



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΡΕΥΝΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΝΑΥΑΓΙΟ ΤΟΥ Ε/Γ – Ο/Γ
“ΗΡΑΚΛΕΙΟ” ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ
ΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ»**

Σκλαβενίτης Αλέξανδρος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Απ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ

ΑΘΗΝΑ 2012

«Πελώριον κῦμα, λυσσωδέστερον τῶν
ἄλλων, ἐκορυφώθη οὐ μακρὰν τῆς ἀκτῆς,
μανιῶδες παφλάζον, μετὰ ροιβδοῦ
φοβεροῦ ρηγνόμενον κατὰ τοῦ
βράχου...ἀναλαβὸν δὲ αὐτὸ τὸν ἀγῶνα, ὡς
νὰ ἔτρεφεν ἀτομικὸν πάθος κατὰ τοῦ
ἐλαφροῦ σκάφους...»

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, ΝΑΥΑΓΙΩΝ ΝΑΥΑΓΙΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ/ ABSTRACT	2
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1. ΝΑΥΤΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ & ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ Ε/Γ-Ο/Γ	
1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	9
2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ Ε/Γ-Ο/Γ	13
2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ, ΟΙ ΤΥΠΑΛΔΟΙ, Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»	
1. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ ΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ	19
2. Η ΠΛΟΙΟΚΤΗΤΡΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑ – ΑΔΕΡΦΟΙ ΤΥΠΑΛΔΟΙ	25
3. Η ΜΕΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ Ε/Γ – Ο/Γ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»	29
4. ΔΙΑΠΙΣΤΩΘΕΙΣΕΣ ΠΑΡΑΤΥΠΙΕΣ ΣΤΟ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»	34
5. ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ ΑΦΟΡΜΗ ΤΟ ΝΑΥΑΓΙΟ	38
3. ΤΟ ΝΑΥΑΓΙΟ	
1. ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΟΥ ΝΑΥΑΓΙΟΥ	43
2. ΜΑΡΤΥΡΙΕΣ/ΜΝΗΜΕΣ ΕΠΙΖΩΝΤΩΝ	46
4. ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΟΓΝΩΜΟΣΥΝΕΣ	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	53
2. ΕΚΘΕΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΟΓΝΩΜΟΣΥΝΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΩΝΙΟΥ&ΓΕΩΡΓΙΑΔΗ	54
3. ΜΕΛΕΤΗ ΝΑΥΑΓΙΟΥ ΤΩΝ ΦΡΑΓΚΟΥΛΗ, ΛΑΖΑΡΙΜΟΥ, ΑΣΦΗ	64
4. ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΘΗΓΗΤΗ WENDEL	74
5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΓΝΩΜΟΣΥΝΩΝ	78

5.	ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΛΟΓΩ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝΤΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	91
2.	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΗ ΝΥΧΤΑ ΤΟΥ ΝΑΥΑΓΙΟΥ	92
3.	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ	96
4.	ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ	101
4.1	ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΣΤΑΘΕΙΑ	103
4.2	ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ	105
4.3	ΑΥΘΕΝΤΙΚΗ ΑΠΩΛΕΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ	106
4.4	SURF RIDING & BROACHING	107
4.5	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ	108
5.	ΟΔΗΓΙΑ IMO MSC.1/Circ1228	109
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	114
7.	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ	119
6.	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΠΟ ΤΟ Ε/Γ-Ο/Γ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»	
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	127
2.	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	129
2.1	ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΓΡΑΜΜΗ ΦΟΡΤΩΣΗΣ	129
2.2	ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΑΘΙΚΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	131
2.3	ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΒΕΒΛΑΜΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	133
2.4	ΣΤΕΓΑΝΗ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ	137
3.	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ – ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ	141
4.	ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ Ε/Γ-Ο/Γ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»	146
4.1	ΓΡΑΜΜΗ ΦΟΡΤΩΣΗΣ	146
4.2	ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΣΕ ΑΘΙΚΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	148
4.3	ΣΤΕΓΑΝΗ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ (ΚΑΤΑΚΛΥΣΙΜΑ ΜΗΚΗ)	160
4.4	ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΛΑΒΗ	164
	ΕΠΙΛΟΓΟΣ	169
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	173

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	181
	1. ΣΧΕΔΙΟ ΓΡΑΜΜΩΝ	183
	2. ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ	183
	3. ΣΧΕΔΙΟ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	186
	4. ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΑΣΤΡΑΣ	188
	5. ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ	190
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΒΙΒΑΣΤΗΚΑΝ ΣΤΟ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»	197
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΤΗ ΝΥΧΤΑ ΤΟΥ ΝΑΥΑΓΙΟΥ	198
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟ ΑΤΛΑΝΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ-ΚΥΜΑΤΟΣ ΕΛΚΕΘΕ & ΑΘΑΝΑΣΟΥΛΗ	199
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε	ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΕΤΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΥΨΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ, ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ	203
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΟΥΣ ΕΞΑΛΩΝ/ΓΡΑΜΜΗ ΦΟΡΤΩΣΗΣ	211
	1. ΔΣΓΦ 1930	211
	2. ΔΣΓΦ 1966	218
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ	ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΣΕ ΑΘΙΚΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	224
	1. ΒΔ 408/1961	226
	2. ΒΔ 634/1968	227
	3. Res. Α.167	230
	4. Res. Α562	234
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η	ΣΤΕΓΑΝΗ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ	235
	1. SOLAS 48	235
	2. SOLAS 60	238

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ	ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΛΑΒΗ	239
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	ΑΠΑΓΟΡΕΥΤΙΚΟ ΑΠΟΠΛΟΥ	246
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ	INVESTIGATION INTO THE SINKING OF OF THE RO- RO PASSENGER FERRY S.S. HERAKLION <i>(Papanikolaou Ap., Boulougouris Ev., Sklavenitis Al.)</i>	250
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Λ	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	263

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Ειδικότερα οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Απ. Παπανικολάου για την πολύτιμη βοήθεια και την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας μελέτης.

Επίσης θα ήθελα ειλικρινά να ευχαριστήσω την κ. Ελ. Ηλιοπούλου και τον κ. Ευαγ. Μπουλουγούρη για το αμείωτο ενδιαφέρον και το χρόνο που μου αφιέρωσαν καθώς και για τη γενικότερη συμβολή τους στο τελικό αποτέλεσμα.

Επιπλέον θα ήταν άδικο να μην αναφερθώ στον εκλιπόντα κ. Κων. Φιλίππου, οι ανεκτίμητης αξίας συζητήσεις με τον οποίο καθώς και το πλούσιο αρχείο του, μου ανοίξαν ένα παράθυρο στην κατάσταση της ναυτιλίας και της ναυπηγοεπισκευαστικής βιομηχανίας στην Ελλάδα την εποχή του ατυχήματος.

Τέλος ευχαριστώ τους γονείς μου για τη συνεχή, σιωπηλή συμπαράσταση και κατανόηση που έδειξαν όλο αυτό το διάστημα.

Περίληψη

Αναμφισβήτητα το ναυάγιο του Ε/Γ – Ο/Γ «Ηράκλειο» αποτελεί μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα περίπτωση μελέτης. Αφ' ενός πρόκειται για το πλέον πολύνεκρο ατύχημα στη σύγχρονη ιστορία της Ελλάδας και αφ' ετέρου, από ναυπηγικής άποψης, αποτελεί μια χαρακτηριστική περίπτωση ανατροπής λόγω κατάκλυσης διαμερίσματος άνωθεν του καταστρώματος στεγανών φρακτών σε συνδυασμό με ακολουθούντες κυματισμούς.

Στην παρούσα μελέτη ερευνήσαμε αρχικά τις επικρατούσες συνθήκες στη ναυτιλία και στη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία της εποχής προκειμένου να σχηματίσουμε μια καλύτερη εικόνα για το πλαίσιο μέσα στο οποίο λειτουργούσε το συγκεκριμένο πλοίο. Σε επόμενο στάδιο μελετήσαμε τις τρεις πραγματογνωμοσύνες/μελέτες προηγούμενων ερευνητών που είχαν ασχοληθεί με αυτό το ναυάγιο και στη συνέχεια προχωρήσαμε στη μοντελοποίηση του πλοίου στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάσαμε κατά πόσον το «Ηράκλειο» ικανοποιούσε τους διάφορους κανονισμούς ασφαλείας, όσον αφορά το ύψος εξάλων, τη στεγανή υποδιαίρεση και την ευστάθεια (σε άθικτη και βεβλαμμένη κατάσταση), από την εποχή του μέχρι και σήμερα. Επιπλέον προσδιορίσαμε για τη θαλάσσια περιοχή του ναυαγίου, με χρήση άτλαντα ανέμου-κύματος, την πιθανότητα εμφάνισης κάποιων ιδιαίτερα επικίνδυνων κυματισμών που ενδεχομένως να οδηγούσαν σε σοβαρή μείωση της ευστάθειας αν όχι και σε ανατροπή σύμφωνα με την οδηγία του IMO MSC.1/Circ1228. Με βάση το μοντέλο που δημιουργήσαμε, εξετάσαμε τη μεταβολή των υδροστατικών μεγεθών του πλοίου όταν αυτό διατρέχεται από κύμα, εστιάζοντας κυρίως στις περιπτώσεις hogging και sagging. Τέλος καταλήξαμε σε κάποια βασικά συμπεράσματα τόσο για το ίδιο το πλοίο όσο και για την εξέλιξη των κανονισμών ασφαλείας.

Abstract

Certainly investigating the sinking of the RoRo – Passenger Ferry S.S. «Heraklion» was a very interesting case of study from every aspect, both historical and scientific. The present project tries on the one hand to shed some light into the various events that led to the largest tragedy of modern Greek maritime history and on the other hand to evaluate the safety of that vessel according to several regulations, from 1960 till nowadays.

Specifically, in the first level, the state of affairs of Greek coastal shipping business of that time is described, based on testimonies, formal documents, Authorities' reports etc. Details about the vessel's history, conversion and malfunctions are provided. The official investigation reports of the accident of that age are commented and compared with the results of the present project. In the second level, the possible waves that the ship may have faced the night of the accident are estimated, as well as their possibility of occurrence, according to the weather forecast and modern atlases of wind and wave. In the next level, after having constructed a model of the ship using AVEVA/TRIBON software, several critical loading conditions are examined. In addition the compliance with the regulations of the time of the accident up to modern regulations concerning load lines, subdivision and intact & damage stability is also checked. Even more, by running several critical waves on the computer model the phenomena of stability's reduction due to following seas as described at IMO's guidance MSC.1/Circ1228, are examined too. Finally, we export certain conclusions concerning the regulations' evolution during the last decades and the vessel's safety as prescribed by them at each time.

Πρόλογος

Ήταν τις πρώτες πρωινές ώρες της 8ης Δεκεμβρίου 1966, κοντά στην βραχονησίδα Φαλκονέρα (23 ν.μ. βορειοδυτικά της νήσου Μήλου), όταν το επιβατηγό - οχηματαγωγό πλοίο «Ηράκλειον», που εκτελούσε το δρομολόγιο Χανιά - Πειραιάς, βυθίστηκε, λόγω ανοίγματος στη γάστρα άνωθεν του καταστρώματος στεγανών φρακτών και προοδευτικής κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων, με αποτέλεσμα να βρουν το θάνατο 224 άνθρωποι.

