$).
γ. 40 - 60% $L_{OA}$ (32 - 48 m) (εγκάρσια τομή σκάφους στο 50%$L_{OA}$).
δ. 60 - 80% $L_{OA}$ (48 - 64 m) (εγκάρσια τομή σκάφους στο 70%$L_{OA}$).
ε. 80 - 100% $L_{OA}$ (64 – 80.14 m) (εγκάρσια τομή σκάφους στο 85%$L_{OA}$).

Στις ανωτέρω εγκάρσιες τομές, αφού σχεδιάσθηκαν με βάση τα στοιχεία που δόθηκαν από το διδάσκοντα, τοποθετήθηκαν στη συνέχεια τα ελάσματα του σκάφους. Στα εν λόγω ελάσματα οι θέσεις συγκολλήσεως ορίσθηκαν ανά 2.9 m ελάσματος. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν τα διαμήκη ενισχυτικά σε ισαποστάσεις των 500 – 600 mm μεταξύ τους, σε ομάδες των τεσσάρων (4) ενισχυτικών. Σε ότι αφορά τις τιμές των Steal Water Beading Moments (SWBM), αυτές ορίσθηκαν ως ακολούθως:

α. Hogging : 60000 Knm.
β. Sagging : 5000 Knm

Ακολούθησε έλεγχος της αποδιδόμενης αντοχής του σκάφους, μέσω της εφαρμογής Marspeed Rule, με βάση τα εισαχθέντα στοιχεία, όπου έγιναν οι κατάλληλες διορθώσεις, προκειμένου τα αποτελέσματα να βρίσκονται εντός των προβλεπομένων ορίων του Νηογνώμονα. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται αφενός η επαρκής αντοχή του σκάφους, εντός των προβλεπομένων ορίων, και αφετέρου η μέγιστη δυνατή μείωση του βάρους μεταλλικής κατασκευής, που θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του Payload αλλά και τη μείωση του κόστους κατασκευής του πλοίου, τα οποία είναι επιθυμητά από κάθε πλοιοκτήτη.

Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής εξήχθησαν τα βάρη μεταλλικής κατασκευής των ελασμάτων και διαμήκων ενισχυτικών, και για τις δύο ημιγάστρες καθώς και το cross deck, τα οποία κατανέμονται σε πέντε (5) διαφορετικές εγκάρσιες τομές κατά το μήκος του πλοίου, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Αναλυτικά τα αποτελέσματα της διαμήκους αντοχής φαίνονται στο **Παράρτημα ΄΄Γ΄΄**.

## 2.3 Υπολογισμός εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων σκάφους.

Μετά την ολοκλήρωση υπολογισμού των διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων ακολουθεί ο υπολογισμός των αντίστοιχων εγκάρσιων με βάση τους κανονισμούς του DNV. Η εξαγωγή των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται με χρήση του προγράμματος Excel, στο οποίο εισάγονται τα στοιχεία του υπό μελέτη πλοίου σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις του Νηογνώμονα, και τελικά επιλέγονται τα κατάλληλα εγκάρσια ενισχυτικά και οι εγκάρσιες υδατοστεγείς φρακτές μετά των ενισχύσεών τους.

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, επιλέχθηκαν ομοίως πέντε (5) εγκάρσιες τομές κατά μήκος του σκάφους στο 15, 30, 50, 70, 85% του $L_{OA}$ , για τις οποίες λαμβάνεται ως δεδομένο ότι παραμένουν σταθερές σε πέντε (5) αντίστοιχα τμήματα με μήκος 20% του $L_{OA}$ , με έναρξη το AE και τέλος το FE. Επιπλέον, θεωρείται ότι τα εγκάρσια ενισχυτικά τοποθετούνται ανά τρεις (3) κατασκευαστικούς νομείς, δηλαδή ανά 2.1 m κατά μήκος του πλοίου. Οι εν λόγω εγκάρσιες τομές σχεδιάζονται στο πρόγραμμα Autocad. Σε αυτές τις τομές η απεικόνιση των ενισχύσεων του πλοίου φαίνεται ως ακολούθως:

α. **Δεξιά ημιγάστρα & δεξιό μισό cross deck**: Πάχος ελασμάτων έως κύριο κατάστρωμα – Θέση και απόσταση διαμήκων ενισχυτικών.

β. **Αριστερή ημιγάστρα & αριστερό μισό cross deck** : Εγκάρσια ενισχυτικά – Εγκάρσιο έλασμα διπυθμένου μετά των ενισχύσεών του και των ανθρωποθυρίδων.

Για καθεμία από τις πέντε (5) εγκάρσιες τομές, που αναφέρθηκαν παραπάνω, εισάγονται οι διαστάσεις και άλλα δεδομένα του πλοίου και εξάγονται οι απαιτούμενες από το Νηογνώμονα ροπές αντίστασης (Z), σε διάφορα σημεία των εγκάρσιων τομών. Με βάση τις ελάχιστες ροπές αντίστασης, επιλέγονται στη συνέχεια τα κατάλληλα τυποποιημένα κατά DIN ενισχυτικά, τα οποία να αποδίδουν ροπή αντίστασης, σε συνεργασία με το υποστηριζόμενο έλασμα, μεγαλύτερη από ελάχιστη προβλεπόμενη. Όλα τα ανωτέρω μεταφέρονται και απεικονίζονται αναλυτικά στα σχέδια των εγκάρσιων τομών.

Επιπρόσθετα, γίνεται υπολογισμός του εγκάρσιου ελάσματος στο διπύθμενο καθώς και του αναλογούντος βάρους αυτού σε κάθε εγκάρσια τομή, με δεδομένο ότι το πάχος του είναι 6 mm. Οι ενισχύσεις του εν λόγω ελάσματος πραγματοποιούνται σύμφωνα με τους κανονισμούς του Νηογνώμονα και επιλέγονται κατάλληλα τυποποιημένα ενισχυτικά.

Τα κατασκευαστικά σχέδια των πέντε (5) προαναφερόμενων εγκάρσιων τομών φαίνονται αναλυτικά στο **Παράρτημα ''Δ''**. Οι εκτελεσθέντες υπολογισμοί της εγκάρσιας αντοχής και τα εξαχθέντα αποτελέσματα καθώς και τα επιλεχθέντα ενισχυτικά φαίνονται στους πίνακες του **Παραρτήματος ''ΣΤ''**.

Ακολούθως, πραγματοποιείται σχεδίαση των επτά (7) εγκάρσιων υδατοστεγών φρακτών σε κάθε ημιγάστρα. Το απαιτούμενο πάχος του ελάσματος των φρακτών υπολογίσθηκε με εφαρμογή των κανονισμών του Νηογνώμονα και βρέθηκε στα 4.52 mm, οπότε για τις φρακτές επιλέγουμε πάχος 5 mm. Επίσης, για τον υπολογισμό των ενισχυτικών καθεμίας εκ των επτά (7) φρακτών ακολουθείται η ίδια διαδικασία με τον καθορισμό των εγκαρσίων ενισχυτικών του σκάφους. Κάθε φρακτή ενισχύεται κατά το κάθετο μήκος της, από το κύριο κατάστρωμα έως τον πυθμένα. Στο χώρο του συνδετικού καταστρώματος τοποθετήθηκαν Pillar Bulkheads με πάχος όμοιο με αυτό των εγκάρσιων φρακτών (5 mm) και ανάλογη ενίσχυση, που υπολογίσθηκε όπως και προηγουμένως για τα ενισχυτικά των φρακτών.

Τα κατασκευαστικά σχέδια των επτά (7) προαναφερόμενων εγκάρσιων φρακτών φαίνονται αναλυτικά στο **Παράρτημα "Ε'**. Οι εκτελεσθέντες υπολογισμοί της εγκάρσιας αντοχής τους και τα εξαχθέντα αποτελέσματα καθώς και τα επιλεχθέντα ενισχυτικά φαίνονται στους πίνακες του **Παραρτήματος "ΣΤ"**.

Η διαδικασία υπολογισμού των ανωτέρω έχει ως ακολούθως:

Χωρίζουμε κάθε εγκάρσια τομή στα παρακάτω επιμέρους τμήματα:

α. Αριστερή και δεξιά πλευρά.
β. Κύριο κατάστρωμα.
γ. Cross deck.
δ. Πυθμένας.

Στη συνέχεια για κάθε τμήμα υπολογίζουμε την ελάχιστη απαιτούμενη ροπή αντίστασης (Z) και την ελάχιστο απαιτούμενο εμβαδόν διατομής ($A_w$) που πρέπει να έχουν τα επιλεχθέντα εγκάρσια ενισχυτικά που θα τοποθετηθούν, σε εφαρμογή των εξής τύπων:

$$Z = \frac{mS^2 b p}{\sigma} \ (cm^3) \qquad A_w = \frac{10\,(k_s S\, b\, p - a\, r)}{\tau} \ (cm^2)$$

Όλοι οι παράγοντες των ανωτέρω σχέσεων λαμβάνονται από πίνακες, που παρέχονται από το Νηογνώμονα, πλην της αναπτυσσόμενης πιέσεως, η οποία υπολογίζεται ξεχωριστά για κάθε τμήμα, βάσει επιμέρους σχέσεων αναλόγως της θέσης, όπως παρακάτω:

α. **<u>Αριστερή και δεξιά πλευρά.</u>**

— for load point below design waterline:

$$p = 10h_0 + \left(k_s - 1.5\frac{h_0}{T}\right)C_W \ (kN/m^2)$$

— for load point above design waterline:

$$p = a\,k_s(C_W - 0.67\,h_0)\ \ (kN/m^2)$$

β. **<u>Κύριο κατάστρωμα.</u>**

$$p = a\,k_s(C_W - 0.67\,h_0)\ \ (kN/m^2)$$

γ. Cross deck.

$$P_{sl} = 2.6\,k_t\left(\frac{\Delta}{A}\right)^{0.3} a_{cg}\left(1 - \frac{H_C}{H_L}\right)\ \ (kN/m^2)$$

δ. **<u>Πυθμένας.</u>**

$$P_{sl} = \frac{21}{\tan(\beta_x)} k_a k_b C_W\left(1 - \frac{20T_L}{L}\right)\ \ (kN/m^2)$$

Με βάση τις ληφθείσες τιμές των απαιτούμενων Z και Aw κάνουμε επιλογή κατάλληλων τυποποιημένων ενισχυτικών κατά DIN, αφού προηγουμένως έχουμε ελέγξει ότι αποδίδουν ροπή αντίστασης και έχουν εμβαδόν διατομής μεγαλύτερα από τα ελάχιστα απαιτούμενα του DNV. Στη συνέχεια συγκεντρώνουμε τα αποτελέσματα και εξάγουμε τον συνολικό όγκο και το βάρος των εγκάρσιων ενισχυτικών.

Κατόπιν, υπολογίζουμε τα ενισχυτικά του εγκάρσιου έλασματος του διπύθμενο, σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία, όπου εφαρμόζουμε τις σχέσεις:

$$z = \frac{m l^2 s(p \text{ or } p_{sl})}{\sigma}\ \ (cm^3)$$

όπου p λαμβάνεται η υδροστατική πίεση στα διάφορα σημεία του ελάσματος.

Ακολούθως, υπολογίζεται το απαιτούμενο πάχος των εγκάρσιων φρακτών που προκύπτει από τις σχέσεις (όποιο είναι μεγαλύτερο):

$$t = (t_0 + kL)\frac{s}{s_r}(mm) \qquad t = \frac{15{,}8\,s\sqrt{p \text{ or } p_{sl}}}{\sqrt{\sigma}}\ \ (mm)$$

Τα ενισχυτικά των φρακτών υπολογίζονται όπως και αυτά του ελάσματος του διπυθμένου.

## 3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΕ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥΣ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία εκτέλεσης των δοκιμών, οι οποίες εκτελέσθηκαν από το προσωπικό του Εργαστηρίου Ναυτικής & Θαλάσσιας Υδροδυναμικής του ΕΜΠ και τα αποτελέσματα δόθηκαν από τον επιβλέποντα, σε μοντέλο του υπό μελέτη πλοίου, με λόγο μοντέλου – σκάφους 1:24, στη δεξαμενή του ΕΜΠ και τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από αυτές.

### 3.1 Περιγραφή δοκιμών σε μοντέλο του υπό μελέτη πλοίου.

Για την πραγματοποίηση των δοκιμών κατασκευάσθηκε ένα ξύλινο μοντέλο, το οποίο ελέγχθηκε σε τέσσερις (4) καταστάσεις φορτώσεως για την πλεύση σε ήρεμο νερό, σε ταχύτητες από 10 έως 20 knots. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές συμπεριφοράς του μοντέλου σε κυματώδη κατάσταση θαλάσσης, με κίνηση σε πρωραίους κυματισμούς, με ταχύτητα 13 knots και φόρτωση 100% Full load departure. Για την κατάσταση θαλάσσης επιλέχθηκε η περιοχή της Δυτικής Μεσογείου, για την οποία ελήφθησαν τα σχετικά στοιχεία από το ''Wind and wave atlas of the Mediterranean sea, 2004''. Όλες οι δοκιμές εκτελέσθηκαν σε γλυκό νερό.

### 3.2 Αποτελέσματα αντίστασης σε ήρεμο νερό

Η αντίσταση του πλοίου σε ήρεμο μετρήθηκε σε τέσσερις καταστάσεις φόρτωσης, οι οποίες σε πλοίο και μοντέλο αντίστοιχα έχουν ως ακολούθως:

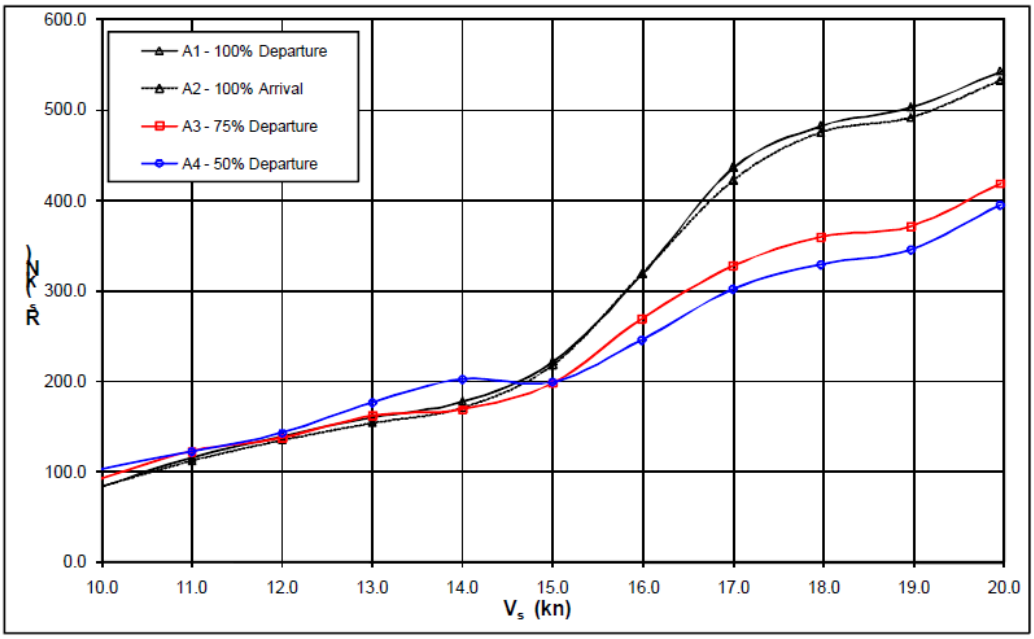
**Πίνακας 3.2/Ι**

**Καταστάσεις φορτώσεως πλοίου – μοντέλου**

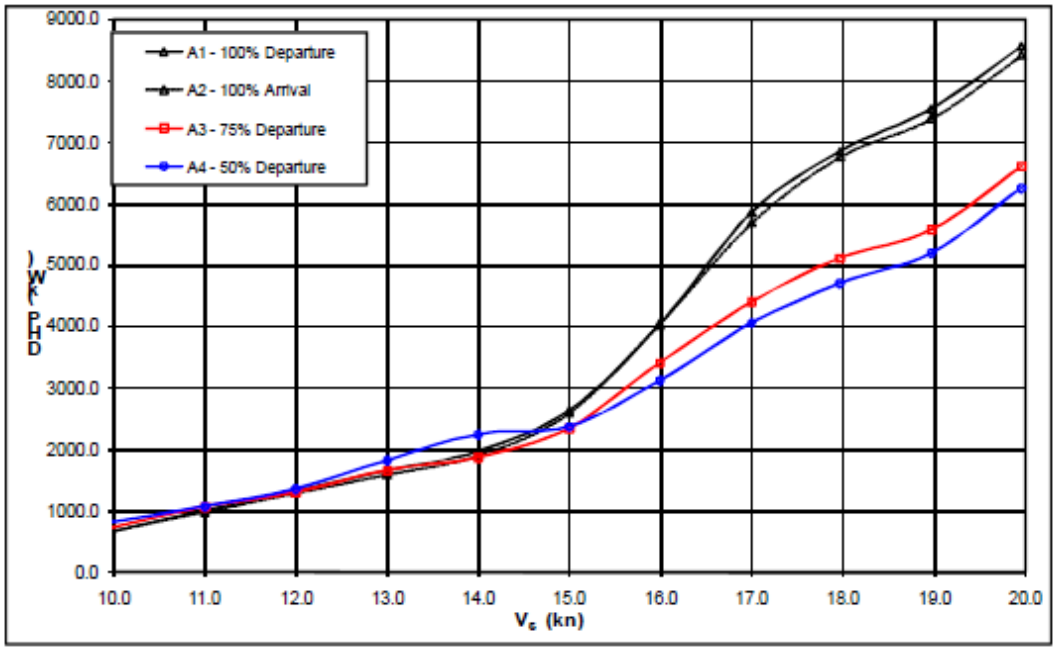
| Κατάσταση φορτώσεως | Εκτόπισμα πλοίου (tons) | Εκτόπισμα μοντέλου (Kg) |
|---|---|---|
| 100% departure | 3000 | 211.7 |
| 100% arrival | 2955 | 208.5 |
| 75% departure | 2561 | 180.7 |
| 50% departure | 2123 | 149.8 |

Τα αποτελέσματα για την ολική αντίσταση και την απαιτούμενη ιπποδύναμη ανάχθηκαν ακολούθως για πλεύση του πλοίου σε θαλασσινό νερό στους $15^0$ C. Επίσης, στα αποτελέσματα δεν ελήφθη υπόψη η αντίσταση του αέρα. Παρακάτω φαίνονται διαγράμματα της ολικής αντίστασης και της ιπποδύναμης του σκάφους συναρτήσει της ταχύτητας αντίστοιχα.

**Διάγραμμα Ταχύτητας - Αντίστασης**




**Διάγραμμα ταχύτητας - ιπποδύναμης**




## 3.3 Αποτελέσματα δοκιμών σε κατάσταση θαλάσσης

Οι δοκιμές σε κατάσταση θαλάσσης έγιναν για πρωραίους αρμονικούς κυματισμούς εύρους έως 10 cm και σε τυχαίους κυματισμούς σημαντικού ύψους έως 25 cm. Η κατάσταση φόρτωσης του μοντέλου ήταν 100% Payload departure. Η ταχύτητα του πλοίου αντιστοιχούσε σε 13 Knots. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν για την προσομοίωση τριών (3) καταστάσεων τυχαίων θαλάσσιων κυματισμών με σημαντικό ύψος κύματος 2, 3 και 4 m αντίστοιχα. Από τα εξαχθέντα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι οι τιμές του pitch και της επιτάχυνσης στην πλώρη είναι υψηλές

σε σχέση με την ταχύτητα δοκιμών και την κατάσταση θαλάσσης, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα όρια του Nordic Co-operative project. Υπό αυτές τις συνθήκες το πλοίο μπορεί να υποχρεωθεί σε ακούσια μείωση της ταχύτητας είτε σε εκούσια μείωση και αλλαγή πορείας. Τα αποτελέσματα αυτά έχουν ως κάτωθι:

**Πίνακας 3.3/Ι**

**Αποτελέσματα δοκιμών σε κατάσταση θαλάσσης**

| Sea state | Heave (m) | Pitch (deg) | Acceleration at bow (g's) | Acceleration at LCC (g's) | Acceleration at stern (g's) |
|---|---|---|---|---|---|
| Hs=2 Tp=7.7 | 0.389 | **1.563** | **0.221** | 0.069 | 0.127 |
| Hs=3 Tp=8.6 | 0.647 | **2.490** | **0.319** | 0.099 | 0.185 |
| Hs=4 Tp=10.3 | 0.880 | **3.018** | **0.333** | 0.099 | 0.210 |

## 3.4 Υπολογισμός απαιτούμενης ισχύος πρόωσης σκάφους

Με βάση τα προαναφερόμενα αποτελέσματα είναι εφικτός ο υπολογισμός της απαιτούμενης ιπποδύναμης, προκειμένου το πλοίο να δύναται να πλεύσει με ταχύτητα υπηρεσίας 15 Knots στις διάφορες καταστάσεις φόρτωσης. Οι τιμές της έχουν ως ακολούθως:

**Πίνακας 3.4/Ι**

| Κατάσταση φορτώσεως | Ταχύτητα πλοίου (Knots) | Εκτόπισμα (tons) | DHP (KW) |
|---|---|---|---|
| 100% departure | 15 | 3000 | 2630 |
| 100% arrival | 15 | 2954 | 2585 |
| 75% departure | 15 | 2560 | 2348 |
| 50% departure | 15 | 2122 | 2368 |

## 3.5 Σύγκριση απαιτούμενης ισχύος με υφιστάμενες ισχύς μονόγαστρων containeships αντίστοιχης μεταφορικής ικανότητας

Με βάση τα στοιχεία από τα μονόγαστρα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, του υποκεφαλαίου 1.4, και την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης του υπό μελέτη πλοίου προβαίνουμε σε συγκριτική αξιολόγηση τους. Επειδή η ταχύτητα υπηρεσίας των εν λόγω μονόγαστρων είναι της τάξεως των 13 knots θα συγκρίνουμε την απαιτούμενη ισχύ του σκάφους μας για την ίδια ταχύτητα.

**Πίνακας 3.5/I**

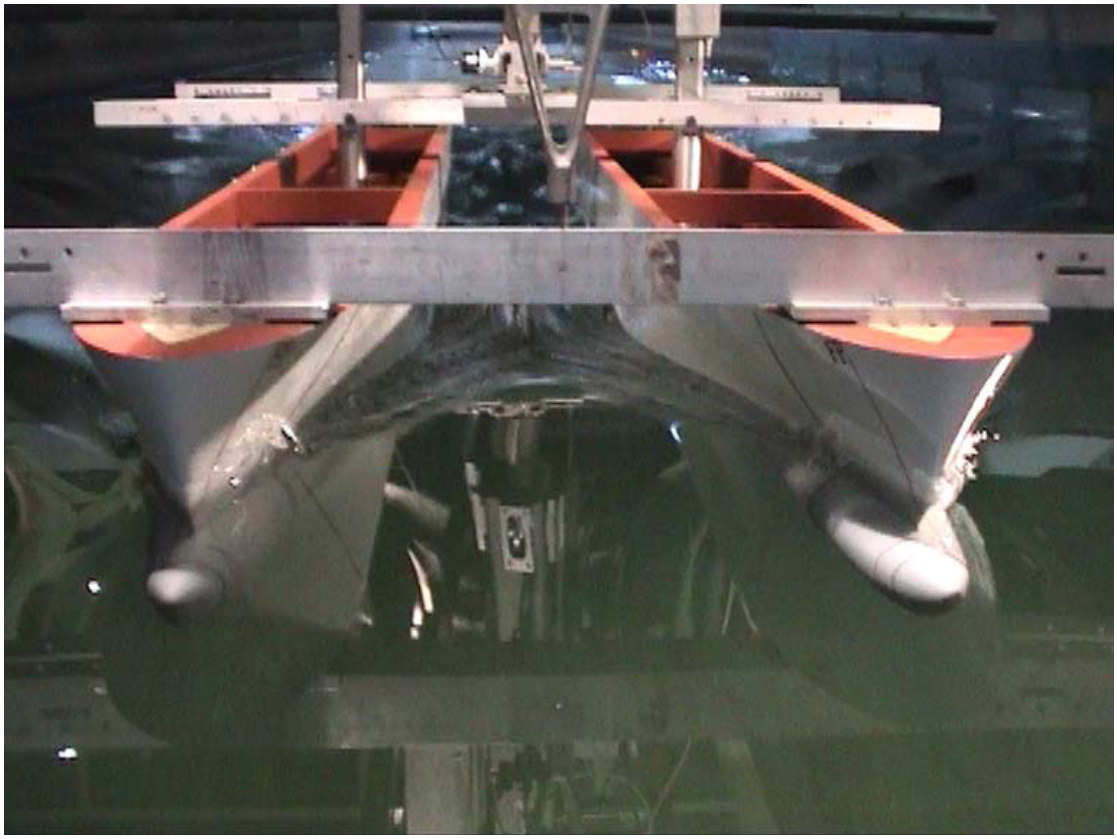
| **Κατάσταση φορτώσεως** | **Ταχύτητα πλοίου (Knots)** | **Εκτόπισμα (tons)** | **DHP (KW)** |
|---|---|---|---|
| 100% departure | 13 | 3000 | **1649** |
| 100% arrival | 13 | 2954 | **1582** |
| 75% departure | 13 | 2560 | **1661** |
| 50% departure | 13 | 2122 | **1817** |

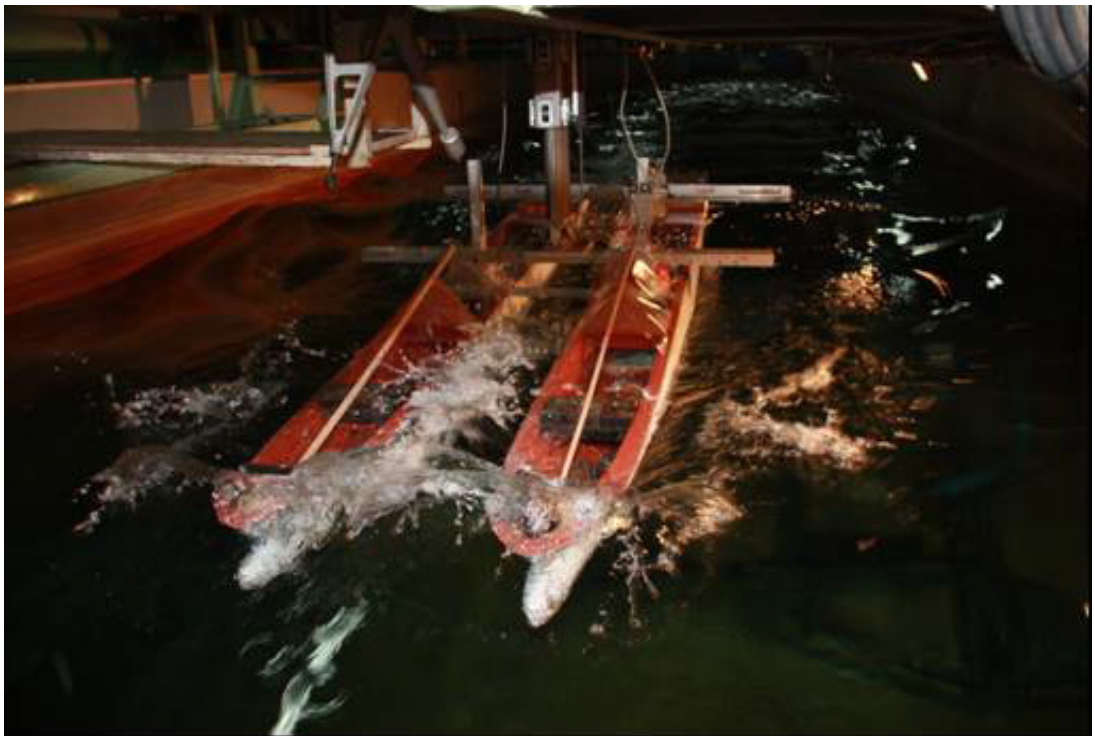
**Πίνακας 3.5/II**

| **Όνομα πλοίου** | **Ταχύτητα πλοίου (Knots)** | **Εκτόπισμα (tons) 100% Load Dep.** | **DHP (KW)** |
|---|---|---|---|
| Golden Voyage | 13.4 | 3530 | **3310** |
| Mentani Sejahtera | 12 | 2797 | **1320** |
| NP Suratthani 1 | 10 | 3800 | **1766** |
| Pride of Veere | 13 | 3200 | **1800** |
| Seatran Line 2 | 13 | 2922 | **2220** |
| Temna | 14 | | **1839** |

Συγκρίνοντας τις απαιτούμενες ισχύες για κάθε πλοίο προκύπτει ότι για την ίδια ταχύτητα πλεύσης με τα μονόγαστρα και σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης το υπό μελέτη πλοίο χρειάζεται μικρότερη ισχύ πρόωσης, με εξαίρεση το MV Mentani Sejahtera, που απαιτεί τη χαμηλότερη. Συνεπώς, έχουμε εξοικονόμηση ισχύος σε σύγκριση με μονόγαστρα πλοία της ίδιας μεταφορικής ικανότητας.

Παρακάτω, παρατίθενται φωτογραφίες από τις δοκιμές του μοντέλου στη δεξαμενή του ΕΜΠ.





## 4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ (LS)

Στο παρόν κεφάλαιο συγκεντρώνονται όλα τα βάρη που απαρτίζουν το κενό σκάφος (LS), δηλαδή $W_{ST}$, $W_{OT}$ και $W_M$, προκειμένου να υπολογισθεί το συνολικό LS, από την τιμή του οποίου θα εξαρτηθεί το μέγιστο δυνατό Payload που μπορεί να μεταφέρει το πλοίο, για δεδομένο εκτόπισμα Δ=3000 tons. Σε όλους τους υπολογισμούς θεωρήθηκε ότι το ειδικό βάρος του ναυπηγικού χάλυβα ανά $m^3$ είναι: 7.9 tons/$m^3$. Επίσης, σε όλα τα επιμέρους βάρη του Light Ship προστίθεται επιπλέον προσαύξηση 10% επί των τελικά υπολογισθέντων, προκειμένου να καλυφθούν τυχόν παραλείψεις.

### 4.1 Βάρος μεταλλικής κατασκευής ($W_{ST}$).

Το βάρος της μεταλλικής κατασκευής απαρτίζεται από τα επιμέρους βάρη, όπως αυτά υπολογίσθηκαν κατά τον καθορισμό των διαμήκων και εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων του σκάφους. Αναλυτικά, τα βάρη αυτά φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 4.1/Ι**

**$W_{ST}$ (tons) – Στο σύνολο του πλοίου (2 ημιγάστρες & Συνδετικό κατάστρωμα)**

| Είδος βάρους μεταλλικής κατασκευής έως Main Deck | $W_i$ (tons) |
|---|---|
| Ελάσματα σκάφους & διαμήκη ενισχυτικά | **375.55** |
| Εγκάρσια ενισχυτικά | **88.38** |
| Εγκάρσιες φρακτές | **27.23** |
| Pillar Bulkheads | **3.83** |
| Ενισχυτικά εγκαρσίων φρακτών & Pillar bulkheads | **15.01** |
| Εγκάρσια ελάσματα διπυθμένου & ενισχυτικά του | **20.16** |
| **ΣΥΝΟΛΟ** | **530.18** |

Το βάρος των υπερκατασκευών υπολογίσθηκε κατόπιν λήψεως σχετικών μετρήσεων από το General Arrangement του πλοίου στο Autocad. Με βάση αυτές τις μετρήσεις και επιλέγοντας ως πάχος ελάσματος των ανωτέρω επιφανειών τα 4 mm, υπολογίσθηκε ο συνολικός απαιτούμενος όγκος του ναυπηγικού χάλυβα για την κατασκευή των υπερκατασκευών. Ακολούθως υπολογίσθηκε το συνολικό βάρος του υπολογισθέντα χάλυβα και επί αυτού προστέθηκε 40% επί της τιμής του για τις ανάγκες ενίσχυσής του. Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για τα βάρη των υπερκατασκευών έχουν ως κάτωθι:

**Πίνακας 4.1/ΙΙ**

**W (Υπερκατασκευών) (tons)**

| **Θέση υπερκατασκευής** | **$W_{superstructures-\ total}$ (tons)** |
|---|---|
| Main deck | 8.88 |
| A deck | 8.88 |
| B deck | 8.88 |
| C deck | 8.88 |
| Bridge deck | 6.64 |
| **ΣΥΝΟΛΟ** | **42.17** |
| **Ενισχυτικά ελασμάτων υπερκατασκευών (40%$W_{total}$)** | **16.87** |
| **ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ** | **59.05** |

Συγκεντρωτικά, το συνολικό βάρος της μεταλλικής κατασκευής προκύπτει:

**Πίνακας 4.1/ΙΙΙ**

**$W_{ST}$ (tons)**

| | |
|---|---|
| **$W_{ST}$** | 530.18 |
| **$W_S$** | 59.05 |
| **ΣΥΝΟΛΟ** | **589.23** |
| **Προσαύξηση 10%** | **648.15** |

## 4.2 Βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης ($W_M$).

Το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης ($W_M$) χωρίζεται σε τρεις (3) ομάδες βαρών:

α. $W_{MM}$ : Βάρος κυρίων μηχανών και μειωτήρων.
β. $W_{MS}$ : Βάρος ελικοφόρων αξόνων και ελίκων.
γ. $W_{MR}$ : Βάρος λοιπής μηχανολογικής εγκατάστασης (Βοηθητικά μηχανήματα και αντλίες, σωληνώσεις, αγωγοί εξαερισμού και εξατμίσεων, συστήματα πυρόσβεσης και ερματισμού, ηλεκτρολογική εγκατάσταση και ηλεκτρογεννήτριες).

Με βάση την τελικά απαιτούμενη ισχύ προώσεως (2630 KW max), όπως αυτή προέκυψε από την εκτέλεση πειραμάτων σε μοντέλο του υπό μελέτη πλοίου για τον υπολογισμό της αντίστασης και της συμπεριφοράς σε κυματισμούς, προκειμένου να επιτευχθεί ταχύτητα υπηρεσίας 15 knots, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση κατάλληλων κυρίων μηχανών και τελικά επιλέχθηκε η τοποθέτηση των κάτωθι:

**Diesel Cummins QSK 60 – MT 2**, με αποδιδόμενη συνεχή ισχύ 1640 KW στις 1800 rpm. (Μία κύρια μηχανή σε κάθε ημιγάστρα. Συνολική αποδιδόμενη ισχύς 3280 KW). Αναλυτικά τα στοιχεία των κυρίων μηχανών με τα σχέδιά τους φαίνονται αναλυτικά στο **Παράρτημα ''Ζ''** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Το βάρος των κυρίων μηχανών είναι γνωστό, καθώς δίνεται από τον κατασκευαστή. Σε ότι αφορά τους κύριους μειωτήρες στροφών δεν κατέστη δυνατή η συλλογή όλων των στοιχείων από την κατασκευάστρια εταιρία, οπότε το βάρος και οι διαστάσεις του εκτιμήθηκαν με βάση άλλους μειωτήρες όμοιας ισχύος.

Τα βάρη των ελικοφόρων αξόνων και ελίκων υπολογίζονται με χρήση συντελεστών, από τη Διδακτορική διατριβή του Σωτήρη Σκούπα, ως ακολούθως:

α. Έλικες: $W_{PROPELLER}$ = 0.127xD^2.852 για D=2.3 m είναι 1.36 ton/έλικα.

β. Άξονες: $W_{SHAFT}$ = [0.096 x (0.5 x Installed Power) – 33.79] Kg/m x $L_{SHAFT}$ για $L_{SHAFT}$ = 14.07 m είναι 1.44 ton/άξονα.

Το βάρος των ηλεκτρογεννητριών λαμβάνεται όπως και αυτό των κυρίων μηχανών από τον κατασκευαστή και έχει ως εξής:

2 x Diesel K19-CP (Cummins) = 2 x 4.1 tons = 8.2 tons.

Το βάρος της λοιπής μηχανολογικής εγκατάστασης, πλην των ηλεκτρομηχανών και γεννητριών, υπολογίζεται στο 30% του συνολικά υπολογισθέντος μέχρι τώρα βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης.

Τα συνολικά υπολογισθέντα βάρη της μηχανολογικής εγκατάστασης φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 4.2/Ι**

**W (Μηχανολογικής εγκατάστασης) (tons)**

| **Τύπος Βάρους Μηχανολογικής Εγκατάστασης** | **$W_{M-\ total}$ (tons)** |
|---|---|
| $W_{MM}$ (Μηχανές – Μειωτήρες) | 23.50 |
| $W_{EP}$ (Ηλεκτρογεννήτριες) | 8.20 |
| $W_{MS}$ (Άξονες – Έλικες) | 5.61 |
| **ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ** | **37.32** |
| $W_{MR}$ (Λοιπή μηχανολογική εγκατάσταση) 30% x (**ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ)** | 11.19 |
| **ΣΥΝΟΛΟ** | **48.51** |
| **Προσαύξηση 10%** | **53.36** |

## 4.3 Βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού ($W_{OT}$).

Το βάρος ενδιαίτησης και εξοπλισμού ($W_{OT}$) υπολογίζεται με τη χρήση συντελεστών των διαφόρων βαρών που αποτελούν το κομμάτι αυτό του LS. Οι εν λόγω συντελεστές λαμβάνονται από τη Διδακτορική διατριβή του Σωτήρη Σκούπα.

Επιπρόσθετα, υπολογίζεται και ο αριθμός εξαρτισμού (EN), με βάση τον οποίο υπολογίζεται το βάρος των μέσων πρόσδεσης και αγκυροβολίας, τα οποία αποτελούν επίσης μέρος του συνολικού βάρους ενδιαίτησης & εξοπλισμού. Συγκεκριμένα, από τον τύπο, βιβλίο ''ΜΕΛΕΤΗ & ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΛΟΙΟΥ Ι'' του καθηγητή ΕΜΠ Α. Παπανικολάου, Παράρτημα ΄΄Ε΄΄, έχουμε:

$EN = \Delta^{2/3} + 2 \times B \times H + 0.1 \times A = 1028.58$
$\Delta = 3000$ tons
B= 21 m
H = 19.19 m (Από Autocad)
A = 145.10 $m^2$ (Από Autocad)
Με βάση το υπολογισθέν EN = 1028.58, προκύπτει το ζητούμενο βάρος με χρήση του τύπου:

$W_{OT}$ (Εξαρτισμός)= 0.0746 x EN + 1.757 = 78.48

Στο συνολικό βάρος ενδιαίτησης & εξοπλισμού προστίθεται και το βάρος των δύο (2) επιλεγέντων σωστικών λέμβων μετά των καπονιών τους, όπως αυτά δίνονται από τον κατασκευαστή.

Αναλυτικά, τα συγκεντρωτικά προκύπτοντα βάρη έχουν ως ακολούθως:

**Πίνακας 4.3/Ι**

**W (Ενδιαίτησης & εξοπλισμού) (tons)**

**Εμβαδόν χώρων ενδιαίτησης ($A_{TOTAL}$) = 681.3950 $m^2$**

| **Τύπος Βάρους Ενδιαίτησης & εξοπλισμού** | **$W_{OT-\ total}$ (tons)** |
|---|---|
| $W_{OT}$(Σωληνώσεις) = 0.02 x $A_{TOTAL}$ | 13.62 |
| $W_{OT}$ (Ηλεκτρ. εξοπλισμός)=0.01 x $A_{TOTAL}$ | 6.81 |
| $W_{OT}$ (Εξαρτισμός)= 0.0746 x EN + 1.757 | 78.48 |
| $W_{OT}$ (cabins) = 0.04727 x $A_{TOTAL}$ | 8.54 |
| $W_{OT}$ (WC) = 0.04905 x $A_{TOTAL}$ | 3.66 |
| $W_{OT}$ (Office/ saloon)= 0.0303 x $A_{TOTAL}$ | 1.69 |
| $W_{OT}$ (Kitchen) = 0.05945 x $A_{TOTAL}$ | 1.07 |
| $W_{OT}$ (Mess) = 0.04095 x $A_{TOTAL}$ | 2.26 |
| $W_{OT}$ (Stores) = 0.04095 x $A_{TOTAL}$ | 0.73 |
| $W_{OT}$ (Workshop) = 0.055 x $A_{TOTAL}$ | 2.10 |
| $W_{OT}$ (Emerg. gen. room) = 0.055 x $A_{TOTAL}$ | 1.13 |
| $W_{OT}$ (Freezer store) = 0.055 x $A_{TOTAL}$ | 1.45 |
| $W_{OT}$ (Corridors) = 0.055 x $A_{TOTAL}$ | 2.50 |
| $W_{OT}$ (Ladders) = 0.055 x $A_{TOTAL}$ | 3.17 |
| $W_{OT}$ (Wheel house) = 0.055 x $A_{TOTAL}$ | 3.79 |
| $W_{OT}$ (Rescue boats &davits) | 12.99 |
| **ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ** | **144.07** |
| **Προσαύξηση 20%** | **28.81** |
| **ΣΥΝΟΛΟ** | **172.88** |
| **Προσαύξηση 10%** | **190.17** |

## 4.3 Συνολική κατανομή βάρους Light Ship – Υπολογισμός DWT & Payload – Θέση LCG και VCG.

Συγκεντρώνοντας όλα τα ανωτέρω υπολογισθέντα βάρη προκύπτει το τελικό LS, από το οποίο για δεδομένο εκτόπισμα 3000 tons, καταλήγουμε στο συνολικό δυνατό DWT και Payload, που δύναται να μεταφέρει το πλοίο. Όλοι οι πίνακες με τους υπολογισμούς των διαφόρων βαρών του πλοίου, καθώς και οι τιμές της διαμήκους (LCG) και της κατακόρυφης (VCG) θέσης του κέντρου βάρους του πλοίου στις διάφορες καταστάσεις, φαίνονται αναλυτικά στο **Παράρτημα "ΣΤ"** του παρόντος. Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα αυτά έχουν ως κάτωθι:

**Πίνακας 4.4/Ι**

**Ισολογισμός βαρών πλοίου (tons)**

| **Τύπος Βάρους** | **W (tons)** |
|---|---|
| $W_{ST}$ | 589.23 |
| $W_{OT}$ | 172.88 |
| $W_M$ | 48.51 |
| **ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ** | **810.63** |
| **Προσαύξηση 10%** | **81.63** |
| **LS = $W_{ST}$ + $W_{OT}$ + $W_M$** | **891.70** |
| **W (Αναλώσιμα – crew & constants)** | **131.22** |
| **DWT** | **2108.30** |
| **Payload** | **1977.07** |

Στη συνέχεια πραγματοποιείται υπολογισμός της διαμήκους (LCG) και της κάθετης (VCG) θέσης του κέντρου βάρους του $W_{ST}$, του Light Ship και του Pay Load, ώστε παρακάτω να προκύψουν οι θέσεις του κέντρου βάρους για διαφορετικές Full Load Departure και Full Load Arrival conditions. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στους επόμενους πίνακες.

| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ LCG & VCG ΤΟΥ $W_{ST}$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wst(i) (tons) | LCG(i) από AE (m) | ML=Wst(i)*LCG(i) (ton*m) | LCG=ML/Wst (m) | KG(i) από BL (m) | Mt=Wst(i)*KG(i) | KG=Mt/Wst (m) |
| Wst (0-20%L) (0-16 m) | 102.2278 | 8.0000 | 817.8226 | 38.6107 | 6.0380 | 617.2516 | 6.9817 |
| Wst (20-40%L) (16-32 m) | 99.6895 | 24.0000 | 2 392.5490 | LCG from AP (m) | 5.7610 | 574.3115 | |
| Wst (40-60%L) (32-48 m) | 115.1060 | 40.0000 | 4 604.2409 | 36.1107 | 5.7240 | 658.8669 | |
| Wst (60-80%L) (48-64 m) | 105.4271 | 56.0000 | 5 903.9196 | | 5.7780 | 609.1580 | |
| Wst(80-100%L) (64-80.14 m) | 107.7323 | 72.0000 | 7 756.7278 | | 6.0730 | 654.2584 | |
| Wsuperstructure | 59.0514 | 21.6000 | 1 275.5097 | | 16.9350 | 1 000.0350 | |
| Wst(total) | 589.2342 | | 22 750.7696 | | | 4 113.8814 | |
| Προσαύξηση 10% | 648.1577 | | | | | | |

| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ LCG & VCG του LS | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i)/D | KG(i) | Mt=W(i)*KG(i) | KG=Mt/Wst (m) | LCG(i)/L | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) | LCG=ML/W (m) από AP |
| Wst με προσαύξηση 10% | 648.1577 | | 6.9817 | 4 525.2695 | | | 36.1107 | 23 405.4525 | |
| Wot με προσαύξηση 10% | 190.1743 | 1.2250 | 12.2500 | 2 329.6355 | | 0.4600 | 34.5920 | 6 578.5102 | |
| Wm με προσαύξηση 10% | 53.3686 | 0.5000 | 5.0000 | 266.8431 | | | 19.1000 | 1 019.3407 | |
| LS | 891.7006 | | | 7 121.7481 | 7.9867 | | | 31 003.3034 | 34.7687 |

| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ LCG & VCG του Payload | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) | Mt=W(i)*KG(i) | KG=Mt/Wst (m) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) | LCG=ML/W (m) από AP |
| PL (ΠΡ) | 1 537.7274 | 14.3720 | 22 100.2182 | 14.3720 | 48.1560 | 74 050.8005 | 38.7951 |
| PL (ΠΜ) | 439.3507 | 14.3720 | 6 314.3480 | | 6.0320 | 2 650.1633 | |
| | 1 977.0781 | | 28 414.5662 | | | 76 700.9639 | |

## 5. ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΘΙΚΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται υπολογισμός των στοιχείων (LCG, VCG, LCB, T, Trim, GM, $GM_{corr}$), με βάση τα οποία πραγματοποιείται έλεγχος ευστάθειας, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στο ΠΔ 1337/1981, για τις διάφορες καταστάσεις φόρτωσης αναχώρησης και επιστροφής του πλοίου. Για τους υπολογισμούς επιδιώκεται ότι η μέγιστη διαγωγή του πλοίου θα είναι 100 cm έμπρυμνη, η οποία επιτυγχάνεται σε κάθε κατάσταση φόρτωσης με την προσθήκη κατάλληλης ποσότητας Ballast, η οποία φθάνει τους 122 tons max. Σε κάθε περίπτωση ελήφθη υπόψη η επίδραση των ελευθέρων επιφανειών των δεξαμενών του πλοίου. Με βάση τα παραπάνω και τα στοιχεία του υδροστατικού διαγράμματος, που δόθηκαν από τον διδάσκοντα, προκύπτει το τελικό $GM_{corr}$ το οποίο πρέπει να έχει τιμή μεγαλύτερη από 0.15 m, προκειμένου να ικανοποιείται η απαίτηση του προαναφερθέντος ΠΔ.