Τα επίσημα στοιχεία που είχαμε στη διάθεσή μας σχετικά με το συγκεκριμένο ναυάγιο ήταν δύο μελέτες/πραγματογνωμοσύνες που γράφτηκαν εκείνη την εποχή, το τελικό πόρισμα του ΑΕΕΝΑ (σημερινό ΑΣΝΑ) καθώς και μερικά σχέδια του πλοίου (κατόψεις καταστρωμάτων, γενική διάταξη και άλλα). Δυστυχώς λόγω του πολύ μεγάλου χρονικού διαστήματος που μας χωρίζει από την εποχή του ναυαγίου (σχεδόν 50 χρόνια) ακόμα και στα έγγραφα που είχαμε στα χέρια μας υπήρχαν ελλείψεις, σελίδες που λείπανε από τις μελέτες, σχέδια που δεν κατορθώσαμε να βρούμε κ.α.

Αναμφισβήτητα βέβαια, η ανάλυση και η ενασχόληση με το ναυάγιο του «Ηράκλειο» αποτελούσε εξ' αρχής πρόκληση. Πρόκειται για μία από τις μεγαλύτερες ναυτικές τραγωδίες στις ελληνικές θάλασσες καθώς είναι το δεύτερο πιο πολύνεκρο ναυάγιο μεταπολεμικά, μετά το «ΧΕΙΜΑΡΑ», και είχε τεράστιο αντίκτυπο στον ελληνικό λαό. Χαρακτηριστικό είναι πως το αδερφό του πλοίο, «Χανιά», απέπλευσε από την Κρήτη για τον Πειραιά την επόμενη μέρα του ναυαγίου με μόλις 4 επιβάτες. Επιπλέον το τραγικό αυτό συμβάν αποτέλεσε το έναυσμα και το μοχλό πίεσης για ποιοτικές αλλαγές στους κανονισμούς ασφαλείας, ώστε να υιοθετηθούν νέα, πιο αυστηρά κριτήρια. Χρονικά σηματοδότησε την αλλαγή και τη διαμόρφωση ως ένα βαθμό των κανονισμών ασφαλείας στη σημερινή τους μορφή.

Πέρα από την ιστορική σημασία του ναυαγίου η ενασχόληση με τη συγκεκριμένη υπόθεση είχε και άλλης φύσης ενδιαφέρον. Δόθηκε με αυτό τον τρόπο η ευκαιρία να μελετήσουμε την εξέλιξη, τουλάχιστον τον τελευταίο μισό αιώνα, των κανονισμών ασφαλείας που διέπουν τη λειτουργία των πλοίων, όσον αφορά την ευστάθεια, τη στεγανή υποδιαίρεση και τη γραμμή ορίου βύθισης, καθώς επίσης και γενικότερα την κατάσταση της ελληνικής ακτοπλοΐας. Πράγματα που σήμερα θεωρούμε προαπαιτούμενα για ένα πλοίο και ειδικότερα για ένα επιβατηγό, που μεταφέρει εκατοντάδες ανθρώπους, δεν ήταν πάντα δεδομένα. Αν μπορεί λοιπόν να βγει ένα ασφαλές συμπέρασμα από όλη αυτή την ιστορία, είναι πως υπάρχει ουσιαστική, ποιοτική εξέλιξη και έχει επιτευχθεί μεγάλη πρόοδος στην ασφάλεια των πλοίων, χωρίς βέβαια να ξεχνάμε πως αντίτιμο ήταν το πλήθος των θυμάτων.

Εισαγωγή

Για την παρούσα διπλωματική εργασία είχαμε στη διάθεσή μας δύο μελέτες/πραγματογνωμοσύνες που γράφτηκαν την εποχή του ναυαγίου, το τελικό πόρισμα του ΑΕΕΝΑ (σημερινό ΑΣΝΑ) καθώς και μερικά σχέδια του πλοίου (κατόψεις καταστρωμάτων, γενική διάταξη και άλλα). Σε πρώτη φάση ασχοληθήκαμε με τη μελέτη των εγγράφων που είχαμε στην κατοχή μας σε μια προσπάθεια να συγκρίνουμε τις τρεις 3 σχετικές μελέτες προσπαθώντας να εντοπίσουμε διαφορές στον τρόπο αντιμετώπισης του ζητήματος καθώς και σημεία σύγκλισης.

Πολύ σημαντική για την κατανόηση της κατάστασης που επικρατούσε την εποχή εκείνη στην Ελλάδα στο χώρο της ναυτιλίας και της ναυπηγοεπισκευής ήταν η μελέτη πηγών της περιόδου (έντυπα, εφημερίδες, μαρτυρίες, επίσημες αναφορές της ΕΕΠ κτλ). Ιδιαίτερης σημασίας ήταν οι κατ' ιδίαν συζητήσεις με ανθρώπους που επέβαιναν στο «Ηράκλειο» τη νύχτα του ναυαγίου καθώς επίσης και με τον κ. Κωνσταντίνο Φιλίππου που εργάζονταν στην ΕΕΠ και σε διάφορες άλλες θέσεις εκείνα τα χρόνια έχοντας εις βάθος και από πρώτο χέρι γνώση των θεμάτων.

Στη συνέχεια βασιζόμενοι στα offsets των γραμμών του πλοίου κατασκευάσαμε ένα μοντέλο του «Ηράκλειο» στο υπολογιστικό πρόγραμμα TRIBON/AVEVA. Το αρχείο των offsets που χρησιμοποιήσαμε ήταν αποτέλεσμα της δουλειάς της ομάδας του κ Kruger από το πολυτεχνείο του Αμβούργου (TUHH), αφού πρώτα είχαν μελετηθεί όλα τα διαθέσιμα στοιχεία που μπόρεσαν να συλλεχθούν σχετικά με το «Ηράκλειο». Έπειτα αφού ελέγξαμε τα αποτελέσματα για τα υδροστατικά χαρακτηριστικά της γάστρας με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του TUHH, προχωρήσαμε στη μοντελοποίηση των εσωτερικών χώρων και διαμερισμάτων του πλοίου όπως αυτά φαίνονταν στα διαθέσιμα σχέδια, κάνοντας ως ένα βαθμό κάποιες παραδοχές σχετικά με την κυρτότητα και τη σιμότητα των καταστρωμάτων.

Το επόμενο βήμα, αφού ελέγξαμε πως το μοντέλο μας είναι σε γενικές γραμμές το ίδιο με αυτό του TUHH τόσο σε υδροστατικά χαρακτηριστικά αλλά και όσον αφορά τη διάταξη των χώρων, ήταν να εξετάσουμε κατά πόσο το συγκεκριμένο πλοίο ικανοποιούσε τους κανονισμούς σχετικά με τη γραμμή φόρτωσης, την υποδιαίρεση και την ευστάθεια (σε άθικτη και βεβλαμμένη κατάσταση). Ξεκινήσαμε από τους κανονισμούς που βρίσκονταν σε ισχύ την περίοδο που μετασκευάστηκε το «Ηράκλειο», φτάνοντας σε κάποιες περιπτώσεις μέχρι και τους σύγχρονους, σε μια προσπάθεια να διαπιστώσουμε αν το «Ηράκλειο» θα μπορούσε να πλέει σήμερα στις θάλασσες.

Επιπρόσθετα κρίναμε ενδιαφέρον να ασχοληθούμε και με τις περιπτώσεις ανατροπής του πλοίου λόγω ακολουθούντων κυματισμών, όπως αυτές περιγράφονται στην οδηγία MSC.1/Circ1228 του IMO. Βασιζόμενοι σε διάφορους άτλαντες ανέμου/κύματος και στις μετεωρολογικές προβλέψεις για τη νύχτα του ναυαγίου κάναμε μια εκτίμηση για τους πιθανούς κυματισμούς που θα μπορούσαν να διεγείρουν οι άνεμοι που έπνεαν στην περιοχή. Χρησιμοποιώντας και πάλι το υπολογιστικό πρόγραμμα TRIBON/AVEVA υπολογίσαμε τα διάφορα υδροστατικά

μεγέθη του πλοίου, όταν αυτό εκτίθεται στους παραπάνω κυματισμούς, εξετάζοντας τις περιπτώσεις όπου το πλοίο βρίσκεται τότε στην κορυφή και τότε στην κοιλάδα του κύματος. Καταλήξαμε λοιπόν να εκφράσουμε μια αρχική εκτίμηση για το κατά πόσο ήταν πιθανό στην περίπτωση του «Ηράκλειο» να έχει εμφανιστεί κάποιο από τα φαινόμενα που περιγράφεται στη συγκεκριμένη οδηγία του ΙΜΟ.

Συνοπτικά η παρούσα μελέτη χωρίζεται στα παρακάτω κεφάλαια:

Κεφάλαιο	I	:	Ναυτικά ατυχήματα στην Ελλάδα & Ασφάλεια των Ε/Γ-Ο/Γ
Κεφάλαιο	II	:	Ελληνική ακτοπλοΐα, οι Τυπάλδοι, η περίπτωση του «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»
Κεφάλαιο	III	:	Το ναυάγιο
Κεφάλαιο	IV	:	Προηγούμενες μελέτες και πραγματογνωμοσύνες
Κεφάλαιο	V	:	Εξέταση ενδεχομένου μείωσης ευστάθειας λόγω ακολουθούντων κυματισμών βάσει της μετεωρολογικής πρόβλεψης
Κεφάλαιο	VI	:	Ιστορική εξέλιξη των κανονισμών ασφαλείας και έλεγχος ικανοποίησής τους από το Ε/Γ-Ο/Γ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΝΑΥΤΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ & ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ Ε/Γ-Ο/Γ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η Ελλάδα ήταν ανέκαθεν μια χώρα όπου λόγω της γεωγραφικής της θέσης αλλά και της μορφολογίας της οι θαλάσσιες μεταφορές έπαιζαν πολύ σημαντικό ρόλο. Όσον αφορά τη σύγχρονη εποχή θα μπορούσε κανείς να πει πως τα πρώτα δείγματα υπεροχής παρουσιάστηκαν λίγο πριν από τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, μια εποχή που έφερνε την Ελλάδα σε τροχιά πρωτοπορίας στο συγκεκριμένο κλάδο. Αμέσως μετά τον πόλεμο, η χώρα μας κατόρθωσε να αναπτύξει ένα σπουδαίο εμπορικό στόλο από καράβια κατηγορίας Liberty's και έθεσε τις βάσεις με τα διαθέσιμα μέσα της εποχής για μια ακτοπλοΐα που θα κάλυπτε τις ανάγκες των νησιωτών και του λαού γενικότερα. Όμως υπήρξαν και στιγμές που άλλοτε ο ανθρώπινος παράγοντας, άλλοτε η δίψα για κέρδος, η κακοκαιρία, η έλλειψη κανονισμών και ποικίλα άλλα αίτια στιγμάτισαν με μελανά σημεία την κατά τα άλλα εντυπωσιακή πορεία της ελληνικής ακτοπλοΐας. Αρκετές εκατοντάδες είναι οι νεκροί που μετράει η Ελλάδα από ναυτικά ατυχήματα, εκ των οποίων τα μεγαλύτερα είναι:

«ΧΕΙΜΑΡΑ»

19 Ιανουαρίου 1947. Η μεγαλύτερη ναυτική τραγωδία ελληνικού επιβατηγού, στον νότιο Ευβοϊκό. Το επιβατηγό «Χειμάρα» ήταν το τελευταίο ατμόπλοιο της ελληνικής ακτοπλοΐας. Παραχωρήθηκε στην ελληνική κυβέρνηση το 1946 με τις γερμανικές επανορθώσεις. Έπειτα από σύντομες επισκευές στον Πειραιά, τοποθετήθηκε στην ακτοπλοϊκή γραμμή Πειραιάς-Θεσσαλονίκη. Στις 18 Ιανουαρίου του 1947 και ώρα 8.30 π.μ. το «Χειμάρα» με 544 επιβάτες και πλήρωμα 86 άνδρες αποπλέει από τη Θεσσαλονίκη με προορισμό τον Πειραιά. Ανάμεσα στους επιβάτες του πλοίου είναι και 36 πολιτικοί κρατούμενοι που οδηγούνται στην εξορία, καθώς επίσης και γύρω στους 200 χωροφύλακες και στρατιώτες, αρκετοί από τους οποίους οπλοφορούν. Στις 4 τα ξημερώματα, ανάμεσα στα Νέα Στύρα και την Αγία Μαρίνα, το πλοίο προσκρούει στις νησίδες Βερδούγια. Βυθίζεται σε ελάχιστο χρόνο, παρασύροντας στο θάνατο τουλάχιστον 383 ανθρώπους.

«ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΣ»

22 Μαρτίου 1958. Το πλοίο πέφτει σε πολύ άσχημο καιρό ενώ βρίσκεται κοντά στις τουρκικές ακτές με κατεύθυνση προς την Κω. Έπειτα από μετατόπιση φορτίου στο αμπάρι (και εξαιτίας πιθανού ρήγματος στα ύφαλα που είχε πρόχειρα κλειστεί με τσιμέντο), το πλοίο ανατρέπεται και οι επιβάτες παρασύρονται στη θάλασσα. 25 άνθρωποι από τους 32 που επενέβαιναν στο πλοίο χάνονται συγκλονίζοντας την δωδεκανησιακή κοινωνία.

«ΗΡΑΚΛΕΙΟ»

8 Δεκεμβρίου 1966. Το επιβατηγό οχηματαγωγό με δυνατότητα μεταφοράς 1.000 επιβατών και 300 αυτοκινήτων, εκτελούσε το δρομολόγιο μεταξύ Κρήτης και Πειραιά. Λόγω της έντονης κακοκαιρίας ένα μεγάλο φορτηγό – ψυγείο σπάει τον προωαίο καταπέλτη και τα νερά κατακλύζουν το κατάστρωμα οχημάτων. 205 ταξιδιώτες και 65 μέλη του πληρώματος πέφτουν στα κρύα νερά του Αιγαίου, ανοικτά της Φαλκονέρας. 223 άτομα χάνουν τη ζωή τους ενώ μόλις 47 κατορθώνουν να επιβιώσουν.

«ΕΛΕΑΝΑ»

28 Αυγούστου 1971. Μια πυρκαγιά στο πλοίο του εφοπλιστή Κώστα Ευθυμιάδη γίνεται η αιτία να χαθούν 25 άνθρωποι. Το «Ελεάνα» ξεκίνησε δρομολόγιο στις 28 Ιουνίου του 1967 από Πάτρα για Ανκόνα. Την εποχή εκείνη ήταν από τα μεγαλύτερα F/B στον κόσμο καθώς χωρούσε 400 ΙΧ και 70 φορτηγά ή 120 φορτηγά. Το Σάββατο 28 Αυγούστου και ενώ βρίσκεται ανοικτά του Πρίντεζι, ξεσπάει φωτιά στα μαγειρία που επεκτείνεται σε όλο σχεδόν το πλοίο. Η ώρα ήταν 05.30 π.μ. όταν εξέπεμψε S.O.S. και μετά από μια ώρα διετάχθη εγκατάλειψη του πλοίου. Τη μέρα εκείνη είχαν επιβιαστεί 1128 επιβάτες και πλήρωμα ενώ στο γκαράζ του είχε 185 ΙΧ και 8 φορτηγά.

«ΜΕΡΛΙΝ»

15 Νοεμβρίου 1972. 4 μίλια από τις ακτές του Παλαιού Φαλήρου η ναυαρχίδα του στόλου του Σταύρου Νιάρχου «World Hero» χωρητικότητας 216,000 τόνων συγκρούεται με το οχηματαγωγό του Πολεμικού Ναυτικού «Μέρλιν». Νεκροί 44 άνδρες του Πολεμικού Ναυτικού που εγκλωβίστηκαν στα κάτω διαμερίσματα του οχηματαγωγού.

«ΧΡΥΣΗ ΑΥΓΗ»

24 Φεβρουαρίου 1983. Το οχηματαγωγό «Χρυσή Αυγή» βυθίζεται στα ανοικτά της Καρύστου έπειτα από έκρηξη και ανατροπή, με αποτέλεσμα 26 άτομα να παρασυρθούν στο βυθό του ακρωτηρίου Μαντήλι της Εύβοιας. Το πλοίο είχε αποπλεύσει από το λιμεναρχείο Ραφήνας με προορισμό τα νησιά Ανδρο, Τήνο, Πάρο και Νάξο, μεταφέροντας 9 βυτιοφόρα, 4 φορτηγά, με πλήρωμα 23 ατόμων και 14 οδηγούς αυτοκινήτων.

«ΚΩΣΤΑΚΟΣ»

5 Νοεμβρίου 1996. Έξω από το λιμάνι της Σάμου με τα φώτα κλειστά, όπως όριζε η άσκηση του Πολεμικού Ναυτικού «Παρμενίων», βρισκόταν η πυραυλάκατος του Ελληνικού Πολεμικού Ναυτικού «Κωστάκος». Το επιβατηγό «Σάμαινα» συγκρούεται μαζί του με αποτέλεσμα τη βύθιση του «Κωστάκος», λίγα μέτρα από το ακρωτήριο Αυλάκια. Το «Σάμαινα» δεν έπαθε απολύτως τίποτα. Από τα 38 μέλη του πληρώματος του «Κωστάκος» 4 άνδρες του Πολεμικού Ναυτικού έχασαν τη ζωή τους.

«ΔΥΣΤΟΣ»

28 Δεκεμβρίου 1996. Ανοιχτά της Κύμης εντοπίζεται αναποδογυρισμένο το πλοίο ιδιοκτησίας της εταιρείας ΑΓΕΤ. Είχε αποπλεύσει από τον Βόλο με 5.300 τόνους τσιμέντου και προορισμό τον Πειραιά. Τρία ναυτικά μίλια ανατολικά του ακρωτηρίου της Κύμης, περίπου στις 10 το βράδυ, το πλοίο είχε αρχίσει να παίρνει επικίνδυνη κλίση. Από την έρευνα των πραγματογνωμόνων ως αιτία του ναυαγίου θεωρήθηκε αναμφίβολα η μετατόπιση φορτίου η οποία και επέφερε την άτανδρη ανατροπή του πλοίου. 26 νεκροί και ένας επιζών.

«ΙΑΣΩΝ»

13 Ιουλίου 1999. Το τουριστικό σκάφος βυθίζεται στις Γαλάζιες Σπηλιές της Ζακύνθου παρασύροντας στον θάνατο 4 από τους επιβάτες του. Το «Ιάσων» είχε αποπλεύσει από τον όρμο του Αγίου Νικολάου Σχινιά για μονοήμερη τουριστική εκδρομή προς τις Γαλάζιες Σπηλιές μεταφέροντας 28 επιβάτες αλλά 5 ναυτικά μίλια από τον όρμο Σκιναρίου και 340 μέτρα από την ακτή του Αγίου Ανδρέα ΒΔ της Ζακύνθου άρχισε να μπάζει νερά λόγω ρήγματος.

«SUPER FAST 3»

1 Νοέμβρη 1999. Στο ταχύπλοο στο οποίο επέβαιναν λαθρομετανάστες, Αλβανοί, Κούρδοι και Μολδαβοί ξεσπάει πυρκαιά. Η φωτιά εκδηλώθηκε στο πέμπτο γκαράζ του πλοίου, που εκτελούσε δρομολόγιο από Πάτρα προς Ιταλία, ενώ βρισκόταν περίπου 13 μίλια ανοιχτά του κόλπου του Μεσολογγίου. Νεκροί 15 Κούρδοι.

«ΕΞΙΠΡΕΣ ΣΑΜΙΝΑ»

26 Σεπτεμβρίου 2000. Γύρω στις 10 το βράδυ, δύο ναυτικά μίλια έξω από το λιμάνι της Πάρου, εξελίσσεται μια απίστευτη ναυτική τραγωδία. Το επιβατηγό-

οχηματαγωγό πλοίο «Εξπρές Σαμίνα» της Minoan Flying Dolphin που εκτελούσε την ακτοπλοϊκή γραμμή Πειραιάς – Πάρος – Νάξος – Ικαρία – Σάμος – Πάτμος με τελικό προορισμό τους Λειψούς, με 465 επιβάτες και 62 μέλη πλήρωμα προσκρούει στις βραχονησίδες «Πόρτες» και σε ελάχιστο χρόνο βυθίζεται. Απολογισμός 82 νεκροί.

«SEA DIAMOND»

5 Απριλίου 2007. Το κρουαζιερόπλοιο «Sea Diamond» της εταιρείας «Louis Hellenic-Cruises» ξεκίνησε από το λιμάνι του Ηρακλείου με προορισμό τη Σαντορίνη μεταφέροντας 1163 επιβάτες και 391 μέλη πληρώματος. Μια ώρα μετά την αναχώρηση συνέβη βλάβη στη μία από τις τέσσερις κύριες μηχανές του πλοίου. Το πλοίο είχε θέσει την επισκευασμένη μηχανή σε λειτουργία μπαίνοντας στον κόλπο της Σαντορίνης και έκτοτε παρέκκλινε σημαντικά. Κοντά στο ακρωτήριο Αλωνάκι το πλοίο προσέκρουσε σε ξέρα και άρχισε να "μπάζει" νερά (οι 19 υδατοστεγείς φρακτές παρέμεναν ανοικτές). Το πλοίο αποκολλήθηκε από την ξέρα και κατέληξε ακυβέρνητο στον όρμο των Φηρών. Από το ναυάγιο σώθηκαν όλοι οι επιβαίνοντες, εκτός από δύο Γάλλους που ως σήμερα θεωρούνται αγνοούμενοι.

1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ Ε/Γ – Ο/Γ

Ακόμα και στις μέρες μας τόσο για τα πλοία τύπου Ro-Pax όσο και τα Ro-Ro εξακολουθούν να υπάρχουν ανησυχίες για το επίπεδο ασφάλειας που μπορούν να παρέχουν.

Μια σημαντική μελέτη σχετικά με την ασφάλεια των πλοίων αυτών υποβλήθηκε στον IMO το 1983 από τη Νορβηγία. Η μελέτη συντάχθηκε από το Νορβηγικό Νηογνώμονα και κάλυπτε τα έτη 1965-1982. Από τα 341 περιστατικά που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της περιόδου, τα 217 ήταν σοβαρά και τα 36 οδήγησαν στη συνολική απώλεια του πλοίου. Η μελέτη αυτή έδειξε πως οι συνολικές απώλειες ως αποτέλεσμα σύγκρουσης ήταν πολύ υψηλότερες για τα Ro-Ro σε σχέση με τα άλλου τύπου πλοία. Ένα επίσης σημαντικό θέμα που θίχτηκε από την έρευνα αυτή ήταν πως τα Ε/Γ-Ο/Γ μπορεί να είχαν ένα αρκετά υψηλό μερίδιο ποσοστού απωλειών αλλά η συχνότητα σοβαρής απώλειας/ολικής απώλειας ήταν σχετικά χαμηλή σε σχέση με την αντίστοιχη των Ro-Ro.

Σύμφωνα με μια πιο πρόσφατη μελέτη (πίνακας 1.1) για την περίοδο 1994-2004, (πρόγραμμα SAFEDOR) για πλοία τύπου Ro-Pax, μεγαλύτερα από 1000GRT μπορεί κανείς να συμπεράνει πως τα ατυχήματα που οφείλονται σε “hull damage” (πρόκειται για την περίπτωση που θα μας απασχολήσει στην παρούσα μελέτη) δεν αποτελούν παρά μικρό μόνο ποσοστό (3.33%) του συνόλου των ατυχημάτων. Ενώ η συχνότητα των σοβαρών ατυχημάτων τέτοιου τύπου είναι 1 κάθε 2222 shipyears. Καταλαβαίνουμε λοιπόν Το γεγονός αυτό οφείλεται σε κάποιες σχεδιαστικές λεπτομέρειες που κάνουν τα πλοία αυτού του τύπου να διαφέρουν ουσιαστικά από τα υπόλοιπα, με κυριότερες την αδυναμία εγκατάστασης εγκάρσιων φρακτών στα ανώτερα καταστρώματα.

Τα συμμορφωμένα με τους κανονισμούς πλοία έχουν υδατοστεγή υποδιαίρεση μέχρι το ανώτατο συνεχές κατάστρωμα. Παρ’ όλα αυτά τα πολύ μεγάλης έκτασης καταστρώματα οχημάτων αποτελούν εν δυνάμει χώρους που μπορούν να κατακλυστούν ταχύτατα δημιουργώντας τεράστιες ελεύθερες επιφάνειες. Οι μπουκαπόρτες εισόδου-εξόδου βρίσκονται συνήθως πολύ κοντά στην ίσαλο γραμμή και αποτελούν το αδύναμο σημείο του πλοίου ιδιαίτερα όταν οι μπουκαπόρτες αυτές χρησιμοποιούνται και σαν ράμπες φόρτωσης-εκφόρτωσης. Τα πλοία αυτά έχουν μεγάλης έκτασης υπερκατασκευές συγκρινόμενα με άλλου τύπου πλοία, τόσο σε ύψος όσο και σε μήκος (συνήθως εκτείνονται σε όλο το μήκος του πλοίου). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επηρεάζονται πολύ περισσότερο από τον άνεμο και τον κακό καιρό.

Εξετάζοντας βέβαια τα στατιστικά που παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε πως η περίπτωση του ναυαγίου του «Ηράκλειο» (hull damage) αποτελεί μια πολύ σπάνια περίπτωση στα ναυτικά ατυχήματα διεθνώς.

	#incidents		% Total	% Serious	Frequency (per shipyear)	
	Total	Serious			Total	Serious
Collision	194	20	18.4%	11.0%	1.25E-02	1.29 E-03
Contact	193	21	18.3%	11.6%	1.25 E-02	1.36 E-03
Fire/explosion	128	50	12.2%	27.6%	8.28 E-03	3.23 E-03
Wrecked/stranded	148	47	14.1%	26.0%	9.57 E-03	3.04 E-03
Hull damage	35	7	3.3%	3.9%	2.26 E-03	4.53 E-04
Foundered	2	2	0.2%	1.1%	1.29 E-04	1.29 E-04
Machinery damage	289	31	27.5%	17.1%	1.87 E-02	2.00 E-03
Miscellaneous	63	3	6.0%	1.7%	4.07 E-03	1.94 E-04
Total	1052	181	100%	100%	6.80 E-02	1.17 E-02

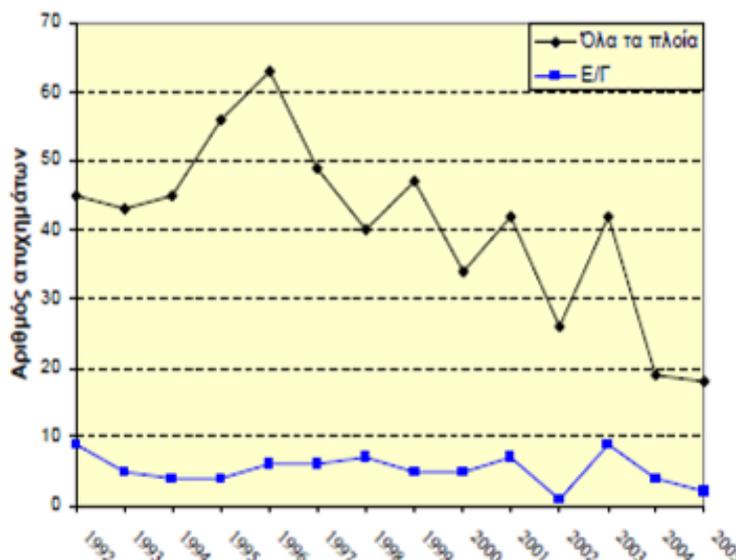
Πίνακας 1.1 Στατιστικά στοιχεία για ατυχήματα πλοίων (>1000GRT) τύπου Ro-Rax 1994-2004

Ειδικότερα για την Ελλάδα, τα τελευταία 50 χρόνια έχουν συμβεί 5 μεγάλα ναυάγια ελληνικών επιβατηγών πλοίων:

Όνομα πλοίου	Αριθμός θυμάτων	Έτος	Είδος ναυτικού ατυχήματος
<i>Ηράκλειο</i>	217	1966	Εισροή υδάτων-βύθιση
<i>Χρυσή Αυγή</i>	28	1983	Μετατόπιση φορτίου-έκρηξη-βύθιση
<i>Jubiter</i>	4	1988	Σύγκρουση-βύθιση
<i>Express Samina</i>	81	2000	Πρόσκρουση-βύθιση
<i>Sea Diamond</i>	2	2007	Προσάραξη-βύθιση
ΣΥΝΟΛΟ	332		

Πίνακας 1.2 Τα 5 μεγαλύτερα ναυάγια επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα

Σύμφωνα με σχετικές μελέτες, τα επιβατηγά πλοία χωρητικότητας 2000-5000 GRT δείχνουν να είναι τα πιο επιρρεπή σε ναυτικό ατύχημα, ενώ παράλληλα για αυτά τα πλοία η τάση για ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα είναι εξαιρετικά αυξημένη. Τη στιγμή που το 65% των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα την περίοδο 1992-2005 είχε ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα, το 76% των ατυχημάτων αυτών είχαν αφετηρία τη γέφυρα του πλοίου. Τα αντίστοιχα ποσοστά για το μηχανοστάσιο είναι 17% και για τα υπόλοιπα μέρη



Διάγραμμα 1.1 Εξέλιξη ναυτικών ατυχημάτων 1992-2005

του πλοίου 7%.

Μπορεί κανείς να ισχυριστεί πως 332 νεκροί σε διάρκεια μισού αιώνα δεν είναι υπερβολικός αριθμός, οφείλουμε όμως να καταβάλουμε κάθε δυνατή προσπάθεια για την αποφυγή αντίστοιχων ατυχημάτων στο μέλλον. Κάτι που θα έπρεπε να μας προβληματίσει βέβαια είναι το γεγονός πως ενώ η πορεία των ναυτικών ατυχημάτων των ελληνικών εμπορικών πλοίων παρουσιάζει μειωτική τάση, στην περίπτωση των επιβατηγών παρουσιάζεται μια σταθερότητα, όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ, ΟΙ ΤΥΠΑΛΛΟΙ,
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»

2.1 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ ΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Αν μελετήσει κανείς τα σχετικά με το ναυάγιο έγγραφα δε θα δυσκολευτεί να διαπιστώσει πως το συγκεκριμένο πλοίο χαρακτηριζόταν από πολλές ελλείψεις, προχειροδουλειές και παρατυπίες «*Το φορτηγό-ψυγείο που του γκρέμισε την πόρτα (αν την γκρέμισε αυτό) ήταν απλώς η σύμπτωση για να φανούν οι αδυναμίες του σκάφους*» αναφέρει χαρακτηριστικά εξώφυλλο εφημερίδας της εποχής. Είναι λοιπόν χρήσιμο αλλά και πραγματικά πολύ ενδιαφέρον στο σημείο αυτό να προσπαθήσουμε να περιγράψουμε την κατάσταση που επικρατούσε στην ελληνική ναυτιλία εκείνη την περίοδο και να παραθέσουμε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αποσπάσματα από πηγές της εποχής.

Στη διάρκεια της δεκαετίας του '60 η ελληνική ναυτιλία αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα προσπαθώντας να ανακάμψει από τις απώλειες του Β παγκοσμίου πολέμου. Στη διεθνή αγορά παρατηρείται έλλειψη πλοίων και στην Ελλάδα υπάρχουν μεγάλες οικονομικές και επιχειρηματικές δυσκολίες. Για το λόγο αυτό οι πλοιοκτήτες αγόραζαν οποιοδήποτε καράβι προσφερόταν προς πώληση σε συμφέρουσα τιμή και επέλεγαν να το επισκευάζουν ή να το μετασκευάζουν ανάλογα. Προτιμούσαν ιδιαίτερα πλοία που είχαν πολλά προβλήματα και θεωρούνταν ακατάλληλα. Τα αγόραζαν σε πολλή χαμηλή τιμή (αντί για παλιοσίδερα) και τα ανακατασκεύαζαν ολοκληρωτικά στις εγκαταστάσεις του Πειραιά και του Περάματος.

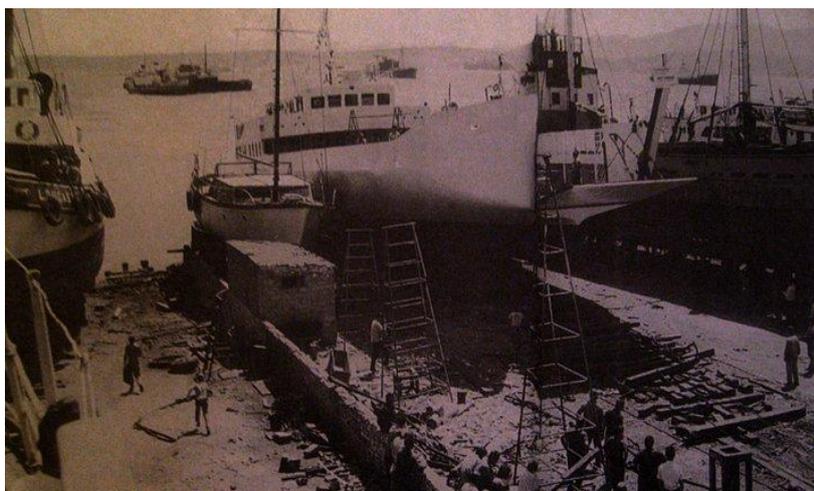


Εικόνα 2.1, Άποψη από το λιμάνι του Πειραιά το 1960 με τα τέσσερα «ιταλιάνικα» (Κανάρης, Καραϊσκάκης, Κολοκοτρώνης, Μιαούλης)

Γενικά για την εξυπηρέτηση των επιβατών, σε συνδυασμό με τις εμπορικές μεταφορές, άρχισαν να αγοράζονται πλοία από το εξωτερικό, πάσης φύσεως και μορφής, τα οποία μετασκευάζονταν αναλόγως. Σημαντική πηγή ήταν τα πλεονάζοντα βοηθητικά ή πολεμικά (κορβέτες ή φρεγάτες) του Αγγλικού ή του Αμερικάνικου ναυτικού ή μικρά coasters της τάξεως των 250-500 τόνων.

Η ζήτηση για πλοία ώστε να ικανοποιηθούν οι διάφορες ανάγκες της χώρας ήταν τόσο μεγάλη που ουσιαστικά μπορεί να πει κανείς πως οτιδήποτε μπορούσε να επιπλεύσει μετασκευαζόταν σε φορτηγό ή επιβατηγό πλοίο στις εγκαταστάσεις του Πειραιά και του Περάματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το «Άγιος Γεράσιμος», επιβατηγό ακτοπλοϊκό πλοίο που συνέδεε την Πάτρα με την Κεφαλλονιά, αποτέλεσμα μετασκευής από πλωτό γερανό.