Επίσης, πραγματοποιείται έλεγχος ικανοποίησης των κανονισμών της άθικτης ευστάθειας του πλοίου, σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στο International Code of Safety for High Speed Craft. Προκειμένου να γίνει αυτό απαιτείται η κατασκευή της καμπύλης GZ (φ) για κάθε κατάσταση φόρτωσης, από όπου εξετάζεται η ικανοποίηση των καθοριζομένων στον εν λόγω κώδικα. Σύμφωνα με αυτά και προκειμένου το πλοίο να έχει την απαιτούμενη άθικτη ευστάθεια απαιτείται:

α. **Area under the GZ curve**

**A1 > 0.055 x $30^o/\theta$** (m.rad)

**A1** : Το εμβαδόν κάτωθεν της καμπύλης GZ (φ) μεταξύ των γωνιών $\theta_h$ (γωνία τομής καμπύλης GZ και της ευθείας HL2 (Heeling due to wind)) και $\theta_d$ (γωνία downflooding).

**θ** : Η μικρότερη μεταξύ $\theta_d$ , .$\theta_m$ (γωνία όπου έχουμε max GZ) και $30^o$).

β. **Maximum GZ**

**$\theta_m$ > $10^o$**

**θm** : γωνία όπου έχουμε max GZ.

γ. **Heeling due to wind**

$$HL1 = \frac{PAZ}{9800\Delta}$$

$$HL2 = 1.5\ HL1$$

**P = 504 Pa** (Σύμφωνα με τη Resolution A-749 του IMO σχετικά με τις απαιτήσεις για συμβατικά πλοία).

A : Η προβαλλόμενη πλευρική επιφάνεια του σκάφους πάνω από την ίσαλο για το μικρότερο φορτίο. **A = 1262 m$^2$** (Από Autocad).

Z : Η κάθετη απόσταση από το κέντρο της ανωτέρω επιφάνειας ''A'' έως το σημείο που αντιστοιχεί το μισό του βυθίσματος για το μικρότερο φορτίο.
**Z = 11.4 m.**

δ. **Heeling due to passenger crowding or high-speed turning**

Δεν λαμβάνεται υπόψη γιατί δεν έχουμε επιβάτες και το πλοίο δεν είναι ταχύπλοο.

ε. **Rolling in waves**

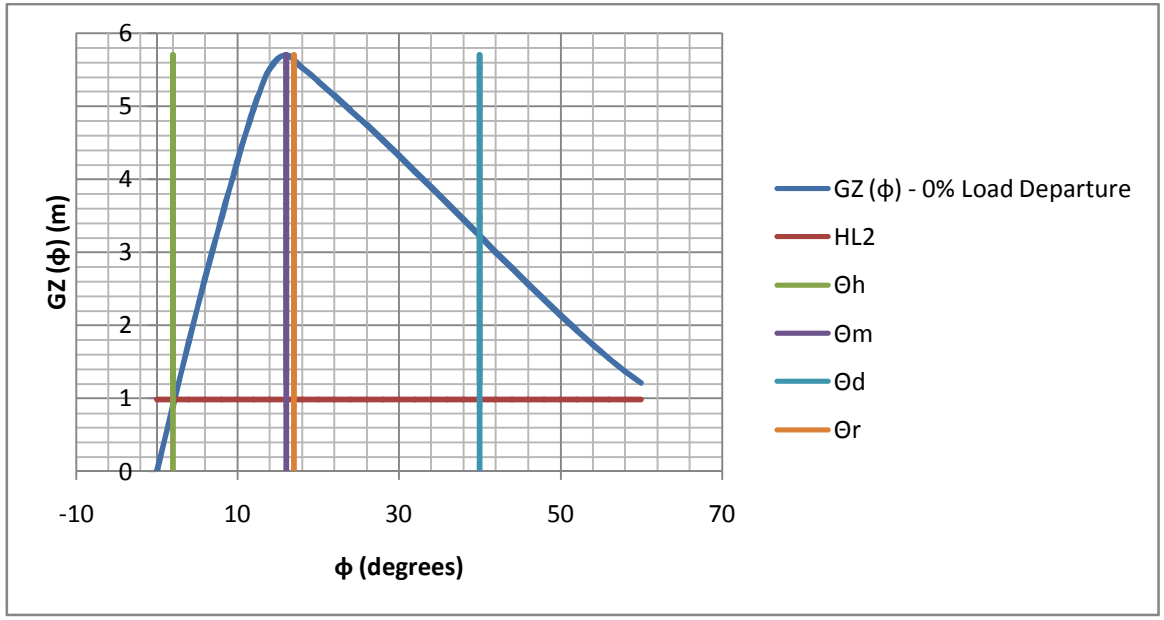
**A2 > 0.028** (m.rad)

**A2** : Το εμβαδόν κάτωθεν της καμπύλης GZ (φ) έως την ευθεία HL2 και μεταξύ των γωνιών $\theta_h$ και $\theta_r$ (γωνία roll) θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 0.028 m.rad.

## 5.1 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 0% φορτίο.

| | 0% LOAD DEPARTURE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 94.55 | 4.08 | 385.59 | 26.46 | 2501.80 |
| $W_{DO}$ (daily) | 14.10 | 5.16 | 72.79 | 23.70 | 334.08 |
| $W_{LO}$ | 4.74 | 2.68 | 12.70 | 28.72 | 136.13 |
| $W_{FW}$ | 15.12 | 8.17 | 123.58 | 14.50 | 219.24 |
| $W_{PR}$ | 1.29 | 11.40 | 14.68 | 16.75 | 21.58 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 121.26 | 2.00 | 242.52 | 67.40 | 8172.76 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 0.00 | 14.37 | 0.00 | 38.80 | 0.00 |
| DWT | 252.58 | 3.48 | 879.82 | 45.19 | 11414.62 |
| LS | 891.70 | **7.99** | 7121.75 | 34.77 | 31003.30 |
| Δ | **1144.28** | **6.99** | **8001.57** | **37.07** | **42417.92** |
| Ballast total | | | | | |
| 121.26 | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (l x γ) (tons x m) | Σ(l x γ)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(l x γ)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 99.05 | 24.69 | 25.20 | 21.42 | 0.02 | 24.66 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.88 |
| 4 | 1.74 |
| 6 | 2.59 |
| 8 | 3.41 |
| 10 | 4.18 |
| 12 | 4.88 |
| 14 | 5.44 |
| 16 | 5.66 |
| 18 | 5.50 |
| 20 | 5.30 |
| 22 | 5.11 |
| 24 | 4.90 |
| 26 | 4.70 |
| 28 | 4.48 |
| 30 | 4.27 |
| 32 | 4.05 |
| 34 | 3.83 |
| 36 | 3.61 |
| 38 | 3.38 |
| 40 | 3.16 |
| 42 | 2.94 |
| 44 | 2.71 |
| 46 | 2.49 |
| 48 | 2.27 |
| 50 | 2.06 |
| 52 | 1.85 |
| 54 | 1.66 |
| 56 | 1.47 |
| 58 | 1.29 |
| 60 | 1.13 |

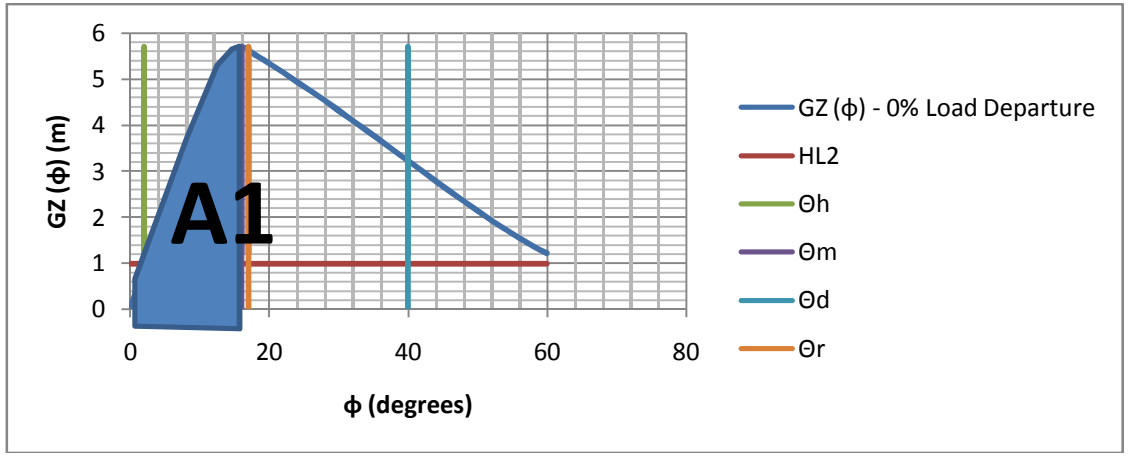
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

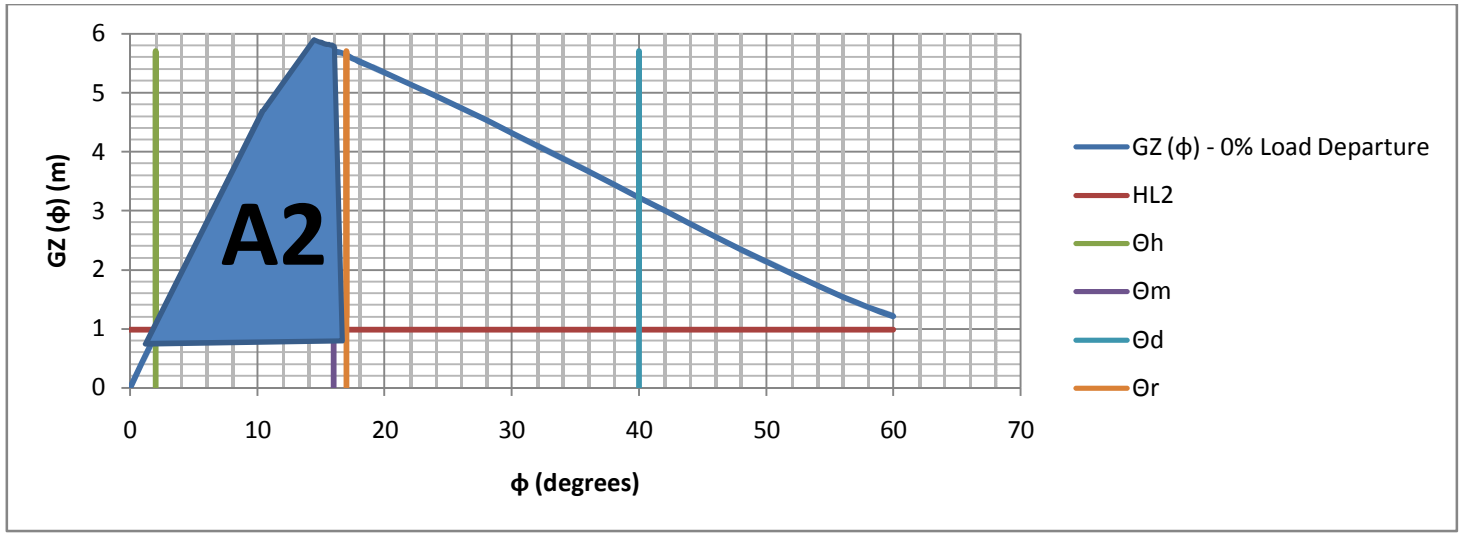
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll



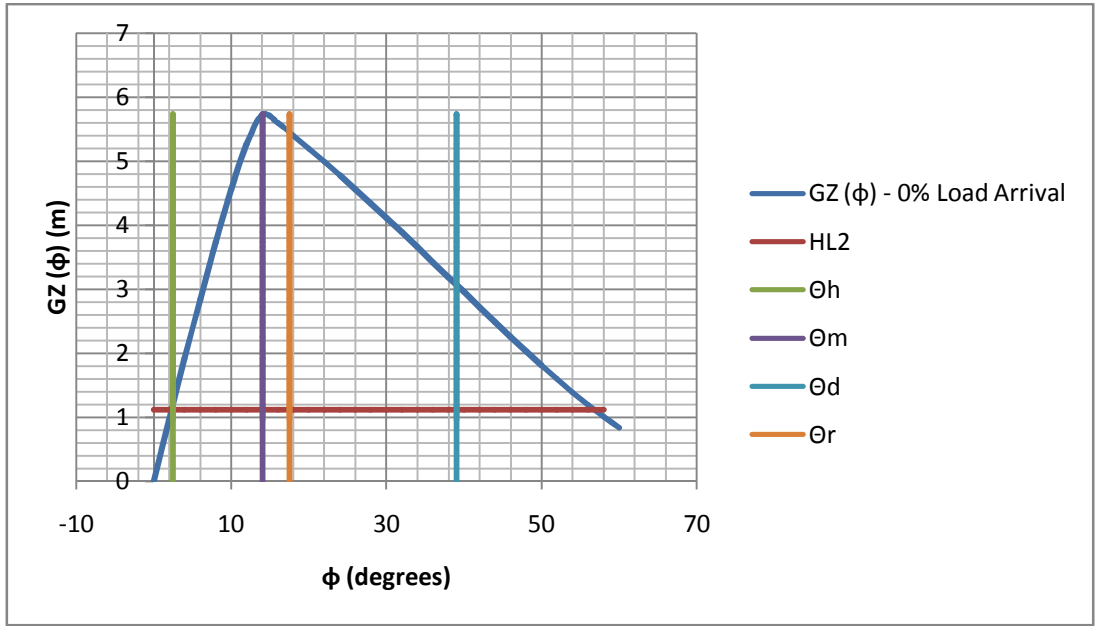

**Άθικτη ευστάθεια**

| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.8902 > 0.1031 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 16 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.8311 | **ok** |



| | 0% LOAD ARRIVAL | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 0.95 | 1.85 | 1.75 | 26.46 | 25.02 |
| $W_{DO}$ (daily) | 0.14 | 4.01 | 0.57 | 23.70 | 3.34 |
| $W_{LO}$ | 0.05 | 1.84 | 0.09 | 28.72 | 1.36 |
| $W_{FW}$ | 0.15 | 7.12 | 1.08 | 14.50 | 2.19 |
| $W_{PR}$ | 0.01 | 11.40 | 0.15 | 16.75 | 0.22 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 121.26 | 2.00 | 242.52 | 67.40 | 8172.76 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 0.00 | 14.37 | 0.00 | 38.80 | 0.00 |
| DWT | 124.08 | 2.21 | 274.11 | 66.36 | 8233.92 |
| LS | 891.70 | **7.99** | 7121.75 | 34.77 | 31003.30 |
| Δ | **1015.78** | **7.28** | **7395.86** | **38.63** | **39237.22** |
| Ballast total | | | | | |
| 121.26 | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (l x y) (tons x m) | Σ(l x y)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(l x y)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 30.40 | 27.08 | 17.64 | 15.00 | 0.02 | 27.06 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.94 |
| 4 | 1.88 |
| 6 | 2.79 |
| 8 | 3.66 |
| 10 | 4.47 |
| 12 | 5.17 |
| 14 | 5.66 |
| 16 | 5.57 |
| 18 | 5.37 |
| 20 | 5.16 |
| 22 | 4.95 |
| 24 | 4.73 |
| 26 | 4.51 |
| 28 | 4.29 |
| 30 | 4.06 |
| 32 | 3.83 |
| 34 | 3.59 |
| 36 | 3.36 |
| 38 | 3.12 |
| 40 | 2.89 |
| 42 | 2.65 |
| 44 | 2.42 |
| 46 | 2.18 |
| 48 | 1.95 |
| 50 | 1.73 |
| 52 | 1.51 |
| 54 | 1.30 |
| 56 | 1.11 |
| 58 | 0.92 |
| 60 | 0.75 |

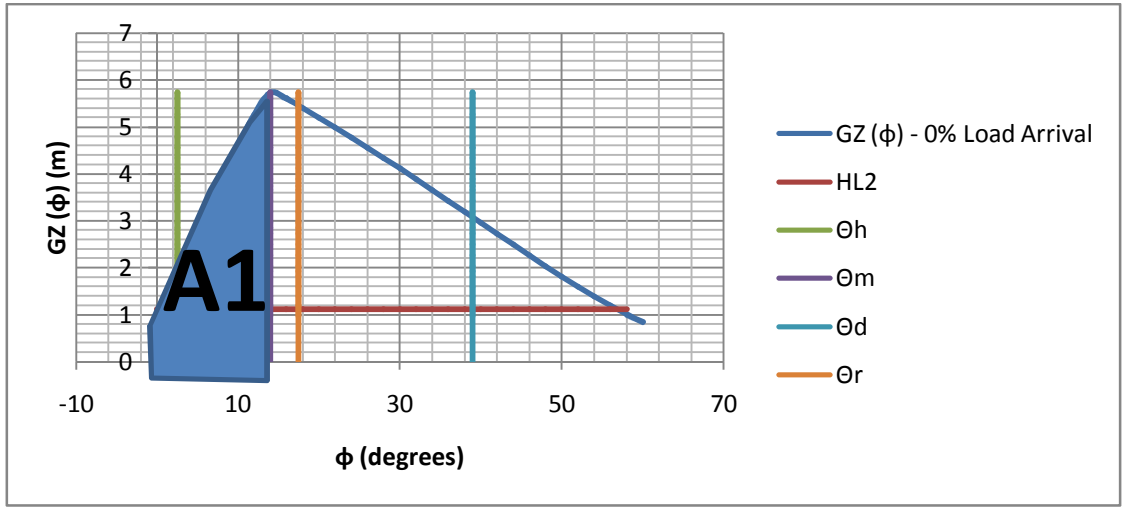
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

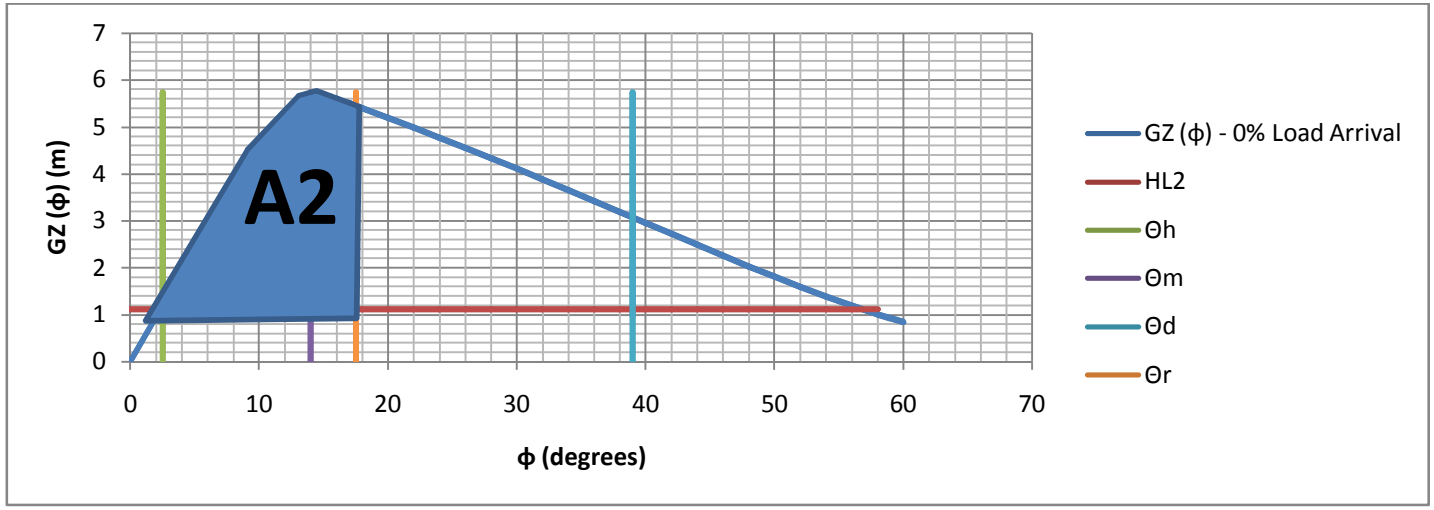
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll




**Άθικτη ευστάθεια**

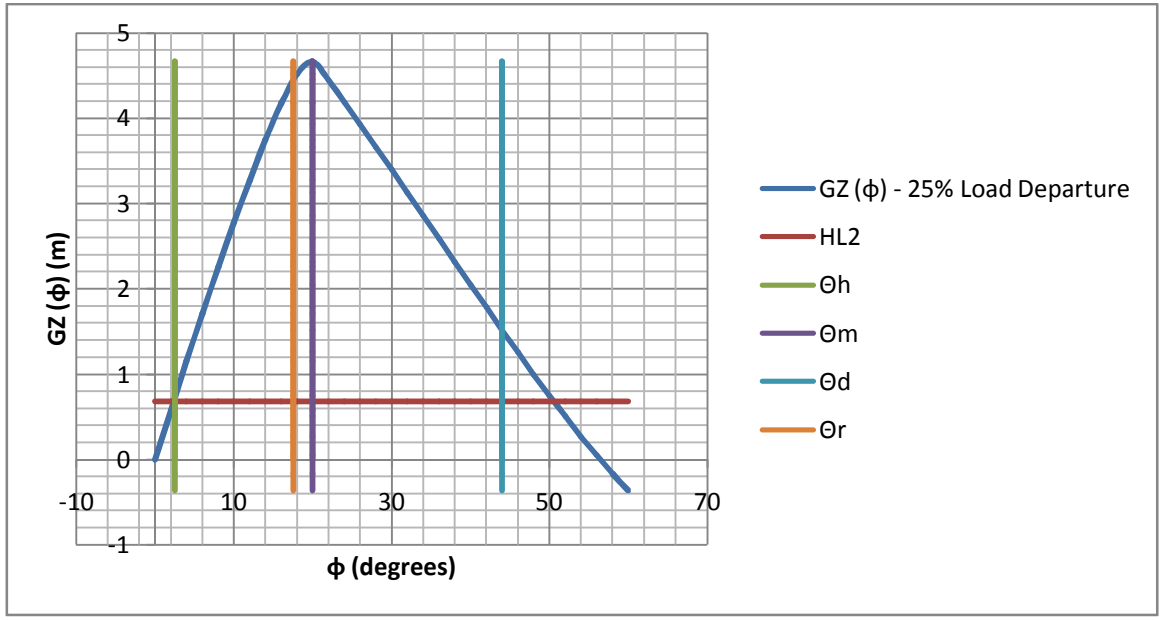
| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.7417 > 0.1179 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 14 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.8425 | **ok** |



## 5.2 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 25% φορτίο.

| | 25% LOAD DEPARTURE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 94.55 | 4.08 | 385.59 | 26.46 | 2501.80 |
| $W_{DO}$ (daily) | 14.10 | 5.16 | 72.79 | 23.70 | 334.08 |
| $W_{LO}$ | 4.74 | 2.68 | 12.70 | 28.72 | 136.13 |
| $W_{FW}$ | 15.12 | 8.17 | 123.58 | 14.50 | 219.24 |
| $W_{PR}$ | 1.29 | 11.40 | 14.68 | 16.75 | 21.58 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 121.26 | 2.00 | 242.52 | 67.40 | 8172.76 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 494.27 | 14.37 | 7103.64 | 38.80 | 19382.54 |
| DWT | 746.85 | 12.28 | 7983.46 | 41.24 | 30797.16 |
| LS | 891.70 | 7.99 | 7121.75 | 34.77 | 31003.30 |
| Δ | **1638.55** | **9.22** | **15105.21** | **37.72** | **61800.47** |
| Ballast total | | | | | |
| 121.26 | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (l x y) (tons x m) | Σ(l x y)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(l x y)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 77.00 | 15.83 | 25.20 | 21.42 | 0.02 | 15.81 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.57 |
| 4 | 1.13 |
| 6 | 1.68 |
| 8 | 2.21 |
| 10 | 2.72 |
| 12 | 3.21 |
| 14 | 3.68 |
| 16 | 4.10 |
| 18 | 4.45 |
| 20 | 4.63 |
| 22 | 4.44 |
| 24 | 4.18 |
| 26 | 3.92 |
| 28 | 3.66 |
| 30 | 3.39 |
| 32 | 3.12 |
| 34 | 2.85 |
| 36 | 2.58 |
| 38 | 2.31 |
| 40 | 2.04 |
| 42 | 1.77 |
| 44 | 1.51 |
| 46 | 1.25 |
| 48 | 0.99 |
| 50 | 0.74 |
| 52 | 0.49 |
| 54 | 0.26 |
| 56 | 0.03 |
| 58 | -0.18 |
| 60 | -0.38 |

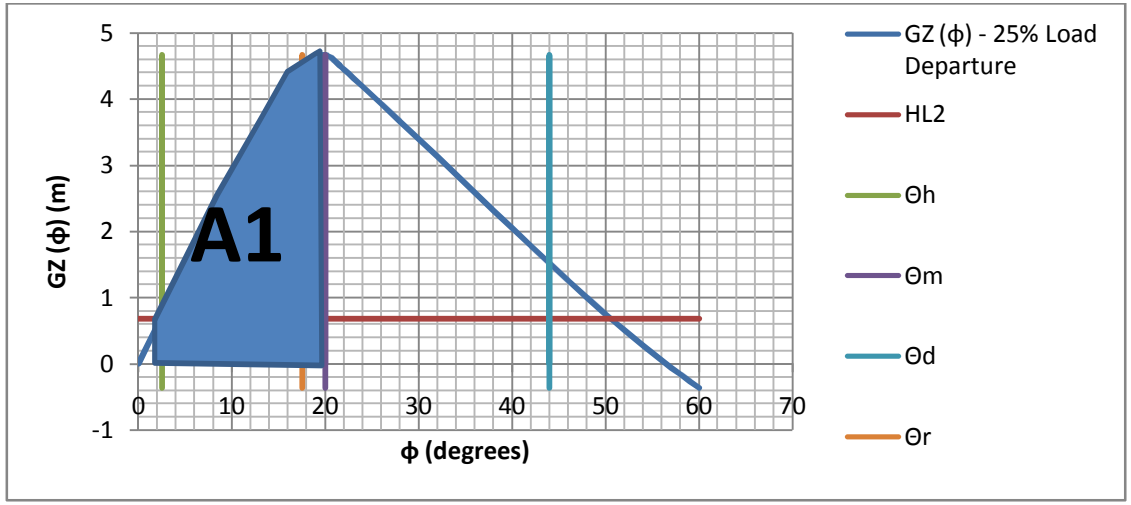
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

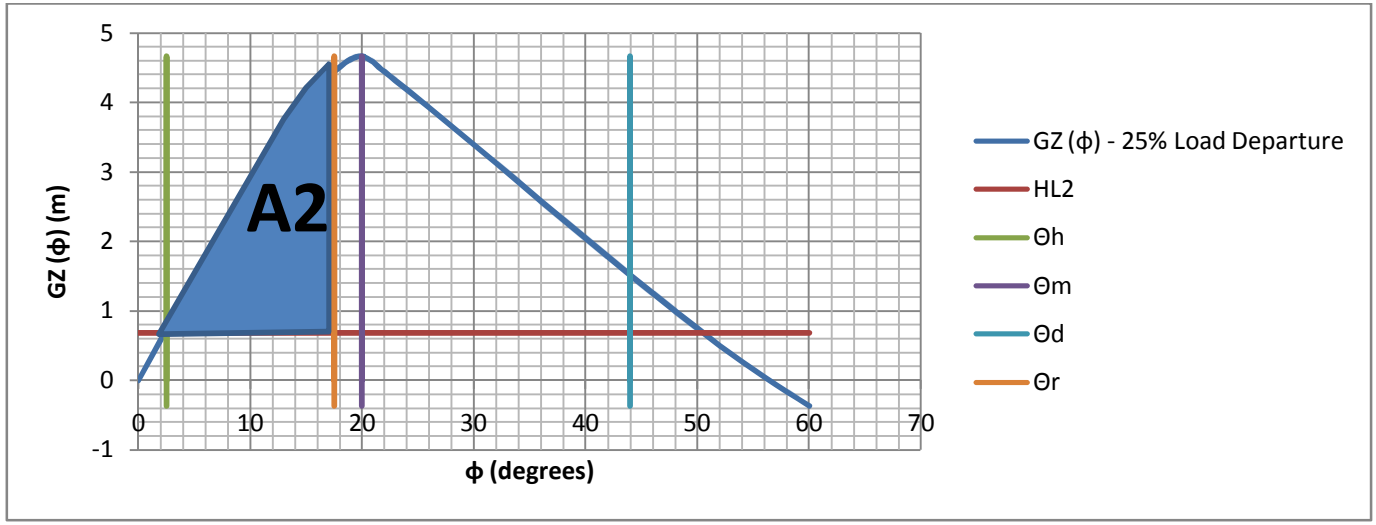
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll



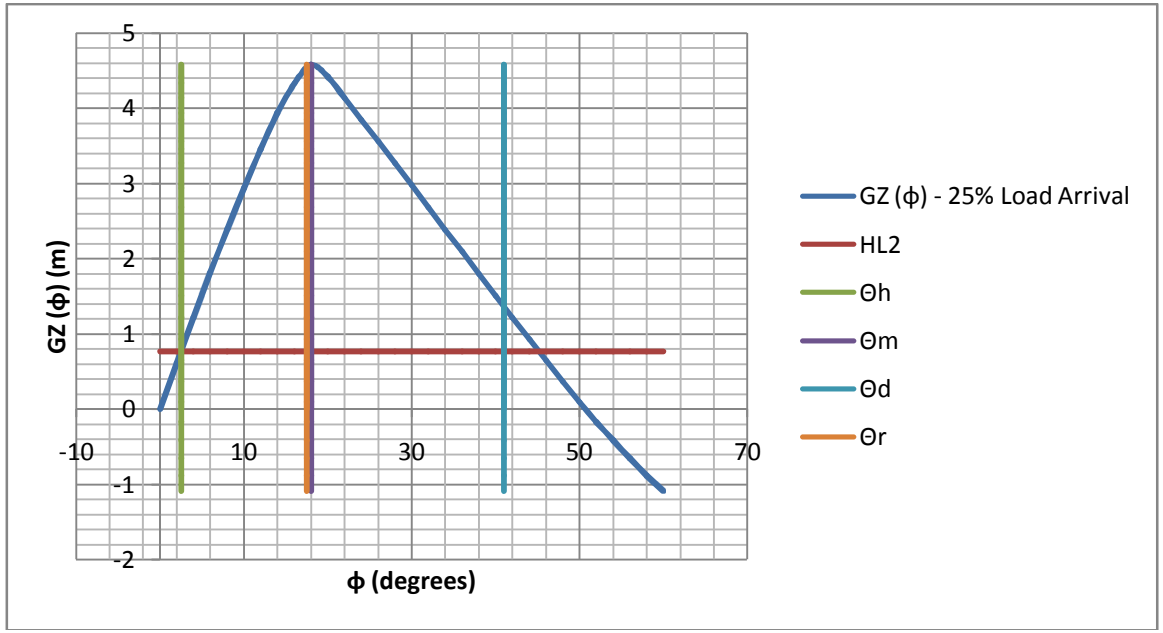

**Άθικτη ευστάθεια**

| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.8999 > 0.0825 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 20 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.5642 | **ok** |



| | 25% LOAD ARRIVAL | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 0.95 | 1.85 | 1.75 | 26.46 | 25.02 |
| $W_{DO}$ (daily) | 0.14 | 4.01 | 0.57 | 23.70 | 3.34 |
| $W_{LO}$ | 0.05 | 1.84 | 0.09 | 28.72 | 1.36 |
| $W_{FW}$ | 0.15 | 7.12 | 1.08 | 14.50 | 2.19 |
| $W_{PR}$ | 0.01 | 11.40 | 0.15 | 16.75 | 0.22 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 121.26 | 2.00 | 242.52 | 67.40 | 8172.76 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 494.27 | 14.37 | 7186.19 | 38.80 | 19398.07 |
| DWT | 618.35 | 12.06 | 7460.30 | 44.69 | 27631.99 |
| LS | 891.70 | 7.99 | 7121.75 | 34.77 | 31003.30 |
| Δ | **1510.05** | **9.66** | **14582.05** | **38.83** | **58635.29** |
| Ballast total | | | | | |
| **121.26** | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (l x γ) (tons x m) | Σ(l x γ)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(l x γ)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 18.95 | 16.76 | 17.64 | 15.00 | 0.01 | 16.75 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.59 |
| 4 | 1.17 |
| 6 | 1.74 |
| 8 | 2.29 |
| 10 | 2.82 |
| 12 | 3.33 |
| 14 | 3.80 |
| 16 | 4.20 |
| 18 | 4.48 |
| 20 | 4.49 |
| 22 | 4.23 |
| 24 | 3.95 |
| 26 | 3.67 |
| 28 | 3.39 |
| 30 | 3.11 |
| 32 | 2.82 |
| 34 | 2.53 |
| 36 | 2.24 |
| 38 | 1.96 |
| 40 | 1.67 |
| 42 | 1.39 |
| 44 | 1.11 |
| 46 | 0.83 |
| 48 | 0.56 |
| 50 | 0.30 |
| 52 | 0.04 |
| 54 | -0.21 |
| 56 | -0.44 |
| 58 | -0.66 |
| 60 | -0.87 |

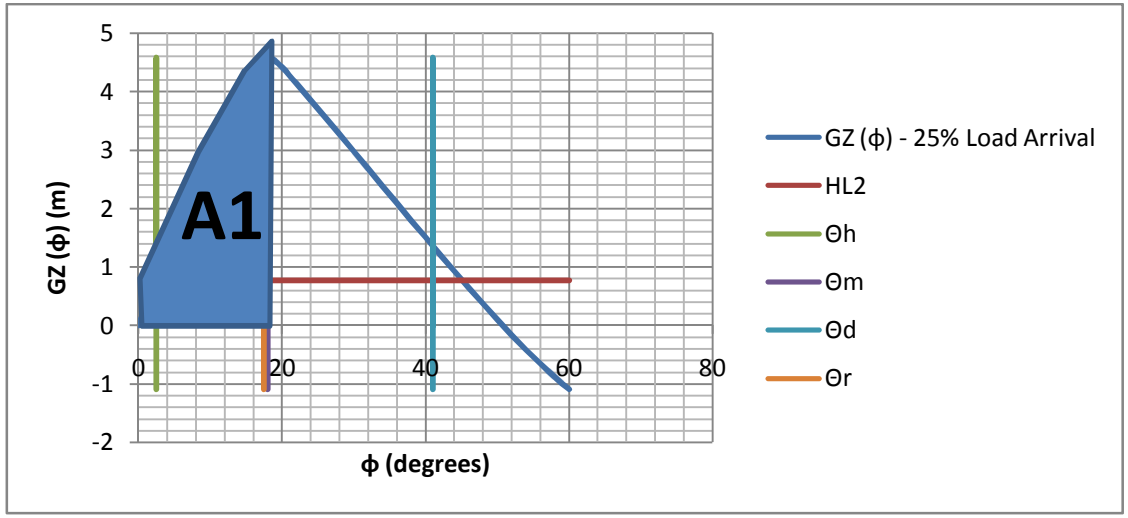
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

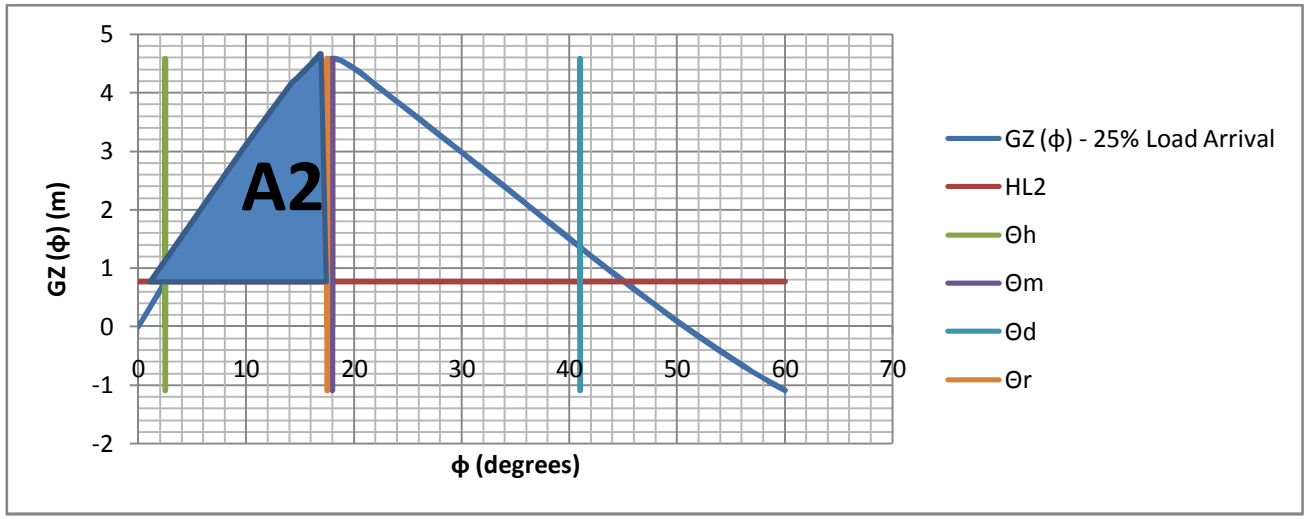
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll




**Άθικτη ευστάθεια**

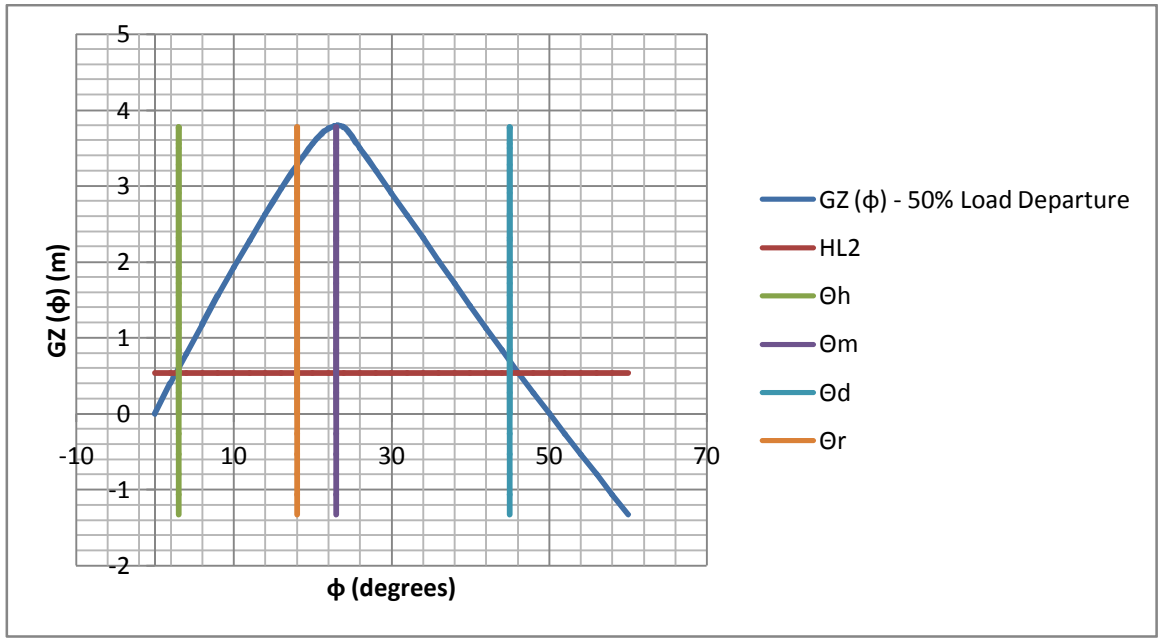
| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.7636 > 0.0868 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 19 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.5713 | **ok** |