Βέβαια η πλοϊμότητα αυτών των μετασκευασμένων πλοίων συχνά ήταν προβληματική και καλυπτόταν μόνο από την ικανότητα των πλοιάρχων και του πληρώματος. Σε αυτό προστίθενται και άλλα προβλήματα όπως οι υπερφορτώσεις που ήταν καθημερινό φαινόμενο, οι καθυστερήσεις που έκαναν τα ταξίδια κουραστικά, οι πιέσεις εφοπλιστών, εργολάβων αλλά και βουλευτών προς την ΕΕΠ για διάφορα θέματα. Τα πειράματα ευστάθειας και οι σχετικές μελέτες ήταν υποτυπώδης και συχνά γίνονταν με λανθασμένο τρόπο ενώ οι μελέτες κατάκλυσης με συντελεστή υποδιαίρεσης 1 προέκυπταν τις περισσότερες φορές σύμφωνες με τη SOLAS 1930! Επιπλέον ο καθορισμός του αριθμού των επιβατών, ο καθορισμός κλειστών και ανοιχτών χώρων για τους επιβάτες καθώς και η καταμέτρηση της Ολικής (Gross) και Καθαρής (Net) Χωρητικότητας ήταν πεδίο συχνών παρατυπιών και αντεγκλίσεων.



Εικόνα 2.2, Εργασίες στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη του Περάματος δεκαετία '60

Τέλος οι επίσημοι κανονισμοί που υπήρχαν ήταν ελάχιστοι και δεν εφαρμόζονταν πάντα. Όσοι εφαρμόζονταν είχαν ως οδηγό τη Διεθνή Σύμβαση Ασφάλειας της Ζωής στη Θάλασσα του 1948. Όμως επειδή πολλά πλοία ήταν «υπάρχοντα» παραπέμπονταν στην παλαιότερη, δηλαδή εκείνη του 1930. Κάποιες φορές όμως λόγω κόστους προσαρμογής του πλοίου αυτό δεν ήταν εφικτό και γι' αυτό εκδιδόταν πιστοποιητικό απαλλαγής. Οι ναυπηγοί και αυτοί που δούλευαν στα καρνάγια υπέβαλλαν ελάχιστα σχέδια και συχνά πολύ μικρή σχέση υπήρχε μεταξύ των σχεδίων και του πλοίου.

Ενδεικτικά της όλης κατάστασης που επικρατούσε εκείνη την εποχή αποτελούν δύο επίσημα έγγραφα καθώς και μία δημοσίευση του κ Κ.Φιλίππου στο περιοδικό «Ναυτικά Χρονικά» αποσπάσματα των οποίων παραθέτουμε παρακάτω (*Μόνη αλλαγή από το πρωτότυπο η γλώσσα*):

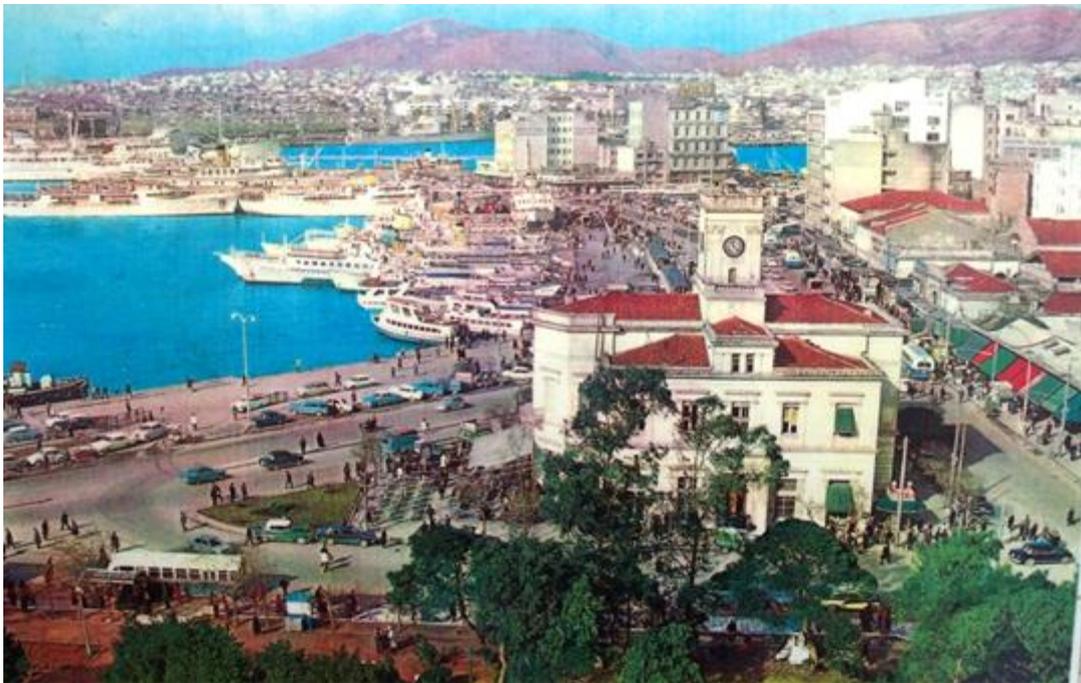
Πρώτον στις 8/12/1966, μια μέρα μετά το ναυάγιο, αποστέλλεται από το Ναυπηγικό – Ναυτιλιακό τμήμα της ΕΕΠ με υπογραφή του διευθυντή της ΕΕΠ κ Μιχαλιτσιάνου έγγραφο προς το ΥΕΝ το οποίο αναφέρει:

«...Ήδη έχουν συνταχθεί εκθέσεις που αφορούν τα παρακάτω πλοία: ΚΡΗΤΗ, ΧΑΡΑ, ΑΙΓΙΝΑ, ΕΡΡΙΕΤΑ, ΑΓΙΟΣ ΝΕΚΤΡΙΟΣ, ΜΑΡΙΛΕΝΑ, ΣΤΕΛΛΑ ΜΑΡΙΣ, ΕΛΛΗ, ΣΕΜΠΡΑΜΙΣ, ΛΗΜΝΟΣ, ΧΑΝΙΑ, ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ, ΕΣΠΕΡΟΣ, ΦΑΙΣΤΟΣ, ΗΛΕΚΤΡΑ, ΣΟΦΙΑ, ΚΥΠΡΟΣ, ΚΕΝΤΑΥΡΟΣ, ΠΗΓΑΣΟΣ, ΕΡΜΗΣ, ΑΡΓΟΝΑΥΤΗΣ, ΗΠΕΙΡΟΣ, ΜΥΚΟΝΟΣ, ΚΥΚΝΟΣ, ΥΔΡΑ, ΣΑΡΩΝΙΣ, ΝΕΡΑΙΔΑ, ΑΤΡΕΥΣ, ΜΕΓΑΛΟΧΑΡΗ... Διαπιστώθηκαν οι παρακάτω ελλείψεις που έχουν άμεση σχέση με την ασφάλεια των εν λόγω πλοίων:

- Τα υπάρχοντα στοιχεία ευστάθειας είναι ασαφή και σε αρκετές περιπτώσεις λανθασμένα. Από αυτά άλλα έχουν ήδη εγκριθεί ενώ άλλα βρίσκονται στους φακέλους των πλοίων χωρίς έγκριση
- Δεν υπάρχουν πληροφορίες για τις κατά περιόδους προσθαιρέσεις μονίμου έρματος
- Δεν υπάρχουν οδηγίες για τους πλοιάρχους των Ε/Γ πλοίων σχετικά με τον απαιτούμενο ερματισμό με υγρό έρμα
- Οι υπάρχουσες μελέτες κατάκλυσης είναι ασαφείς και στις περισσότερες περιπτώσεις λανθασμένες
- Η παρούσα στεγανή υποδιαίρεση των μετασκευασμένων πλοίων είναι πλημμελής καθώς καμία προσοχή δε δόθηκε κατά τη μετασκευή στην εκτέλεση ή τη διατήρηση της στεγανότητας των στεγανών φρακτών
- Η στεγανή υποδιαίρεση των πλοίων δεν ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις στη στεγανή υποδιαίρεση που εμφανίζεται στην αντίστοιχη μελέτη κατάκλυσης
- Η ανυπαρξία μελέτης ευστάθειας σε περίπτωση βλάβης αποτελεί κανόνα. (*Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι για ακτοπλοϊκά πλοία εσωτερικών συγκοινωνιών δεν ήταν απαραίτητο.*)
- Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι κατά κανόνα αντικανονικές εγκυμονώντας κινδύνους ηλεκτροπληξίας και βραχυκυκλώματος

- Η εσωτερική επιθεώρηση των πλοίων γινόταν επί σειρά ετών με λάθος τρόπο με αποτέλεσμα την ανυπαρξία ιστορικού για την εσωτερική κατάσταση των πλοίων
- Η επιθεώρηση υφάλων γινόταν επί σειρά ετών με λάθος τρόπο γεγονός που συνεχίζεται και σήμερα λόγω στενότητας των δεξαμενών
- Από τα υπάρχοντα στοιχεία πουθενά δε φαίνεται ότι στο παρελθόν γινόταν λεπτομερής έλεγχος του δικτύου εξαντλήσεως κυτών

...Προκειμένου για τα υπάρχοντα πλοία όπως ορίζονται από τη SOLAS 1948 ...τα περισσότερα δε συμμορφώνονται με τους προτεινόμενους νέους κανονισμούς.»



Εικόνα 2.3, Άποψη του λιμανιού του Πειραιά από καρτ – ποστάλ της εποχής (1966). Μπορεί κανείς να διακρίνει το «Μαριλένα», το «Μυρτιδιώτισσα», το «Υδρα», το «Χαρά» κ.α.

Δεύτερον σε επιστολή του τομεάρχη Ναυπηγικού κ. Ανδριτσόπουλου με ημερομηνία 12/12/1966 προς τον υπουργό εμπορικής ναυτιλίας αναφέρεται:

«...Συμπεραίνεται ότι σε περίπτωση σοβαρού ατυχήματος σε ελληνικό Ε/Γ πλοίο οι πιθανότητες επιτυχούς αντιμετώπισης της κατάστασης εκτιμώνται πολύ περιορισμένες καθώς θα εξαρτηθούν περισσότερο από τον αυτοσχεδιασμό της στιγμής παρά από την προετοιμασία του πλοίου για αντιμετώπιση βλάβης. Διαγράφονται οι δύο παρακάτω λύσεις:

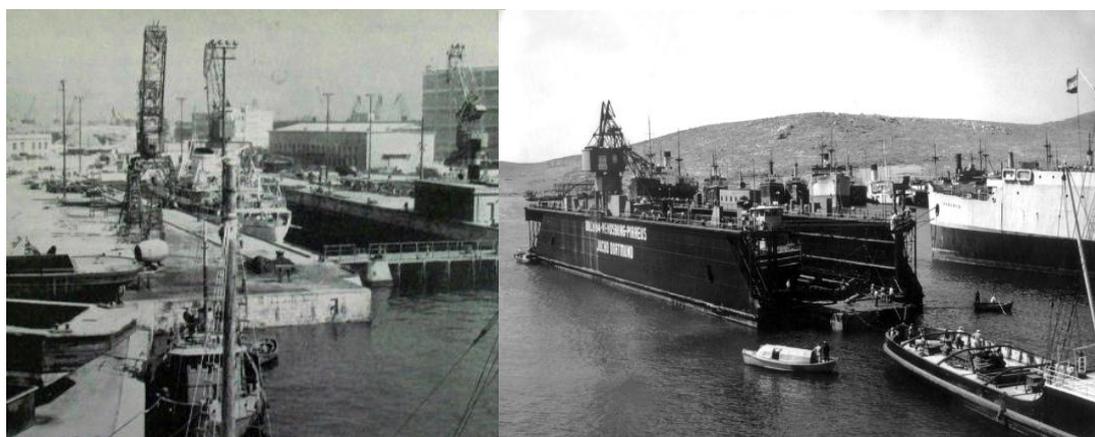
-Αναστολή των πλόων των Ε/Γ πλοίων που δε συμμορφώνονται με τους κανονισμούς

-Σταδιακή συμμόρφωση των Ε/Γ πλοίων με τους κανονισμούς ασφαλείας, όπου όμως λόγω του μεγάλου αριθμού των ελλειμματικών πλοίων και της έκτασης των ελλείψεων θα είναι μακροχρόνια.

Η εφαρμογή της πρώτης λύσης έχοντας ως αποτέλεσμα την ακινησία των περισσότερων ελληνικών Ε/Γ θα δημιουργήσει οξύτατο συγκοινωνιακό πρόβλημα με ανυπολόγιστες κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Η εφαρμογή της δεύτερης λύσης από την άλλη προϋποθέτει την για μεγάλο χρονικό διάστημα επισφαλή μεταφορά επιβατών με ελληνικά Ε/Γ.»

Τρίτον από δημοσίευση του Κωνσταντίνου Φιλίππου στο περιοδικό «Ναυτικά Χρονικά» με ημερομηνία 25/7/1961:

«Λιμενικοί αξιωματικοί, τεχνικώς ακατάρτιστοι εκτελούν εργασίες άκρως εξειδικευμένες επιθεωρητών πλοίων. Μηχανικοί και ναυπηγοί του ΒΝ τοποθετούνται στην υπηρεσία αυτή για να τελειώσουν όπως λένε τις ημέρες της σταδιοδρομίας τους. Νεαρότατοι και άπειροι έφεδροι εμποροπλοίαρχοι και επίκουροι ΒΝ περνούν εκεί κατά τον πλέον ανώδυνο τρόπο τις ημέρες της θητείας τους. Το τεχνικό αυτό προσωπικό καλείται να εφαρμόσει τη SOLAS και τη ΔΣΓΦ και όποιες άλλες συμβάσεις έχει υπογράψει η Ελλάδα. Η εφαρμογή των συμβάσεων αυτών και άλλων νόμων και κανονισμών γίνεται όχι μόνο πλημμελώς αλλά και αντικανονικώς. Εκδίδονται πιστοποιητικά μη ανταποκρινόμενα προς την πραγματική κατάσταση των πλοίων τα οποία επιθεωρούνται επιφανειακώς και μόνον. Τα πλοία μεγαλώνουν, μικραίνουν μετασκευάζονται πολλά βάσει ελλειπών ή ανεξέλεγκτων μελετών δεν εφοδιάζονται με τα απαραίτητα εφόδια διασώσεως υπερφορτώνονται και γενικώς δεν πληρούν τους όρους ασφαλείας παρά μόνο κατά ένα πολύ χαμηλό ποσοστό.»



Εικόνα 2.4, Αριστερά επισκευές στη μόνιμη δεξαμενή του ΟΛΠ στην ακτή Βασιλειάδη - 1956.
Δεξιά άφιξη της νέας πλωτής δεξαμενής στο Πέραμα – 1960.

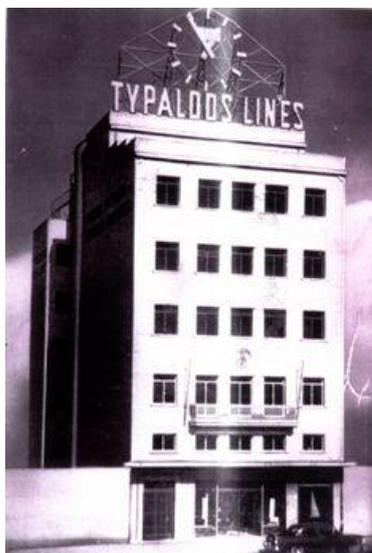
Συμπερασματικά μπορεί κανείς να πει λοιπόν πως η κατάσταση που επικρατούσε στην Ελλάδα τόσο στη ναυτιλία αλλά και στη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία ήταν πολλά βήματα πίσω από αυτό που θεωρούμε σήμερα ως αποδεκτό. Πλήθος αυθαιρεσιών και παρατυπιών, χρηματισμοί υπαλλήλων, υπέρ του δέοντος ανταγωνισμός μεταξύ των εφοπλιστών και αδιαφορία ως ένα βαθμό για την ανθρώπινη ζωή, αρκεί το καράβι να φύγει γρήγορα ήταν λίγα μόνο από τα χαρακτηριστικά που συνέθεταν το σκηνικό της εποχής. Δεν πρέπει να ξεχνάμε βέβαια πως και η παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα, όσον αφορά τους κανονισμούς που διέπουν τη λειτουργία της βρισκόταν σε αρκετά πρώιμο στάδιο έπειτα από τις καταστροφές του Β Παγκοσμίου Πολέμου. Η δεκαετία του '60 αποτέλεσε σταθμό στην εξέλιξη των κανονισμών ασφαλείας καθώς το Σεπτέμβρη του 1961 τέθηκε σε ισχύ η SOLAS 48 και τον Οκτώβρη του 1969 η SOLAS 60 που λίγο πολύ καθορίζει τους ντετερμινιστικούς κανονισμούς ευστάθειας οι οποίοι ήταν σε ισχύ μέχρι πρότινος.



Εικόνα 2.5, Το «MEDITERRANEAN» των αδελφών Τυπάλδου έχει βάλει ρότα για την έξοδο του λιμανιού. Πειραιάς - 1961

2.2 Η ΠΛΟΙΟΚΤΗΤΡΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑ – ΑΔΕΡΦΟΙ ΤΥΠΑΛΛΟΙ

Έχοντας ήδη διαμορφώσει μια άποψη για την κατάσταση που επικρατούσε και για το τι θεωρούνταν ως σύνηθες στην ελληνική ακτοπλοΐα την εποχή εκείνη θα προσπαθήσουμε στη συνέχεια να παραθέσουμε κάποια στοιχεία για τη συγκεκριμένη εταιρεία, «ΑΤΜΟΠΛΟΪΑ ΑΙΓΑΙΟΥ» στην οποία άνηκε και το «Ηράκλειο».



Εικόνα 2.6, Το κτήριο που στεγάζονταν τα γραφεία της εταιρίας των αδελφών Τυπάλδου στην πλατεία Καραϊσκάκη

Αναμφισβήτητα η δυναμική δραστηριότητα και το επιχειρηματικό μυαλό των Κεφαλλονιτών αδελφών Σπύρου και Χαράλαμπου Τυπάλδου άνοιξαν το δρόμο για το μεγάλο ξεκίνημα του ελληνικού τουρισμού μετά την απελευθέρωση. Αγοράζοντας πλήθος πλοίων τα οποία στη συνέχεια μετασκεύαζαν και αξιοποιούσαν σε τακτικές ακτοπλοϊκές γραμμές αλλά και σε κρουαζιέρες στο εξωτερικό υπήρξαν πρωτοπόροι στον κλάδο τους και έδωσαν τεράστια ώθηση στον τουρισμό και γενικότερα στον οικονομικό τομέα της χώρας σε μια πολύ δύσκολη περίοδο.

Η αλήθεια είναι βέβαια πως όλη αυτή, η χωρίς αμφιβολία μεγάλη προσφορά της εταιρίας των Τυπάλδων έκρυβε από πίσω πολλές παρατυπίες και ελλείψεις που όπως μοιραία αποδείχτηκε με το ναυάγιο του «Ηράκλειο» μπορούσαν να στοιχίσουν τη ζωή σε πλήθος επιβατών.

Στη συνέχεια παραθέτουμε απόσπασμα από το έργο του κυρίου Κ. Φιλίππου «Διαδρομές ενός αιώνα 1900 - 2000» όπου χαρακτηριστικά αναφέρει «...είχα επιθεωρήσει το «Αιγαίο» και το «Αγγέλικα» του Τυπάλδου για να βεβαιώσω την κατάσταση των επωτίδων, ή άλλως των καπονιών, των σωσιβίων λέμβων. Ευρήκα την διατομή τους, στα σημεία στηρίζεώς των, να είναι η μισή, λόγω πολυετούς φθοράς, και εξήτησα την άμεση αντικατάστασή τους. Και τα δύο πλοία απεσύρθησαν από την υπηρεσία τους με τα καπόνια όπως ήσαν.....επιθεώρησα το τότε πολυδιαφημιζόμενο και υπό μετασκευή επιβατηγό



Εικόνα 2.7, Το «Αιγαίον» στο λιμάνι με πλήθος κόσμου στα εξωτερικά καταστρώματα

των Τυπάλδων «Ηλέκτρα» για να βεβαιώσω την «πρωτοπορειακή» εγκατάσταση ηλεκτρικών αισθητήρων αγγελίας πυρκαϊάς στους χώρους ενδιστήσεως.

Πράγματι οι αισθητήρες φιγουράριζαν σε όλους τους χώρους ολοκαίνουργιοι αλλά καλώδια, που να τους συνδέουν με τους πίνακες για την αναγγελία, δεν υπήρχαν.....σε επιθεώρηση σε πλοίο πάλι της εταιρίας Τυπάλδου ευρήκα να μην υπάρχει κανένας σωστικός



Εικόνα 2.8, Το «Αιγαίον» που είχε αρχικά ναυπηγηθεί ως ποταμόπλοιο στην Σκωτία για λογαριασμό της διεθνούς εταιρείας «Canadian Pacific» και έκανε ταξίδια μεταξύ Αμερικής –Καναδά –Αλάσκας

εξοπλισμός, εκτός από τις βάρκες, που ήσαν όμως κενές. Με τουπέ ο

υπεύθυνος, που ήτο στο πλοίο, μου εξήτησε να κάνω λίγο υπομονή γιατί ο καινούργιος εξοπλισμός ερχόταν. Πράγματι ερχόταν με βάρκες από άλλο πλοίο. Υπήρχε ένα

«κοστούμι» που εξυπηρετούσε όλα τα πλοία ή τουλάχιστον πολλά. Βλέπετε είχα πάει για την επιθεώρηση αυτή εκτάκτως, χωρίς να έχει προαναγγελθεί και χωρίς να το ξέρει κανένας στην Ε.Ε.Π. παρά μόνον ο διευθυντής Αντωνόπουλος και δεν είχαν προλάβει να προετοιμασθούν...».



Εικόνα 2.9, Το «Ηλέκτρα» των Τυπάλδων σε κάποιο νησί των Κυκλάδων

Χαρακτηριστική για τη νοοτροπία των Τυπάλδων αποτελεί η δήλωση του Σπύρου Τυπάλδου στην τελευταία του συνέντευξη 25 χρόνια μετά το ναυάγιο του «Ηράκλειο»: «...Το Ηράκλειο ήταν ανασφάλιστο καταλάβετε; Διότι δε με συνέφερε. Είχα 37 βαπόρια, δε με συνέφερε να έχω ασφάλεια. Έπρεπε να πληρώνω δύο εκατομμύρια ασφάλιστρα. Δύο χρόνια να μη μου συνέβαινε τίποτε έπαιρνα ένα βαπόρι. Καταλάβετε; Το πολύ – πολύ να έκανα μία σύγκρουση, να έπεφτε σε ένα βράχο, να χτυπήσει από λάθος του καπετάνιου ή να το πετάξει ο καιρός, να πνιγούν ένας – δύο και να πω κύριε... θα τους βγάλει εκείνη την εποχή 40-50 χιλιάδες δραχμές αποζημίωση. Είχαν αξία τα λεφτά τότε...»

Δεν ήταν όμως μόνο αυτά τα τρία πλοία που παρουσίαζαν ελλείψεις και προβλήματα. Τα ονόματα των караβιών της εταιρίας των Τυπάλδων φιγουράριζαν συχνά πυκνά στις αναφορές της ΕΕΠ. Πλοία όπως το «Λήμνος», το «Υδρα», το «Έλλη» έπλεαν στα ελληνικά νερά και εκτελούσαν δρομολόγια χωρίς πιστοποιητικά, με ανύπαρκτα ή ακόμα και λάθος στοιχεία στους φακέλους τους.