## 5.3 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 50% φορτίο.

| | 50% LOAD DEPARTURE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 94.55 | 4.08 | 385.59 | 26.46 | 2501.80 |
| $W_{DO}$ (daily) | 14.10 | 5.16 | 72.79 | 23.70 | 334.08 |
| $W_{LO}$ | 4.74 | 2.68 | 12.70 | 28.72 | 136.13 |
| $W_{FW}$ | 15.12 | 8.17 | 123.58 | 14.50 | 219.24 |
| $W_{PR}$ | 1.29 | 11.40 | 14.68 | 16.75 | 21.58 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 121.26 | 2.00 | 242.52 | 67.40 | 8172.76 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 988.54 | 14.37 | 14360.88 | 38.80 | 38765.09 |
| DWT | 1241.12 | 12.28 | 15240.70 | 40.43 | 50179.71 |
| LS | 891.70 | 7.99 | 7121.75 | 34.77 | 31003.30 |
| Δ | **2132.82** | **10.48** | **22362.45** | **38.06** | **81183.01** |
| Ballast total | | | | | |
| **121.26** | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (l x y) (tons x m) | Σ(l x y)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(l x y)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 40.05 | 10.65 | 25.20 | 21.42 | 0.01 | 10.63 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.38 |
| 4 | 0.76 |
| 6 | 1.13 |
| 8 | 1.50 |
| 10 | 1.86 |
| 12 | 2.21 |
| 14 | 2.55 |
| 16 | 2.89 |
| 18 | 3.21 |
| 20 | 3.49 |
| 22 | 3.71 |
| 24 | 3.77 |
| 26 | 3.58 |
| 28 | 3.30 |
| 30 | 3.00 |
| 32 | 2.71 |
| 34 | 2.42 |
| 36 | 2.13 |
| 38 | 1.84 |
| 40 | 1.55 |
| 42 | 1.26 |
| 44 | 0.97 |
| 46 | 0.69 |
| 48 | 0.42 |
| 50 | 0.15 |
| 52 | -0.12 |
| 54 | -0.39 |
| 56 | -0.65 |
| 58 | -0.92 |
| 60 | -1.19 |

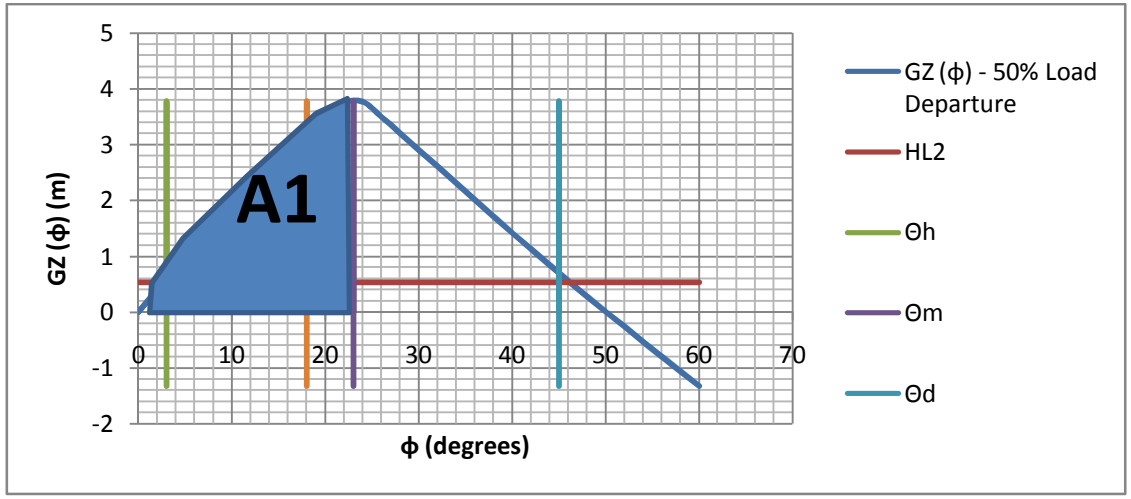
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

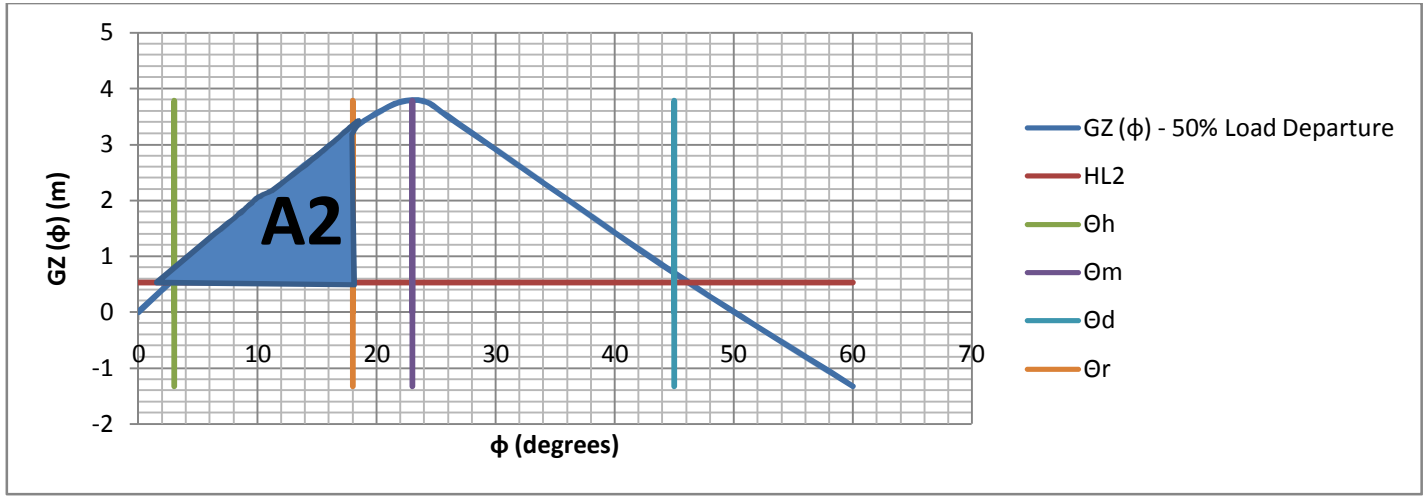
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll



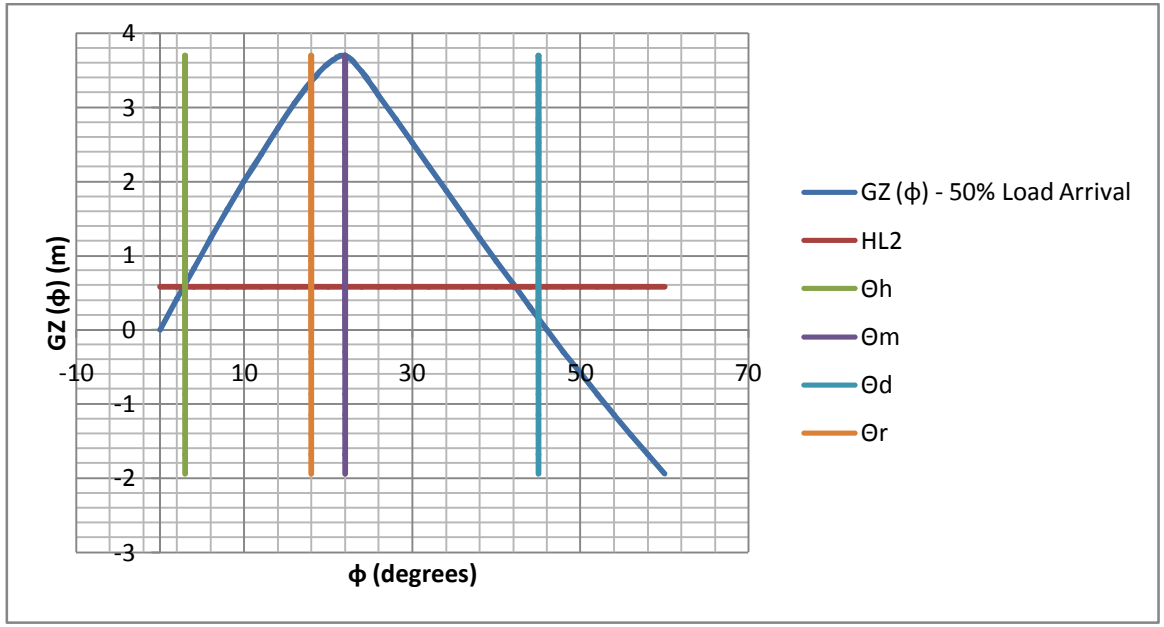

**Άθικτη ευστάθεια**

| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.8856 > 0.0717 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 23 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.3764 | **ok** |



| | 50% LOAD ARRIVAL | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 0.95 | 1.85 | 1.75 | 26.46 | 25.02 |
| $W_{DO}$ (daily) | 0.14 | 4.01 | 0.57 | 23.70 | 3.34 |
| $W_{LO}$ | 0.05 | 1.84 | 0.09 | 28.72 | 1.36 |
| $W_{FW}$ | 0.15 | 7.12 | 1.08 | 14.50 | 2.19 |
| $W_{PR}$ | 0.01 | 11.40 | 0.15 | 16.75 | 0.22 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 109.13 | 2.00 | 0.00 | 67.40 | 7355.48 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 988.54 | 14.37 | 14360.88 | 38.80 | 38765.09 |
| DWT | 1100.49 | 13.08 | 14392.47 | 41.96 | 46181.73 |
| LS | 891.70 | 7.99 | 7121.75 | 34.77 | 31003.30 |
| Δ | **1992.19** | **10.80** | **21514.22** | **38.74** | **77185.03** |
| Ballast total | | | | | |
| **109.13** | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (I x γ) (tons x m) | Σ(I x γ)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(I x γ)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.62 | 11.29 | 17.64 | 15.00 | 0.01 | 11.28 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.40 |
| 4 | 0.78 |
| 6 | 1.17 |
| 8 | 1.55 |
| 10 | 1.92 |
| 12 | 2.28 |
| 14 | 2.64 |
| 16 | 2.98 |
| 18 | 3.29 |
| 20 | 3.55 |
| 22 | 3.70 |
| 24 | 3.65 |
| 26 | 3.39 |
| 28 | 3.09 |
| 30 | 2.78 |
| 32 | 2.48 |
| 34 | 2.17 |
| 36 | 1.87 |
| 38 | 1.56 |
| 40 | 1.26 |
| 42 | 0.96 |
| 44 | 0.67 |
| 46 | 0.37 |
| 48 | 0.09 |
| 50 | -0.19 |
| 52 | -0.47 |
| 54 | -0.74 |
| 56 | -1.00 |
| 58 | -1.27 |
| 60 | -1.53 |

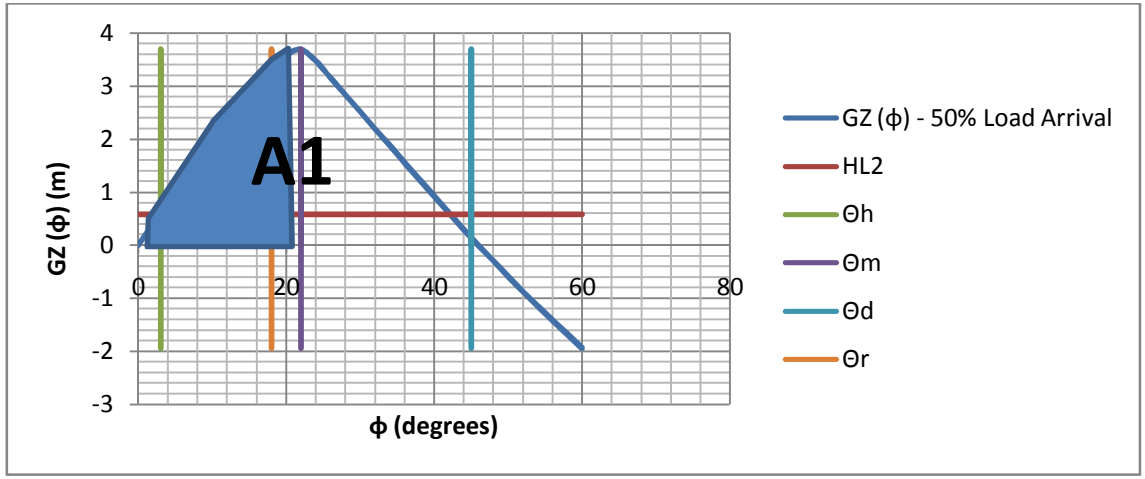
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

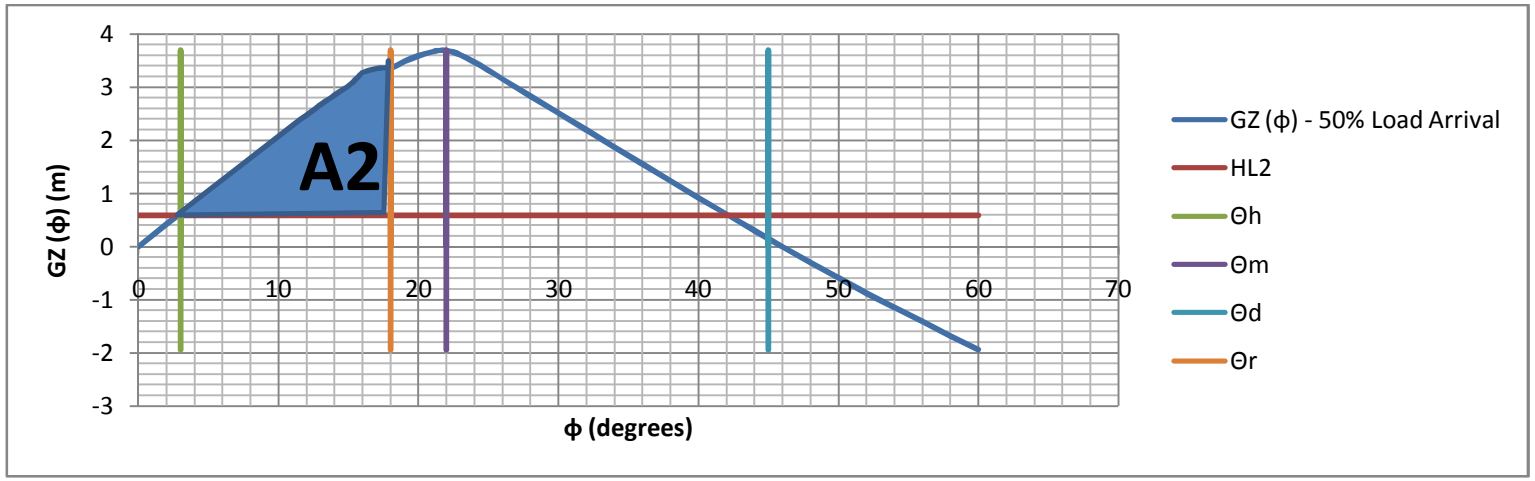
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll




**Άθικτη ευστάθεια**

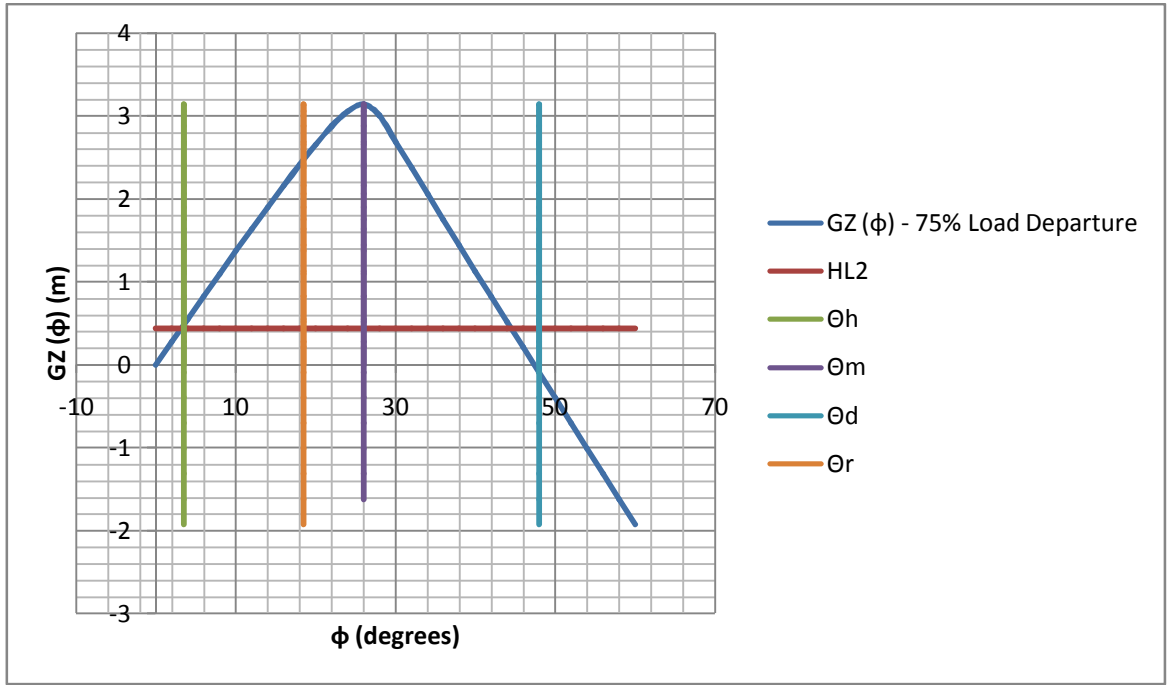
| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.7751 > 0.075 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 22 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.3835 | **ok** |



## 5.4 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 75% φορτίο.

| | 75% LOAD DEPARTURE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 94.55 | 4.08 | 385.59 | 26.46 | 2501.80 |
| $W_{DO}$ (daily) | 14.10 | 5.16 | 72.79 | 23.70 | 334.08 |
| $W_{LO}$ | 4.74 | 2.68 | 12.70 | 28.72 | 136.13 |
| $W_{FW}$ | 15.12 | 8.17 | 123.58 | 14.50 | 219.24 |
| $W_{PR}$ | 1.29 | 11.40 | 14.68 | 16.75 | 21.58 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 97.01 | 2.00 | 0.00 | 67.40 | 6538.20 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 1482.81 | 14.37 | 21310.92 | 38.80 | 58147.63 |
| DWT | 1711.13 | 12.83 | 21948.23 | 39.70 | 67927.70 |
| LS | 891.70 | 7.99 | 7121.75 | 34.77 | 31003.30 |
| Δ | **2602.83** | **11.17** | **29069.98** | **38.01** | **98931.00** |
| Ballast total | | | | | |
| **97.01** | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (l x y) (tons x m) | Σ(l x y)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(l x y)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 7.95 | 7.65 | 25.20 | 21.42 | 0.01 | 7.64 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.27 |
| 4 | 0.54 |
| 6 | 0.81 |
| 8 | 1.08 |
| 10 | 1.35 |
| 12 | 1.62 |
| 14 | 1.89 |
| 16 | 2.16 |
| 18 | 2.42 |
| 20 | 2.67 |
| 22 | 2.91 |
| 24 | 3.10 |
| 26 | 3.20 |
| 28 | 3.16 |
| 30 | 2.90 |
| 32 | 2.60 |
| 34 | 2.30 |
| 36 | 2.00 |
| 38 | 1.70 |
| 40 | 1.40 |
| 42 | 1.10 |
| 44 | 0.80 |
| 46 | 0.50 |
| 48 | 0.20 |
| 50 | -0.10 |
| 52 | -0.40 |
| 54 | -0.70 |
| 56 | -1.00 |
| 58 | -1.30 |
| 60 | -1.59 |

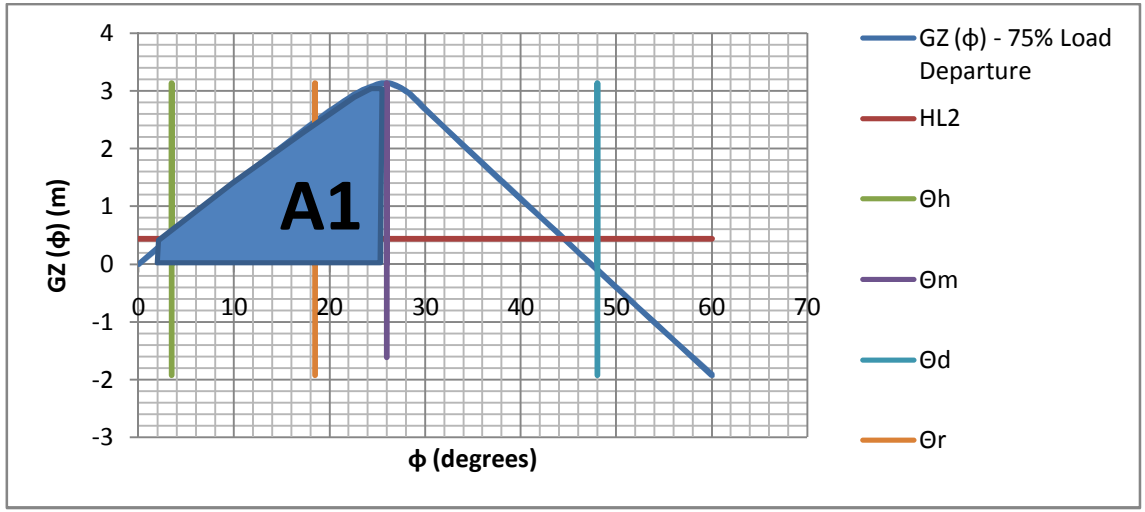
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

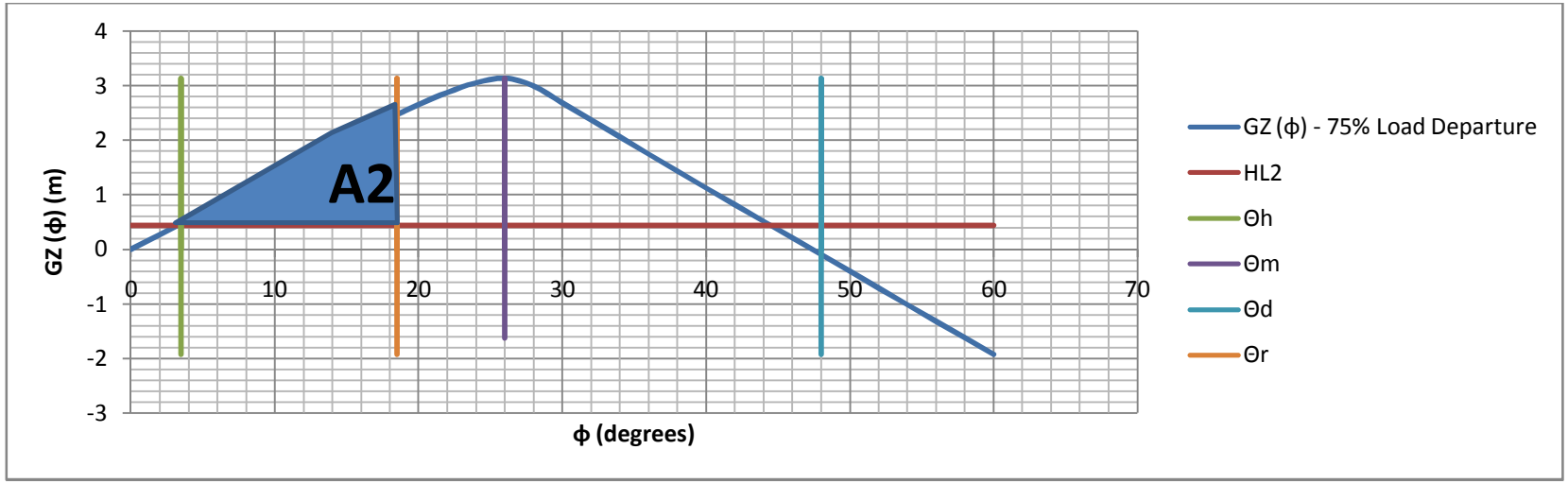
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll



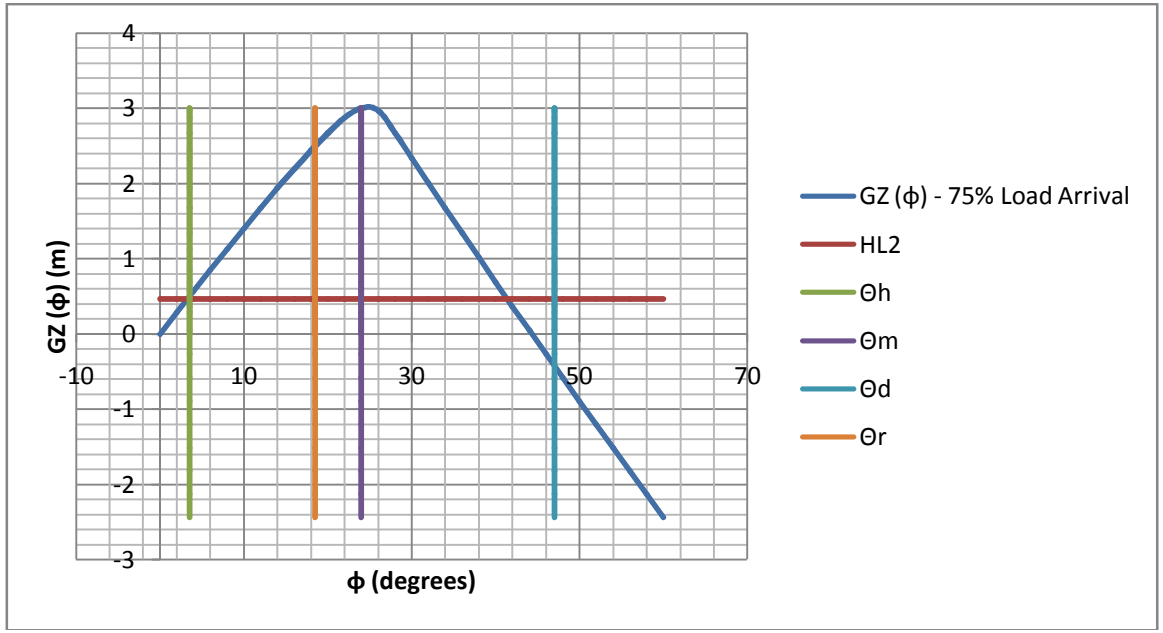

**Άθικτη ευστάθεια**

| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.7769 > 0.0635 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 26 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.2646 | **ok** |



| | 75% LOAD ARRIVAL | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 0.95 | 1.85 | 1.75 | 26.46 | 25.02 |
| $W_{DO}$ (daily) | 0.14 | 4.01 | 0.57 | 23.70 | 3.34 |
| $W_{LO}$ | 0.05 | 1.84 | 0.09 | 28.72 | 1.36 |
| $W_{FW}$ | 0.15 | 7.12 | 1.08 | 14.50 | 2.19 |
| $W_{PR}$ | 0.01 | 11.40 | 0.15 | 16.75 | 0.22 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 67.40 | 0.00 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 1482.81 | 14.37 | 21310.92 | 38.80 | 58194.18 |
| DWT | 1485.63 | 14.37 | 21342.52 | 39.21 | 58255.34 |
| LS | 891.70 | 7.99 | 7121.75 | 34.77 | 31003.30 |
| Δ | **2377.33** | **11.97** | **28464.27** | **37.55** | **89258.64** |
| Ballast total | | | | | |
| **0.00** | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (l x y) (tons x m) | Σ(l x y)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(l x y)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 61.00 | 7.76 | 17.64 | 15.00 | 0.01 | 7.76 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.28 |
| 4 | 0.56 |
| 6 | 0.84 |
| 8 | 1.12 |
| 10 | 1.40 |
| 12 | 1.66 |
| 14 | 1.93 |
| 16 | 2.19 |
| 18 | 2.44 |
| 20 | 2.67 |
| 22 | 2.88 |
| 24 | 3.01 |
| 26 | 2.99 |
| 28 | 2.71 |
| 30 | 2.38 |
| 32 | 2.05 |
| 34 | 1.72 |
| 36 | 1.40 |
| 38 | 1.07 |
| 40 | 0.74 |
| 42 | 0.42 |
| 44 | 0.10 |
| 46 | -0.21 |
| 48 | -0.52 |
| 50 | -0.83 |
| 52 | -1.14 |
| 54 | -1.45 |
| 56 | -1.76 |
| 58 | -2.06 |
| 60 | -2.37 |

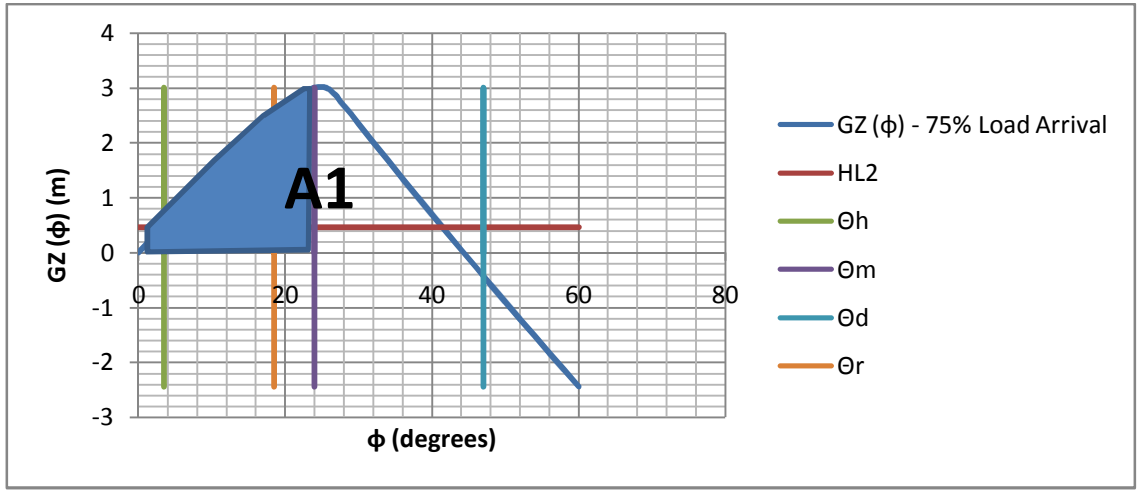
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

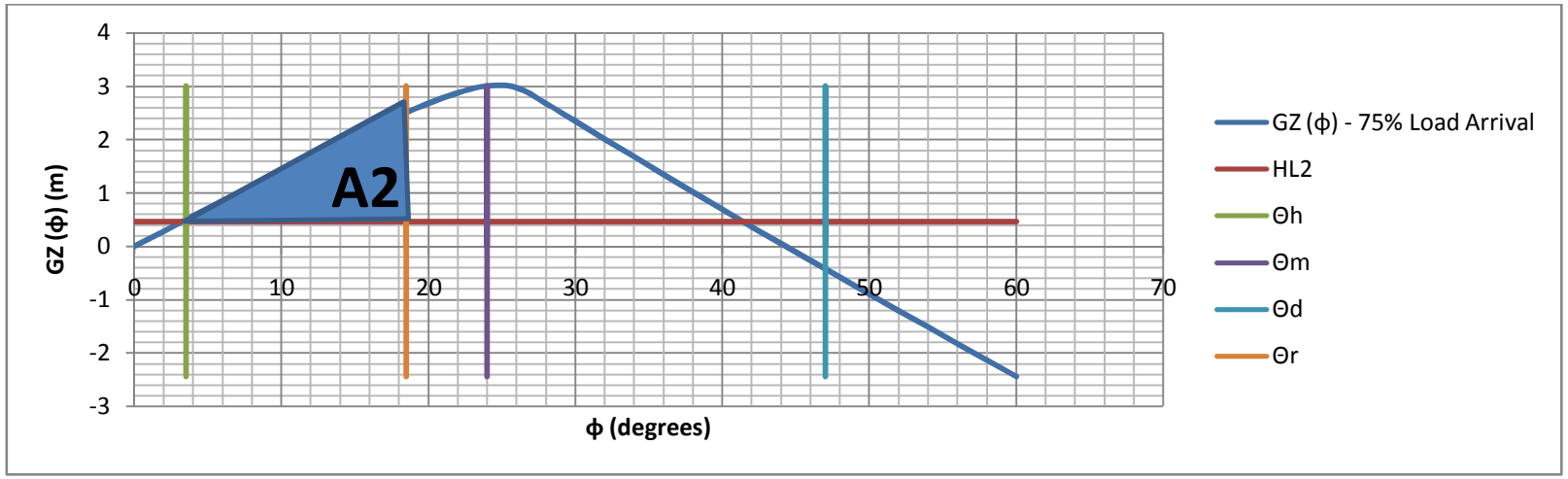
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll




**Άθικτη ευστάθεια**

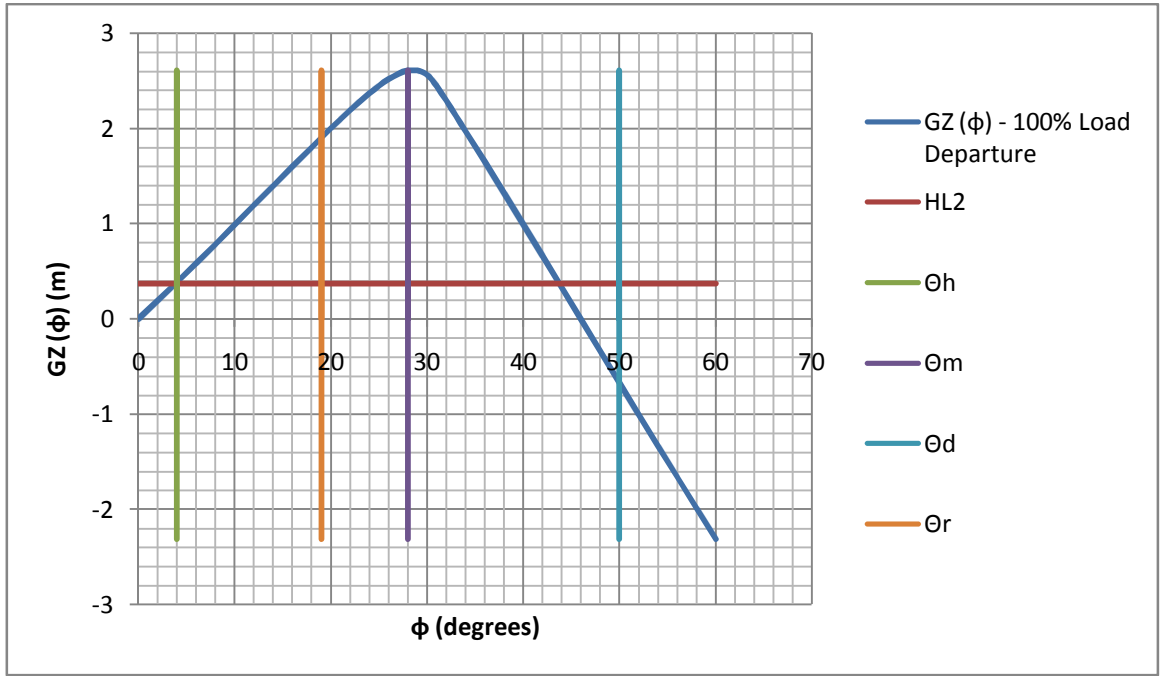
| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.6748 > 0.0688 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 24 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.2639 | **ok** |



## 5.5 Κατάσταση αναχώρησης και επιστροφής με 100% φορτίο.

| | 100% LOAD DEPARTURE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 94.55 | 4.08 | 385.59 | 26.46 | 2501.80 |
| $W_{DO}$ (daily) | 14.10 | 5.16 | 72.79 | 23.70 | 334.08 |
| $W_{LO}$ | 4.74 | 2.68 | 12.70 | 28.72 | 136.13 |
| $W_{FW}$ | 15.12 | 8.17 | 123.58 | 14.50 | 219.24 |
| $W_{PR}$ | 1.29 | 11.40 | 14.68 | 16.75 | 21.58 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 67.40 | 0.00 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 1977.08 | 14.37 | 28414.57 | 38.80 | 76700.96 |
| DWT | 2108.40 | 13.78 | 29051.87 | 37.92 | 79942.83 |
| LS | 891.70 | 7.99 | 7121.75 | 34.77 | 30179.51 |
| Δ | **3000.10** | **12.06** | **36173.62** | **36.71** | **110122.34** |
| Ballast total | | | | | |
| **0.00** | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (l x y) (tons x m) | Σ(l x y)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(l x y)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 77.62 | 5.51 | 25.20 | 21.42 | 0.01 | 5.50 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.20 |
| 4 | 0.40 |
| 6 | 0.60 |
| 8 | 0.80 |
| 10 | 1.01 |
| 12 | 1.21 |
| 14 | 1.42 |
| 16 | 1.63 |
| 18 | 1.83 |
| 20 | 2.03 |
| 22 | 2.22 |
| 24 | 2.40 |
| 26 | 2.55 |
| 28 | 2.64 |
| 30 | 2.60 |
| 32 | 2.32 |
| 34 | 2.00 |
| 36 | 1.68 |
| 38 | 1.36 |
| 40 | 1.03 |
| 42 | 0.70 |
| 44 | 0.37 |
| 46 | 0.04 |
| 48 | -0.29 |
| 50 | -0.63 |
| 52 | -0.96 |
| 54 | -1.29 |
| 56 | -1.61 |
| 58 | -1.94 |
| 60 | -2.26 |

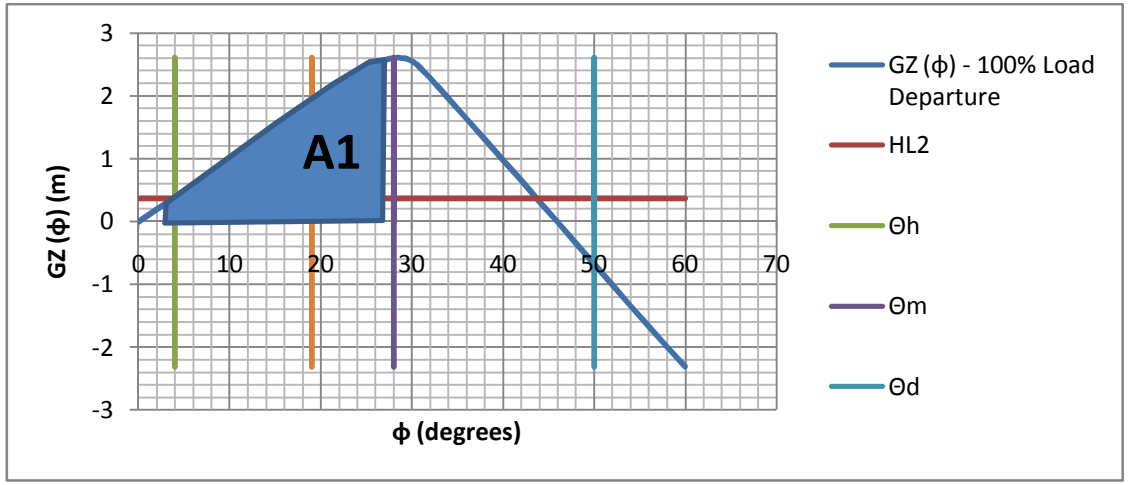
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

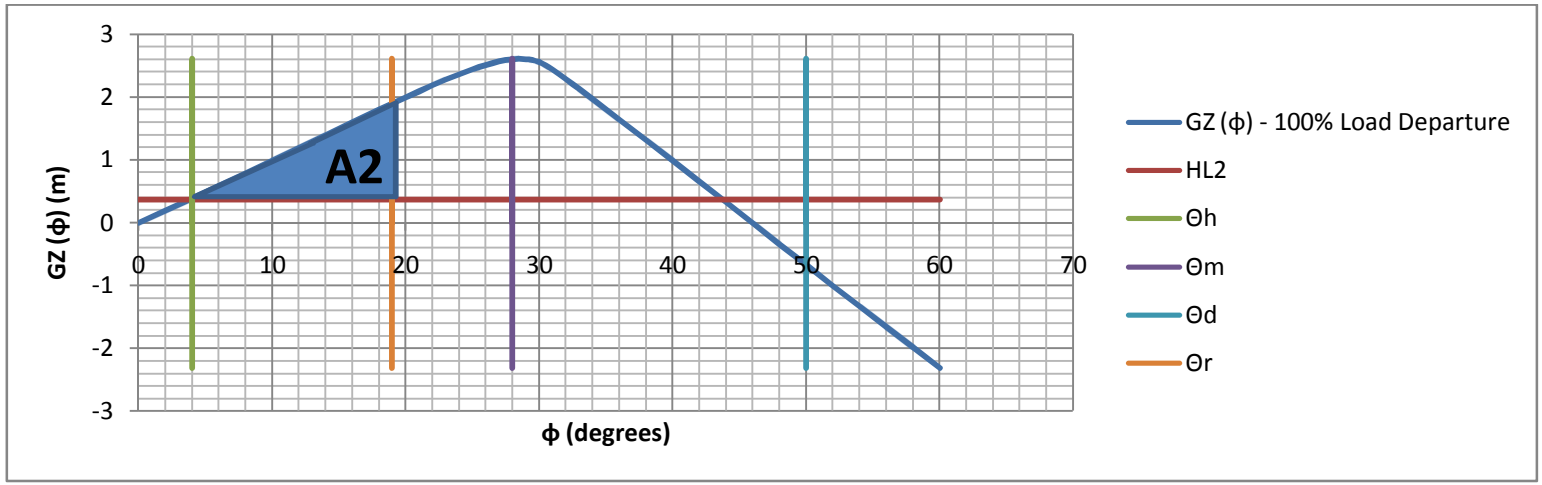
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll



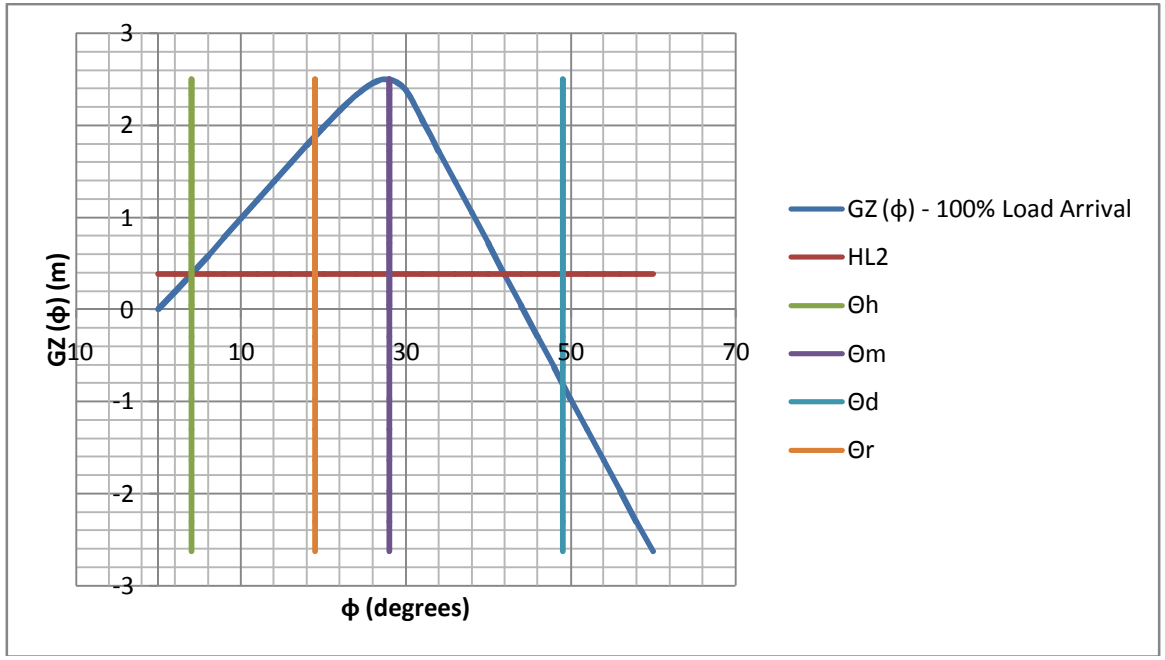

**Άθικτη ευστάθεια**

| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.6701 > 0.0589 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 28 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.2417 | **ok** |



| | 100% LOAD ARRIVAL | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) (m) | Mt=W(i)*KG(i) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) |
| $W_{DO}$ (storage) | 0.95 | 1.85 | 1.75 | 26.46 | 25.02 |
| $W_{DO}$ (daily) | 0.14 | 4.01 | 0.57 | 23.70 | 3.34 |
| $W_{LO}$ | 0.05 | 1.84 | 0.09 | 28.72 | 1.36 |
| $W_{FW}$ | 0.15 | 7.12 | 1.08 | 14.50 | 2.19 |
| $W_{PR}$ | 0.01 | 11.40 | 0.15 | 16.75 | 0.22 |
| $W_{CREW}$ | 1.52 | 18.40 | 27.97 | 19.10 | 29.03 |
| Fore peak tank | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 74.21 | 0.00 |
| Ballast tank No1 & No2 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 67.40 | 0.00 |
| After peak No1 & No2 | 0.00 | 4.06 | 0.00 | 8.85 | 0.00 |
| Payload | 1977.08 | 14.37 | 28414.57 | 38.80 | 76700.96 |
| DWT | 1979.90 | 14.37 | 28446.16 | 38.77 | 76762.12 |
| LS | 891.70 | 7.99 | 7121.75 | 34.77 | 31003.30 |
| Δ | **2871.60** | **12.39** | **35567.91** | **37.53** | **107765.43** |
| Ballast total | | | | | |
| **0.00** | | | | | |

| Trim (cm) | GM (m) | Free Surface Moment (m4) | (l x y) (tons x m) | Σ(l x y)/Δ | GM(corr) = GM - Σ(l x y)/Δ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.99 | 5.55 | 17.64 | 15.00 | 0.01 | 5.54 |
| | | 1.87 | 1.59 | | |
| | | 0.56 | 0.52 | | |
| | | 1.24 | 1.24 | | |




| ϕ (degrees) | GZ (ϕ) (m) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 2 | 0.20 |
| 4 | 0.39 |
| 6 | 0.59 |
| 8 | 0.79 |
| 10 | 0.99 |
| 12 | 1.20 |
| 14 | 1.40 |
| 16 | 1.60 |
| 18 | 1.80 |
| 20 | 2.00 |
| 22 | 2.19 |
| 24 | 2.36 |
| 26 | 2.49 |
| 28 | 2.53 |
| 30 | 2.41 |
| 32 | 2.09 |
| 34 | 1.76 |
| 36 | 1.42 |
| 38 | 1.09 |
| 40 | 0.76 |
| 42 | 0.42 |
| 44 | 0.09 |
| 46 | -0.25 |
| 48 | -0.59 |
| 50 | -0.92 |
| 52 | -1.25 |
| 54 | -1.59 |
| 56 | -1.92 |
| 58 | -2.25 |
| 60 | -2.57 |

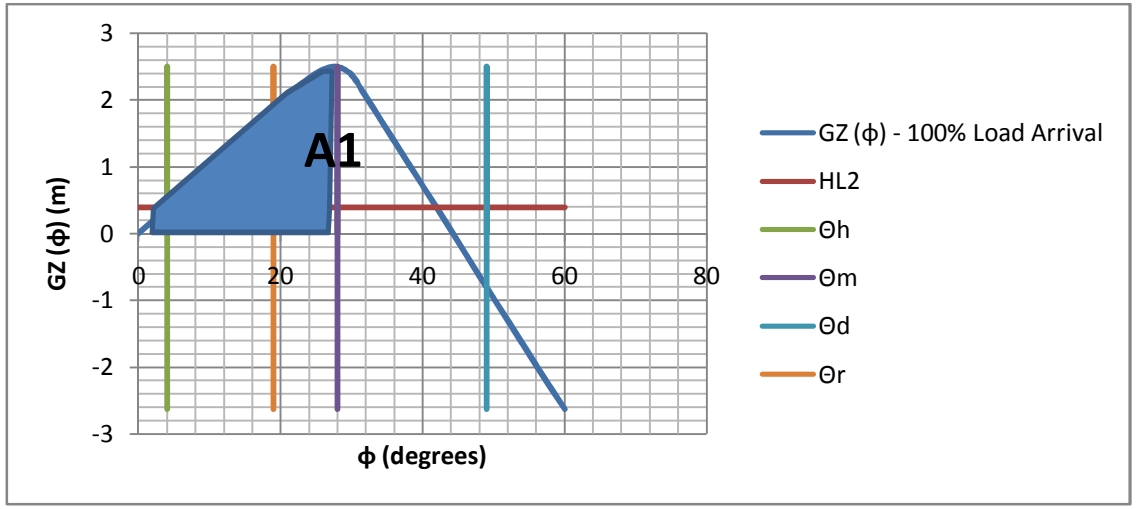
HL2 : Heeling lever due to wind + gusting

Θh : Angle of heel due to heeling lever

Θm : Angle of max GZ

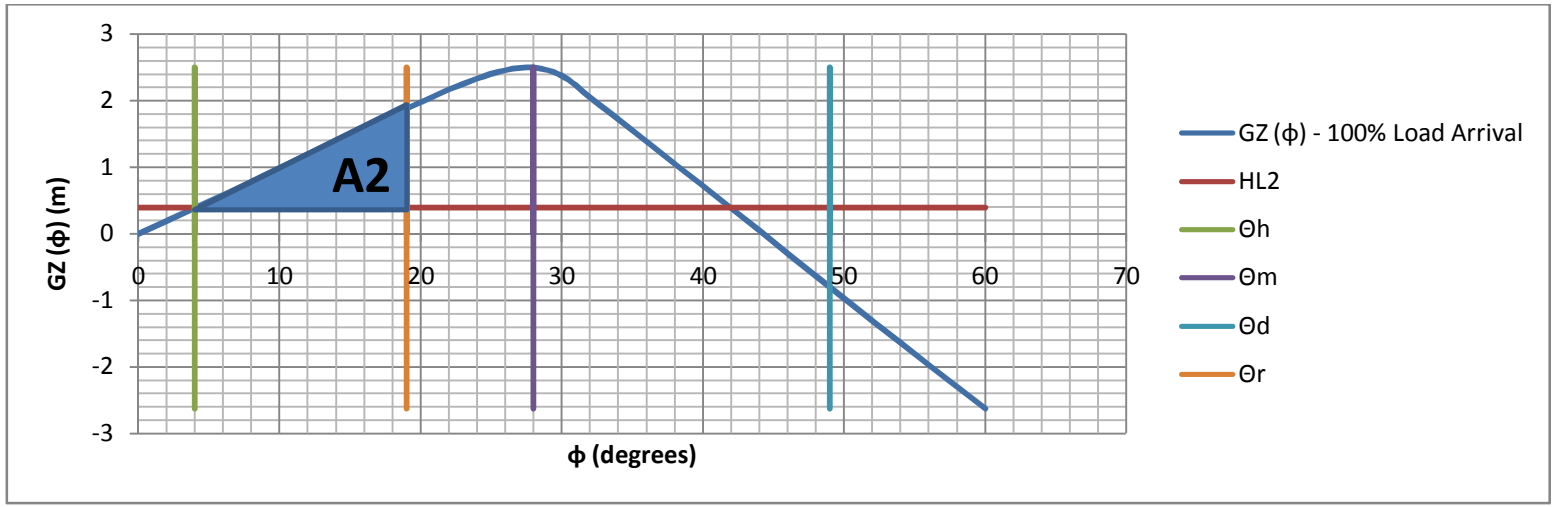
Θd : Angle of downflooding

Θr : Angle of roll




**Άθικτη ευστάθεια**

| Κριτήριο | Τύπος | Τιμή | Έλεγχος |
|---|---|---|---|
| Area under the GZ curve | **A1 > 0.055 x 30°/θ** | 0.6584 > 0.0589 | **ok** |
| Maximum GZ | **$\theta_m$ > 10°** | 28 | **ok** |
| Rolling in waves | **A2 > 0.028** | 0.2328 | **ok** |



## 6. ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται υπολογισμός του όγκου των κλειστών χώρων του πλοίου, για τους οποίους προβλέπεται η καταμέτρηση δύο (2) χωρητικοτήτων:

α. Η ολική χωρητικότητα (GT), που περιλαμβάνει το σύνολο του περιφραγμένου όγκου του πλοίου, που βρίσκεται κάτωθεν του κυρίου καταστρώματος και περικλείει τις υπερκατασκευές.

β. Η καθαρή χωρητικότητα (NT), που αποτελεί τον όγκο που καταλαμβάνει το μεταφερόμενο φορτίο ή οι χώροι επιβατών ή και τα δύο ανάλογα τον τύπο του σκάφους.

### 6.1 Υπολογισμός ολικής χωρητικότητας GT.

Η ολική χωρητικότητα δίνεται από τη σχέση:

$GT = K_1 \times V$

Ο συνολικός όγκος των κλειστών χώρων του πλοίου υπολογίζεται ως το άθροισμα των επιμέρους όγκων έως το κύριο κατάστρωμα ($V_D$), τον όγκο λόγω σιμότητας και κυρτότητας άνω του κοίλου ($V_{SC}$) και του όγκου υπερκατασκευών ($V_S$):

$V = V_D + V_{SC} + V_S$

Ο όγκος $V_D$ δόθηκε από τον διδάσκοντα και αντιστοιχεί σε 9300 $m^3$.

Ο όγκος $V_{SC}$ θεωρείται μηδενικός.

Ο όγκος $V_S$ λαμβάνεται με βάση τις διαστάσεις των υπερκατασκευών, όπως αυτές προκύπτουν από το σχέδιο Γενικής Διάταξης του πλοίου και είναι:

$V_S = 1898\ m^3$.

Συνεπώς, ο συνολικός όγκος των κλειστών χώρων του πλοίου είναι:

$V = 9300 + 0 + 1898 = 11198\ m^3$.

Ο συντελεστής $k_1$ προκύπτει από τον τύπο:

$k_1 = 0.2 + 0.02 \times Log(V) = 0.28$

Από την τιμή του συνολικού όγκου κλειστών χώρων προκύπτει το GT του πλοίου:

GT = 3146.44 RT.

### 6.2 Υπολογισμός καθαρής χωρητικότητας NT.

Η καθαρή χωρητικότητα δίνεται από τη σχέση:

$NT = K_2 \times V_C \times (4T/3D)^2 + k_3 \times (N_1 + N_2/10) = 0$

Λόγω του ότι το φορτίο του πλοίου, δηλαδή τα containers, τοποθετούνται σε εξωτερικό χώρο του πλοίου δεν υφίστανται εσωτερικοί χώροι φορτίου. Συνεπώς,

$V_C = 0$
Επίσης, λόγω μη ύπαρξης επιβατών έχουμε:
$N_1 = N_2 = 0$.

## 6.3 Έλεγχος περιορισμών καθαρής χωρητικότητας NT.

Παρακάτω γίνεται εξέταση ικανοποίησης των τριών (3) περιορισμών, που πρέπει να πληρούνται, για να γίνει αποδεκτή η καθαρή χωρητικότητα του πλοίου.

α. $(4T/3D)^2 \leq 1$
Είναι $(4T/3D)^2 = 0.38 \leq 1$, άρα τηρείται ο $1^{ος}$ περιορισμός.

β. $K_2 \times V_C \times (4T/3D)^2 \geq 0.25 \times GT$
Έχουμε $K_2 \times V_C \times (4T/3D)^2 = 0$, οπότε δεν ικανοποιείται ο $2^{ος}$ περιορισμός. Σε αυτή την περίπτωση λαμβάνεται ο παράγοντας $K_2 \times V_C \times (4T/3D)^2 = 0.25 \times GT = 786.61$.

γ. $NT \geq 0.3\ GT$
$NT = 0$, δηλαδή και σε αυτή την περίπτωση δεν ικανοποιείται ο περιορισμός. Και στην περίπτωση αυτή λαμβάνουμε $NT = 0.3 \times GT = 943.93$.

Τελικά, με βάση τους διεθνείς κανονισμούς καταμέτρησης καταλήγουμε στις ακόλουθες τιμές για την ολική (GT) και την καθαρή (NT) χωρητικότητα:

**Πίνακας 6.3/Ι**

**Τιμές ολικής (GT) και καθαρής (NT) χωρητικότητας βάσει των διεθνών κανονισμών**

| | |
|---|---|
| **Gross Tonnage** | 3146.44 RT |
| **Net Tonnage** | 943.93 RT |

## 6.4 Σύνθεση πληρώματος.

Σύμφωνα με το ΠΔ 238/1987 καθορίζεται η προβλεπόμενη σύνθεση του πληρώματος, η οποία φαίνεται αναλυτικά στον επόμενο πίνακα:

**Πίνακας 6.4/Ι**

**Σύνθεση πληρώματος**

| **α. Προσωπικό καταστρώματος** | **Άτομα** |
|---|---|
| Πλοίαρχος Α΄ | 1 |
| Πλοίαρχος Β΄ | 1 |
| Πλοίαρχος Γ’ | 1 |
| Ναύκληρος | 1 |
| Ναύτες | 5 |
| **Σύνολο** | **9** |

| **β. Προσωπικό μηχανής** | |
|---|---|
| Α΄ Μηχανικός | 1 |
| Β΄ Μηχανικός | 1 |
| Γ΄ Μηχανικός | 1 |
| Δόκιμος μηχανικός | 1 |
| Μηχανοδηγός Α΄ | 1 |
| Μαθητής μηχανικός ή καθαριστής | 1 |
| **Σύνολο** | **6** |

| **γ. Προσωπικό γενικών υπηρεσιών** | |
|---|---|
| Μάγειρας | 1 |
| Θαλαμηπόλος | 1 |
| Ραδιοτηλεγραφητής Β΄ | 1 |
| **Σύνολο** | **3** |

| | |
|---|---|
| **Γενικό Σύνολο** | **18** |

Το τελικά υπολογισθέν πλήρωμα δύναται να μειωθεί από 18 συνολικά σε 16 άτομα, μη ενσωματώνοντας τον πλοίαρχο Γ΄ στο προσωπικό καταστρώματος και τον Γ΄ μηχανικό στο προσωπικό μηχανής, λόγω ύπαρξης αυτοματισμών τόσο στη γέφυρα όσο και στους χώρος πρόωσης.

# 7. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΛΟΙΟΥ

## 7.1 Κόστος κατασκευής του πλοίου.

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται το κόστος κατασκευής του υπό μελέτη πλοίου, το οποίο αναλύεται σε τρεις (3) κατηγορίες, καθεμία από τις οποίες απαιτεί ξεχωριστό κόστος υλικών και εργατικών.

α. Κόστος μεταλλικής κατασκευής.
β. Κόστος ενδιαίτησης & εξοπλισμού.
γ. Κόστος μηχανολογικής εγκατάστασης.

### 7.1.1 Κόστος μεταλλικής κατασκευής

Αρχικά, υπολογίζονται οι εργατοώρες που απαιτούνται για τη μεταλλική κατασκευή, η τιμή των οποίων δίνεται από τη σχέση κατά Benford (βιβλίο ''ΜΕΛΕΤΗ ΠΛΟΙΟΥ'' του καθηγητή ΕΜΠ Α. Παπανικολάου σελ. 204):

$$MHS = 243 \times W_{ST}^{0.95} = 243 \times (648.15)^{0.95} \text{ hrs} = 113{,}945.72 \text{ hrs}$$

Στη συνέχεια, το κόστος της εργατοώρας σύμφωνα με τα στοιχεία του **Bureau of Labor Statistics** (BLS) → www.bls.gov/fls/#compensation, για την Ελλάδα είναι 19 $ per h, για τη Γερμανία 46 $ per h και για την Νότια Κορέα 14 $ per h. Εμείς λαμβάνουμε μέση τιμή 20 $ per h, από το οποίο υπολογίζεται το συνολικό κόστος κατασκευής του $W_{ST}$.

$$C_w (W_{ST}) = MHS \times 20 \text{ \$/h} = 2{,}278{,}914.43 \text{ \$}$$

Ακολούθως, υπολογίζεται το κόστος των υλικών με τρέχουσα μέση τιμή του ναυπηγικού χάλυβα 600 $ / ton, σύμφωνα τα στοιχεία του International Steel Statistics Bureau (ISSB) → www.issb.co.uk/Publications.html, με και φύρα που αντιστοιχεί σε containership 18%.

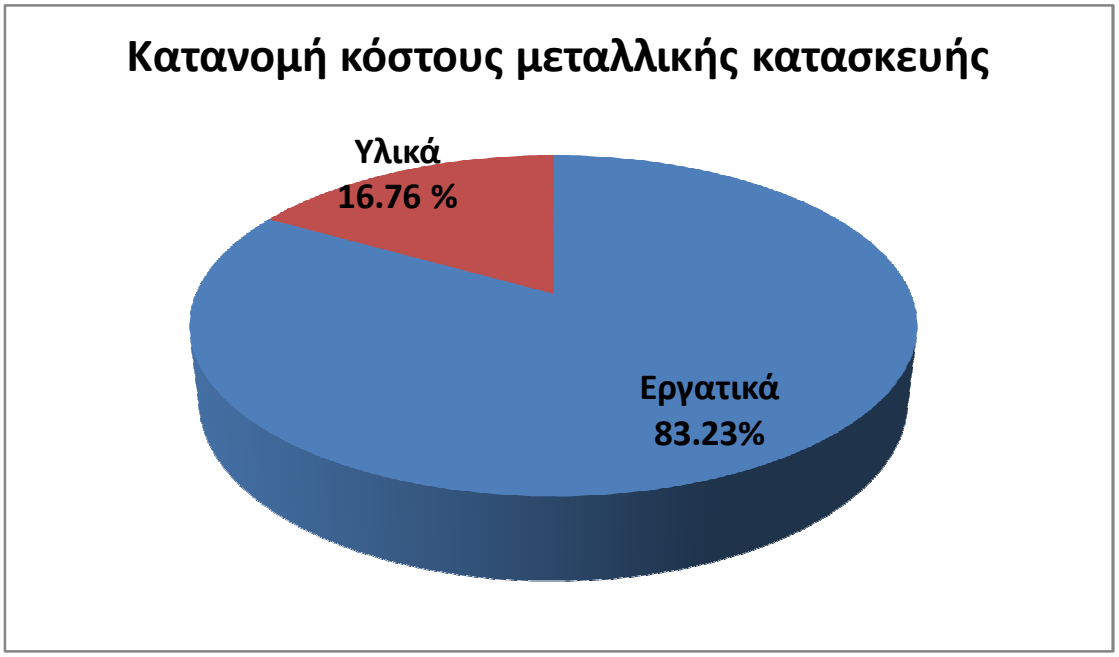
$$C_M(W_{ST}) = 1.18 \times 600 \text{ \$ / ton} \times W_{ST} = 458{,}890.2 \text{ \$}$$

Στον επόμενο πίνακα και γράφημα φαίνονται αναλυτικά τα τελικά κόστη της μεταλλικής κατασκευής μετά των ποσοστών που απαιτούνται για τις εργατοώρες και τα υλικά αντίστοιχα.

**Πίνακας 7.1,1/Ι**

**Κατανομή κόστους μεταλλικής κατασκευής**

| Είδος κόστους | Κόστος / ton | Συνολικό κόστος | Ποσοστό επί συνόλου |
|---|---|---|---|
| Εργατικά | 3516.02 | 2,278,914.43 | 83.23 |
| Υλικά | 708 | 458890.2 | 16.76 |
| **Σύνολο** | **4224.02** | **2,737,804.63** | **100.00** |




## 7.1.2 Κόστος ενδιαίτησης & εξοπλισμού

Το κόστος των υλικών για την ενδιαίτηση και τον εξοπλισμό δίνεται από τη σχέση:

$$C_M(W_{OT}) = 5000 \times W_{OT}^{0.95} = 731{,}415.63\ \$$$

Επίσης, από το βιβλίο ''ΜΕΛΕΤΗ & ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΛΟΙΟΥ Ι'' του καθηγητή ΕΜΠ Α. Παπανικολάου, παράρτημα ''Θ'', ισχύει ότι το κόστος των υλικών για την ενδιαίτηση και τον εξοπλισμό αποτελεί το 82% του κόστους της εν λόγω κατηγορίας. Επομένως, μπορούμε να υπολογίσουμε τόσο το κόστος εργατικών όσο και το συνολικό κόστος για το $W_{OT}$.

$$C_T(W_{OT}) = C_M(W_{OT})\ /0.82 = 891{,}970.29\ \$$$

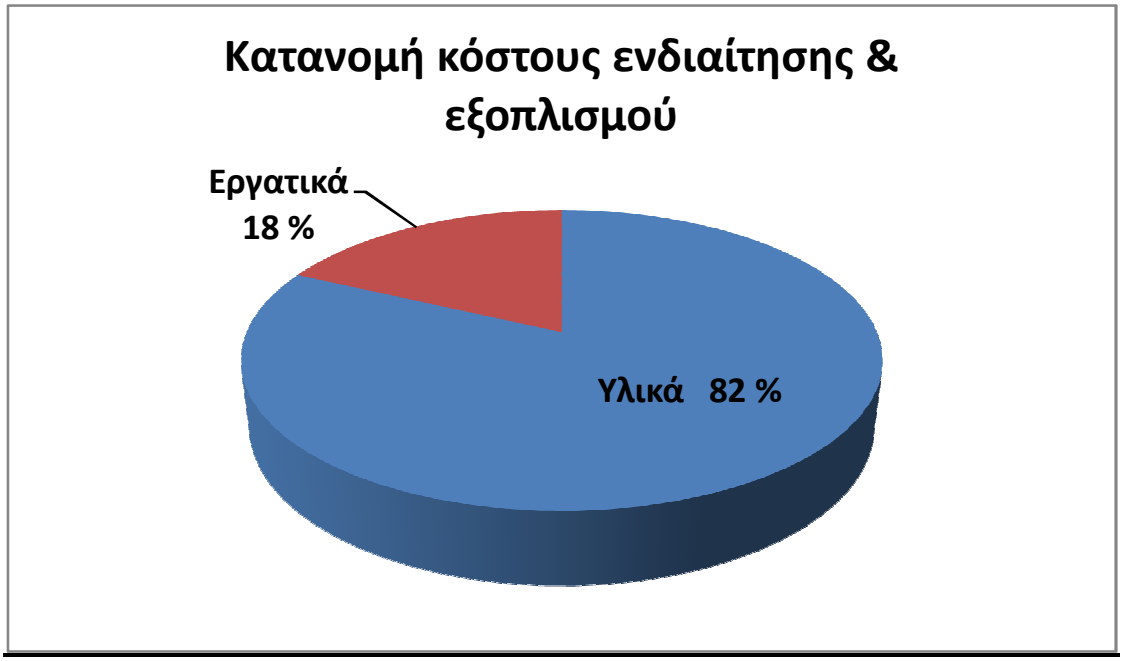
$$C_W(W_{OT}) = C_T(W_{OT}) - C_M(W_{OT}) = 160{,}554.65\ \$$$

Όπως και παραπάνω, ακολούθως φαίνονται τα τελικά κόστη και τα ποσοστά τους σε ότι αφορά την ενδιαίτηση και τον εξοπλισμό.

**Πίνακας 7.1,2/Ι**

**Κατανομή κόστους ενδιαίτησης & εξοπλισμού**

| Είδος κόστους | Κόστος / ton | Συνολικό κόστος | Ποσοστό επί συνόλου |
|---|---|---|---|
| Εργατικά | 844.25 | 160 554.65 | 18.00 |
| Υλικά | 3 846.03 | 731 415.63 | 82.00 |
| Σύνολο | 4 690.28 | 891 970.29 | 100.00 |




### 7.1.3 Κόστος μηχανολογικής εγκατάστασης

Το κόστος των υλικών της μηχανολογικής εγκατάστασης, σύμφωνα με το βιβλίο ''ΜΕΛΕΤΗ & ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΛΟΙΟΥ Ι'' του καθηγητή ΕΜΠ Α. Παπανικολάου, παράρτημα ''Θ'', αντιστοιχεί στο 85% του συνολικού κόστους της υπόψη κατηγορίας, ενώ το υπόλοιπο 15% στα εργατικά. Η τρέχουσα τιμή του κόστους μηχανολογικής κατασκευής ανά τρέχον KW είναι 500 $/KW. Επομένως, για τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ στο πλοίο υπολογίζουμε το συνολικό κόστος των υλικών με βάση τον τύπο (βιβλίο ''ΜΕΛΕΤΗ ΠΛΟΙΟΥ'' του καθηγητή ΕΜΠ Α. Παπανικολάου σελ. 204):

$$C_M (W_M) = 500 \times P = 500 \times 3{,}950.00 = 1{,}975{,}000 \$$$

$$C_T (W_M) = C_M (W_M)/0.85 = 2{,}323{,}529.41 \$$$

$C_W (W_M) = C_T (W_M) - C_M (W_M) = 348,529.41$ $

Αναλυτικά, τα κόστη και τα ποσοστά που καταλαμβάνουν έχουν ως κάτωθι:

**Πίνακας 7.1.3/Ι**

**Κατανομή κόστους μηχανολογικής εγκατάστασης**

| **Είδος κόστους** | **Κόστος / HP** | **Συνολικό κόστος** | **Ποσοστό επί συνόλου** |
|---|---|---|---|
| Εργατικά | 65.73 | 348,529.41 | 15 |
| Υλικά | 372.50 | 1,975,000 | 85 |
| **Σύνολο** | **438.24** | 2,323,529.41 | **100** |

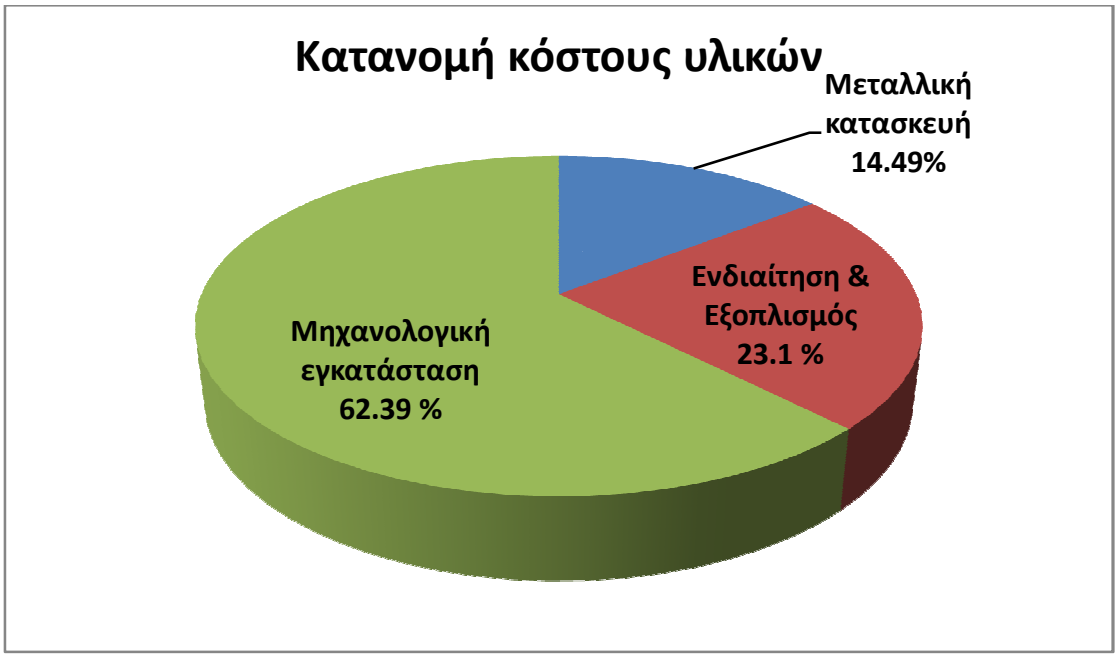
## 7.1.4 Συνολικό κόστος υλικών

Στον επόμενο πίνακα και γράφημα φαίνεται αναλυτικά ο καταμερισμός του κόστους των υλικών και τα ποσοστά που καταλαμβάνουν επί του συνολικού κόστους υλικών του πλοίου.

**Πίνακας 7.1.4/Ι**

**Κατανομή κόστους υλικών**

| Είδος κόστους | Κόστος / ton ή HP | Συνολικό κόστος | Ποσοστό επί συνόλου |
|---|---|---|---|
| Μεταλλική κατασκευή | 708 | 458,890.2 | 14.49 |
| Ενδιαίτηση & εξοπλισμός | 3,846.03 | 731,415.63 | 23.10 |
| Μηχανολογική εγκατάσταση | 372.50 | 1,975, 000 | 62.39 |
| **Σύνολο** | | **3,165,305.83** | **100.00** |



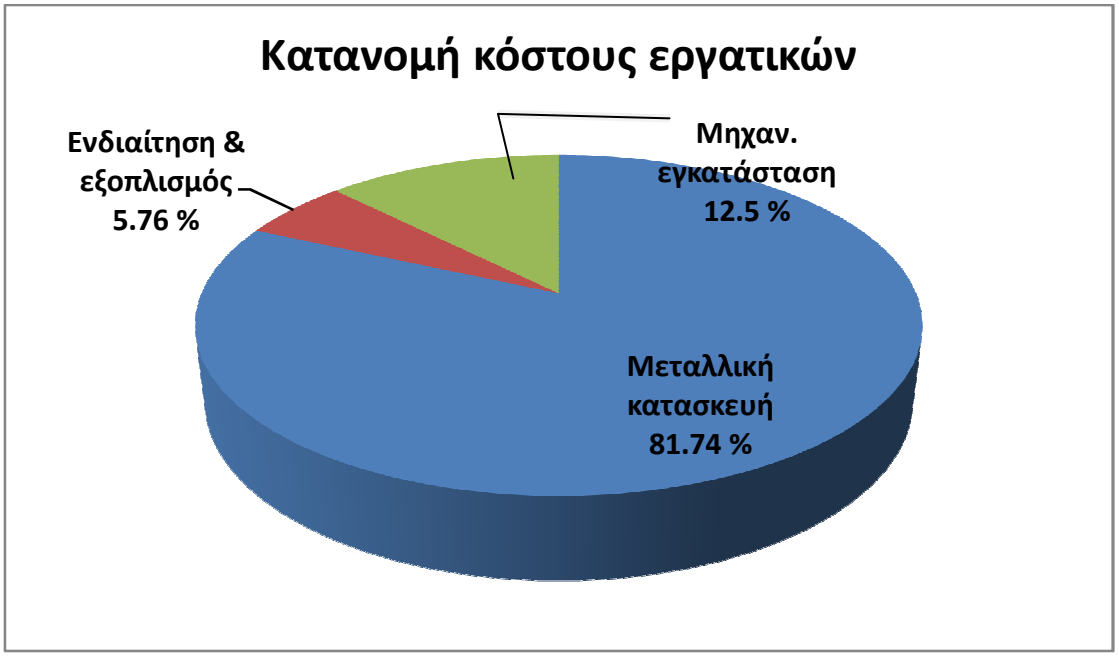
### 7.1.5 Συνολικό κόστος εργατικών

Ακολουθεί, όπως και ανωτέρω, ο καταμερισμός του κόστους των εργατικών και τα ποσοστά που καταλαμβάνουν επί του συνολικού κόστους εργατικών του πλοίου.

**Πίνακας 7.1.5/Ι**

**Κατανομή κόστους εργατικών**

| Είδος κόστους | Κόστος / ton ή HP | Συνολικό κόστος | Ποσοστό επί συνόλου |
|---|---|---|---|
| Μεταλλική κατασκευή | 3,516.02 | 2,278,914.43 | 81.74 |
| Ενδιαίτηση & εξοπλισμός | 844.25 | 160,554.65 | 5.76 |
| Μηχανολογική εγκατάσταση | 65.74 | 348,529.41 | 12.5 |
| **Σύνολο** | | **2,787,998.49** | **100.00** |



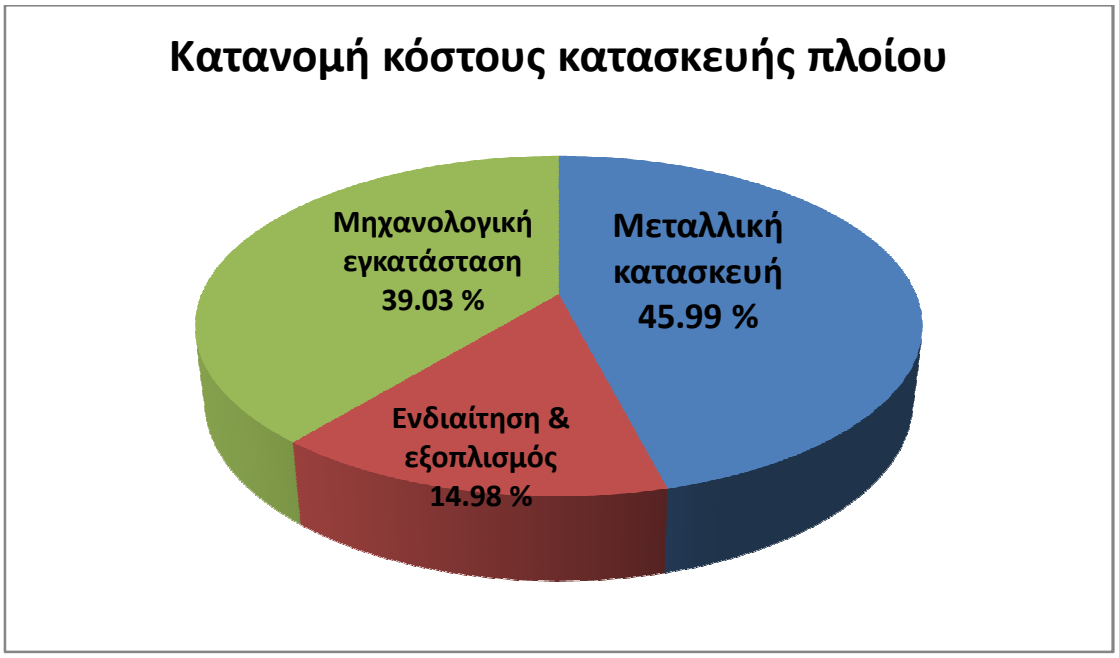
### 7.1.6 Συνολικό κόστος κατασκευής πλοίου

Τελικά, προκύπτει ο καταμερισμός του κόστους κατασκευής του πλοίου σε ποσόστωση, τόσο μεταξύ των επιμέρους κατηγοριών κατασκευής όσο και η αναλογία που αντιστοιχεί μεταξύ εργατικών - υλικών.

**Πίνακας 7.1.6/Ι**

**Κατανομή κόστους κατασκευής πλοίου**

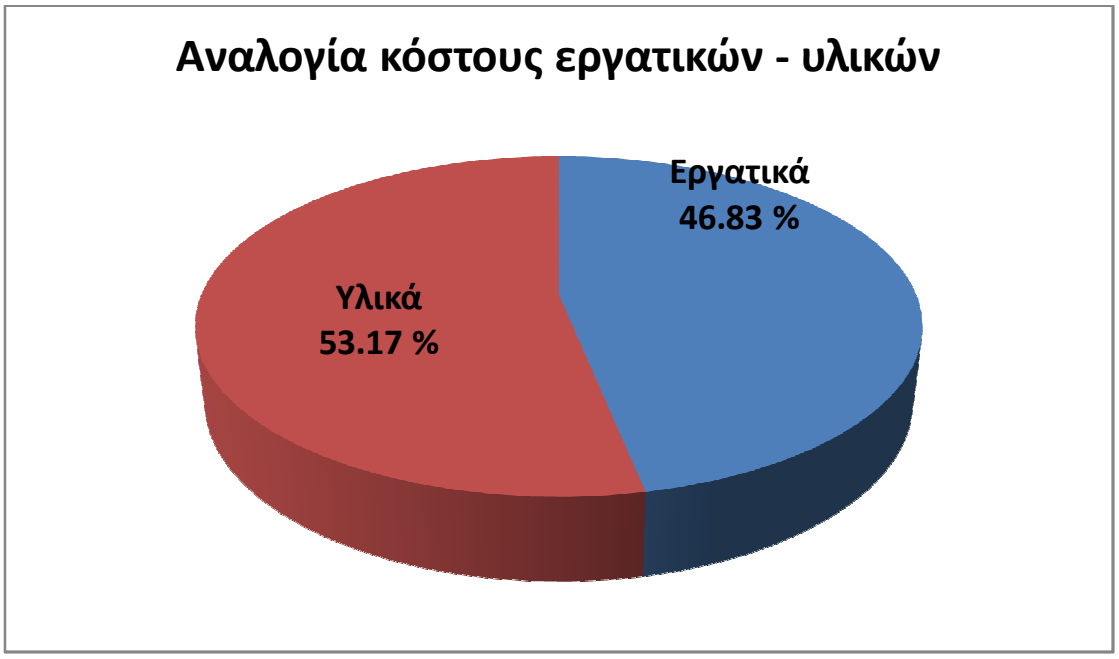
| Είδος κόστους | Κόστος / ton ή HP | Συνολικό κόστος | Ποσοστό επί συνόλου |
|---|---|---|---|
| Μεταλλική κατασκευή | 4,224.02 | 2,737,804.63 | 45.99 |
| Ενδιαίτηση & εξοπλισμός | 4,690.28 | 891,970.29 | 14.98 |
| Μηχανολογική εγκατάσταση | 438.24 | 2,323,529.41 | 39.03 |
| **Σύνολο** | | **5,953,304.32** | **100.00** |



**Πίνακας 7.1.6/ΙΙ**

**Αναλογία κόστους εργατικών – υλικών στο σύνολο του πλοίου**

| **Είδος κόστους** | **Συνολικό κόστος** | **Ποσοστό επί συνόλου** |
|---|---|---|
| Εργατικά | 2,787,998.49 | 46.83 |
| Υλικά | 3,165,305.83 | 53.17 |
| **Σύνολο** | **5,953,304.32** | **100.00** |



## 7.2 Κόστος εκμετάλλευσης πλοίου

Θα εξετάσουμε δύο (2) σενάρια για το κόστος εκμετάλλευσης του πλοίου:

α. Πλεύση με 15 knots (Max αριθμός ταξιδιών ανά έτος – Max κατανάλωση καυσίμων).

β. Πλεύση με 12 knots (Μειωμένος αριθμός ταξιδιών ανά έτος – Μειωμένη κατανάλωση καυσίμων).

### α. Πλεύση με 15 knots.

Λαμβάνεται ως δεδομένο ότι τα ταξίδια του πλοίου είναι συνεχή, στην ίδια διαδρομή και κυκλικά, όπως φαίνονται στο ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 7.2α/I**

**Απαιτούμενος χρόνος ενός κυκλικού ταξιδιού**

| Λιμάνι | Κατάσταση | Payload (%) | Καύσιμα (%) | Διάρκεια (days) |
|---|---|---|---|---|
| **A** | Απόπλους | 100 % (162 TEU) | 100 % | |
| **B** | Κατάπλους | 100 % | 45.2 % | 4 |
| **B** | Ελλιμενισμός | Εκφόρτωση 162 TEU<br>Φόρτωση 162 TEU | Ανεφοδιασμός 30 tons | 1 |
| **B** | Απόπλους | 100 % | 72,8 % | |
| **A** | Κατάπλους | 100 % | 18 % | 4 |
| **A** | Ελλιμενισμός | Εκφόρτωση 162 TEU<br>Φόρτωση 162 TEU | Ανεφοδιασμός 88 tons | 1 |

Θεωρούμε ότι για τη φόρτωση ή εκφόρτωση κάθε TEU χρειάζονται 3 min. Το σύνολο των TEU που φορτοεκφορτώνονται προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα και είναι:

**Πίνακας 7.2α/II**

**Χρόνος φορτοεκφόρτωσης**

| Λιμάνι | Κατάσταση | Αριθμός TEU |
|---|---|---|
| **A** | Φόρτωση | 162 |
| **B** | Εκφόρτωση | 162 |
| **B** | Φόρτωση | 162 |
| **A** | Εκφόρτωση | 162 |
| | **ΣΥΝΟΛΟ** | **648** |
| | **ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ = TEU x 3 min** | **1944 min = 32.4 h** |
| | **Προσαύξηση 20%** | **6.5 h** |
| | **ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ** | **38.9 h ≈ 39 h** |

Επίσης, θεωρούμε ότι η κάθε είσοδος ή έξοδος από το λιμάνι απαιτεί 2 h, οπότε έχουμε συνολικά:

(4 είσοδοι ή έξοδοι) x 2 h = 8 h.

Οπότε ο συνολικός χρόνος του πλοίου σε λιμάνια θα είναι:

39 + 8 = 47 hrs ≈ 2 days.

Άρα απαιτούνται 10 ημέρες για κάθε κυκλικό ταξίδι. Με δεδομένο ότι 30 ημέρες το χρόνο διατίθενται για συντήρηση και επισκευές προκύπτει ο αριθμός των συνολικών ταξιδιών που θα κάνει το σκάφος εντός του έτους.

N = (365 – 30)/ 10 = 33.5 trips/year ≈ 33 trips/year

Οι καταναλώσεις των αναλωσίμων σε σύνολο 8 ημερών, είναι:

**Πίνακας 7.2α/ΙΙΙ**

**Κατανάλωση αναλωσίμων ανά ταξίδι**

| **Είδος** | **Main engines/day (tons)** | **Generators/day (tons)** | **Total/day (tons)** | **Total/trip (tons)** |
|---|---|---|---|---|
| Gasoil | 13.98 tons | 0.88 | 14.87 | 118.96 |
| Lub oil (2% of Gasoil) | | | 0.2974 | 2.38 |
| Fresh water | | | | 12 |

Ετήσιο κόστος Gasoil (Marine Diesel) με τιμή 900 $/ton (Η τιμή λήφθηκε από ΕΚΟ Ναυτιλιακά καύσιμα):

$C_{DO}$ = (Κατανάλωση ταξιδιού 8 ημερών) x (Αριθμός ταξιδιών/ έτος) x (τιμή Gasoil /ton) = 118.96 x 33 x 900 = 3,533,112 $

Ετήσιο κόστος Lube oil με τιμή 1000 $/ton :

$C_{LO}$ = (Κατανάλωση ταξιδιού 8 ημερών) x (Αριθμός ταξιδιών/ έτος) x (τιμή LO /ton) = 2.38 x 33 x 1000 = 78,513.6 $

Ετήσιο κόστος Fresh water με τιμή 0.5 $/ton :

$C_{FW}$ = (Κατανάλωση ταξιδιού 8 ημερών) x (Αριθμός ταξιδιών/ έτος) x (τιμή FW /ton) = 12 x 33 x 0.5 = 198 $.