Εικόνα 2.10, Ο στόλος της πλοιοκτησίας των αδελφών Τυπάλδου. Επίσης στο στόλο ανήκαν τα πλοία "HYDRA", "LIMNOS", "ADONIS", "ΚΥΠΡΟΣ" καθώς και κάποια μικρότερα πλοιάρια αλλά και ρυμουλκά

Δύο ακόμα χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το «Κρήτη» και το «Χανιά» το οποίο μάλιστα ήταν και αδελφό πλοίο του «Ηράκλειο» και σε αυτό βασίστηκαν οι ερευνητές για την έρευνα της πραγματογνωμοσύνης μετά το ναυάγιο. Σύμφωνα με επείγουσα επιστολή του ναυπηγικού και μηχανικού τμήματος της ΕΕΠ προς την εταιρεία των αδελφών Τυπάλδου στις 3.12.1966 αναφέρθηκαν τα παρακάτω προβλήματα του «Κρήτη» που εντοπίστηκαν σε σχετική επιθεώρηση:

-Πλήθος εγκάρσιων φρακτών μη στεγανές λόγω διέλευσης καλωδίων και σωληνώσεων, αποκοπής τμήματος ελάσματος για να διευκολύνεται η διέλευση του προσωπικού μηχανής.

-Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις δεν πληρούν κανένα όρο ασφαλείας επιβαινόντων με πλήθος προβλημάτων και παρατυπιών εγκυμονώντας πολλούς κινδύνους ηλεκτροπληξίας και βραχυκυκλωμάτων.

-Καμία μέθοδος προστασίας έναντι πυρκαϊάς δν ακολουθείται. Ούτε καν σύστημα αναγγελίας πυρκαϊάς. Η προστασία έναντι πυρκαϊάς είναι πλημμελέστατη τη στιγμή που οι πιθανές εστίες για εκδήλωση και εξάπλωση πυρκαϊάς πολυπληθείς.



Εικόνα 2.11, Το 1959 οι Τυπάλδοι αγοράζουν το «Κρήτη» και το μετασκευάζουν σε ένα από τα καλύτερα κρουαζιερόπλοια της εποχής του

-Το 72% του μήκους του πλοίου είναι κατακλύσιμο λόγω πλημμελούς στεγανότητας των φρακτών του πλοίου.

Αντίστοιχα και στο «Χανιά», το αδελφό πλοίο του «Ηράκλειο», παρουσιάζονταν πολλές ελλείψεις όπως φαίνεται από την επιστολή της ΕΕΠ προς το ΥΕΝ σχετικά με την επιθεώρηση που έγινε στις 29/8/1966 για το κατά πόσον εφαρμόζονται οι απαιτήσεις του Κεφάλαιου II Μέρους Β του SOLAS 1948:

-Δεν υφίσταται μελέτη πειράματος ευστάθειας και μελέτη ευστάθειας έναντι βλάβης.

-Το ύψος εξάλων του πλοίου βάσει του πιστοποιητικού της ΓΦ είναι μικρότερο κατά 152 χιλ από το επιβαλλόμενο από τη μελέτη κατάκλυσης.

-Το κατακλύσιμο μήκος δύο διαμερισμάτων του πλοίου είναι προφανώς μεγαλύτερο από το επιτρεπόμενο.

-Παντελής έλλειψη σχεδίων που αφορούν τη διάταξη του δικτύου εξαντλήσεων κυτών.

-Έλλειψη στοιχείων σχετικά με τις δοκιμές των τεσσάρων (4) πρόσφατα κατασκευασμένων εγκάρσιων στεγανών φρακτών και του επίσης πρόσφατα κατασκευασμένου καταστρώματος οχημάτων



Εικόνα 2.12, Το «Χανιά» σε στιγμιότυπο από την ταινία «ένας άνθρωπος για όλες τις δουλειές» 1966

2.3 Η ΜΕΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ Ε/Γ - Ο/Γ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας αποτελεί η περίπτωση του Ε/Γ – Ο/Γ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ». Δε χωράει αμφιβολία ότι αποτελεί ένα από τα πιο ιστορικά ναυάγια στη σύγχρονη ιστορία της ελληνικής ακτοπλοΐας καθώς ήταν το δεύτερο πιο πολύνεκρο αριθμώντας 223 νεκρούς. Η αναστάτωση που προκλήθηκε εκείνη την εποχή στην ελληνική κοινωνία ήταν τόσο μεγάλη που δε θα ήταν υπερβολή να πούμε πως το συγκεκριμένο ναυάγιο αποτέλεσε ουσιαστικά αφορμή για να αλλάξουν πολλά πράγματα και να δοθεί προτεραιότητα στη λήψη μέτρων που προωθούσαν την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα. Το πλοίο ναυάγησε στις 7 Δεκεμβρίου 1966, η ιστορία του όμως ξεκινάει από πιο παλιά.

Το «ΗΡΑΚΛΕΙΟ», με αρχικό όνομα "Leicestershire" (Λέιτσεστερσαϊρ) ναυπηγείται το 1949 στη Γλασκώβη της Σκωτίας, στα ναυπηγεία Fairfield για λογαριασμό της αγγλικής εταιρείας Bibby Lines ως φορτηγό πλοίο (ποστάλι).

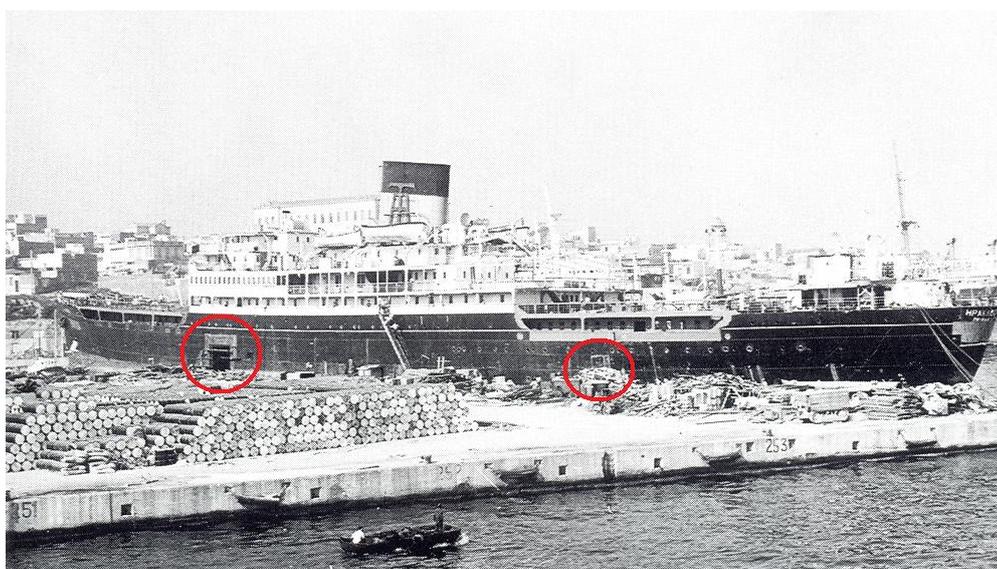


Εικόνα 2.13, Το Leicestershire λίγο καιρό πριν αγοραστεί από τους Τυπάλδους

Κάποια χρόνια αργότερα το 1964, αρχές 1965 περιέρχεται στην εταιρεία των αδελφών Τυπάλδου, «ΑΤΜΟΠΛΟΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ», η οποία και αναθέτει στον ναυπηγό Άρη Θεοδωρίδη την εκπόνηση μελέτης μετασκευής μεγάλου εύρους για τη μετατροπή του πλοίου σε επιβατηγό/οχηματαγωγό. Η μετασκευή διαρκεί περίπου 3 μήνες, 5 Μαρτίου – 4 Ιουνίου 1965, και το πλοίο αλλάζει ριζικά. Αναλυτικά οι αλλαγές που έλαβαν χώρα ήταν οι εξής:

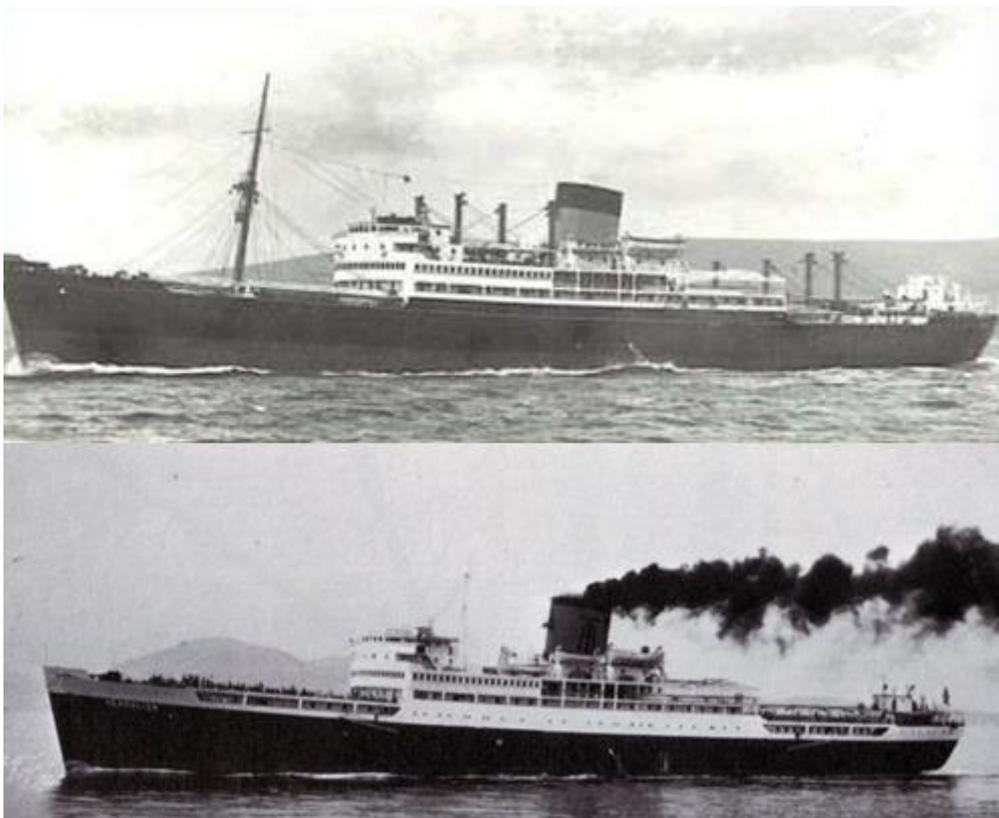
- Σχεδόν όλα τα υπάρχοντα κύτη (3 πρόραθεν του μηχανοστασίου και 1 πρύμνηθεν) χωρίζονται σε 2 με την κατασκευή 4 εγκάρσιων φρακτών, από την οροφή των διπυθμένων μέχρι το ύψος του δεύτερου υποστρώματος. Οι νέες φρακτές που προστέθηκαν φαίνονται στην Εικόνα 2.15 κυκλωμένες με μπλε χρώμα.