Ετήσιο κόστος τροφοδοσίας

Για πλήρωμα 16 ατόμων θεωρούμε ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο 10 $/άτομο/ημέρα. Επίσης, αν υποθέσουμε ότι το πλήρωμα παραμένει στο πλοίο και κατά τη διάρκεια των επισκευών, τότε το κόστος τροφοδοσίας θα είναι:

$C_{FS}$ = (Αριθμός πληρώματος) x 10 $/(person x day) x 365 days =
= 16 x 10 x 365 = 58,400 $.

Ετήσιο κόστος μισθοδοσίας

Αν θεωρήσουμε ότι τα 16 άτομα του πληρώματος λαμβάνουν 1500 $/άτομο/μήνα έχουμε:

$C_{PR}$ = (Αριθμός πληρώματος) x 1500 $/(person x month) x 12 months =
= 16 x 1500 x 12 = 288,000 $.

Κόστος συντήρησης και επισκευών

Η δαπάνη για τη συντήρηση και τις επισκευές της μεταλλικής κατασκευής δίνεται από τη σχέση:

$C_{R+M}(W_{ST})$ = 25000 x ($L_{BP}$ x B x D/$10^5$)^2/3 = 7,304.06 $

Η δαπάνη για τη συντήρηση και τις επισκευές της μηχανολογικής εγκατάστασης εξάγεται από τον τύπο:

$C_{R+M}(W_M)$ = 5.44 x SHP = 23,950.60 $

Συνολικά το κόστος για τη συντήρηση και τις επισκευές του πλοίου είναι:

$C_{R+M} = C_{R+M}(W_{ST}) + C_{R+M}(W_M)$ = 31,254.67 $

Κόστος ασφάλισης

Το κόστος ασφάλισης με βάση τον αριθμό πληρώματος και το GT δίνεται από τη σχέση:

$C_{IN}$ = 1925 x (Crew number + GT/1000) = 91,369.11 $

Έξοδα λιμένων

Τα έξοδα για κάθε απόπλου ή κατάπλου δίνονται από τη σχέση:

$C_{PORT}$ = 600 + 50 ($L_{BP}$ x B x D) x $10^{-5}$ = 607.9 $

και το συνολικό κόστος για τα 33 ταξίδια που κάνει το πλοίο το χρόνο είναι:

$C_{PORT}$ (total) = $C_{PORT}$ x 2 x 33 = 40,121.14 $

Γενικά έξοδα

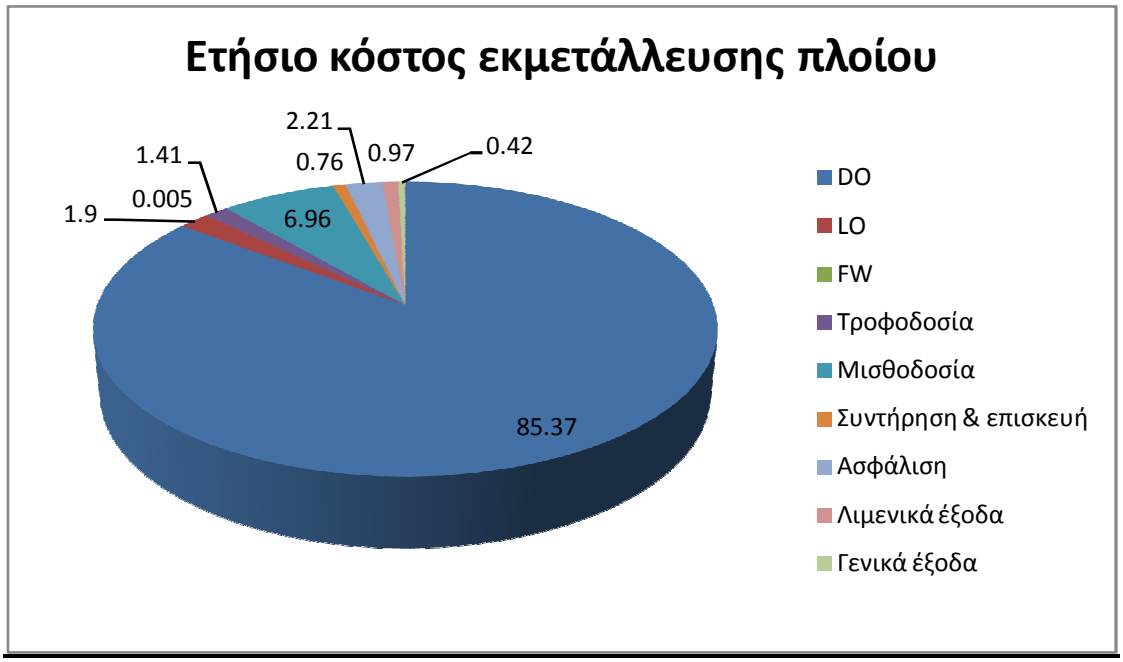
Τα γενικά έξοδα ανά έτος δίνονται από τη σχέση

$C_G$ = 6500 + 70 x ($L_{BP}$ x B x D)/100 = 17,554.4 $

Συγκεντρώνοντας όλα τα ανωτέρω υπολογίζουμε το συνολικό ετήσιο κόστος εκμετάλλευσης του υπό μελέτη πλοίου:

**Πίνακας 7.2α/IV**
**Ετήσιο κόστος εκμετάλλευσης πλοίου**

| Είδος δαπάνης | Κόστος ($) | Ποσοστό % επί συνόλου |
|---|---|---|
| Gasoil | 3,533,112 | 85.37 |
| Lube oil | 78,513.6 | 1.9 |
| Fresh water | 198 | 0.005 |
| Τροφοδοσία | 58,400 | 1.41 |
| Μισθοδοσία | 288,000 | 6.96 |
| Συντήρηση & επισκευή | 31,254.67 | 0.76 |
| Ασφάλιση | 91,369.11 | 2.21 |
| Λιμενικά έξοδα | 40,121.14 | 0.97 |
| Γενικά έξοδα | 17,554.40 | 0.42 |
| **Σύνολο** | **4,138,522.92** | **100** |




**Ελάχιστος απαιτούμενος ναύλος για πλεύση με 15 knots**

Το δάνειο για την απόκτηση του πλοίου ανέρχεται στο 60% του συνολικού κόστους κτήσης του πλοίου και το υπόλοιπο 40% καλύπτεται από τον πλοιοκτήτη:

$K_{\Delta}$ = 60% x $C_T$ = 3,571,982.59 $

$K_{\Pi}$ = 40% x $C_T$ = 2,381,321.73 $

Η διάρκεια εκμετάλλευσης του πλοίου θα είναι 25 χρόνια, η προσδοκώμενη απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου 10%, ενώ η αξία του πλοίου στο τέλος της διάρκειας ζωής του είναι στο 5% της αρχικής τιμής, δηλαδή:

$\Pi_{25}$ = 10% x $C_T$ = 595,330.43 $

Ο υπολογισμός του ελάχιστου απαιτούμενου ναύλου F γίνεται με το μηδενισμό της εξίσωσης της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Κ.Π.Α.) του πλοίου για την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του. Η Κ.Π.Α. δίνεται από τον γενικό τύπο:

$$K.\Pi.A. = \sum \left( \frac{E\Sigma_t - E\Xi_t}{(1+t)^{\iota}} \right)$$

$$K.\Pi.A = -K_{\Pi} + \frac{\Pi_{20}}{(1+i)^{20}} + \left(F \cdot \sum PayLoad - E_{\Lambda} - \Delta\right) \cdot \sum_{j=1}^{20} (1+i)^{-j}$$

r = 5%, ο δανειακός τόκος
N = 25, η διάρκεια ζωής του πλοίου
i = 10%, η προσδοκώμενη απόδοση του επενδεδυμένου κεφαλαίου
$E_{\Lambda}$ = 4,138,522.92 $, τα ετήσια λειτουργικά έξοδα

$\sum PayLoad = 324 \frac{TEU}{trip} \times 12 \frac{tons}{TEU} \times 33 \frac{trips}{year} = 128{,}304 \frac{tons}{year}$, το ετήσιο μεταφερόμενο φορτίο

$\Delta = K\Delta \times \frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} = 253{,}440.94\ \$$, η – σταθερή καθ'όλη τη διάρκεια ζωής του πλοίου – δόση του δανείου και

$$\sum_{j=1}^{20} (1+i)^{-j} = 14.09$$

Αντικαθιστώντας τα παραπάνω και λύνοντας την εξίσωση για Κ.Π.Α. = 0 προκύπτει ο ελάχιστος απαιτούμενος ναύλος για να είναι το πλοίο οικονομικά βιώσιμο ο οποίος θα είναι:

**F = 35.45** $/ton = 35.45 $/ton x 12 tons/TEU = 425.41 $/TEU = 425.41 $/TEU / 4 days trip = **106.35** $ / TEU / day.

## β. Πλεύση με 12 knots.

Σε αυτή την περίπτωση λαμβάνουμε τα δεδομένα της πρώτης περίπτωσης με τη διαφορά ότι θα έχουμε μεγαλύτερη διάρκεια ταξιδίου και μικρότερη κατανάλωση καυσίμου.

**Πίνακας 7.2β/I**

**Απαιτούμενος χρόνος ενός κυκλικού ταξιδιού**

| Λιμάνι | Κατάσταση | Payload (%) | Καύσιμα (%) | Διάρκεια (days) |
|---|---|---|---|---|
| **A** | Απόπλους | 100 % (162 TEU) | 100 % | |
| **B** | Κατάπλους | 100 % | 63.52 % | 5 |
| **B** | Ελλιμενισμός | Εκφόρτωση 162 TEU<br>Φόρτωση 162 TEU | | 1 |
| **B** | Απόπλους | 100 % | 63.52 % | |
| **A** | Κατάπλους | 100 % | 27 % | 5 |
| **A** | Ελλιμενισμός | Εκφόρτωση 162 TEU<br>Φόρτωση 162 TEU | Ανεφοδιασμός 80 tons | 1 |

Όπως και στην πρώτη περίπτωση ο συνολικός χρόνος του πλοίου σε λιμάνια θα είναι 2 days.

Άρα απαιτούνται 12 ημέρες για κάθε κυκλικό ταξίδι. Με δεδομένο ότι 30 ημέρες το χρόνο διατίθενται για συντήρηση και επισκευές προκύπτει ο αριθμός των συνολικών ταξιδιών που θα κάνει το σκάφος εντός του έτους.

N = (365 – 30)/ 12 = 27.9 trips/year ≈ 28 trips/year

Οι καταναλώσεις των αναλωσίμων σε σύνολο 10 ημερών, είναι:

**Πίνακας 7.2β/II**

**Κατανάλωση αναλωσίμων ανά ταξίδι**

| **Είδος** | **Main engines/day (tons)** | **Generators/day (tons)** | **Total/day (tons)** | **Total/trip (tons)** |
|---|---|---|---|---|
| Gasoil | 7.04 tons | 0.88 | 7.92 | 79.2 |
| Lub oil (2% of Gasoil) | | | 0.1584 | 1.58 |
| Fresh water | | | | 12 |

Ετήσιο κόστος Gasoil (Marine Diesel) με τιμή 900 $/ton (Η τιμή λήφθηκε από ΕΚΟ Ναυτιλιακά καύσιμα):

$C_{DO}$ = (Κατανάλωση ταξιδιού 10 ημερών) x (Αριθμός ταξιδιών/ έτος) x (τιμή Gasoil /ton) = 79.2 x 28 x 900 = 1,995,840 $

+5Ετήσιο κόστος Lube oil με τιμή 1000 $/ton :

$C_{LO}$ = (Κατανάλωση ταξιδιού 10 ημερών) x (Αριθμός ταξιδιών/ έτος) x (τιμή LO /ton) = 1.58 x 28 x 1000 = 44,352 $

Ετήσιο κόστος Fresh water με τιμή 0.5 $/ton :

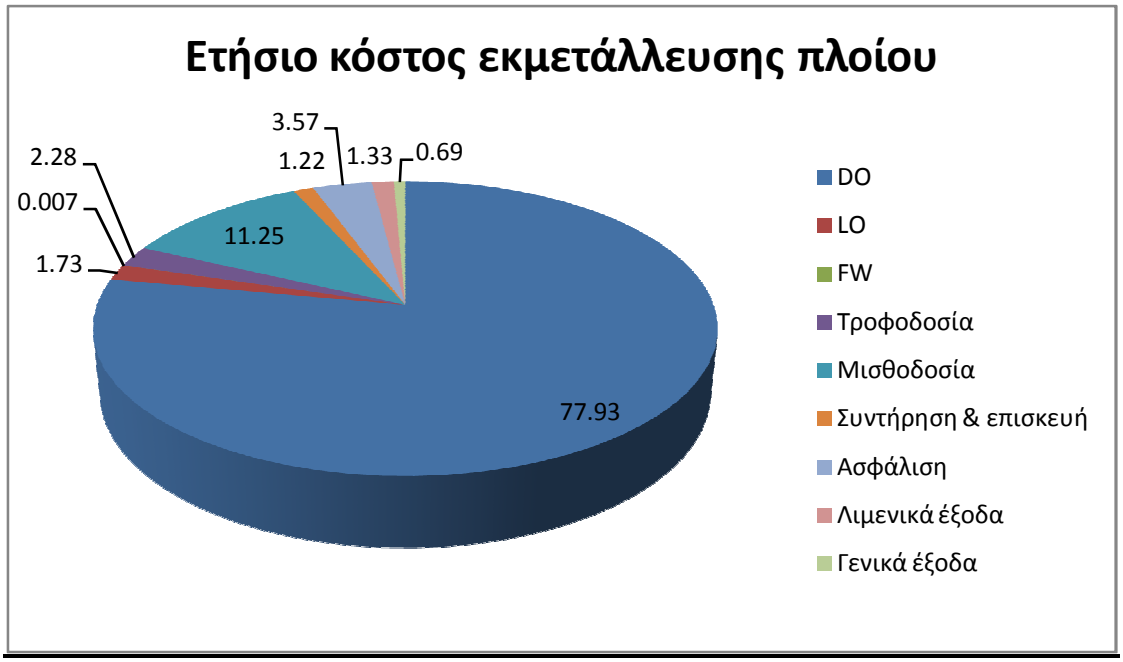
$C_{FW}$ = (Κατανάλωση ταξιδιού 10 ημερών) x (Αριθμός ταξιδιών/ έτος) x (τιμή FW /ton) = 12 x 28 x 0.5 = 168 $.

Τα υπόλοιπα λειτουργικά έξοδα παραμένουν ίδια με αυτά της προηγούμενης περίπτωσης πλεύσης.

Συγκεντρώνοντας όλα τα ανωτέρω υπολογίζουμε το συνολικό ετήσιο κόστος εκμετάλλευσης του υπό μελέτη πλοίου:

**Πίνακας 7.2γ/ΙΙΙ**
**Ετήσιο κόστος εκμετάλλευσης πλοίου**

| Είδος δαπάνης | Κόστος ($) | Ποσοστό % επί συνόλου |
|---|---|---|
| Gasoil | 1,995,840 | 77.93 |
| Lube oil | 44,352 | 1.73 |
| Fresh water | 168 | 0.007 |
| Τροφοδοσία | 58,400 | 2.28 |
| Μισθοδοσία | 288,000 | 11.25 |
| Συντήρηση & επισκευή | 31,254.67 | 1.22 |
| Ασφάλιση | 91,369.11 | 3.57 |
| Λιμενικά έξοδα | 40,121.14 | 1.33 |
| Γενικά έξοδα | 17,554.40 | 0.69 |
| **Σύνολο** | **2,560,980.36** | **100** |



**Ελάχιστος απαιτούμενος ναύλος για πλεύση με 12 knots**

Το δάνειο για την απόκτηση του πλοίου ανέρχεται στο 60% του συνολικού κόστους κτήσης του πλοίου και το υπόλοιπο 40% καλύπτεται από τον πλοιοκτήτη:

$K_{\Delta}$ = 60% x $C_T$ = 3,571,982.59 $

$K_{\Pi}$ = 40% x $C_T$ = 2,381,321.73 $

Η διάρκεια εκμετάλλευσης του πλοίου θα είναι 25 χρόνια, η προσδοκώμενη απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου 10%, ενώ η αξία του πλοίου στο τέλος της διάρκειας ζωής του είναι στο 5% της αρχικής τιμής, δηλαδή:

$\Pi_{25}$ = 10% x $C_T$ = 595,330.43 $

Ο υπολογισμός του ελάχιστου απαιτούμενου ναύλου F γίνεται με το μηδενισμό της εξίσωσης της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Κ.Π.Α.) του πλοίου για την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του. Η Κ.Π.Α. δίνεται από τον γενικό τύπο:

$$K.\Pi.A. = \sum\left(\frac{E\Sigma_t - E\Xi_t}{(1+t)^{\iota}}\right)$$

$$K.\Pi.A = -K_{\Pi} + \frac{\Pi_{20}}{(1+i)^{20}} + \left(F \cdot \sum PayLoad - E_{\Lambda} - \Delta\right) \cdot \sum_{j=1}^{20}(1+i)^{-j}$$

r = 5%, ο δανειακός τόκος
N = 25, η διάρκεια ζωής του πλοίου
i = 10%, η προσδοκώμενη απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου
$E_{\Lambda}$ = 2,560,980.36 $, τα ετήσια λειτουργικά έξοδα

$\sum PayLoad = 324\frac{TEU}{trip} \times 12\frac{tons}{TEU} \times 28\frac{trips}{year} = 108{,}864\frac{tons}{year}$, το ετήσιο μεταφερόμενο φορτίο

$\Delta = K\Delta \times \frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} = 253{,}440.94\,\$$, η – σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του πλοίου – δόση του δανείου και

$$\sum_{j=1}^{20}(1+i)^{-j} = 14.09$$

Αντικαθιστώντας τα παραπάνω και λύνοντας την εξίσωση για Κ.Π.Α. = 0 προκύπτει ο ελάχιστος απαιτούμενος ναύλος για να είναι το πλοίο οικονομικά βιώσιμο ο οποίος θα είναι:

**F = 27.29** $/ton = 27.29 $/ton x 12 tons/TEU = 327.48 $/TEU = 327.48 $/TEU / 5 days trip = **65.5** $ / TEU / day.

## 7.3 Ανάλυση κόστους εκμετάλλευσης πλοίου

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω αποτελέσματα έχουμε τον ακόλουθο συγκριτικό πίνακα:

**Πίνακας 7.3/Ι**
**Σύγκριση ελάχιστων απαιτούμενων ναύλων**

| **Είδος ταξιδίου** | **Ελαχ. απαιτ. ναύλος (EAN)** | **Κόστος καυσίμων & λιπαντικών / ton PL ($/ton)** | **Κόστος λειτουργικών εξόδων / ton PL ($/ton)** |
|---|---|---|---|
| Πλεύση 15 kn | **35.45** $/ton<br>ή<br>**106.35** $ / TEU / day | 28.15 (79.4 % EAN) | 32.26 (91 % EAN) |
| Πλεύση 12 kn | **27.29** $/ton<br>ή<br>**65.5** $ / TEU / day | 18.74 (68.6 % EAN) | 23.52 (86.2 % EAN) |

Με βάση τα ανωτέρω αποτελέσματα προκύπτει ότι το μεγαλύτερο μέρος των λειτουργικών εξόδων (80 – 85 %) του πλοίου καλύπτει η δαπάνη για την αγορά των καυσίμων και λιπαντικών, η οποία λόγω του αυξημένου κόστους του πετρελαίου την παρούσα περίοδο οδηγεί στην αυξημένη τιμή του ελάχιστου απαιτούμενου ναύλου. Συνολικά το κόστος των λειτουργικών εξόδων ορίζει κατά 85 – 90 % της υπολογισθείσας τιμής του ελάχιστου απαιτούμενου ναύλου, το οποίο σημαίνει ότι η λειτουργία του σκάφους επηρεάζει καθοριστικά τον τελικά ορισθέντα ναύλο, προκειμένου το υπό μελέτη πλοίο να είναι οικονομικά βιώσιμο.

Για τους ανωτέρω λόγους πραγματοποιήθηκε ανάλυση του λειτουργικού κόστους σε δύο (2) ταχύτητες πλεύσης. Έτσι ανάλογα με την εκάστοτε αποστολή του πλοίου μπορεί να γίνει κατάλληλη επιλογή ταχύτητας ώστε να εξαχθεί το βέλτιστο μεταφορικό και οικονομικό αποτέλεσμα:

α. Πλεύση με 15 knots → Max αριθμός ταξιδιών ανά έτος → Max Σ(Payload) → Max κατανάλωση καυσίμου → Αυξημένος ναύλος.

β. Πλεύση με 12 knots → Μειωμένος αριθμός ταξιδιών ανά έτος → Μειωμένο Σ(Payload) → Μειωμένη κατανάλωση καυσίμου → Μειωμένος ναύλος.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με την παρούσα Διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε η προκαταρκτική μελέτη και σχεδίαση ενός νέου τύπου δίγαστρου πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εκπόνηση της μελέτης καταγράφονται ως κάτωθι:

α. Στο υπό μελέτη πλοίο γίνεται αξιοποίηση του μεγάλου πλάτους που διαθέτει το σκάφος, λόγω του Cross Deck, σε σχέση με μονόγαστρα πλοία αντίστοιχης μεταφορικής ικανότητας, το οποίο συνεπάγεται αυξημένη επιφάνεια τοποθέτησης φορτίου από το κύριο κατάστρωμα και άνω. Η δυνατότητα αυτή σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το πλοίο πρόκειται να μεταφέρει εμπορευματοκιβώτια, τα οποία τοποθετούνται σε στοίβαση, κάνει εφικτή την επίτευξη μεταφοράς του μέγιστου δυνατού Payload σε συνάρτηση με το εκτόπισμα και το Light Ship.

β. Η ύπαρξη δύο ελίκων, από μία σε κάθε ημιγάστρα, που στρέφονται από ξεχωριστή κύρια μηχανή και το αυξημένο πλάτος του πλοίου δίνει μεγάλες δυνατότητες χειρισμών σε περιορισμένα ύδατα και λιμένες κατάπλου ή απόπλου, στοιχεία τα οποία δεν διαθέτουν αντίστοιχα μονόγαστρα πλοία, που διαθέτουν συνήθως μία προπέλα. Επιπρόσθετα, το υπό μελέτη πλοίο διαθέτει αυξημένη ασφάλεια ναυσιπλοΐας σε περίπτωση βλάβης μίας εκ των κύριων μηχανών ή ενός εκ των αξονικών συστημάτων.

γ. Η μορφή του υπό μελέτη πλοίου είναι συνήθης, χωρίς τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες των δίγαστρων Ε/Γ-Ο/Γ. Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι δεν απαιτείται η τοποθέτηση προωστήριας εγκατάστασης μεγάλης ισχύος για την επίτευξη υψηλών ταχυτήτων και ότι το υλικό κατασκευής θα είναι ναυπηγικός χάλυβας θα έχει ως αποτέλεσμα το κόστος κτήσης του πλοίου να κινηθεί στα επίπεδα ενός αντίστοιχου μονόγαστρου, το οποίο σημαίνει ότι θα έχουμε επιτύχει λογικό κόστος αγοράς.

δ. Τέλος, λόγω του αυξημένου ποσοστού της δαπάνης για καύσιμα επί του συνόλου των λειτουργικών εξόδων, εξετάσθηκαν δύο (2) σενάρια πλεύσης, προκειμένου να αξιοποιηθούν αναλόγως της εκάστοτε αποστολής του πλοίου, με σκοπό να επιτευχθεί το βέλτιστο οικονομικό όφελος.

Ολοκληρώνοντας την παρούσα Διπλωματική εργασία καταλήγουμε στις ακόλουθες προτάσεις:

α. Αξιοποίηση της εκπονηθήσας προκαταρκτικής μελέτης στα επόμενα στάδια μελέτης του υπό σχεδίαση πλοίου, εφόσον αυτό απαιτηθεί σε μελλοντική εργασία.

β. Εξέταση δυνατότητας τοποθέτησης εμπορευματοκιβωτίων στο εσωτερικό των δύο ημιγαστρών, κάτωθεν του κυρίου καταστρώματος, δια της

αύξησης του εκτοπίσματος, προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη μεταφορική ικανότητα και μείωση του ελάχιστου απαιτούμενου ναύλου.

γ. Εναλλακτικά προτείνεται η τοποθέτηση των υπερκατασκευών στο μέσο του πλοίου, προς ισοκαταμέριση του μεταφερόμενου φορτίου κατά το διάμηκες καθώς και τη μετακίνηση του LCG πλησίον του LCB, που σημαίνει ελάχιστη διαγωγή κατά την πλεύση. Επιπλέον, θα έχουμε αυξημένη ορατότητα από τη γέφυρα και παράλληλα οπτική επαφή με το φορτίο.

## 10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


1. Μελέτη Πλοίου, Τόμος Α - Μεθοδολογία Προμελέτης, Α. Παπανικολάου.

2. Μελέτη Πλοίου, Τόμος Β - Εγχειρίδιο Μελέτης, Α. Παπανικολάου.

3. Μελέτη & Εξοπλισμός Πλοίου Ι (Μεθοδολογία Προμελέτης) Συλλογή Βοηθημάτων, Α. Παπανικολάου & Κ. Αναστασόπουλος.

4. Rules for classification of high speed craft, Det Norske Veritas, July 2010.

5. Rules for the classification of high speed craft, Bureau Veritas, February 2002.

6. Marspeed user's guide, Bureau Veritas, December 1999.

7. International code of safety for high speed craft 2000, IMO.

8. 7th framework programme transport CARGOXPRESS – Model tests for calm water performance seakeeping tests, Laboratory for ship & marine hydrodynamics, February 2011.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’Α’’

# ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

# (GENERAL ARRANGEMENT)

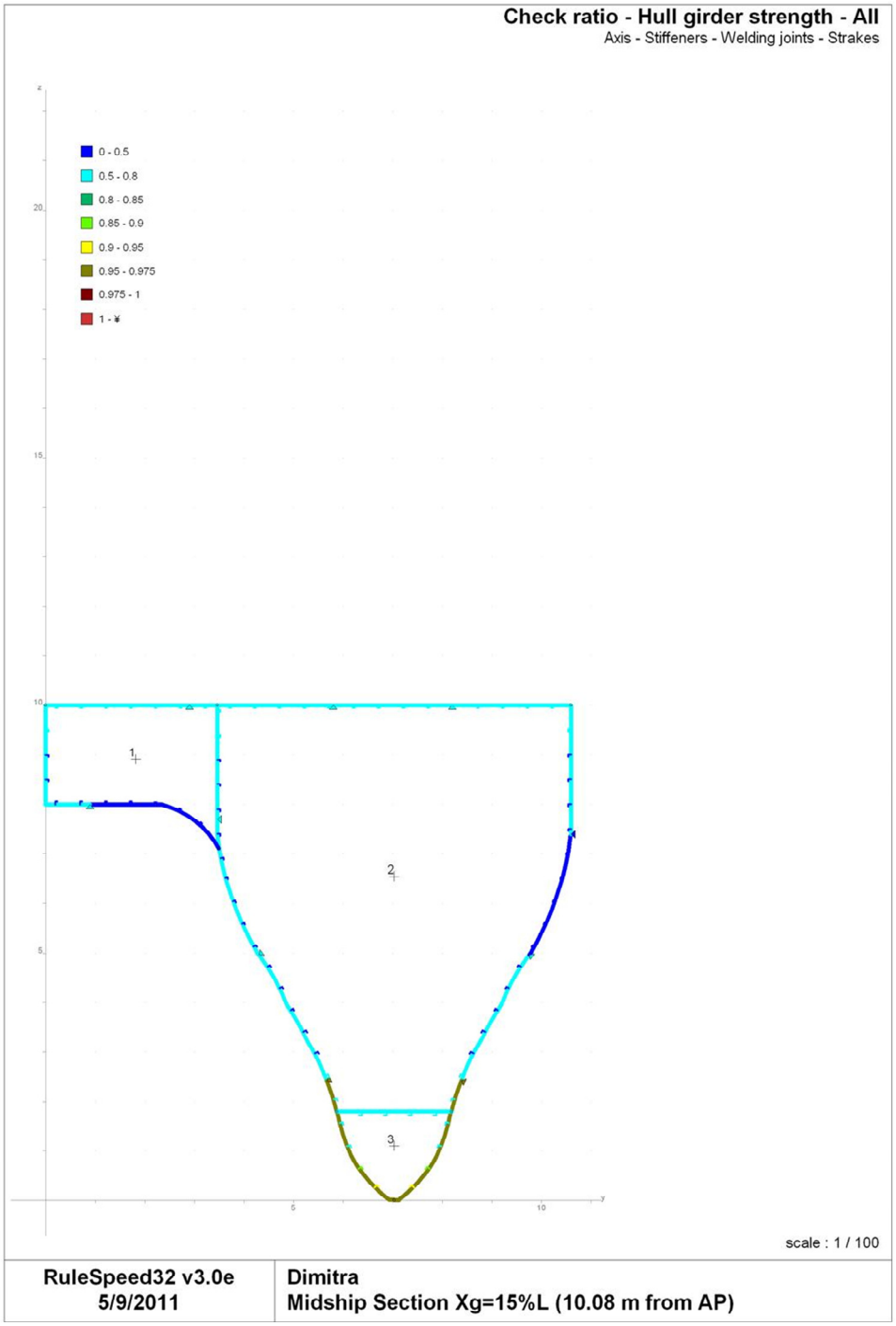
(Επισυνάπτεται χωριστά στο τέλος της Διπλωματικής Εργασίας)

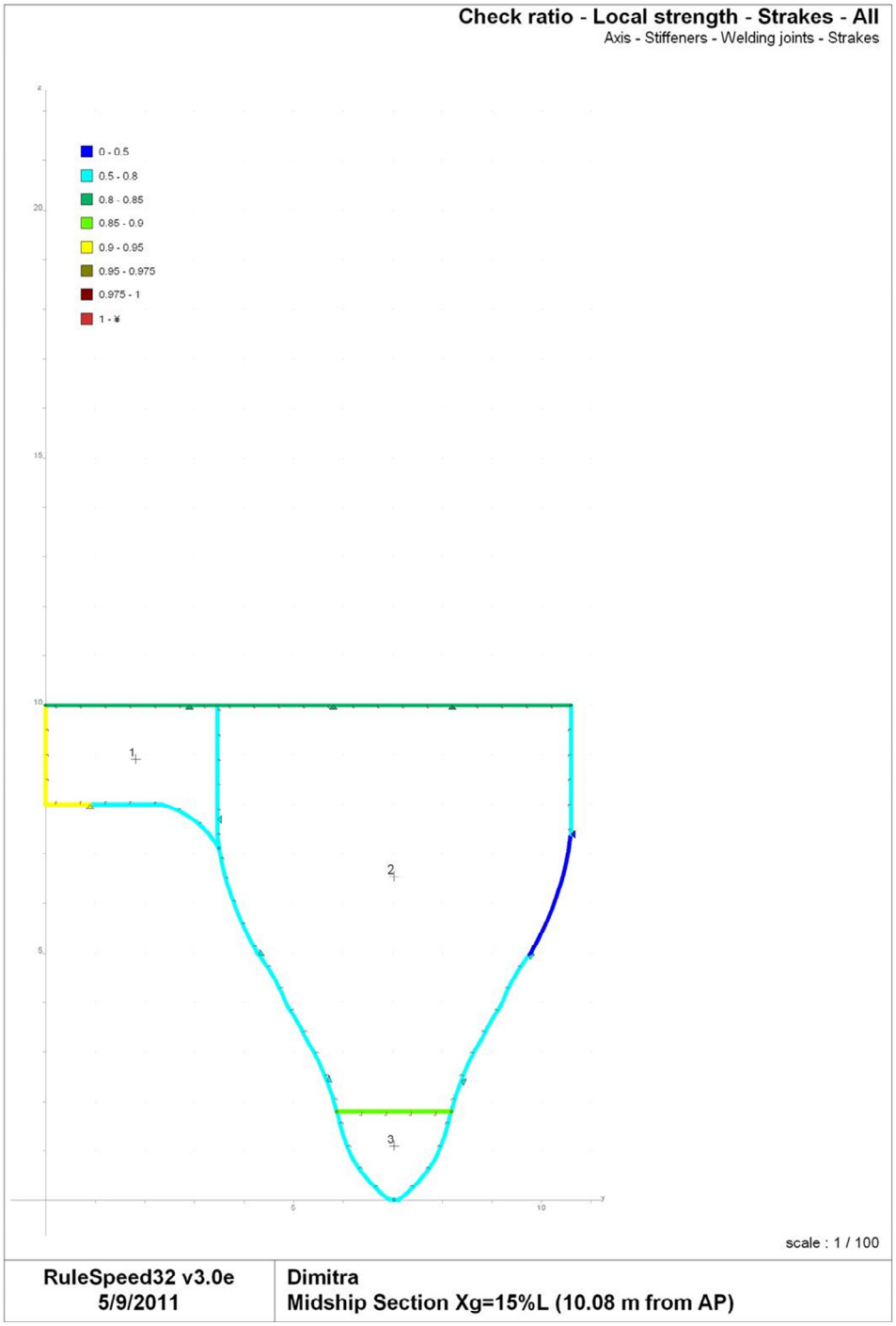
# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’Β’’

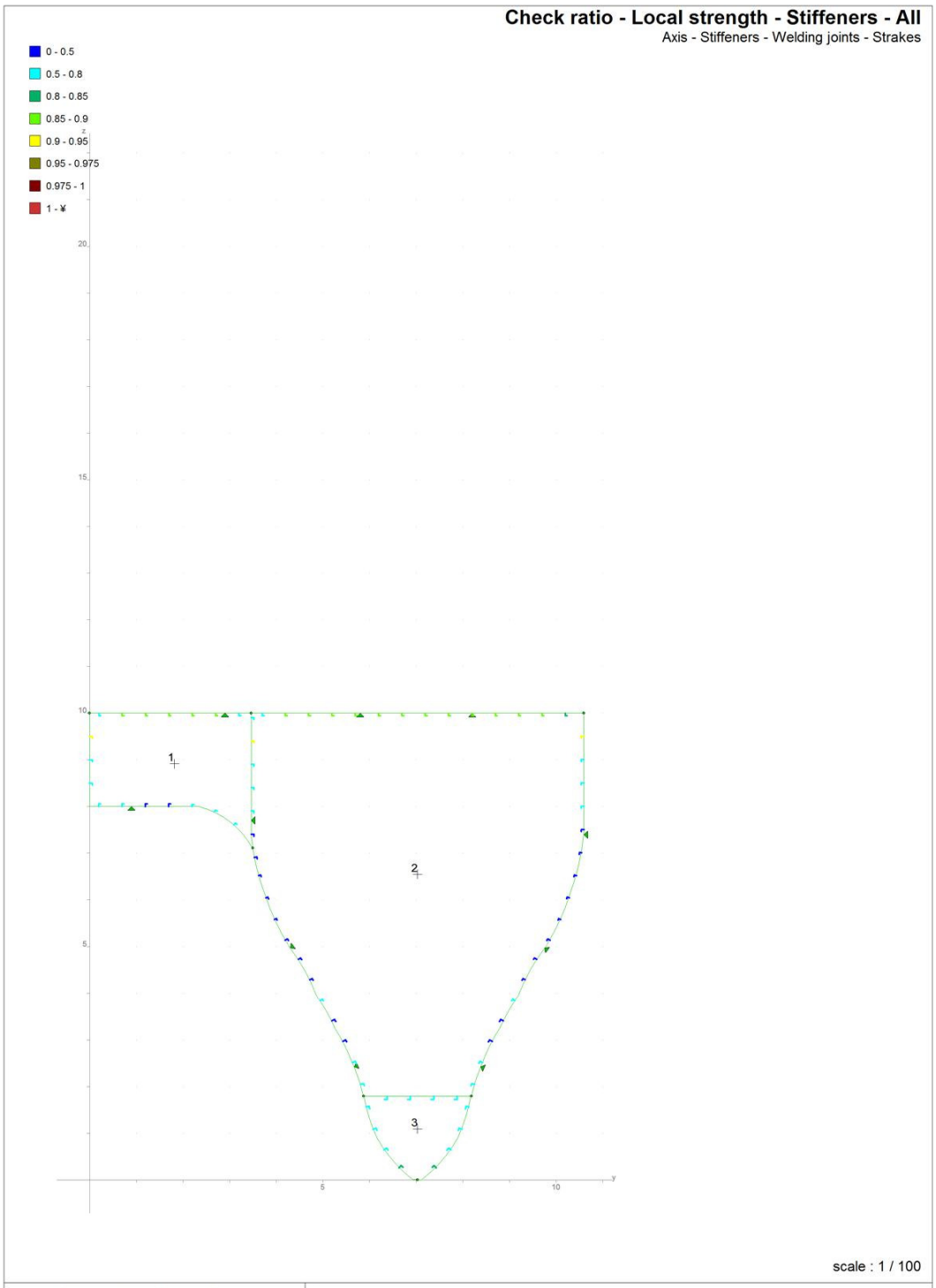
## Σχέδια μέσης τομής στο

## 15%, 30%, 50%, 70%, 85% του $L_{OA}$

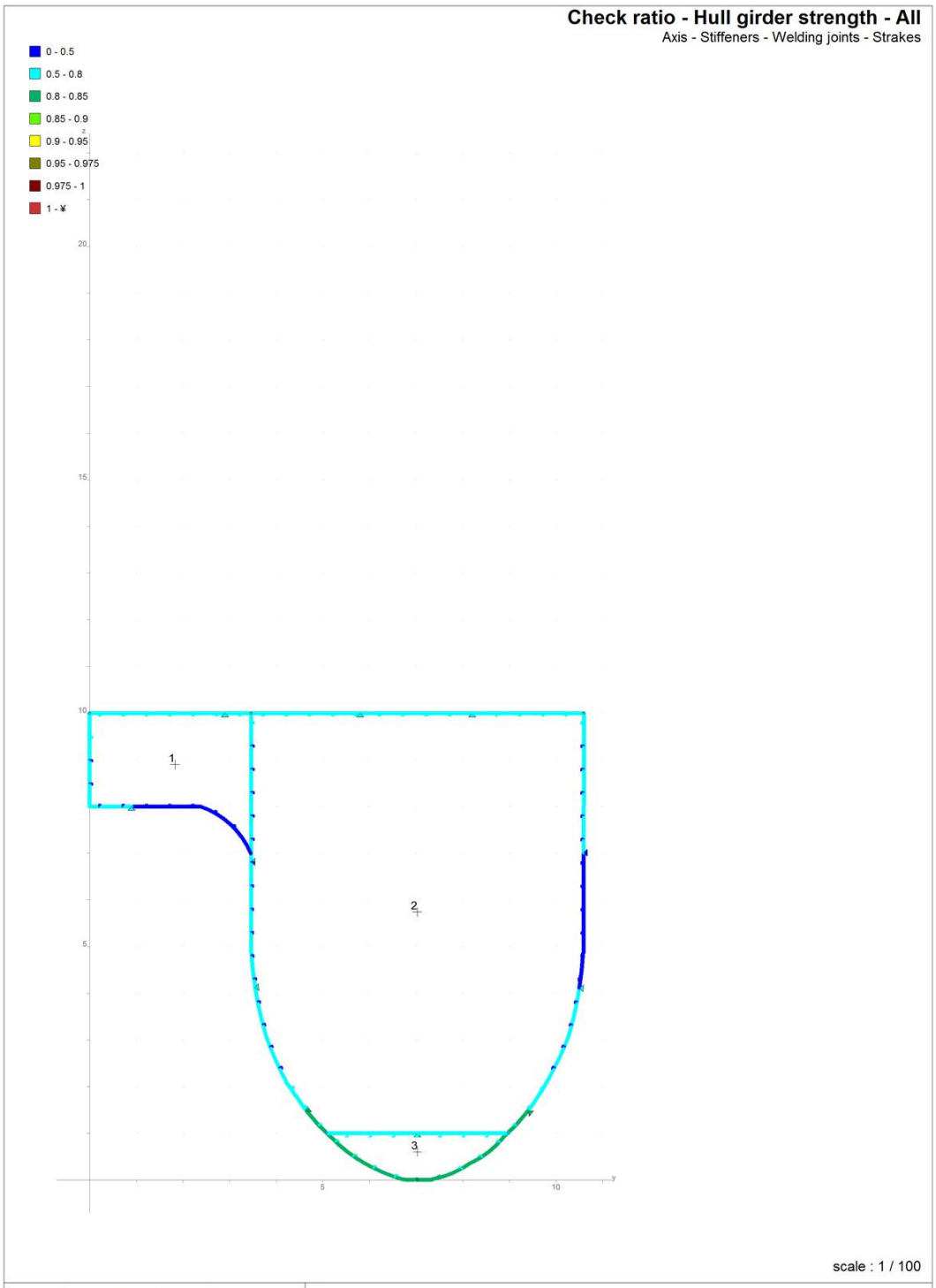
## από την εφαρμογή Marspeed


Check ratio - Hull girder strength - All
Axis - Stiffeners - Welding joints - Strakes
0 - 0.5
0.5 - 0.8
0.8 - 0.85
0.85 - 0.9
0.9 - 0.95
0.95 - 0.975
0.975 - 1
1 - ¥
1
2
3
scale : 1 / 100
RuleSpeed32 v3.0e
5/9/2011
Dimitra
Midship Section Xg=15%L (10.08 m from AP)


Check ratio - Local strength - Strakes - All
Axis - Stiffeners - Welding joints - Strakes
0 - 0.5
0.5 - 0.8
0.8 - 0.85
0.85 - 0.9
0.9 - 0.95
0.95 - 0.975
0.975 - 1
1 - ¥
scale : 1 / 100
RuleSpeed32 v3.0e
5/9/2011
Dimitra
Midship Section Xg=15%L (10.08 m from AP)

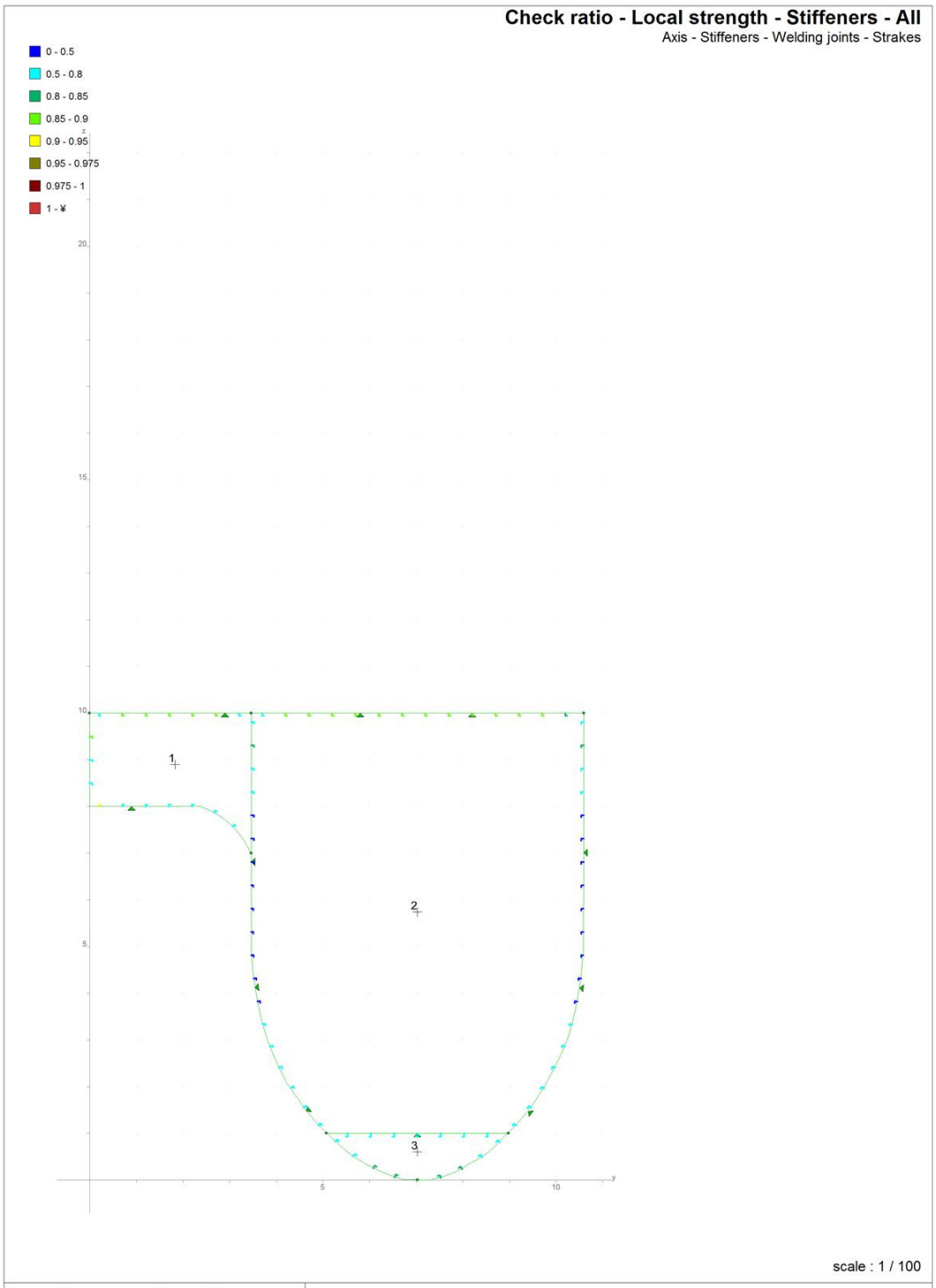



| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=15%L (10.08 m from AP)** |

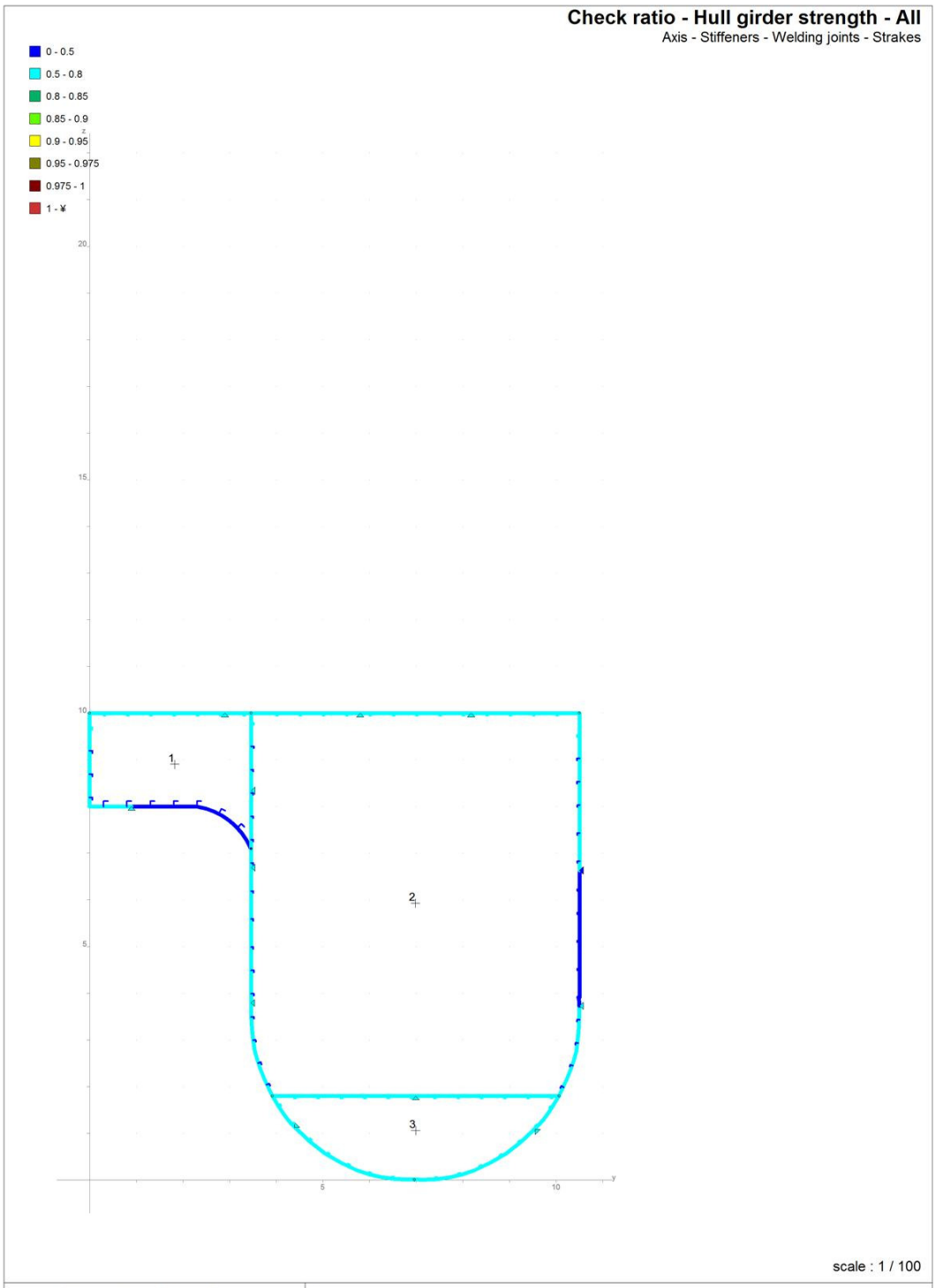



| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=30%L (22.08 m from AP)** |

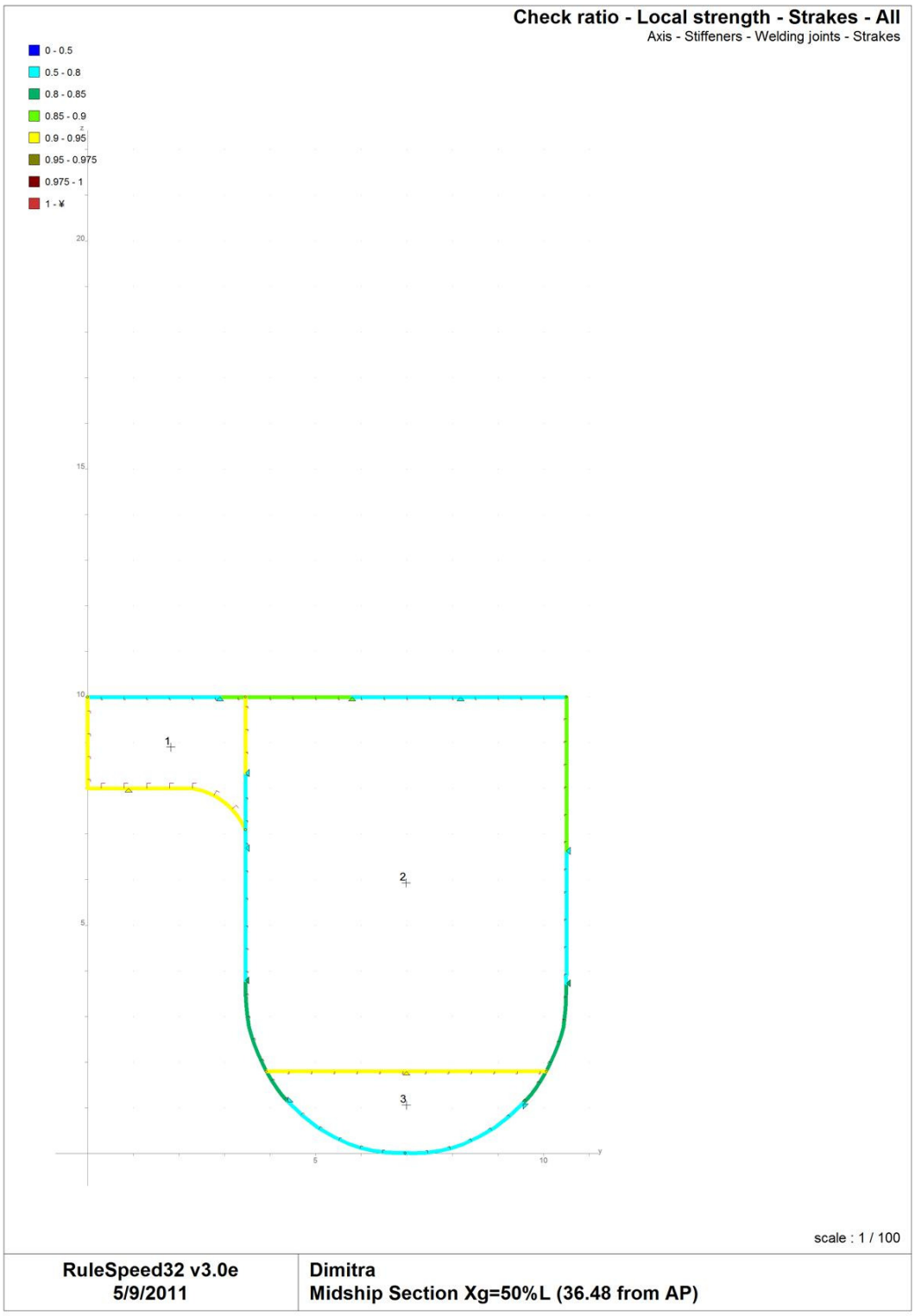
| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=30%L (22.08 m from AP)** |

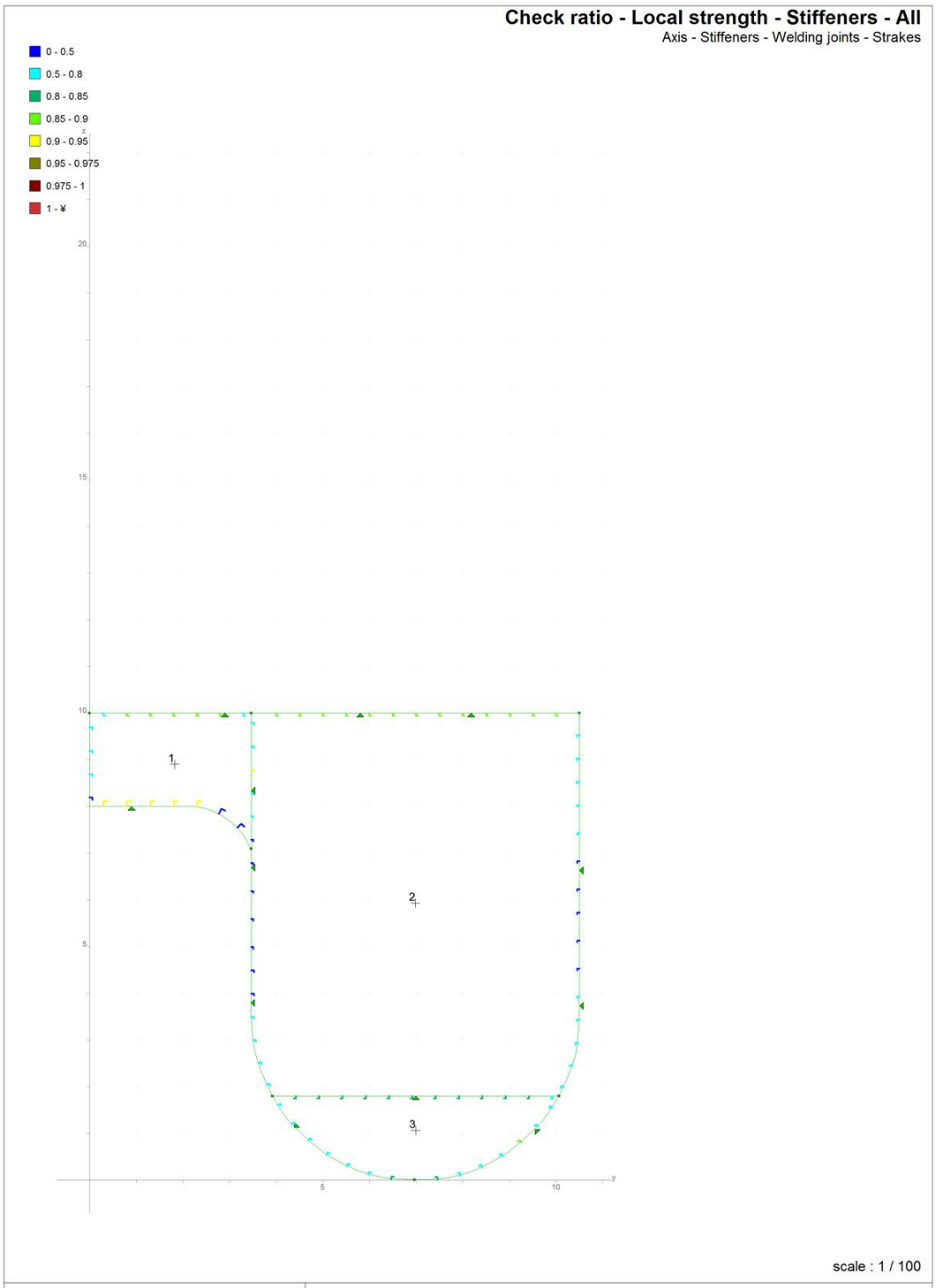



| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=30%L (22.08 m from AP)** |

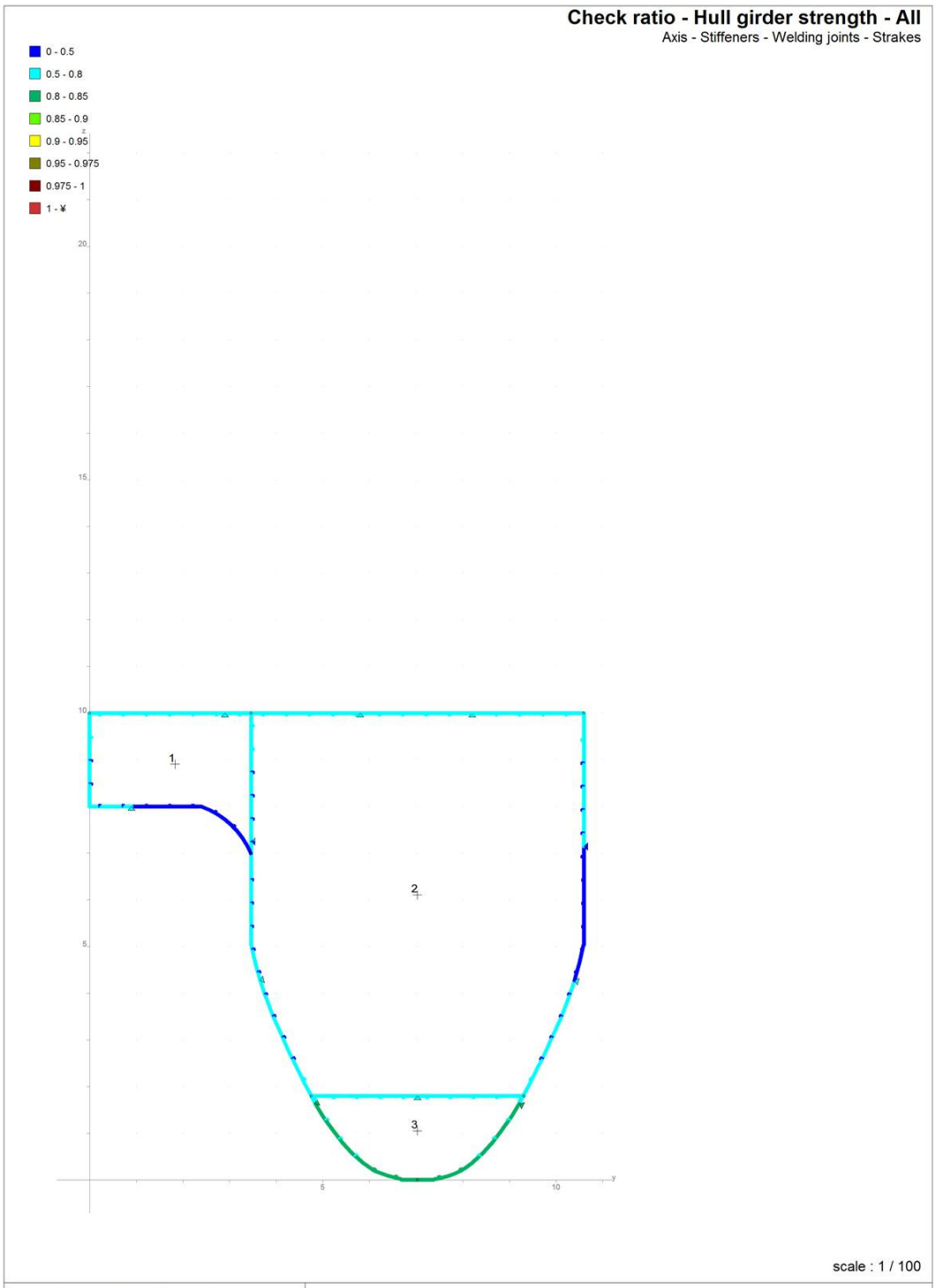



| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=50%L (36.48 from AP)** |

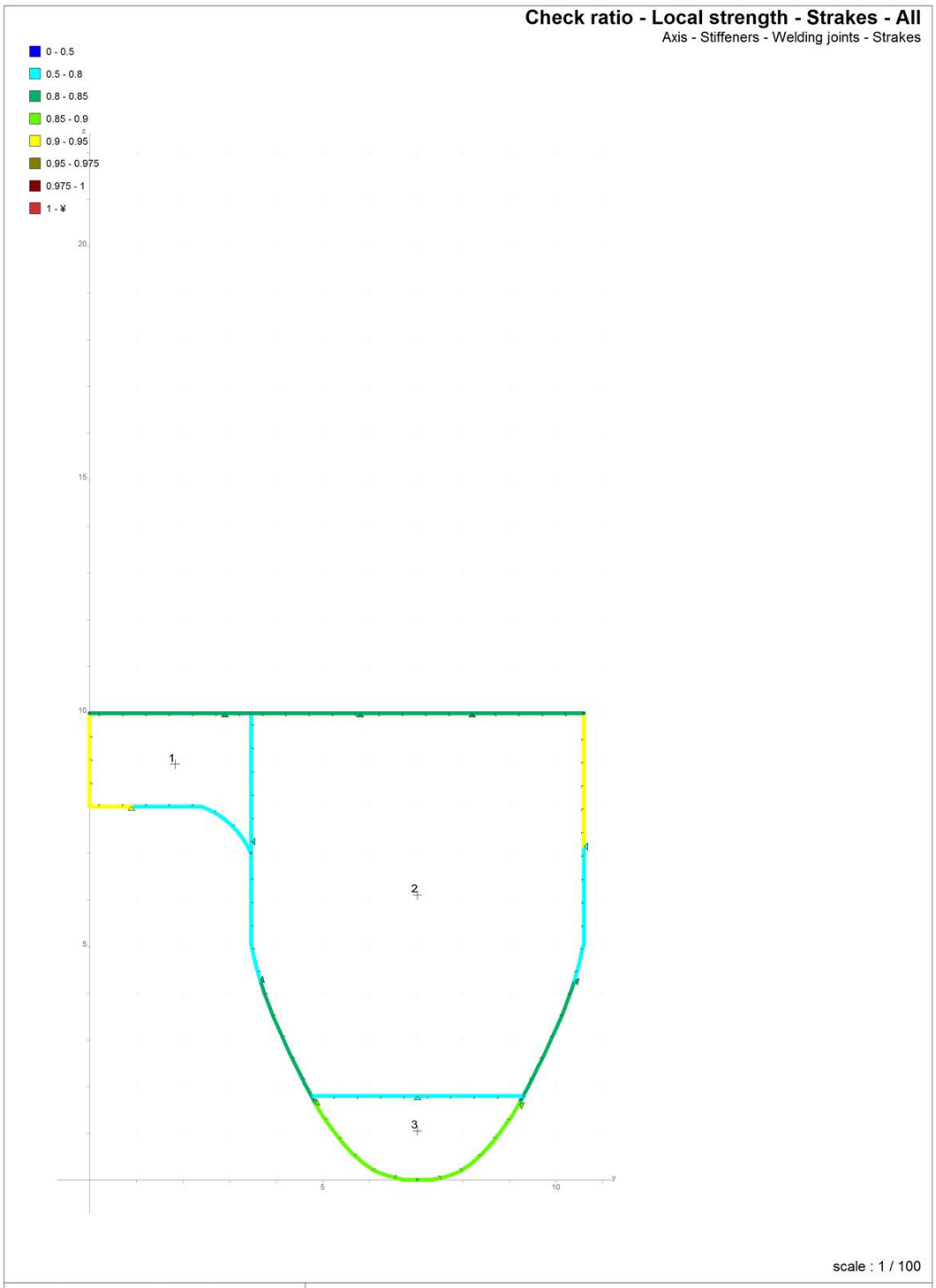

Check ratio - Local strength - Strakes - All
Axis - Stiffeners - Welding joints - Strakes
0 - 0.5
0.5 - 0.8
0.8 - 0.85
0.85 - 0.9
0.9 - 0.95
0.95 - 0.975
0.975 - 1
1 - ¥
20
15
10
5
1
2
3
5
10
y
scale : 1 / 100
RuleSpeed32 v3.0e
5/9/2011
Dimitra
Midship Section Xg=50%L (36.48 from AP)



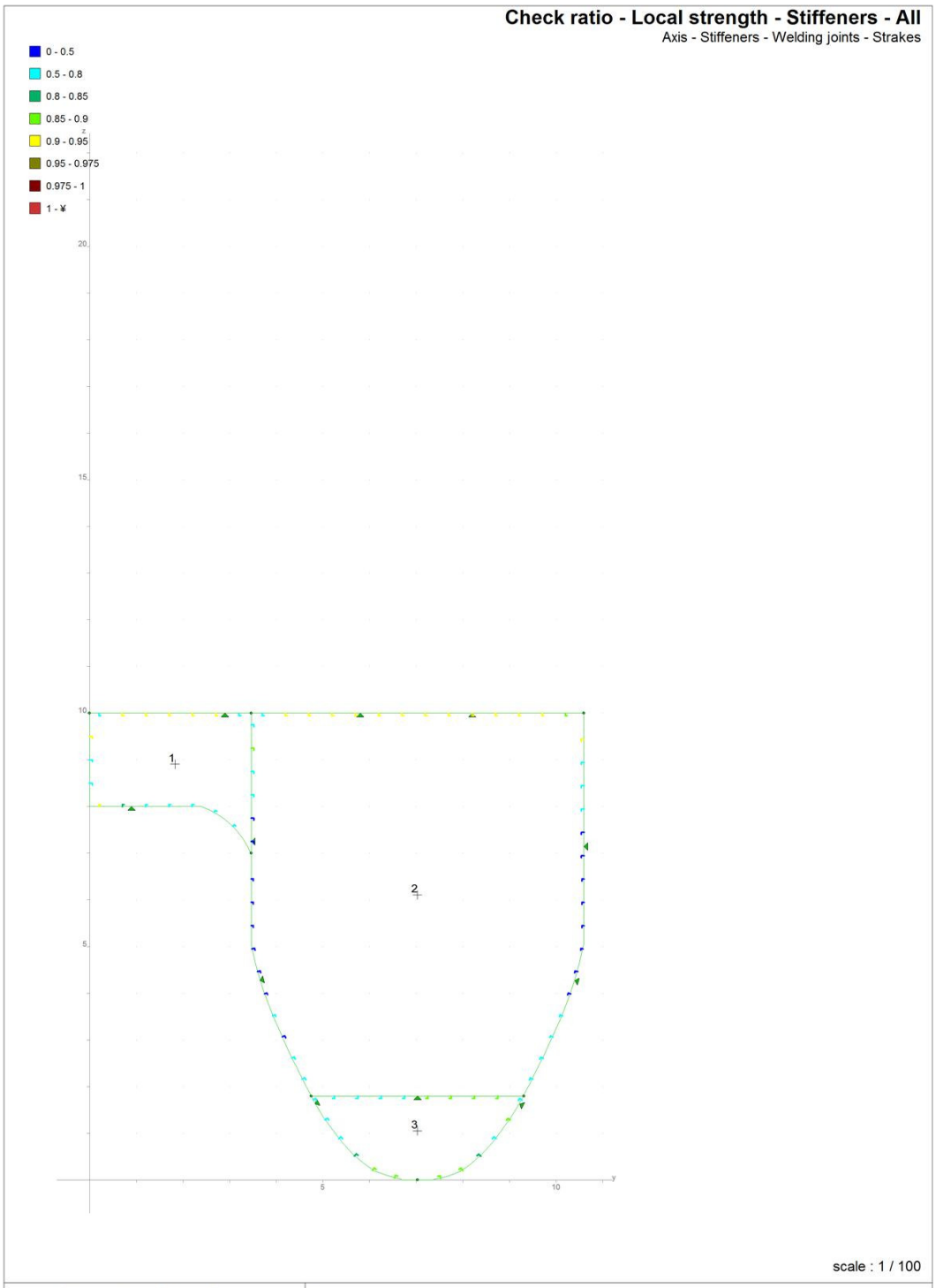

| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=50%L (36.48 from AP)** |



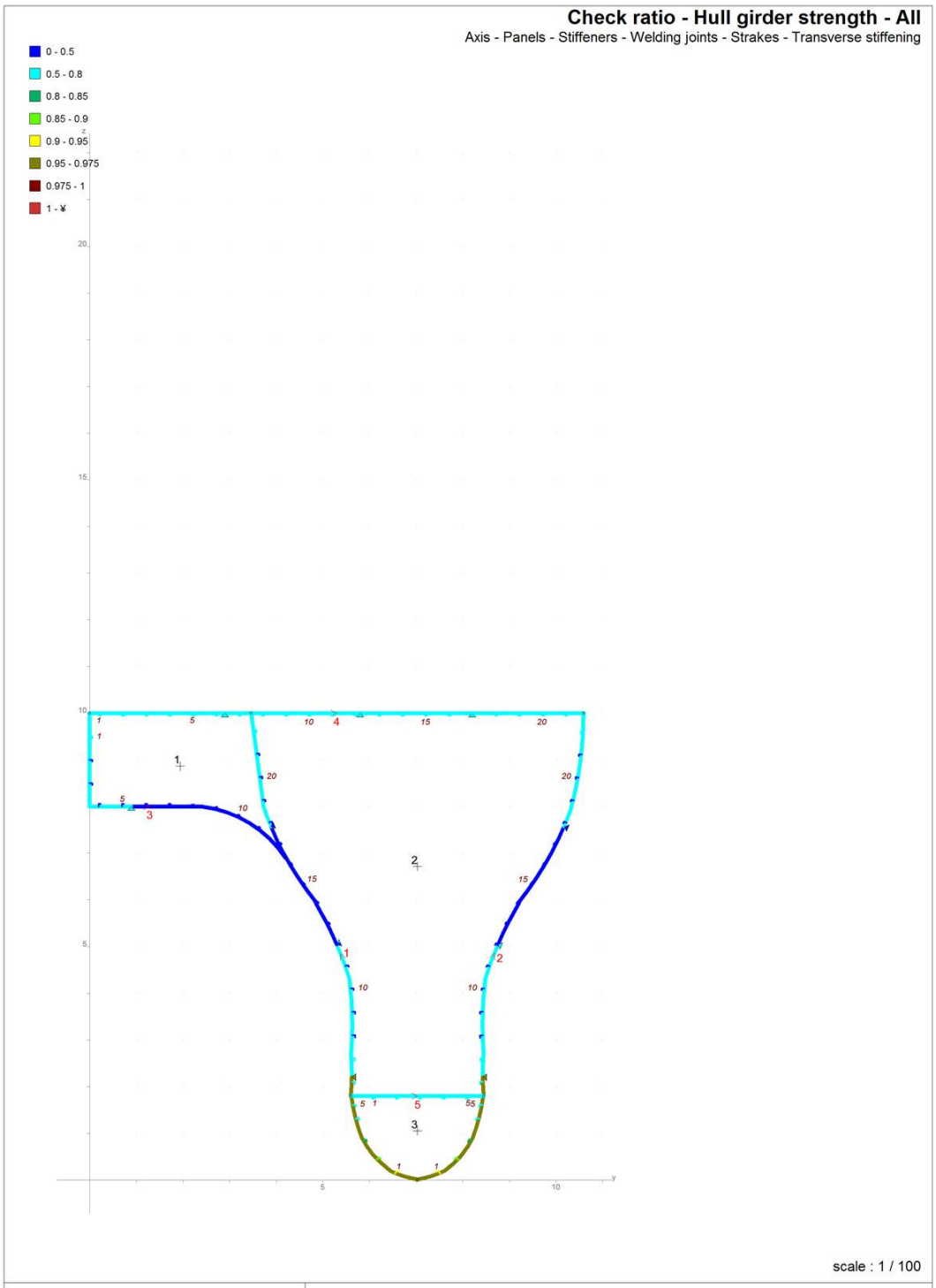

| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=70%L (53.28 m from AP)** |



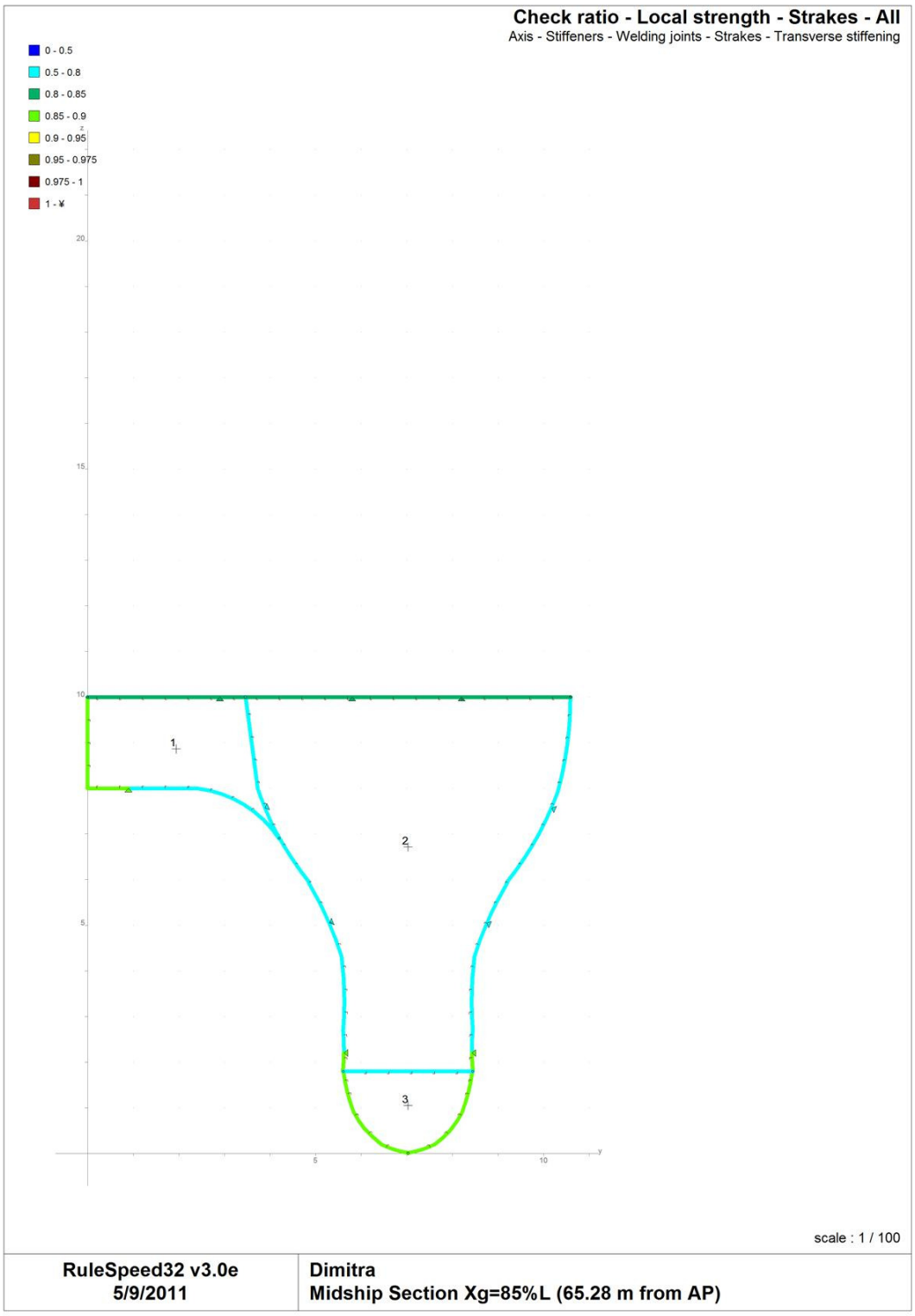

| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=70%L (53.28 m from AP)** |

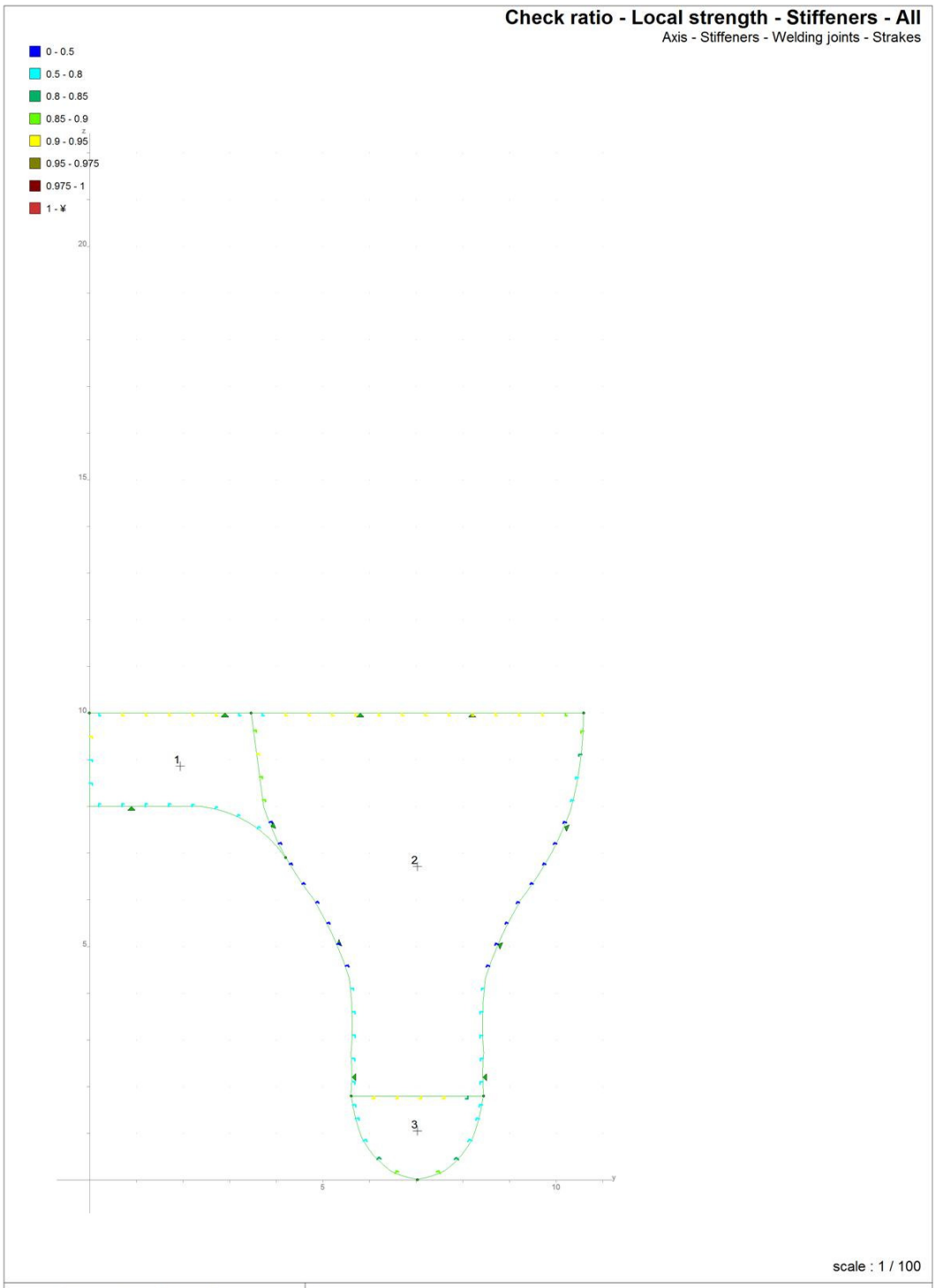



| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=70%L (53.28 m from AP)** |




| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=85%L (65.28 m from AP)** |


Check ratio - Local strength - Strakes - All
Axis - Stiffeners - Welding joints - Strakes - Transverse stiffening
0 - 0.5
0.5 - 0.8
0.8 - 0.85
0.85 - 0.9
0.9 - 0.95
0.95 - 0.975
0.975 - 1
1 - ¥
20
15
10
5
1
2
3
5
10
y
scale : 1 / 100
RuleSpeed32 v3.0e
5/9/2011
Dimitra
Midship Section Xg=85%L (65.28 m from AP)




| | |
|---|---|
| **RuleSpeed32 v3.0e**<br>**5/9/2011** | **Dimitra**<br>**Midship Section Xg=85%L (65.28 m from AP)** |

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’Γ’’

## Πίνακες αποτελεσμάτων υπολογισμού αντοχής και βάρους ελασμάτων και διαμήκων ενισχυτικών στο 15%, 30%, 50%, 70%, 85% του $L_{OA}$ από την εφαρμογή Marspeed.

## Cross Section Characteristics

### Geometric Properties (For the whole cross-section)

**Geometric Area of Cross-Section :**

| | Steel (315) | Total Area |
|---|---|---|
| Strakes | 0.568393 | 0.568393 |
| Longitudinals | 0.095883 | 0.095883 |
| Total ($m^2$) | 0.664276 | 0.664276 |

**Mass of full Cross-Section for 1 Meter Long :**

| | Steel | Alum. | Total |
|---|---|---|---|
| Strakes | 3.893494 | 0.000000 | 3.893494 |
| Longitudinals | 0.656799 | 0.000000 | 0.656799 |
| Total (t/m) | 4.550291 | 0.000000 | 4.550291 |

Geometric area of cross-section . . . . . 0.664276 $m^2$
Effective area . . . . . 0.664276 $m^2$

Single moment above neutral axis . . . . . ( / neutral axis) . . . 1.374056 $m^3$
Single moment of half section . . . . . ( / centre line) . . . 1.995037 $m^3$

Moment of inertia / $G_y$ axis . . . . . ($IG_y$) . . . 8.436192 $m^4$
Moment of inertia / $G_z$ axis . . . . . ($IG_z$) . . 30.000944 $m^4$

Position of neutral axis . . . . . (above base line) . . . . (N) . . . . 6.03754 m
Modulus at deck . . . . . (10.000 m) . . ($Z_{AD}$) . . . 2.129026 $m^3$
Modulus at bottom . . . . . (0.000 m) . . . ($Z_{AB}$) . . . 1.397291 $m^3$
Transverse sectional area of deck flange . . . . . 0.214975 $m^2$
Transverse sectional area of bottom flange . . . . . 0.064888 $m^2$

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 ($N/mm^2$) as Young modulus.

### Profiles

| Type | Scantling | | | | | | Number |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| angle | 80 | ? | 7.0 | 60 | ? | 7.0 | 8 |
| angle | 75 | ? | 9.0 | 55 | ? | 9.0 | 16 |
| angle | 70 | ? | 6.0 | 50 | ? | 6.0 | 16 |
| angle | 60 | ? | 7.0 | 40 | ? | 7.0 | 42 |
| angle | 60 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 51 |
| angle | 50 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 20 |

ΕΛΛΗ

Page 1

**Strakes**

| Thickness (mm) | Length (m) |
|---|---|
| 10.000 | 11.600 |
| 7.000 | 50.995 |
| 6.000 | 11.071 |
| 5.000 | 5.800 |

The length indicated is the total length for the strakes having same thickness.

## Bending Moments

| | Hogging kN.m | Sagging kN.m |
|---|---|---|
| Still Water B.M. | 60 000. | 5 000. |
| Wave B.M. | 175 443. | 221 740. |
| Still Water + Wave B.M. | 235 443. | 226 740. |
| Impact + Wave B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Design B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Reduction coefficient | 1.000 | 1.000 |
| Design B.M. At X | 258 689. | 258 689. |

## Shear Force

| | |
|---|---|
| Design Shear Force | 10 664. |
| Reduction coefficient | 1.000 |
| Design Shear Force At X | 10 664. |

## Longitudinal Strength Criteria

### Overall Stresses

| | Z (m) | Hogging (N/mm2) | Sagging (N/mm2) | Rule Value (N/mm2) | Material |
|---|---|---|---|---|---|
| At Deck | 10.000 | 121.51 | -121.51 | 192.31 | ST315 |
| At Bottom | 0.000 | -185.14 | 185.14 | 192.31 | ST315 |

ΕΛΛΗ

Page 3

## Cross Section Characteristics

### Geometric Properties (For the whole cross-section)

**Geometric Area of Cross-Section :**

| | Steel (315) | Total Area |
|---|---|---|
| Strakes | 0.582057 | 0.582057 |
| Longitudinals | 0.088083 | 0.088083 |
| Total ($m^2$) | 0.670141 | 0.670140 |

**Mass of full Cross-Section for 1 Meter Long :**

| | Steel | Alum. | Total |
|---|---|---|---|
| Strakes | 3.987091 | 0.000000 | 3.987091 |
| Longitudinals | 0.603368 | 0.000000 | 0.603368 |
| Total (t/m) | 4.590463 | 0.000000 | 4.590463 |

Geometric area of cross-section . . . . . 0.670141 $m^2$
Effective area . . . . . 0.670141 $m^2$

Single moment above neutral axis . . . . . ( / neutral axis) . . . 1.277955 $m^3$
Single moment of half section . . . . . ( / centre line) . . . 2.007864 $m^3$

Moment of inertia / $G_y$ axis . . . . . ($IG_y$) . . . 9.603637 $m^4$
Moment of inertia / $G_z$ axis . . . . . ($IG_z$) . . 31.020920 $m^4$

Position of neutral axis . . . . . (above base line) . . . . (N) . . . . 5.76137 m
Modulus at deck . . . . . (10.000 m) . . ($Z_{AD}$) . . . 2.265740 $m^3$
Modulus at bottom . . . . . (0.000 m) . . . ($Z_{AB}$) . . . 1.666902 $m^3$
Transverse sectional area of deck flange . . . . . 0.211321 $m^2$
Transverse sectional area of bottom flange . . . . . 0.147561 $m^2$

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 ($N/mm^2$) as Young modulus.

### Profiles

| Type | Scantling | | | | | | Number |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| angle | 80 | ? | 6.0 | 40 | ? | 6.0 | 14 |
| angle | 70 | ? | 6.0 | 50 | ? | 6.0 | 16 |
| angle | 65 | ? | 5.0 | 50 | ? | 5.0 | 16 |
| angle | 60 | ? | 6.0 | 40 | ? | 6.0 | 42 |
| angle | 60 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 47 |
| angle | 50 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 30 |

ΕΛΛΗ

**Strakes**

| Thickness (mm) | Length (m) |
|---|---|
| 8.000 | 11.600 |
| 7.000 | 56.743 |
| 6.000 | 6.010 |
| 5.000 | 11.200 |

The length indicated is the total length for the strakes having same thickness.

## Bending Moments

| | Hogging kN.m | Sagging kN.m |
|---|---|---|
| Still Water B.M. | 60 000. | 5 000. |
| Wave B.M. | 175 443. | 221 740. |
| Still Water + Wave B.M. | 235 443. | 226 740. |
| Impact + Wave B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Design B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Reduction coefficient | 1.000 | 1.000 |
| Design B.M. At X | 258 689. | 258 689. |

## Shear Force

| | |
|---|---|
| Design Shear Force | 10 664. |
| Reduction coefficient | 1.000 |
| Design Shear Force At X | 10 664. |

## Longitudinal Strength Criteria

### Overall Stresses

| | Z (m) | Hogging (N/mm2) | Sagging (N/mm2) | Rule Value (N/mm2) | Material |
|---|---|---|---|---|---|
| At Deck | 10.000 | 114.17 | -114.17 | 192.31 | ST315 |
| At Bottom | 0.000 | -155.19 | 155.19 | 192.31 | ST315 |

## Cross Section Characteristics

### Geometric Properties (For the whole cross-section)

**Geometric Area of Cross-Section :**

| | Steel (315) | Total Area |
|---|---|---|
| Strakes | 0.620007 | 0.620007 |
| Longitudinals | 0.117216 | 0.117216 |
| Total ($m^2$) | 0.737223 | 0.737222 |

**Mass of full Cross-Section for 1 Meter Long :**

| | Steel | Alum. | Total |
|---|---|---|---|
| Strakes | 4.247045 | 0.000000 | 4.247045 |
| Longitudinals | 0.802930 | 0.000000 | 0.802930 |
| Total (t/m) | 5.049976 | 0.000000 | 5.049976 |

Geometric area of cross-section . . . . . 0.737223 $m^2$
Effective area . . . . . 0.737223 $m^2$

Single moment above neutral axis . . . . . ( / neutral axis) . . . 1.423046 $m^3$
Single moment of half section . . . . . ( / centre line) . . . 2.088867 $m^3$

Moment of inertia / $G_y$ axis . . . . . ($IG_y$) . . 10.092242 $m^4$
Moment of inertia / $G_z$ axis . . . . . ($IG_z$) . . 31.745678 $m^4$

Position of neutral axis . . . . . (above base line) . . . . (N) . . . . 5.72417 m
Modulus at deck . . . . . (10.000 m) . . ($Z_{AD}$) . . . 2.360299 $m^3$
Modulus at bottom . . . . . (0.000 m) . . . ($Z_{AB}$) . . . 1.763093 $m^3$
Transverse sectional area of deck flange . . . . . 0.207474 $m^2$
Transverse sectional area of bottom flange . . . . . 0.101530 $m^2$

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 ($N/mm^2$) as Young modulus.

### Profiles

| Type | Scantling | | | | | | Number |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| angle | 70 | ? | 6.0 | 50 | ? | 6.0 | 18 |
| angle | 65 | ? | 5.0 | 50 | ? | 5.0 | 20 |
| angle | 60 | ? | 6.0 | 40 | ? | 6.0 | 40 |
| angle | 60 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 48 |
| angle | 50 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 32 |
| angle | 130 | ? | 12.0 | 90 | ? | 12.0 | 14 |

ΕΛΛΗ

Page 1

**Strakes**

| Thickness (mm) | Length (m) |
|---|---|
| 9.000 | 9.683 |
| 8.000 | 11.600 |
| 7.000 | 32.602 |
| 6.000 | 25.641 |
| 5.000 | 11.600 |

The length indicated is the total length for the strakes having same thickness.

## Bending Moments

| | Hogging kN.m | Sagging kN.m |
|---|---|---|
| Still Water B.M. | 60 000. | 5 000. |
| Wave B.M. | 175 443. | 221 740. |
| Still Water + Wave B.M. | 235 443. | 226 740. |
| Impact + Wave B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Design B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Reduction coefficient | 1.000 | 1.000 |
| Design B.M. At X | 258 689. | 258 689. |

## Shear Force

| | |
|---|---|
| Design Shear Force | 10 664. |
| Reduction coefficient | 1.000 |
| Design Shear Force At X | 10 664. |

## Longitudinal Strength Criteria

### Overall Stresses

| | Z (m) | Hogging (N/mm2) | Sagging (N/mm2) | Rule Value (N/mm2) | Material |
|---|---|---|---|---|---|
| At Deck | 10.000 | 109.60 | -109.60 | 192.31 | ST315 |
| At Bottom | 0.000 | -146.72 | 146.72 | 192.31 | ST315 |

## Cross Section Characteristics

### Geometric Properties (For the whole cross-section)

**Geometric Area of Cross-Section :**

| | Steel (315) | Total Area |
|---|---|---|
| Strakes | 0.590828 | 0.590828 |
| Longitudinals | 0.087541 | 0.087541 |
| Total ($m^2$) | 0.678370 | 0.678369 |

**Mass of full Cross-Section for 1 Meter Long :**

| | Steel | Alum. | Total |
|---|---|---|---|
| Strakes | 4.047173 | 0.000000 | 4.047173 |
| Longitudinals | 0.599656 | 0.000000 | 0.599656 |
| Total (t/m) | 4.646833 | 0.000000 | 4.646833 |

Geometric area of cross-section . . . . . 0.678370 $m^2$
Effective area . . . . . 0.678370 $m^2$

Single moment above neutral axis . . . . . ( / neutral axis) . . . 1.264610 $m^3$
Single moment of half section . . . . . ( / centre line) . . . 2.041033 $m^3$

Moment of inertia / $G_y$ axis . . . . . ($IG_y$) . . . 9.227115 $m^4$
Moment of inertia / $G_z$ axis . . . . . ($IG_z$) . . 31.372301 $m^4$

Position of neutral axis . . . . . (above base line) . . . . (N) . . . . 5.77834 m
Modulus at deck . . . . . (10.000 m) . . ($Z_{AD}$) . . . 2.185658 $m^3$
Modulus at bottom . . . . . (0.000 m) . . . ($Z_{AB}$) . . . 1.596846 $m^3$
Transverse sectional area of deck flange . . . . . 0.210371 $m^2$
Transverse sectional area of bottom flange . . . . . 0.079474 $m^2$

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 ($N/mm^2$) as Young modulus.

### Profiles

| Type | Scantling | | | | | | Number |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| angle | 70 | ? | 6.0 | 50 | ? | 6.0 | 18 |
| angle | 65 | ? | 5.0 | 50 | ? | 5.0 | 16 |
| angle | 60 | ? | 7.0 | 40 | ? | 7.0 | 16 |
| angle | 60 | ? | 6.0 | 40 | ? | 6.0 | 42 |
| angle | 60 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 43 |
| angle | 50 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 28 |

ΕΛΛΗ

Page 1

**Strakes**

| Thickness (mm) | Length (m) |
|---|---|
| 8.000 | 16.160 |
| 7.000 | 52.351 |
| 6.000 | 6.015 |
| 5.000 | 11.800 |

The length indicated is the total length for the strakes having same thickness.

## Bending Moments

| | Hogging kN.m | Sagging kN.m |
|---|---|---|
| Still Water B.M. | 60 000. | 5 000. |
| Wave B.M. | 175 443. | 221 740. |
| Still Water + Wave B.M. | 235 443. | 226 740. |
| Impact + Wave B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Design B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Reduction coefficient | 1.000 | 1.000 |
| Design B.M. At X | 258 689. | 258 689. |

## Shear Force

| | |
|---|---|
| Design Shear Force | 10 664. |
| Reduction coefficient | 1.000 |
| Design Shear Force At X | 10 664. |

## Longitudinal Strength Criteria

### Overall Stresses

| | Z (m) | Hogging (N/mm2) | Sagging (N/mm2) | Rule Value (N/mm2) | Material |
|---|---|---|---|---|---|
| At Deck | 10.000 | 118.36 | -118.36 | 192.31 | ST315 |
| At Bottom | 0.000 | -162.00 | 162.00 | 192.31 | ST315 |

ΕΛΛΗ

Page 3

## Cross Section Characteristics

### Geometric Properties (For the whole cross-section)

**Geometric Area of Cross-Section :**

| | Steel (315) | Total Area |
|---|---|---|
| Strakes | 0.585058 | 0.585058 |
| Longitudinals | 0.085629 | 0.085629 |
| Total ($m^2$) | 0.670688 | 0.670687 |

**Mass of full Cross-Section for 1 Meter Long :**

| | Steel | Alum. | Total |
|---|---|---|---|
| Strakes | 4.007648 | 0.000000 | 4.007648 |
| Longitudinals | 0.586558 | 0.000000 | 0.586558 |
| Total (t/m) | 4.594210 | 0.000000 | 4.594210 |

Geometric area of cross-section . . . . . 0.670688 $m^2$
Effective area . . . . . 0.670688 $m^2$

Single moment above neutral axis . . . . . ( / neutral axis) . . . 1.730019 $m^3$
Single moment of half section . . . . . ( / centre line) . . . 1.982675 $m^3$

Moment of inertia / $G_y$ axis . . . . . ($IG_y$) . . . 8.496685 $m^4$
Moment of inertia / $G_z$ axis . . . . . ($IG_z$) . . 28.967306 $m^4$

Position of neutral axis . . . . . (above base line) . . . . (N) . . . . 6.07286 m
Modulus at deck . . . . . (10.000 m) . . ($Z_{AD}$) . . . 2.163579 $m^3$
Modulus at bottom . . . . . (0.000 m) . . . ($Z_{AB}$) . . . 1.399125 $m^3$
Transverse sectional area of deck flange . . . . . 0.211473 $m^2$
Transverse sectional area of bottom flange . . . . . 0.070141 $m^2$

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 ($N/mm^2$) as Young modulus.

### Profiles

| Type | Scantling | | | | | | Number |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| angle | 75 | ? | 7.0 | 50 | ? | 7.0 | 16 |
| angle | 65 | ? | 5.0 | 50 | ? | 5.0 | 26 |
| angle | 60 | ? | 6.0 | 40 | ? | 6.0 | 42 |
| angle | 60 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 51 |
| angle | 50 | ? | 5.0 | 40 | ? | 5.0 | 24 |

ΕΛΛΗ

Page 1

**Strakes**

| Thickness (mm) | Length (m) |
|---|---|
| 9.000 | 11.600 |
| 8.000 | 5.680 |
| 7.000 | 53.888 |
| 5.000 | 11.600 |

The length indicated is the total length for the strakes having same thickness.

## Bending Moments

| | Hogging kN.m | Sagging kN.m |
|---|---|---|
| Still Water B.M. | 60 000. | 5 000. |
| Wave B.M. | 175 443. | 221 740. |
| Still Water + Wave B.M. | 235 443. | 226 740. |
| Impact + Wave B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Design B.M. | 258 689. | 258 689. |
| Reduction coefficient | 1.000 | 1.000 |
| Design B.M. At X | 258 689. | 258 689. |

## Shear Force

| | |
|---|---|
| Design Shear Force | 10 664. |
| Reduction coefficient | 1.000 |
| Design Shear Force At X | 10 664. |

## Longitudinal Strength Criteria

### Overall Stresses

| | Z (m) | Hogging (N/mm2) | Sagging (N/mm2) | Rule Value (N/mm2) | Material |
|---|---|---|---|---|---|
| At Deck | 10.000 | 119.57 | -119.57 | 192.31 | ST315 |
| At Bottom | 0.000 | -184.89 | 184.89 | 192.31 | ST315 |

ΕΛΛΗ

Page 3

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’Δ’’

## Κατασκευαστικά σχέδια μέσης τομής στο 15%, 30%, 50%, 70%, 85% του $L_{OA}$.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’Ε’’

## Κατασκευαστικά σχέδια εγκάρσιων υδατοστεγών φρακτών

## (Xc= 4.2, 13.50, 24.82, 38.7, 57.60, 63.90, 70.08 m από το ΑΡ) .

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’ΣΤ’’

## ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ

## ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΦΡΑΚΤΩΝ

## ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΒΑΡΟΥΣ ΑΦΟΡΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ (LS)

## ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (LCG) & ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (VCG) ΤΟΥ ΑΦΟΡΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

# ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ

## ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ – ΜΕΣΗ ΤΟΜΗ ΣΤΟ 15% $L_{OA}$

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (15%LOA)

| | b1 (mm) | h1 (mm) | b2 (mm) | h2 (mm) | b3 (mm) | h3 (mm) | Σ1 (Εμβαδον) (cm2) | Σ2 (Εμβ.x αποστ) (cm3) | y (Ουδ. Άξονας) (cm) | Σ3 (Εμβ. x αποστ^2) (cm4) | Σ4 (Ροπή Αδραν) (cm4) | ΣΙ=Σ4+Σ3-y^2*Σ1 (cm4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ΠΛΕΥΡΕΣ | 100.00 | 10.00 | 10.00 | 150.00 | 500.00 | 7.00 | 60.00 | 297.25 | 4.95 | 3 637.29 | 283.51 | 2 448.17 |
| | 100.00 | 10.00 | 10.00 | 150.00 | 500.00 | 6.00 | 55.00 | 291.50 | 5.30 | 3 578.95 | 282.98 | 2 316.98 |
| | 100.00 | 10.00 | 10.00 | 150.00 | 500.00 | 7.00 | 60.00 | 297.25 | 4.95 | 3 637.29 | 283.51 | 2 448.17 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 100.00 | 15.00 | 12.00 | 325.00 | 500.00 | 7.00 | 89.00 | 1 182.55 | 13.29 | 28 498.12 | 3 437.05 | 16 222.54 |
| | 90.00 | 16.00 | 16.00 | 234.00 | 500.00 | 7.00 | 86.84 | 835.07 | 9.62 | 14 689.21 | 1 712.89 | 8 371.98 |
| | 100.00 | 15.00 | 12.00 | 325.00 | 500.00 | 7.00 | 89.00 | 1 182.55 | 13.29 | 28 498.12 | 3 437.05 | 16 222.54 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜ. | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 7.00 | 63.56 | 319.31 | 5.02 | 3 696.91 | 265.68 | 2 358.49 |
| ΣΤΟ ΥΨΟΣ | 90.00 | 12.00 | 12.00 | 118.00 | 500.00 | 7.00 | 59.96 | 247.19 | 4.12 | 2 474.49 | 167.03 | 1 622.49 |
| ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 7.00 | 63.56 | 319.31 | 5.02 | 3 696.91 | 265.68 | 2 358.49 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣ. | 90.00 | 12.00 | 12.00 | 178.00 | 500.00 | 7.00 | 67.16 | 423.59 | 6.31 | 5 912.77 | 566.70 | 3 807.87 |
| ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 7.00 | 63.56 | 319.31 | 5.02 | 3 696.91 | 265.68 | 2 358.49 |
| ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 90.00 | 12.00 | 12.00 | 178.00 | 500.00 | 7.00 | 67.16 | 423.59 | 6.31 | 5 912.77 | 566.70 | 3 807.87 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜ. | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |
| (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |
| | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (15%LOA-ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

| c=(h1+h2+h3)-y (cm3) | Z=I/c (cm3) | Aw (cm2) | | Z (cm^3) (min DNV) | Aw (cm^2) (min DNV) | V(total)=Aw x S (m3) | W(total)=V(total) x ρ (steel) (tn) | S (m) | b (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11.0458 | **221.6378** | **25.0000** | ΠΛΕΥΡΕΣ | 135.7093 | **4.8702** | **0.0073** | 0.0576 | 2.9140 | 2.1000 |
| 10.7000 | **216.5405** | **25.0000** | | 142.3985 | **4.9249** | **0.0073** | 0.0576 | 2.9140 | 2.1000 |
| 11.0458 | **221.6378** | **25.0000** | | 212.4072 | **7.6227** | **0.0073** | 0.0576 | 2.9140 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 20.7129 | **783.2088** | **54.0000** | ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 731.6352 | **11.3081** | **0.0365** | 0.2886 | 6.7660 | 2.1000 |
| 15.3839 | **544.2055** | **51.8400** | | 361.5139 | **5.3848** | **0.0351** | 0.2771 | 6.7660 | 2.1000 |
| 20.7129 | **783.2088** | **54.0000** | | 731.6352 | **11.3081** | **0.0365** | 0.2886 | 6.7660 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 9.9763 | **236.4095** | **28.5600** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 231.6307 | **6.9907** | **0.0099** | 0.0782 | 3.4650 | 2.1000 |
| 8.8775 | **182.7641** | **24.9600** | ΣΤΟ ΥΨΟΣ ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 114.4528 | **6.9907** | **0.0086** | 0.0683 | 3.4650 | 2.1000 |
| 9.9763 | **236.4095** | **28.5600** | | 231.6307 | **6.9907** | **0.0099** | 0.0782 | 3.4650 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 12.6929 | **300.0002** | **32.1600** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 297.6785 | **8.9841** | **0.0111** | 0.0880 | 3.4650 | 2.1000 |
| 9.9763 | **236.4095** | **28.5600** | ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 147.0882 | **4.2781** | **0.0099** | 0.0782 | 3.4650 | 2.1000 |
| 12.6929 | **300.0002** | **32.1600** | ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 297.6785 | **8.9841** | **0.0111** | 0.0880 | 3.4650 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 6.7585 | **32.0871** | **6.8400** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 19.6367 | **2.0535** | **0.0007** | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |
| 6.7585 | **32.0871** | **6.8400** | (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 7.8970 | **0.7959** | **0.0007** | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |
| 6.7585 | 32.0871 | 6.8400 | | 15.9820 | 1.6713 | 0.0007 | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |

## ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ – ΜΕΣΗ ΤΟΜΗ ΣΤΟ 30% $L_{OA}$

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (30%LOA)

| | b1 (mm) | h1 (mm) | b2 (mm) | h2 (mm) | b3 (mm) | h3 (mm) | Σ1 (Εμβαδον) (cm2) | Σ2 (Εμβ.x αποστ) (cm3) | y (Ουδ. Άξονας) (cm) | Σ3 (Εμβ. x αποστ^2) (cm4) | Σ4 (Ροπή Αδραν) (cm4) | ΣΙ=Σ4+Σ3-y^2*Σ1 (cm4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ΠΛΕΥΡΕΣ | 90.00 | 12.00 | 12.00 | 168.00 | 500.00 | 7.00 | 65.96 | 391.19 | 5.93 | 5 211.93 | 476.89 | 3 368.82 |
| | 90.00 | 12.00 | 12.00 | 168.00 | 500.00 | 5.00 | 55.96 | 378.99 | 6.77 | 5 058.86 | 475.98 | 2 968.07 |
| | 90.00 | 12.00 | 12.00 | 168.00 | 500.00 | 7.00 | 65.96 | 391.19 | 5.93 | 5 211.93 | 476.89 | 3 368.82 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 100.00 | 15.00 | 12.00 | 325.00 | 500.00 | 7.00 | 89.00 | 1 182.55 | 13.29 | 28 498.12 | 3 437.05 | 16 222.54 |
| | 90.00 | 16.00 | 16.00 | 234.00 | 500.00 | 7.00 | 86.84 | 835.07 | 9.62 | 14 689.21 | 1 712.89 | 8 371.98 |
| | 100.00 | 15.00 | 12.00 | 325.00 | 500.00 | 7.00 | 89.00 | 1 182.55 | 13.29 | 28 498.12 | 3 437.05 | 16 222.54 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 7.00 | 63.56 | 319.31 | 5.02 | 3 696.91 | 265.68 | 2 358.49 |
| ΣΤΟ ΥΨΟΣ | 90.00 | 12.00 | 12.00 | 118.00 | 500.00 | 7.00 | 59.96 | 247.19 | 4.12 | 2 474.49 | 167.03 | 1 622.49 |
| ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 7.00 | 63.56 | 319.31 | 5.02 | 3 696.91 | 265.68 | 2 358.49 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣ. | 90.00 | 14.00 | 14.00 | 166.00 | 500.00 | 7.00 | 70.84 | 448.21 | 6.33 | 5 969.13 | 537.16 | 3 670.42 |
| ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 7.00 | 63.56 | 319.31 | 5.02 | 3 696.91 | 265.68 | 2 358.49 |
| ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 90.00 | 14.00 | 14.00 | 166.00 | 500.00 | 7.00 | 70.84 | 448.21 | 6.33 | 5 969.13 | 537.16 | 3 670.42 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |
| (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |
| | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (30%LOA-ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

| c=(h1+h2+h3)-y (cm3) | Z=I/c (cm3) | Aw (cm2) | | Z (cm^3) (min DNV) | Aw (cm^2) (min DNV) | V(total)=Aw x S (m3) | W(total)=V(total) x ρ (steel) (tn) | S (m) | b (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12.0693 | **279.1224** | **30.9600** | ΠΛΕΥΡΕΣ | 161.7179 | **5.3165** | **0.0098** | 0.0778 | 3.1810 | 2.1000 |
| 11.2274 | **264.3596** | **30.9600** | | 169.6889 | **5.3761** | **0.0098** | 0.0778 | 3.1810 | 2.1000 |
| 12.0693 | **279.1224** | **30.9600** | | 253.1148 | **8.3211** | **0.0098** | 0.0778 | 3.1810 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 20.7129 | **783.2088** | **54.0000** | ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 731.6352 | **11.3081** | **0.0365** | 0.2886 | 6.7660 | 2.1000 |
| 15.3839 | **544.2055** | **51.8400** | | 361.5139 | **5.3848** | **0.0351** | 0.2771 | 6.7660 | 2.1000 |
| 20.7129 | **783.2088** | **54.0000** | | 731.6352 | **11.3081** | **0.0365** | 0.2886 | 6.7660 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 9.9763 | **236.4095** | **28.5600** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 231.6307 | **6.9907** | **0.0099** | 0.0782 | 3.4650 | 2.1000 |
| 8.8775 | **182.7641** | **24.9600** | ΣΤΟ ΥΨΟΣ ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 114.4528 | **6.9907** | **0.0086** | 0.0683 | 3.4650 | 2.1000 |
| 9.9763 | **236.4095** | **28.5600** | | 231.6307 | **6.9907** | **0.0099** | 0.0782 | 3.4650 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 11.6729 | **314.4391** | **35.8400** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 297.6785 | **8.9841** | **0.0124** | 0.0981 | 3.4650 | 2.1000 |
| 9.9763 | **236.4095** | **28.5600** | ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 147.0882 | **4.2781** | **0.0099** | 0.0782 | 3.4650 | 2.1000 |
| 11.6729 | **314.4391** | **35.8400** | ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 297.6785 | **8.9841** | **0.0124** | 0.0981 | 3.4650 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 6.7585 | **32.0871** | **6.8400** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 19.6367 | **2.0535** | **0.0007** | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |
| 6.7585 | **32.0871** | **6.8400** | (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 7.8970 | **0.7959** | **0.0007** | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |
| 6.7585 | 32.0871 | 6.8400 | | 15.9820 | 1.6713 | 0.0007 | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |

## ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ – ΜΕΣΗ ΤΟΜΗ ΣΤΟ 50% $L_{OA}$

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (50%LOA)

| | b1 (mm) | h1 (mm) | b2 (mm) | h2 (mm) | b3 (mm) | h3 (mm) | Σ1 (Εμβαδον) (cm2) | Σ2 (Εμβ.χ αποστ) (cm3) | y (Ουδ. Άξονας) (cm) | Σ3 (Εμβ. χ αποστ^2) (cm4) | Σ4 (Ροπή Αδραν) (cm4) | ΣΙ=Σ4+Σ3-y^2*Σ1 (cm4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ΠΛΕΥΡΕΣ | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 6.00 | 58.56 | 313.20 | 5.35 | 3 634.20 | 265.15 | 2 224.24 |
| | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 5.00 | 53.56 | 307.59 | 5.74 | 3 572.51 | 264.77 | 2 070.77 |
| | 100.00 | 10.00 | 10.00 | 200.00 | | 7.00 | 30.00 | 426.00 | 14.20 | 6 784.20 | 667.50 | 1 402.50 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 100.00 | 15.00 | 12.00 | 325.00 | 500.00 | 7.00 | 89.00 | 1 182.55 | 13.29 | 28 498.12 | 3 437.05 | 16 222.54 |
| | 90.00 | 16.00 | 16.00 | 234.00 | 500.00 | 7.00 | 86.84 | 835.07 | 9.62 | 14 689.21 | 1 712.89 | 8 371.98 |
| | 100.00 | 15.00 | 12.00 | 325.00 | 500.00 | 7.00 | 89.00 | 1 182.55 | 13.29 | 28 498.12 | 3 437.05 | 16 222.54 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 80.00 | 14.00 | 14.00 | 146.00 | 500.00 | 7.00 | 66.64 | 354.97 | 5.33 | 4 179.65 | 366.34 | 2 655.18 |
| ΣΤΟ ΥΨΟΣ | 90.00 | 12.00 | 12.00 | 118.00 | 500.00 | 7.00 | 59.96 | 247.19 | 4.12 | 2 474.49 | 167.03 | 1 622.49 |
| ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 80.00 | 14.00 | 14.00 | 146.00 | 500.00 | 7.00 | 66.64 | 354.97 | 5.33 | 4 179.65 | 366.34 | 2 655.18 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣ. | 90.00 | 14.00 | 14.00 | 166.00 | 500.00 | 9.00 | 80.84 | 463.38 | 5.73 | 6 149.77 | 538.76 | 4 032.43 |
| ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 9.00 | 73.56 | 333.02 | 4.53 | 3 825.70 | 267.28 | 2 585.36 |
| ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 90.00 | 14.00 | 14.00 | 166.00 | 500.00 | 9.00 | 80.84 | 463.38 | 5.73 | 6 149.77 | 538.76 | 4 032.43 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 8.00 | 46.84 | 56.38 | 1.20 | 269.71 | 22.47 | 224.31 |
| (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 8.00 | 46.84 | 56.38 | 1.20 | 269.71 | 22.47 | 224.31 |
| | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (50%LOA-ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

| c=(h1+h2+h3)-y (cm3) | Z=I/c (cm3) | Aw (cm2) | | Z (cm^3) (min DNV) | Aw (cm^2) (min DNV) | V(total)=Aw x S (m3) | W(total)=V(total) x ρ (steel) (tn) | S (m) | b (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9.65 | **230.45** | **28.56** | ΠΛΕΥΡΕΣ | 122.89 | **4.6346** | **0.0079** | 0.06 | 2.77 | 2.10 |
| 9.26 | **223.70** | **28.56** | | 128.95 | **4.6866** | **0.0079** | 0.06 | 2.77 | 2.10 |
| 6.80 | **206.25** | **30.00** | | 192.35 | **7.2539** | **0.0083** | 0.07 | 2.77 | 2.10 |
| | | | | | | | | | |
| 20.71 | **783.21** | **54.00** | ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 731.64 | **11.3081** | **0.0365** | 0.29 | 6.77 | 2.10 |
| 15.38 | **544.21** | **51.84** | | 361.51 | **5.3848** | **0.0351** | 0.28 | 6.77 | 2.10 |
| 20.71 | **783.21** | **54.00** | | 731.64 | **11.3081** | **0.0365** | 0.29 | 6.77 | 2.10 |
| | | | | | | | | | |
| 10.67 | **248.77** | **31.64** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 231.63 | **6.9907** | **0.0110** | 0.09 | 3.47 | 2.10 |
| 8.88 | **182.76** | **24.96** | ΣΤΟ ΥΨΟΣ ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 114.45 | **6.9907** | **0.0086** | 0.07 | 3.47 | 2.10 |
| 10.67 | **248.77** | **31.64** | | 231.63 | **6.9907** | **0.0110** | 0.09 | 3.47 | 2.10 |
| | | | | | | | | | |
| 12.27 | **328.70** | **35.84** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 297.68 | **8.9841** | **0.0124** | 0.10 | 3.47 | 2.10 |
| 10.47 | **246.86** | **28.56** | ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 147.09 | **4.2781** | **0.0099** | 0.08 | 3.47 | 2.10 |
| 12.27 | **328.70** | **35.84** | ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 297.68 | **8.9841** | **0.0124** | 0.10 | 3.47 | 2.10 |
| | | | | | | | | | |
| 6.80 | **33.01** | **6.84** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 19.64 | **2.0535** | **0.0007** | 0.01 | 1.00 | 2.10 |
| 6.80 | **33.01** | **6.84** | (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 7.90 | **0.7959** | **0.0007** | 0.01 | 1.00 | 2.10 |
| 6.76 | **32.09** | **6.84** | | 15.98 | **1.6713** | **0.0007** | 0.01 | 1.00 | 2.10 |

## ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ – ΜΕΣΗ ΤΟΜΗ ΣΤΟ 70% $L_{OA}$

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (70%LOA)

| | b1 (mm) | h1 (mm) | b2 (mm) | h2 (mm) | b3 (mm) | h3 (mm) | Σ1 (Εμβαδον) (cm2) | Σ2 (Εμβ.x αποστ) (cm3) | y (Ουδ. Άξονας) (cm) | Σ3 (Εμβ. x αποστ^2) (cm4) | Σ4 (Ροπή Αδραν) (cm4) | ΣΙ=Σ4+Σ3-y^2*Σ1 (cm4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ΠΛΕΥΡΕΣ | 100.00 | 10.00 | 10.00 | 140.00 | 500.00 | 7.00 | 59.00 | 272.05 | 4.61 | 3 144.75 | 230.93 | 2 121.25 |
| | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 5.00 | 53.56 | 307.59 | 5.74 | 3 572.51 | 264.77 | 2 070.77 |
| | 100.00 | 10.00 | 10.00 | 140.00 | 500.00 | 7.00 | 59.00 | 272.05 | 4.61 | 3 144.75 | 230.93 | 2 121.25 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 120.00 | 20.00 | 12.00 | 350.00 | 500.00 | 7.00 | 101.00 | 1 657.45 | 16.41 | 46 241.73 | 4 296.93 | 23 339.25 |
| | 120.00 | 15.00 | 12.00 | 325.00 | 500.00 | 7.00 | 92.00 | 1 284.40 | 13.96 | 31 955.93 | 3 437.62 | 17 462.21 |
| | 120.00 | 20.00 | 12.00 | 350.00 | 500.00 | 7.00 | 101.00 | 1 657.45 | 16.41 | 46 241.73 | 4 296.93 | 23 339.25 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜ. | 90.00 | 16.00 | 16.00 | 234.00 | 500.00 | 7.00 | 86.84 | 835.07 | 9.62 | 14 689.21 | 1 712.89 | 8 371.98 |
| ΣΤΟ ΥΨΟΣ | 90.00 | 12.00 | 12.00 | 168.00 | 500.00 | 7.00 | 65.96 | 391.19 | 5.93 | 5 211.93 | 476.89 | 3 368.82 |
| ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 90.00 | 16.00 | 16.00 | 234.00 | 500.00 | 7.00 | 86.84 | 835.07 | 9.62 | 14 689.21 | 1 712.89 | 8 371.98 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣ. | 90.00 | 14.00 | 14.00 | 166.00 | 500.00 | 7.00 | 70.84 | 448.21 | 6.33 | 5 969.13 | 537.16 | 3 670.42 |
| ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 7.00 | 63.56 | 319.31 | 5.02 | 3 696.91 | 265.68 | 2 358.49 |
| ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 90.00 | 14.00 | 14.00 | 166.00 | 500.00 | 7.00 | 70.84 | 448.21 | 6.33 | 5 969.13 | 537.16 | 3 670.42 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜ. | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |
| (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |
| | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (70%LOA-ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

| c=(h1+h2+h3)-y (cm3) | Z=I/c (cm3) | Aw (cm2) | | Z (cm^3) (min DNV) | Aw (cm^2) (min DNV) | V(total)=Aw x S (m3) | W(total)=V(total) x ρ (steel) (tn) | S (m) | b (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10.3890 | **204.1826** | **24.0000** | ΠΛΕΥΡΕΣ | 187.3327 | **6.9297** | **0.0068** | 0.0536 | 2.8270 | 2.1000 |
| 9.2570 | **223.6973** | **28.5600** | | 196.5664 | **7.0075** | **0.0081** | 0.0638 | 2.8270 | 2.1000 |
| 10.3890 | **204.1826** | **24.0000** | | 199.9133 | **7.3951** | **0.0068** | 0.0536 | 2.8270 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 20.5896 | **1133.5452** | **66.0000** | ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 1073.0650 | **16.5853** | **0.0447** | 0.3528 | 6.7660 | 2.1000 |
| 20.0391 | **871.4054** | **57.0000** | | 530.2204 | **7.8977** | **0.0386** | 0.3047 | 6.7660 | 2.1000 |
| 20.5896 | **1133.5452** | **66.0000** | | 1073.0650 | **16.5853** | **0.0447** | 0.3528 | 6.7660 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 15.3839 | **544.2055** | **51.8400** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 521.1692 | **15.7291** | **0.0180** | 0.1419 | 3.4650 | 2.1000 |
| 12.0693 | **279.1224** | **30.9600** | ΣΤΟ ΥΨΟΣ ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 257.5189 | **15.7291** | **0.0107** | 0.0847 | 3.4650 | 2.1000 |
| 15.3839 | **544.2055** | **51.8400** | | 521.1692 | **15.7291** | **0.0180** | 0.1419 | 3.4650 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 11.6729 | **314.4391** | **35.8400** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 297.6785 | **8.9841** | **0.0124** | 0.0981 | 3.4650 | 2.1000 |
| 9.9763 | **236.4095** | **28.5600** | ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 147.0882 | **4.2781** | **0.0099** | 0.0782 | 3.4650 | 2.1000 |
| 11.6729 | **314.4391** | **35.8400** | ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 297.6785 | **8.9841** | **0.0124** | 0.0981 | 3.4650 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 6.7585 | **32.0871** | **6.8400** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 29.4551 | **3.0803** | **0.0007** | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |
| 6.7585 | **32.0871** | **6.8400** | (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 7.8970 | **0.7959** | **0.0007** | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |
| 6.7585 | 32.0871 | 6.8400 | | 15.9820 | 1.6713 | 0.0007 | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |

## ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ – ΜΕΣΗ ΤΟΜΗ ΣΤΟ 85% $L_{OA}$

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (85%LOA)

| | b1 (mm) | h1 (mm) | b2 (mm) | h2 (mm) | b3 (mm) | h3 (mm) | Σ1 (Εμβαδον) (cm2) | Σ2 (Εμβ.x αποστ) (cm3) | y (Ουδ. Άξονας) (cm) | Σ3 (Εμβ. x αποστ^2) (cm4) | Σ4 (Ροπή Αδραν) (cm4) | ΣΙ=Σ4+Σ3-y^2*Σ1 (cm4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ΠΛΕΥΡΕΣ | 80.00 | 14.00 | 14.00 | 146.00 | 500.00 | 7.00 | 66.64 | 354.97 | 5.33 | 4 179.65 | 366.34 | 2 655.18 |
| | 100.00 | 14.00 | 14.00 | 144.00 | 500.00 | 5.00 | 59.16 | 379.88 | 6.42 | 4 603.89 | 351.17 | 2 515.74 |
| | 80.00 | 14.00 | 14.00 | 146.00 | 500.00 | 7.00 | 66.64 | 354.97 | 5.33 | 4 179.65 | 366.34 | 2 655.18 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 120.00 | 25.00 | 12.00 | 400.00 | 500.00 | 7.00 | 113.00 | 2 264.35 | 20.04 | 73 365.88 | 6 417.05 | 34 408.77 |
| | 100.00 | 15.00 | 12.00 | 300.00 | 500.00 | 7.00 | 86.00 | 1 049.20 | 12.20 | 23 714.47 | 2 704.24 | 13 618.47 |
| | 120.00 | 25.00 | 12.00 | 400.00 | 500.00 | 7.00 | 113.00 | 2 264.35 | 20.04 | 73 365.88 | 6 417.05 | 34 408.77 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜ. | 120.00 | 20.00 | 12.00 | 350.00 | 500.00 | 7.00 | 101.00 | 1 657.45 | 16.41 | 46 241.73 | 4 296.93 | 23 339.25 |
| ΣΤΟ ΥΨΟΣ | 100.00 | 16.00 | 16.00 | 184.00 | 500.00 | 7.00 | 80.44 | 622.11 | 7.73 | 9 225.86 | 835.44 | 5 250.07 |
| ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 120.00 | 20.00 | 12.00 | 350.00 | 500.00 | 7.00 | 101.00 | 1 657.45 | 16.41 | 46 241.73 | 4 296.93 | 23 339.25 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣ. | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 188.00 | 500.00 | 7.00 | 69.56 | 481.31 | 6.92 | 7 153.75 | 667.34 | 4 490.79 |
| ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 138.00 | 500.00 | 6.00 | 58.56 | 313.20 | 5.35 | 3 634.20 | 265.15 | 2 224.24 |
| ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 100.00 | 12.00 | 12.00 | 188.00 | 500.00 | 6.00 | 64.56 | 474.60 | 7.35 | 7 058.70 | 666.81 | 4 236.58 |
| | | | | | | | | | | | | |
| ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜ. | 40.00 | 8.00 | 8.00 | 72.00 | 500.00 | 7.00 | 43.96 | 63.58 | 1.45 | 331.24 | 26.48 | 265.77 |
| (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |
| | 40.00 | 6.00 | 6.00 | 74.00 | 500.00 | 7.00 | 41.84 | 51.95 | 1.24 | 259.59 | 21.76 | 216.86 |

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (85%LOA-ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

| c=(h1+h2+h3)-y (cm3) | Z=I/c (cm3) | Aw (cm2) | | Z (cm^3) (min DNV) | Aw (cm^2) (min DNV) | V(total)=Aw x S (m3) | W(total)=V(total) x ρ (steel) (tn) | S (m) | b (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10.6733 | **248.7677** | **31.6400** | ΠΛΕΥΡΕΣ | 242.4361 | **8.7333** | **0.0092** | 0.0726 | 2.9030 | 2.1000 |
| 9.3787 | **268.2386** | **34.1600** | | 254.3858 | **8.8313** | **0.0099** | 0.0783 | 2.9030 | 2.1000 |
| 10.6733 | **248.7677** | **31.6400** | | 210.8066 | **7.5939** | **0.0092** | 0.0726 | 2.9030 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 22.4615 | **1531.8996** | **78.0000** | ΚΥΡΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡ. | 1316.9434 | **20.3547** | **0.0528** | 0.4169 | 6.7660 | 2.1000 |
| 19.3000 | **705.6200** | **51.0000** | | 650.7250 | **9.6927** | **0.0345** | 0.2726 | 6.7660 | 2.1000 |
| 22.4615 | **1531.8996** | **78.0000** | | 1316.9434 | **20.3547** | **0.0528** | 0.4169 | 6.7660 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 20.5896 | **1133.5452** | **66.0000** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 818.6786 | **24.5663** | **0.0230** | 0.1817 | 3.4850 | 2.1000 |
| 12.2662 | **428.0106** | **45.4400** | ΣΤΟ ΥΨΟΣ ΚΥΡ. ΚΑΤΑΣΤΡ. | 404.5236 | **24.5663** | **0.0158** | 0.1251 | 3.4850 | 2.1000 |
| 20.5896 | **1133.5452** | **66.0000** | | 818.6786 | **24.5663** | **0.0230** | 0.1817 | 3.4850 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 13.0807 | **343.3142** | **34.5600** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 319.7214 | **9.3108** | **0.0124** | 0.0980 | 3.5910 | 2.1000 |
| 9.6516 | **230.4521** | **28.5600** | ΚΑΤΩΘΕΝ ΚΥΡΙΟΥ | 157.9800 | **4.4337** | **0.0103** | 0.0810 | 3.5910 | 2.1000 |
| 12.6487 | **334.9419** | **34.5600** | ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ | 319.7214 | **9.3108** | **0.0124** | 0.0980 | 3.5910 | 2.1000 |
| | | | | | | | | | |
| 6.5537 | **40.5525** | **8.9600** | ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ | 39.2735 | **4.1070** | **0.0009** | 0.0071 | 1.0000 | 2.1000 |
| 6.7585 | **32.0871** | **6.8400** | (ΚΑΘΕΤΗ ΠΛΕΥΡΑ) | 7.8970 | **0.7959** | **0.0007** | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |
| 6.7585 | 32.0871 | 6.8400 | | 18.3931 | **1.9235** | **0.0007** | 0.0054 | 1.0000 | 2.1000 |

# ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΦΡΑΚΤΩΝ

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ BULKHEADS | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| t0 (pg 18-sec 5) | k (pg 18-sec 5 | s (m) | sr (m) | s/sr | t1=(t0+kL)s/sr | p (m of water) KN/m2 | σ =220*f1 (N/mm2) | t2=(15.8*s*p^0.5/σ^0.5 | t= max of t1 and t2 (mm) |
| 5.0000 | 0.0250 | 0.5000 | 0.7600 | 0.6579 | 4.5280 | 78.4528 | 281.6000 | 4.1698 | 4.5280 |
| | | | | | | | | | 4.5280 |
| | | | | | | | | | 4.5280 |
| | | | | | | | | | 4.5280 |
| **1m of water= 9.8066 KN/m2** | | | | | | | | | 4.5280 |
| | | | | | | | | | 4.5280 |
| | | | | | | | | | 4.5280 |
| | | | | | | | | | t (final) (mm) |
| | | | | | | | | | 5.0000 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | A (bulkhead) (m2) ( | V (bulkhead) (m3)=A x t | W (bulkhead) (tn) |
| | | | | | | 4.2 m from AP | 33.5309 | 0.1677 | **1.3245** |
| | | | | | | 13.501 m from AP | 53.1480 | 0.2657 | **2.0993** |
| | | | | | | 24.825 m from AP | 63.6574 | 0.3183 | **2.5145** |
| | | | | | | 38.7 m from AP | 65.9030 | 0.3295 | **2.6032** |
| | | | | | | 57.601 m from AP | 54.8380 | 0.2742 | **2.1661** |
| | | | | | | 63.9 m from AP | 42.1510 | 0.2108 | **1.6650** |
| | | | | | | 70.083 m from AP | 31.4901 | 0.1575 | **1.2439** |
| | | | | | | | | | W (bulkhead-total) (tn) |
| | | | | | | | | | 13.6164 |

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ BULKHEAD STIFFENERS (ΣΥΝΟΛΙΚΑ)

| Bulkheads | b1 (mm) | h1 (mm) | b2 (mm) | h2 (mm) | b3 (mm) | h3 (mm) | Σ1 (Εμβαδον) (cm2) | Σ2 (Εμβ.x αποστ) (cm3) | y (Ουδ. Άξονας) (cm) | Σ3 (Εμβ. x αποστ^2) (cm4) | Σ4 (Ροπή Αδραν) (cm4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4.2 m from AP | 50.0000 | 10.0000 | 10.0000 | 90.0000 | 500.0000 | 4.5280 | 36.6400 | 99.4649 | 2.7147 | 717.2236 | 61.5535 |
| 13.5 m from AP | 75.0000 | 9.0000 | 9.0000 | 91.0000 | 500.0000 | 4.5280 | 37.5800 | 113.6175 | 3.0234 | 881.5179 | 57.3603 |
| 24.7 m from AP | 65.0000 | 7.0000 | 7.0000 | 93.0000 | 500.0000 | 4.5280 | 33.7000 | 84.3127 | 2.5019 | 635.0744 | 47.4934 |
| 38.7 m from AP | 65.0000 | 7.0000 | 7.0000 | 93.0000 | 500.0000 | 4.5280 | 33.7000 | 84.3127 | 2.5019 | 635.0744 | 47.4934 |
| 57.601 m from AP | 65.0000 | 7.0000 | 7.0000 | 93.0000 | 500.0000 | 4.5280 | 33.7000 | 84.3127 | 2.5019 | 635.0744 | 47.4934 |
| 63.9 m from AP | 65.0000 | 7.0000 | 7.0000 | 93.0000 | 500.0000 | 4.5280 | 33.7000 | 84.3127 | 2.5019 | 635.0744 | 47.4934 |
| 70.9 m from AP | 50.0000 | 10.0000 | 10.0000 | 90.0000 | 500.0000 | 4.5280 | 36.6400 | 99.4649 | 2.7147 | 717.2236 | 61.5535 |
| | | | | | | | | | | | |
| Bulkheads | | | | | | | ΣI=Σ4+Σ3-y^2*Σ1 (cm4) | c=(h1+h2+h3)-y (cm3) | Z=I/c (cm3) | Aw (cm2) | W(total)=W(stiff)xΑριθμ. |
| 4.2 m from AP | | | | | | | 508.7644 | 7.2853 | 69.8339 | 14.0000 | 1.0362 |
| 13.5 m from AP | | | | | | | 595.3725 | 6.9766 | 85.3379 | 14.9400 | 1.3954 |
| 24.7 m from AP | | | | | | | 471.6294 | 7.4981 | 62.8995 | 11.0600 | 1.1392 |
| 38.7 m from AP | | | | | | | 471.6294 | 7.4981 | 62.8995 | 11.0600 | 1.2020 |
| 57.601 m from AP | | | | | | | 471.6294 | 7.4981 | 62.8995 | 11.0600 | 1.0319 |
| 63.9 m from AP | | | | | | | 471.6294 | 7.4981 | 62.8995 | 11.0600 | 0.8591 |
| 70.9 m from AP | | | | | | | 508.7644 | 7.2853 | 69.8339 | 14.0000 | 0.8439 |
| | | | | | | | | | | | W(bulkhead-stiff-total) |
| | | | | | | | | | | | 7.5076 |

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ BULKHEAD PILLARS

| k | l (m) | i=(I/A)^0.5 | I=ΣI (cm4) | A=Σ1 | η=k/(1+l/i) | σE=π^2*E(i/100l)^2 | σF/2 (N/mm2) | σC=σE if σE<σF/2 | σC=σF(1-(σF/4σE)) if σE>σF/2 | P=n x F (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.7000 | 2.0000 | 57.7379 | 231 167 632.1759 | 69 343.4000 | 0.6766 | 172 560.1431 | 157.5000 | | 157.4641 | 252.0000 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | A=10P/(η*σc) (cm2) | A (pillar) (cm2) | V(total)=t x Aw (m3) | W(total)=V(total) x ρ (steel) (tn) | |
| | | | | | | 23.6543 | 69 340.0000 | 0.0347 | 0.2739 | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| b1 (mm) | h1 (mm) | b2 (mm) | h2 (mm) | b3 (mm) | h3 (mm) | Σ1 (Εμβαδον) (cm2) | Σ2 (Εμβ.x αποσταση) (cm3) | y (Ουδ. Άξονας) (cm) | Σ3 (Εμβ. x αποστ^2) (cm4) | Σ4 (Ροπή Αδρανείας) (cm4) |
| 20.0000 | 10.0000 | 3 467.0000 | 2 000.0000 | 20.0000 | 7.0000 | 69 343.4000 | 6 982 940.8900 | 100.7009 | 703 222 539.6515 | 231 133 333.5572 |
| | | | | | | | | | | |
| b (m) | h(m) | I (m4) | A (m2) | i (cm) | η=k/(1+l/i) | | | | ΣI=Σ4+Σ3-y^2*Σ1 (cm4) | |
| 3.4670 | 2.0000 | 2.3113 | 6.9340 | 57.7350 | 0.6766 | | | | 231 167 632.1759 | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | E= (N/mm2) | 210 000.0000 | |

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

| Υπολογισμος εγκαρσιων ελασμάτων πυθμένα κατά μήκος του πλοίου | A (m2) (από Autocac | A (m2) (ανθρωποθυριδων) (από Autocad) | Afinal (καθαρό έλασμα) (m2) | t (mm) (ελάσματος | V (ελασματος) (m3)=Afin x | W (ελασματος) (tn) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-20%L (0-16 m) (τομή στο 15%L) | 2.816 | 0.202 | 2.614 | 6.000 | 0.016 | 0.124 |
| 20-40%L (16-32 m) (τομή στο 30%L) | 2.621 | 0.202 | 2.419 | 6.000 | 0.015 | 0.115 |
| 40-60%L (32-48 m) (τομή στο 50%L) | 8.021 | 0.404 | 7.617 | 6.000 | 0.046 | 0.361 |
| 60-80%L (48-64 m) (τομή στο 70%L) | 5.785 | 0.404 | 5.381 | 6.000 | 0.032 | 0.255 |
| 80-100%L (64-80.14 m) (τομή στο 85% | 3.883 | 0.404 | 3.479 | 6.000 | 0.021 | 0.165 |

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ STIFFENERS ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

| 1m of water (KN/m2) | m (pg 18-sec 5) | l (m) | s (m) | σ (N/mm2) | p (m of water) KN/m2 | Z=ml^2sp/σ (cm3) | V(stiff)=l x Aw (m3) | W(stiff)=V(stiff) x ρ (steel) (tn) | Αριθμ. Stiffeners | W(total)=W(stiff)xΑριθμ. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9.8066 | 65.0000 | 1.8000 | 0.5000 | 281.6000 | 98.0660 | 36.6703 | 0.0017 | 0.0136 | 2.0000 | 0.0271 |
| 9.8066 | 65.0000 | 1.0000 | 0.5000 | 281.6000 | 98.0660 | 11.3180 | 0.0010 | 0.0075 | 4.0000 | 0.0301 |
| 9.8066 | 65.0000 | 1.8000 | 0.5000 | 281.6000 | 98.0660 | 36.6703 | 0.0017 | 0.0136 | 8.0000 | 0.1085 |
| 9.8066 | 65.0000 | 1.8000 | 0.5000 | 281.6000 | 98.0660 | 36.6703 | 0.0017 | 0.0136 | 6.0000 | 0.0814 |
| 9.8066 | 65.0000 | 1.8000 | 0.5000 | 281.6000 | 98.0660 | 36.6703 | 0.0017 | 0.0136 | 4.0000 | 0.0543 |

| Θέσεις ελασμάτων | W( σε κάθε ημιγάστρα) |
|---|---|
| 0-20%L (0-16 m) (τομή στο 15%L) | 1.1527 |
| 20-40%L (16-32 m) (τομή στο 30 | 1.1052 |
| 40-60%L (32-48 m) (τομή στο 50 | 3.5840 |
| 60-80%L (48-64 m) (τομή στο 70 | 2.5678 |
| 80-100%L (64-80.14 m) (τομή στ | 1.6728 |
| | 10.0825 |

| Θέσεις ελασμάτων | b1 (mm) | h1 (mm) | b2 (mm) | h2 (mm) | b3 (mm) | h3 (mm) | Σ1 (Εμβαδον) (cm2) | Σ2 (Εμβ.x αποσταση) (cm3) | y (Ουδ. Άξονας) (cm) | Σ3 (Εμβ. x αποστ^2) (cm4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-20%L (0-16 m) (τομή στο 15%L) | 50.0000 | 9.0000 | 9.0000 | 56.0000 | 500.0000 | 6.0000 | 39.5400 | 56.0610 | 1.4178 | 259.9637 |
| 20-40%L (16-32 m) (τομή στο 30%L) | 50.0000 | 9.0000 | 9.0000 | 56.0000 | 500.0000 | 6.0000 | 39.5400 | 56.0610 | 1.4178 | 259.9637 |
| 40-60%L (32-48 m) (τομή στο 50%L) | 50.0000 | 9.0000 | 9.0000 | 56.0000 | 500.0000 | 6.0000 | 39.5400 | 56.0610 | 1.4178 | 259.9637 |
| 60-80%L (48-64 m) (τομή στο 70%L) | 50.0000 | 9.0000 | 9.0000 | 56.0000 | 500.0000 | 6.0000 | 39.5400 | 56.0610 | 1.4178 | 259.9637 |
| 80-100%L (64-80.14 m) (τομή στο 85%L | 50.0000 | 9.0000 | 9.0000 | 56.0000 | 500.0000 | 6.0000 | 39.5400 | 56.0610 | 1.4178 | 259.9637 |

| Θέσεις ελασμάτων | Σ4 (Ροπή Αδρανείας) (cm4) | ΣI=Σ4+Σ3-y^2*Σ1 (cm4) | c=(h1+h2+h3)-y (cm3) | Z=I/c (cm3) | Aw (cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0-20%L (0-16 m) (τομή στο 15%L) | 14.3750 | 194.8536 | 5.0822 | 38.3406 | 9.5400 |
| 20-40%L (16-32 m) (τομή στο 30%L) | 14.3750 | 194.8536 | 5.0822 | 38.3406 | 9.5400 |
| 40-60%L (32-48 m) (τομή στο 50%L) | 14.3750 | 194.8536 | 5.0822 | 38.3406 | 9.5400 |
| 60-80%L (48-64 m) (τομή στο 70%L) | 14.3750 | 194.8536 | 5.0822 | 38.3406 | 9.5400 |
| 80-100%L (64-80.14 m) (τομή στο 85%L) | 14.3750 | 194.8536 | 5.0822 | 38.3406 | 9.5400 |

# ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΒΑΡΟΥΣ ΑΦΟΡΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ (LS)

| Υπολογισμος trans stff κατά μήκος πλοίου | W(transv stiff)/2.1 m | Σύνολο ημιγάστρας (tons) |
|---|---|---|
| x 20%L/2.1 (0-16 m) (τομή στο 15%L) | 0.9295 | 7.0943 |
| x 20%L/2.1 (16-32 m) (τομή στο 30%L) | 1.0518 | 8.0277 |
| x 20%L/2.1 (32-48 m) (τομή στο 50%L) | 1.2341 | 9.4193 |
| x 20%L/2.1 (48-64 m) (τομή στο 70%L) | 1.2359 | 9.4329 |
| x 20%L/2.1 (64-80.14 m) (τομή στο 85%L) | 1.3387 | 10.2175 |

| W (transverse stiffeners - bulkheads - pillar bulkheads) (tons) | | | |
|---|---|---|---|
| W(transverse stiffeners) + | | | 44.1917 |
| W(bulkheads-total) + | | | 13.6164 |
| W(bulkhead stiffeners) + | | | 7.5076 |
| W(trans bottom plate+stiff) | | | 10.0825 |
| W(bulkhead-pillars) | | | 1.9173 |
| | | Σύνολο ημιγαστρας | 77.3154 |
| | | Σύνολο γάστρας | 154.6308 |

| Υπολογισμος longitutinal stffeners κατά μήκος πλοίου | W(log+plate)/m | W(log+plate) x L(διατομής) | |
|---|---|---|---|
| (Marspeed) (και στις 2 ημιγάστρες) | | | |
| x 20%L (0-16 m) (τομή στο 15%L) | 4.5500 | 72.9274 | |
| x 20%L (16-32 m) (τομή στο 30%L) | 4.5900 | 73.5685 | |
| x 20%L (32-48 m) (τομή στο 50%L) | 5.0500 | 80.9414 | |
| x 20%L (48-64 m) (τομή στο 70%L) | 4.6470 | 74.4821 | |
| x 20%L (64-80.14 m) (τομή στο 85%L) | 4.5940 | 73.6326 | |
| | ΣΥΝΟΛΟ (tons) | 375.5521 | |

| ΣΥΝΟΛΙΚΟ Wst (tons) | | |
|---|---|---|
| W (steel - total) | 530.1829 | |
| | | |
| W(υπερκατασκευών) | 59.0514 | |
| | | |
| W(steel+υπερκατασκ) | 589.2342 | |
| | | |
| Προσαύξηση 10% | 648.1577 | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ | | | | | |
| | Μήκος (L) | Πλάτος (B) | Ύψος (H) | Πλευρές ΑΡ & ΔΕ(LxH)x2 | Πλευρές ΠΡ & ΠΜ (BxH)x2 | Οροφή καταστρ. (LxB) | Σύνολο επιφανειών (m2) | t (mm) | V(ελασματων υπερκατ.) |
| Main deck | 11.2000 | 13.0000 | 2.8000 | 62.7200 | 72.8000 | 145.6000 | 281.1200 | 4.0000 | 1.1245 |
| A deck | 11.2000 | 13.0000 | 2.8000 | 62.7200 | 72.8000 | 145.6000 | 281.1200 | 4.0000 | 1.1245 |
| B deck | 11.2000 | 13.0000 | 2.8000 | 62.7200 | 72.8000 | 145.6000 | 281.1200 | 4.0000 | 1.1245 |
| C deck | 11.2000 | 13.0000 | 2.8000 | 62.7200 | 72.8000 | 145.6000 | 281.1200 | 4.0000 | 1.1245 |
| Bridge deck | 7.6150 | 13.0000 | 2.7000 | 41.1210 | 70.2000 | 98.9950 | 210.3160 | 4.0000 | 0.8413 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | V (υπερκατασκευής) | W(ελασματων υπερκατ.) | | |
| | | | | | | 1 898.0065 | 8.8834 | | |
| | | | | | | | 8.8834 | | |
| | | | | | | | 8.8834 | | |
| | | | | | | | 8.8834 | | |
| | | | | | | | 6.6460 | | |
| | | | | | | | Wtotal | | |
| | | | | | | | **42.1796** | | |
| | | | | | | | x40% (ενισχυτικά) | | |
| | | | | | | | **16.8718** | | |
| | | | | | | | Wfinal (ελασματων υπερκατ) | | |
| | | | | | | | 59.0514 | | |

| | | |
|---|---|---|
| ΒΑΡΟΣ ΑΝΑΛΩΣΙΜΩΝ & ΕΦΟΔΙΩΝ (tons) | | |
| W(πλήρωμα + αποσκευές) | | |
| 75 kg/person + 60 kg αποσκευές/person | 1.5200 | |
| | | |
| Fresh water (135 kg/person/day) | 15.1200 | |
| | | |
| Εφόδια - τρόφιμα (11.5 kg/person/day) | 1.2880 | |
| | | |
| W (Diesel oil) (tons) (tons) | 108.5528 | |
| ρ=0.85 tn/m3 | | |
| | | |
| W (Lube oil) (tons) = 4%W(Diesel) | 4.7406 | |
| ρ=0.928 tn/m3 | | |
| W (αναλωσιμα+crew & connstants) | 131.2213 | |

| ΒΑΡΟΣ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ & ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ (tons) | | |
|---|---|---|
| Accomodation decks (total area) (m2) (Atotal) | 681.3950 | |
| Wpiping = At x 0.02 (tons) | 13.6279 | |
| Welec equip = At x 0.01 (tons) | 6.8140 | |
| W(εξαρτισμού) = 0.0746 x EN + 1.757 (tons) | 78.4893 | |
| W(cabins) = 0.04727 x A (tons) | 8.5455 | |
| W(wc) = 0.04905 x A (tons) | 3.6606 | |
| W(office/saloon) = 0.0303 x A (tons) | 1.6926 | |
| W(kitchen) = 0.05945 x A (tons) | 1.0713 | |
| W(mess)= 0.04095 x A (tons) | 2.2613 | |
| W(store) = 0.04095 x A (tons) | 0.7371 | |
| W(workshop) = (tons) | 2.1021 | |
| W(emergency gen room) = (tons) | 1.1358 | |
| W(Freezer store) = (tons) | 1.4597 | |
| W(corridors) = (tons) | 2.5036 | |
| W(ladders) = (tons) | 3.1735 | |
| W(wheel house) = (tons) | 3.7994 | |
| W (rescue boats + davits) | 12.9980 | |
| | | |
| Wot (tons) | 144.0715 | |
| Προσαύξηση 20%Wot | 28.8143 | |
| Wot(total) | 172.8857 | |
| Προσαύξηση 10% | 190.1743 | |
| | | |

| ΒΑΡΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (tons) | | |
|---|---|---|
| WMM(Μηχανές - Μειωτήρες) (8.7+3 t/each) | 23.5080 | |
| WEP (Γεννήτριες) (2x4.1+2x1.694 ton/each) | 8.2000 | |
| WP (Έλικες) = 0.127xD^2.852 | 2.7320 | |
| WS (Άξονες) = [0.096x(0.5xIHP)-33.79]x14.072 | 2.8807 | |
| | 37.3207 | |
| WMS = 30%Wm | 11.1962 | |
| Wm(total) | 48.5169 | |
| Προσαύξηση 10% | 53.3686 | |
| | | |

| ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΩΝ | | | |
|---|---|---|---|
| LS=Wst+Wot+Wm (tons) | 810.6369 | | |
| Προσαύξηση 10%LS | 891.7006 | | |
| | | Αριθμός TEU | |
| Pay Load (tons) | 1 977.0781 | 162.0000 | |
| | | | |
| DWT (tons) | 2 108.2994 | | |
| | | | |
| Δ (tons) | 3 000.0000 | | |

# ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

# ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (LCG)

# & ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (VCG) ΤΟΥ ΑΦΟΡΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ LCG & VCG ΤΟΥ WST | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wst(i) (tons) | LCG(i) από AE (m) | ML=Wst(i)*LCG(i) (ton*m) | LCG=ML/Wst (m) | KG(i) από BL (m) | Mt=Wst(i)*KG(i) | KG=Mt/Wst (m) |
| Wst (0-20%L) (0-16 m) | 102.2278 | 8.0000 | 817.8226 | 38.6107 | 6.0380 | 617.2516 | 6.9817 |
| Wst (20-40%L) (16-32 m) | 99.6895 | 24.0000 | 2 392.5490 | LCG from AP (m) | 5.7610 | 574.3115 | |
| Wst (40-60%L) (32-48 m) | 115.1060 | 40.0000 | 4 604.2409 | 36.1107 | 5.7240 | 658.8669 | |
| Wst (60-80%L) (48-64 m) | 105.4271 | 56.0000 | 5 903.9196 | | 5.7780 | 609.1580 | |
| Wst(80-100%L) (64-80.14 m) | 107.7323 | 72.0000 | 7 756.7278 | | 6.0730 | 654.2584 | |
| Wsuperstructure | 59.0514 | 21.6000 | 1 275.5097 | | 16.9350 | 1 000.0350 | |
| Wst(total) | 589.2342 | | 22 750.7696 | | | 4 113.8814 | |
| Προσαύξηση 10% | 648.1577 | | | | | | |

| | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ LCG & VCG του LS | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i)/D | KG(i) | Mt=W(i)*KG(i) | KG=Mt/Wst (m) | LCG(i)/L | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) | LCG=ML/W (m) από AP |
| Wst με προσαύξηση 10% | 648.1577 | | 6.9817 | 4 525.2695 | | | 36.1107 | 23 405.4525 | |
| Wot με προσαύξηση 10% | 190.1743 | 1.2250 | 12.2500 | 2 329.6355 | | 0.4600 | 34.5920 | 6 578.5102 | |
| Wm με προσαύξηση 10% | 53.3686 | 0.5000 | 5.0000 | 266.8431 | | | 19.1000 | 1 019.3407 | |
| LS | 891.7006 | | | 7 121.7481 | 7.9867 | | | 31 003.3034 | 34.7687 |

| | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ LCG & VCG του Payload | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ομάδα βάρους | W(i) (tons) | KG(i) | Mt=W(i)*KG(i) | KG=Mt/Wst (m) | LCG(i) από AP (m) | ML=W(i)*LCG(i) (ton*m) | LCG=ML/W (m) από AP | |
| PL (ΠΡ) | 1 537.7274 | 14.3720 | 22 100.2182 | 14.3720 | 48.1560 | 74 050.8005 | 38.7951 | |
| PL (ΠΜ) | 439.3507 | 14.3720 | 6 314.3480 | | 6.0320 | 2 650.1633 | | |
| | 1 977.0781 | | 28 414.5662 | | | 76 700.9639 | | |

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ‘’Ζ’’

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΡΙΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΩΝ DIESEL

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΙΩΤΗΡΩΝ

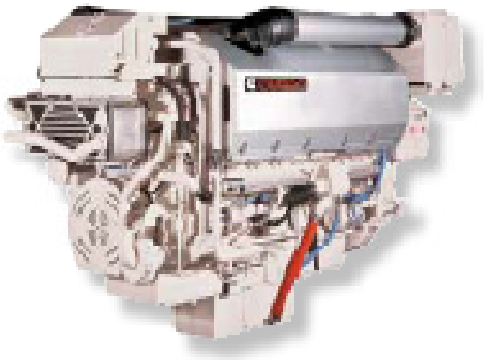
## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΩΣΤΙΚΩΝ ΛΕΜΒΩΝ

# QSK60 MCRS

## Marine Propulsion & Auxiliary Engines

### Specifications

| | |
|---|---|
| Configuration | V-16 cylinder, 4-stroke diesel |
| Bore & Stroke | 159 mm X 190 mm (6.25 in. X 7.48 in) |
| Displacement | 60.2 L (3672 in³) |
| Rotation | Counterclockwise facing flywheel |
| Aspiration | Turbocharged/Aftercooled |
| Emissions | EPA Tier 2, EU Stage IIIa, IMO Tier II |



### Dimensions

| | | |
|---|---|---|
| Length | 3290 mm | 130 in |
| Width | 1757 mm | 69 in |
| Height | 2415 mm | 95 in |
| Weight | 5754 kg | 12300 lb |

Dimensions and weight may vary based on selected engine configuration

### Ratings

| Engine Model | Output Power kW | Output Power HP | Engine Speed RPM | Rating Definition | Fuel Consumption Rated Speed L/hr (gal/hr) | Fuel Consumption ISO* L/hr (gal/hr) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Variable Speed** | | | | | | |
| QSK60-M MCRS | 1491 | 2000 | 1800 | Continuous | 361.2 (95.4) | 255.6 (67.5) |
| QSK60-M MCRS | 1491 | 2000 | 1800 | Continuous | 379.0 (100.1) | 267.6 (69.1) |
| QSK60-M MCRS | 1641 | 2200 | 1800 | Continuous | 404.4 (106.8) | 281.1 (74.3) |
| QSK60-M MCRS | 1715 | 2300 | 1900 | Heavy Duty | 432.6 (114.3) | 296.3 (78.3) |
| QSK60-M MCRS | 1864 | 2500 | 1900 | MCD | 467.8 (123.6) | 322.6 (85.2) |
| QSK60-M MCRS | 2013 | 2700 | 1900 | IPN | 505.2 (133.4) | 348.4 (92.0) |
| **Fixed Speed** | | | | | | |
| QSK60-DM MCRS | 1583 | 2095 | 1500 (50 Hz) | Prime | 372.8 (98.5) | 192.1 (50.7) |
| QSK60-DM MCRS | 1900 | 2547 | 1500 (60 Hz) | Prime | 479.5 (126.7) | 239.8 (63.4) |

* Average fuel consumption based on ISO 8178 G2 Standard Test Cycle (variable speed models) and ISO 8178 D2 Standard Test Cycle (fixed speed models)

The Right Technology. **Matters.**

# QSK60 MCRS

## Features and Benefits

Engine Design - Robust engine block designed for continuous duty operation and long life. Metric O-ring seals and edge molded gaskets eliminate fluid leaks. Ductile single-piece iron piston design with hardened liners and nitride coated rings for exceptional durability

Fuel System - Modular Common Rail Fuel System provides constant high injection pressure regardless of engine speed or load condition. Benefits include low noise and vibration for quiet operation, idle stability and improved low-end torque

Cooling System - Low temperature aftercooling. Engine-mounted titanium plate heat exchanger provides superior durability with minimal maintenance requirements

Exhaust System - Dry exhaust manifold with water shielding for reduced fuel consumption and improved performance

Air System - Cummins turbochargers optimized for marine applications. Twin pump, twin loop, low temperature aftercooling for efficient operation and optimization of performance

Lubrication System - Standard capacity (261 L [69 gal]) or high capacity (378 L [100 gal]) marine grade oil pan. Pre-lub starter protects engine from damage due to dry starts

Electronics - 24-volt Quantum System electronics feature a proven ECM to monitor operating parameters, while providing diagnostics, prognostics and complete engine protection. Simplified electrical customer interface box for all vessel connections to reduce installation complexity

Certifications - Complies with EPA Tier 2, EU Stage IIIa and IMO Tier II emissions regulations. Designed to meet the International Association of Classification Societies (IACS) and SOLAS requirements. Consult your local Cummins professional for a complete listing of available class approvals

Optional Equipment

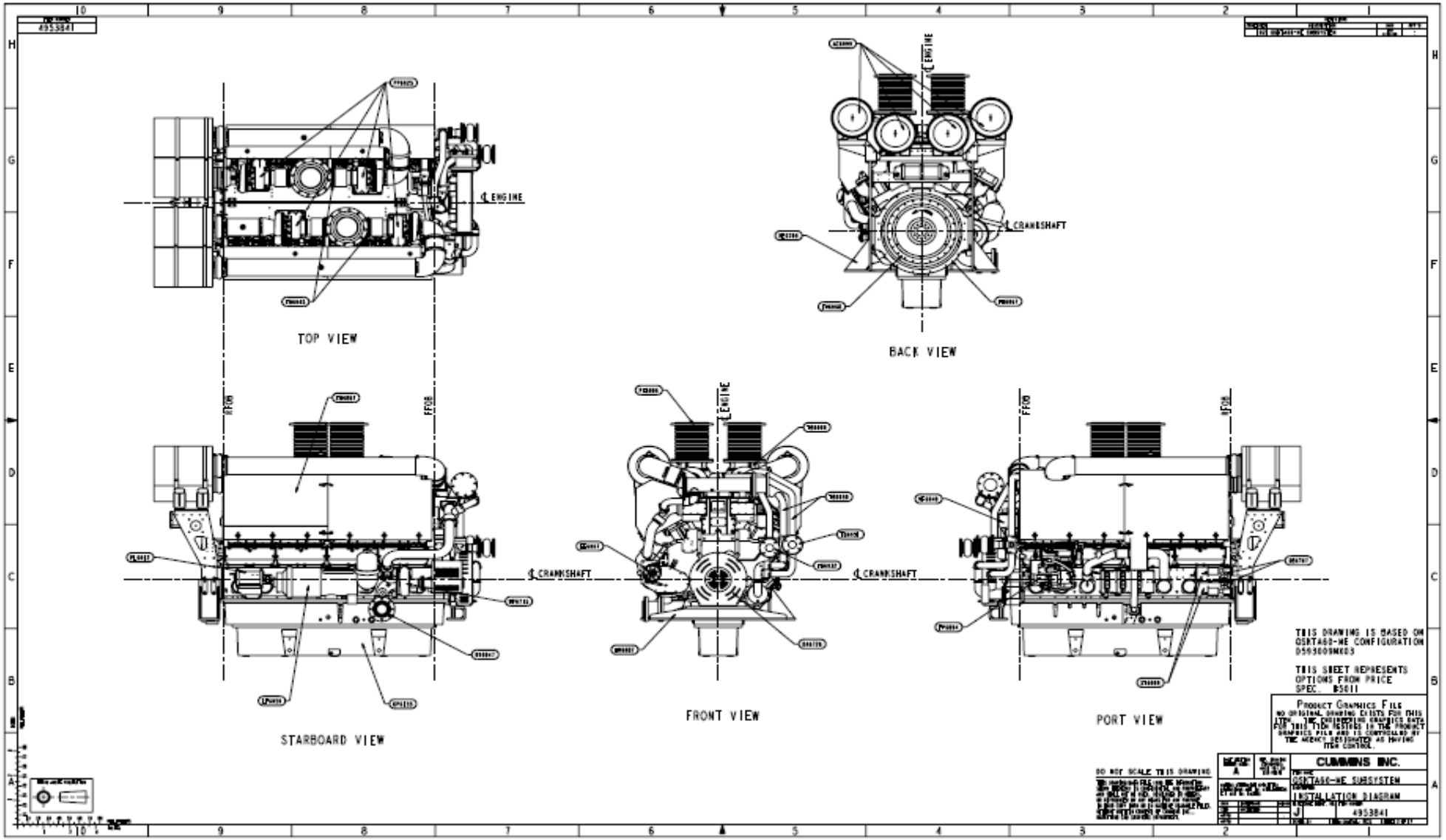
- Front power take-off adapter
- Touch screen color remote control panel
- Digital display
- C Command panels
- ELIMINATOR™
- SAE B accessory drive
- Fully integrated type approved alarm and safety system

Cummins is a pioneer in product improvement. Thus specifications may change without notice. Illustrations may include optional equipment.

Cummins Inc.
[illegible]
U.S.A.

Internet: marine.cummins.com
Email: [illegible]

Bulletin M1006/ Printed in U.S.A. REV 1 1/10
[illegible] Cummins Inc.

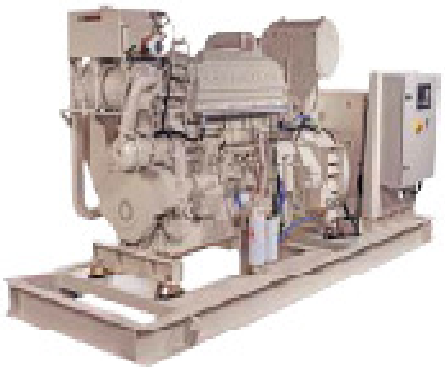

TOP VIEW
BACK VIEW
STARBOARD VIEW
FRONT VIEW
PORT VIEW
℄ ENGINE
℄ CRANKSHAFT
FF08
AF08
THIS DRAWING IS BASED ON
QSKT60-ME CONFIGURATION
THIS SHEET REPRESENTS
OPTIONS FROM PRICE
SPEC.
PRODUCT GRAPHICS FILE
DO NOT SCALE THIS DRAWING
CUMMINS INC.
QSKT60-ME SUBSYSTEM
INSTALLATION DIAGRAM
4953841

# K19-CP

## Marine Generator Sets

### Specifications

| | |
|---|---|
| **Engine Model** | Cummins KTA19 D(M1) |
| **Alternator** | Newage HCM634E |
| **AVR Type** | MX341 |
| **Operating Fuel** | #2 Diesel, MGO |
| **Agency Approvals** | ABS, BV, DNV, KGL, LR |
| **Emissions** | IMO Tier I |



### Dimensions

| | | |
|---|---|---|
| **Length** | 3500 mm | 137 in |
| **Width** | 1540 mm | 60 in |
| **Height** | 2100 mm | 82 in |
| **Weight** | 4100 kg | 9030 lb |

Dimensions and weight may vary based on selected engine configuration

### Ratings

| Model | Power* @ RPM | kV-A @ 0.8 pf | Frequency | Voltage | Fuel Consumption Rated Speed L/hr (gal/hr) | Fuel Consumption ISO** L/hr (gal/hr) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| K19-CP | 335 kWe @ 1500 | 419 | 50 Hz | 380, 400, 415, 440 | 91.1 (24.1) | 47.1 (12.4) |
| K19-CP | 380 kWe @ 1500 | 476 | 50 Hz | 380 | 103.4 (27.1) | 53.5 (13.9) |
| K19-CP | 390 kWe @ 1500 | 488 | 50 Hz | 400, 415, 440 | 102.6 (27.1) | 52.5 (13.9) |
| K19-CP | 400 kWe @ 1800 | 500 | 60 Hz | 416, 440, 460, 480 | 106.4 (28.1) | 58.8 (15.5) |
| K19-CP | 450 kWe @ 1800 | 563 | 60 Hz | 416 | 120.8 (31.9) | 64.7 (17.1) |
| K19-CP | 460 kWe @ 1800 | 575 | 60 Hz | 440, 460, 480 | 120.8 (31.9) | 64.7 (17.1) |

* kWe reflects the approximate amount of power available when used in a fixed standby genset configuration
** Average fuel consumption based on ISO 8178 D2 Standard Test Cycle (variable speed models) and ISO 8178 D2 Standard Test Cycle (fixed speed models)

The Right Technology. **Matters.**

# K19-CP

### G Power Design Features

- World-class Cummins diesel engines matched to industry-leading Cummins alternators. Designed, integrated and assembled for optimal efficiency and performance
- Engineered for the tough demands of the marine environment with superior durability and high uptime requirements
- Simplified vessel integration with less complex mechanical connections
- Available with multi-station alarm and monitoring panels via a local digital network to match application requirements
- Integrated alarm system can be configured to communicate with ship's control data systems
- Flexible configurations available to customize the generating set to the vessel's operation requirements
- Comprehensive warranty applies to entire generating set and is valid globally

### Engine Features

- Rugged in-line, six cylinder turbocharged diesel engine with mechanical fuel system provides excellent fuel economy and low maintenance requirements. Optional electronic speed governor
- Available in heat exchanger or keel cooled configurations
- Conforms to SOLAS surface temperature requirements and classifiable for Unmanned Machinery Space (UMS) applications as defined by IACS society rules
- IMO emissions certified by Lloyd's Register; Classification Society type approvals available
- Classed level units fitted with superior aluminum extruded wiring harness, duplex filtration and type-approved hardware

### Alternator Features

- 12 wire, 3-phase alternator provides a broad range of re-connectable outputs
- Designed specifically for marine applications with an IP23 rating
- Single bearing close coupled permanent magnet generator provides constant excitation under all conditions
- Standard 2/3 pitch windings avoid excessive neutral currents
- Classifiable for Unmanned Machinery Space (UMS) applications as defined by IACS society rules
- Dynamically balanced rotors with sealed-for-life ball bearings
- Integrated anti-condensation heaters and two sets of RTDs

Cummins is a pioneer in product improvement. Thus specifications may change without notice. Illustrations may include optional equipment.

Cummins Inc.
[illegible]
Charleston, [illegible]
U.S.A.

Internet: marine.cummins.com
E-mail: [illegible]

Bulletin M[illegible] Printed in U.S.A. REV 11/10
©2010 Cummins Inc.

## 1. Technical Data

**Dimension:**

| | |
|---|---|
| LOA | : 5.25 m |
| WOA | : 2.30 m |
| HOA | : 3.05m |

**Boat data**

| | |
|---|---|
| Number of persons | : 25 |
| Weight, empty boat | : 2312 kg |
| Weight, davit load | : 4187 kg |
| Hook distance | : 4.90 m* |
| Standard propulsion | : Propeller |
| Engine model | : BUKH DV29 RME |
| Speed | : 6 knots |
| Towing force | : 2.8 kN |

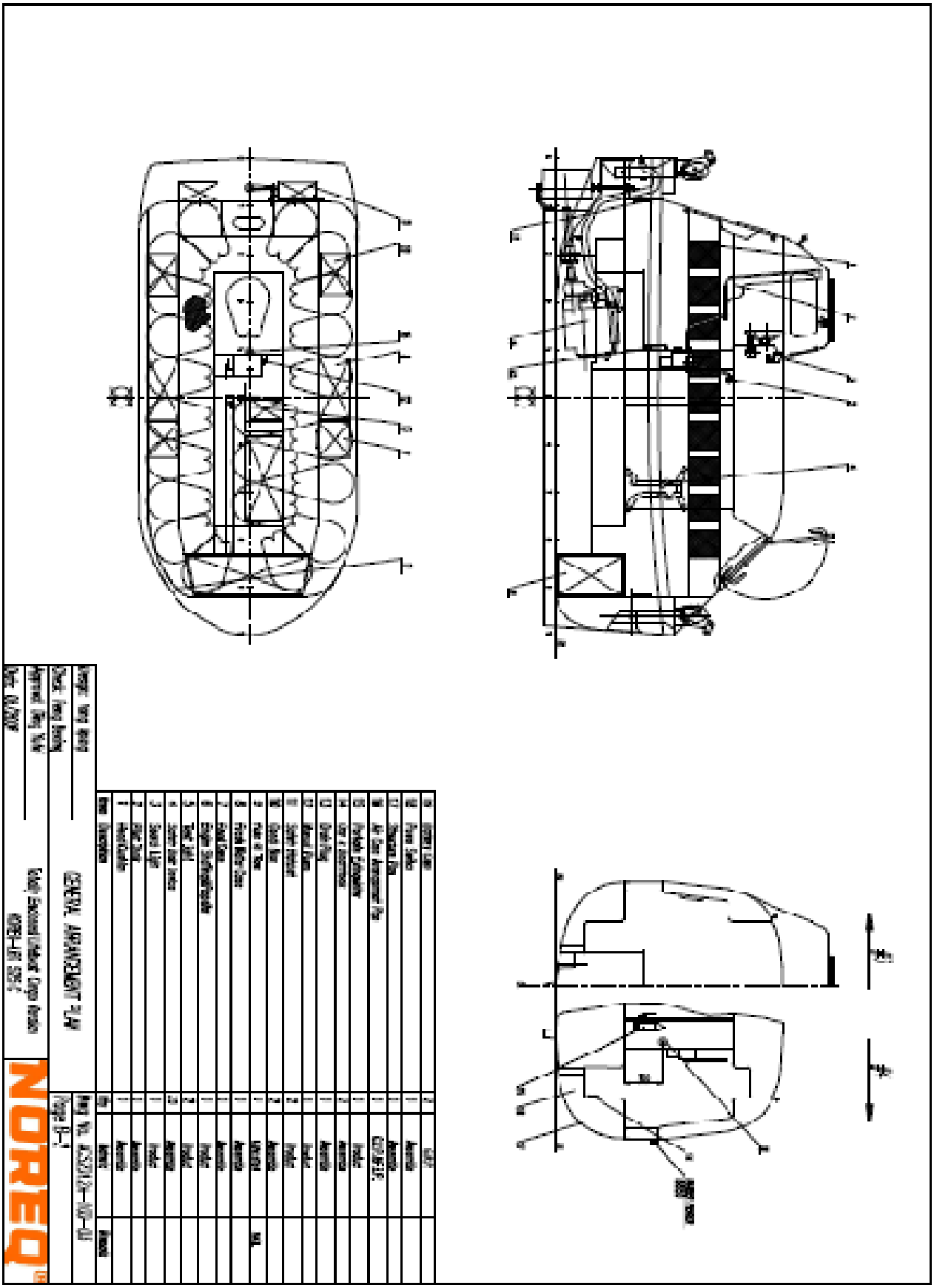
* Standard hook distance, may be modified on request.

## 2. General Description

Totally Enclosed Lifeboat (Cargo Version) with inboard diesel engine.

## 3. Regulations

The LBT fully complies with the latest SOLAS requirements and LSA Code.
The LBT will be certified by Bureau Veritas in accordance with the European Council Directive 96/98 EC on Marine Equipment (M.E.D).

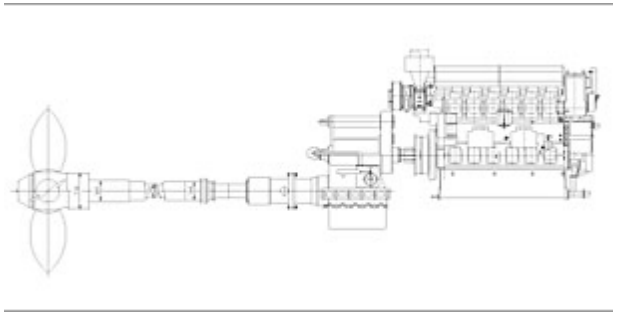

GENERAL ARRANGEMENT PLAN
NORED

# Single Stage Gearbox

The reduction gearboxes are designed for engines between 150 kW to 8000 kW. Maximum input speed is from 3200 rpm to 1000 rpm for the largest gearboxes. The reduction ratio is from 2:1 up to 10:1. The largest reduction is done by an additional gear train. The gearboxes can be delivered with PTO's for hydraulic pumps or shaft generator.

| Gear type | Max. kW | Max. rpm |
|---|---|---|
| G18 | 250 | 3200 |
| G23 | 350 | 2800 |
| G27 | 460 | 2400 |
| G30 | 740 | 2300 |
| G35 | 850 | 2100 |
| G42 | 1000 | 2100 |
| G50 | 2000 | 1800 |
| G60 | 3500 | 1600 |
| G70 | 4500 | 1200 |
| G80 | 6000 | 1000 |
| G90 | 8000 | 1000 |

F=Free standing K=Power take off



*The gearboxes are manufactured with following main components:*
- *Cast steel gearbox housing*
- *Input shaft arranged for flexible coupling*
- *Hydraulic operated multi-plate clutch for secure and soft engagement*
- *Gearwheels with hardened and ground helical teeth for silent operating*
- *Hydraulic built in servo unit for secure propeller pitch setting*
- *Output shaft with flange arrangement for propeller shaft coupling*
- *All bearings of roller type with a low friction losses and long lifetime*
- *Spherical roller thrust bearing with a low friction losses and long lifetime*

*All parts are made of the most suitable material qualities.*

Finnøy Gear & Propeller AS • Finnøy, N-6487 Harøy • E-mail: post@finnoygear.no • Phone: +47 71 27 60 00 • Fax: +47 71 27 60 35