- Κάλυψη των στόμιων κυτών στο δευτερο υπόστρωμα με κατάλληλο τρόπο ώστε να αποτελέσει δάπεδο για χώρο παραμονής οχημάτων τόσο στο πρωραίο όσο και στο πρυμναίο τμήμα
- Πλήρης αφαίρεση του πρώτου υποστρώματος στην περιοχή των πρωραίων κυτών ώστε να εξασφαλισθεί το απαραίτητο ύψος για την φόρτωση μεγάλων οχημάτων. Το υπόστρωμα που αφαιρέθηκε φαίνεται στην Εικόνα 2.15 με διακεκομμένη κόκκινη γραμμή.
- Διαμόρφωση του πρυμναίου χώρου μεταξύ κύριου καταστρώματος και πρώτου υποστρώματος σε χώρους ενδιαίτησης. Ο χώρος αυτός φαίνεται με πορτοκαλί χρώμα τόσο στην Εικόνα 2.15 όσο και στην Εικόνα 2.16.
- Αφαίρεση στομιών κυτών, φορτωτήρων (γερανών) και βαρούλκων και κάλυψη των ανοιγμάτων των στομιών κυτών στο κύριο κατάστρωμα
- Επέκταση των ήδη υπάρχοντων στο κύριο κατάστρωμα χώρων ενδιαίτησης. Η τελική μορφή των χώρων ενδιαίτησης στο κύριο κατάστρωμα (upper deck) φαίνεται στο σχήμα τάδε. Το πιο πυκνό και σύνθετο σχέδιο αποτελεί απaráλλαχτο κομμάτι από το «Leicesteshire» που δεν άλλαξε κατά τη μετασκευή ενώ η επέκταση των χώρων ενδιαίτησης φαίνεται στο μπροστά και πίσω τμήμα με το πιο απλοϊκό σχέδιο.
- Άνοιγμα 4 (τεσσάρων) πλευρικών ανοιγμάτων και κατασκευή ισάριθμων στεγανών (weathertight) καταπελών (μπουκαπόρτες) για την επιβίβαση και αποβίβαση των οχημάτων. Δύο για τα βαρέως τύπου και μεγάλου ύψους οχήματα του πρωραίου χώρου και δύο για τα μικρά οχήματα του πρυμναίου χώρου



Εικόνα 2.14, Το «Ηράκλειο» στην ακτή Ξαθερίου το 1965. Διακρίνονται κυκλωμένοι με κόκκινο χρώμα οι πλαϊνοί καταπέλτες που κατασκευάστηκαν στην αριστερή μεριά του πλοίου

- Ενίσχυση του εξωτερικού περιβλήματος του σκάφους στα 4 παραπάνω σημεία για την επίτευξη επαρκούς διαμήκους αντοχής
- Ανακατάταξη και επέκταση σχεδόν όλων των δικτύων του σκάφους όπως πχ δίκτυο παροχής νερού, δίκτυο απάντλησης κυτών, δίκτυο αποχέτευσης, πυρκαϊάς, ηλεκτρολογικό δίκτυο κτλ



Εικόνα 2.17, Διπλή φωτογραφία όπου φαίνονται οι διαφορές στην εξωτερική όψη των πλοίων «Leicestershire» (πάνω) και «Ηράκλειο» (κάτω) έπειτα από τη μετασκευή

Αναμφισβήτητα πρόκειται για μια μετασκευή πολύ μεγάλου εύρους. Οι εγκάρσιες φρακτές που κατασκευάστηκαν σε καμία περίπτωση δεν μπορούσαν να εξισώσουν το χαμένο βάρος του πρώτου υποστρώματος που αφαιρέθηκε πλήρως στο προωαίο τμήμα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η καθ' ύψος θέση του κέντρου βάρους του πλοίου να αυξηθεί επιδρώντας ταυτόχρονα αρνητικά στην ευστάθεια του караβιού. Σύμφωνα με τις καταθέσεις οι περισσότερες από αυτές τις αλλαγές που έλαβαν χώρα κατά τη μετασκευή δεν έγιναν υπό την επίβλεψη της ΕΕΠ (Επιθεώρηση Εμπορικών Πλοίων). Αν σκεφτεί λοιπόν κανείς ότι όλες αυτές οι μετατροπές έγιναν χωρίς την έγκριση της ΕΕΠ καθώς πολλές από τις απαραίτητες μελέτες δεν είχαν καν υποβληθεί στην Επιθεώρηση μέχρι και τη βύθιση του «Ηράκλειο» δεν είναι δύσκολο να φανταστεί το πλήθος των πιθανών ατελειών και παρατυπιών στις εργασίες της μετασκευής. Ενδεχόμενο που όπως θα δούμε παρακάτω επαληθεύεται διαρκώς καθ' όλη την περίοδο λειτουργίας του πλοίου με ένα σωρό μικρά ή μεγάλα ατυχήματα

όπως η ύπαρξη μη στεγανών φρακτών, η θραύση των στηριγμάτων των προωραίων καταπελτών λόγω ελλιπούς αντοχής και άλλα.

2.4 ΔΙΑΠΙΣΤΩΘΕΙΣΕΣ ΠΑΡΑΤΥΠΙΕΣ ΣΤΟ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»

Είναι γεγονός πως η ελληνική ακτοπλοΐα την περίοδο του ναυαγίου, σύμφωνα και με τα όσα αναφέραμε παραπάνω βρισκόταν σε πολύ άσχημη κατάσταση όσον αφορά κυρίως την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα. Δε θα ήταν υπερβολή να πει κανείς πως το ναυάγιο του «Ηράκλειο» ήταν από πολλούς κάτι το αναμενόμενο. Ήταν θέμα χρόνου. Υπήρχε μεγάλος αριθμός αναφορών σχετικά με την



Εικόνα 2.18, Το «Ηράκλειο» σε μια από τις πιο ευκρινείς φωτογραφίες του που μπορεί να βρει κανείς σήμερα

μη τήρηση των κανονισμών και με ελλείψεις που παρουσίαζε το συγκεκριμένο πλοίο καθώς επίσης και πλήθος “μικρο” - ατυχημάτων από τη στιγμή που δρομολογήθηκε τα οποία κάθε άλλο παρά μεμονωμένα μπορούν να χαρακτηριστούν. Παρακάτω θα παραθέσουμε κάποια συγκεκριμένα στοιχεία και γεγονότα σχετικά με το «Ηράκλειο» προκειμένου να γίνει πιο εύκολα κατανοητό το πόσο ακατάλληλο και επικίνδυνο ήταν το συγκεκριμένο πλοίο.

- Το πλοίο δρομολογείται και δέχεται επιβάτες χωρίς στην ουσία να έχει εκτελεστεί πείραμα ευστάθειας. Παρά τις πολλές ειδοποιήσεις προς την πλοιοκτήτρια εταιρία μέχρι τη μέρα του ναυαγίου δεν είχε υποβληθεί στην ΕΕΠ η σχετική μελέτη.

- Σε γενική επιθεώρηση στις 29/6/1966 παρατηρείται έλλειψη ασφαλούς συστήματος έχμασης.
- 30/8/1965 Στο λιμάνι της Σούδας κόβεται και πέφτει στη θάλασσα ο προραίος αριστερός καταπέλτης. Το πλοίο αποπλέει για Πειραιά έπειτα από υπεύθυνη δήλωση του πλοιάρχου.
- 29/12/1965 Στο λιμάνι του Ηρακλείου καθώς κατέβαινε ο δεξιός καταπέλτης κόβεται στο σημείο έδρασής του, στο ύψος του καταστρώματος οχημάτων σε σημείο που είχε επανειλημμένα συγκολληθεί στο παρελθόν. Στην πορεία δεν



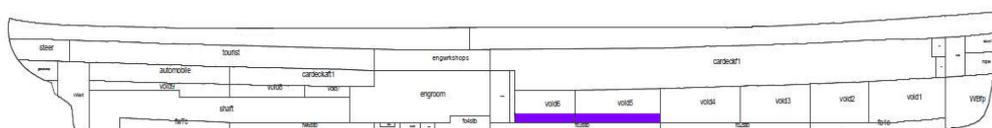
Εικόνα 2.19, Το «Ηράκλειο» κατά την επιβίβαση επιβατών, με το ανάγλυφο οικόσημο της Bibby Lines να ξεχωρίζει ακόμα στην πλώρη του

τοποθετείται νέος καταπέλτης απλώς ενισχύονται οι μεντεσέδες του ήδη υπάρχοντος ο οποίος 1) δεν εφάρμοζε καλά, 2) δεν ήταν καλά στερεωμένος στην κάσα, 3) το ελαστικό περίβλημα γύρω από τον καταπέλτη ήταν καμμένο και έτσι δεν εξασφάλιζε την απαραίτητη στεγανότητα

- Σε έκτακτη επιθεώρηση στις 2/7/1966 παρατηρείται ότι οι ανθρωποθυρίδες (manholes) του καταστρώματος οχημάτων δεν ήταν στεγανές λόγω θραύσεως των κοχλιών

- Στις 6/8/1966 και ενώ το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι του Πειραιά λίγη ώρα πριν αποπλεύσει για το Ηράκλειο

εμφανίζει απότομη κλίση 9-10 μοίρες προς τα δεξιά. Το συμβάν αυτό αποδόθηκε σε λανθασμένο χειρισμό του δικτύου απάντλησης κυτών που είχε αποτέλεσμα την είσοδο θαλάσσιων υδάτων αρχικά στο κύτος Νο6 (Εικόνα 2.20) και στη συνέχεια στο κύτος Νο5 λόγω μειωμένης στεγανότητας της



Εικόνα 2.20, Σκαρίφημα του σχεδίου γενικής διάταξης του «Ηράκλειο» όπου φαίνονται οι χώροι στους οποίους συγκεντρώθηκαν τα νερά

μεταξύ τους φρακτής. (Η στεγανότητα της φρακτής αποκαταστάθηκε 2 μήνες μετά χωρίς βέβαια να υποβληθούν τα αντίστοιχα σχέδια στην ΕΕΠ.) Το πλοίο δεν επανήλθε στην κανονική του θέση ισορροπίας παρά μονάχα 14 ώρες μετά (!) καθώς οι μηχανικοί του πλοίου και της πλοιοκτήτριας εταιρείας δε γνώριζαν τη λειτουργία του συστήματος απάντλησης υδάτων.

- Στην επιθεώρηση των στεγανών χώρων που έγινε με αφορμή το παραπάνω συμβάν (6/8/1966) διαπιστώνεται ότι οι τρεις καινούργιες πρωραίες φρακτές που κατασκευάστηκαν στα πλαίσια της μετασκευής δεν ήταν στεγανές αλλά είχαν στο κατώτερο άκρο τους τρύπες 15x15cm(!). Επίσης οι φρακτές μεταξύ των κυτών Νο3 και Νο4 καθώς και μεταξύ των Νο5 και Νο6 σε ύψος 50cm πάνω από το διπύθμενο είχαν ανθρωποθυρίδες των οποίων τα καλύμματα είχαν αφαιρεθεί και ήταν αφημένα στο δάπεδο.
- Το «Ηράκλειο» δεν είχε πιστοποιητικό κλάσεως. Τα βασικά σχέδια της μετασκευής, χωρίς να ανταποκρίνονται στην πραγματική μετασκευή, στάλθηκαν στο γραφείο του γαλλικού νηογνώμονα στον Πειραιά αλλά από εκεί δεν προωθήθηκαν στην έδρα του νηογνώμονα στο Παρίσι για έγκριση.
- Εσφαλμένος υπολογισμός γραμμής φόρτωσης στην υποβληθείσα στην ΕΕΠ μελέτη
- Το πλοίο δεν είχε αναγνωρισθεί ως Επιβατηγό – Οχηματαγωγό από το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας
- Πλοίαρχος του μοιραίου αυτού πλοίου ήταν ο Εμμανουήλ Βερνίκος ο οποίος είχε τοποθετηθεί στο συγκεκριμένο καράβι ελάχιστο καιρό πριν με αποτέλεσμα να μη γνωρίζει καλά το πλοίο. Αυτός είναι και ο λόγος που πολλοί θεωρούν πως ο πλοίαρχος υπερεκτίμησε τις ικανότητες του πλοίου και δεν έκοψε ταχύτητα τη μοιραία νύχτα.
- Υπήρχε γενικά μεγάλος ανταγωνισμός με την εταιρία του Ευθυμιάδη και μια διαρκής προσπάθεια να φανεί ότι το «Ηράκλειο» ήταν καλύτερο και ταχύτερο πλοίο. Αυτός δε ο ανταγωνισμός έγινε αιτία ένα πρωί να συγκρουστεί το F/B «ΗΡΑΚΛΕΙΟ» με το F/B «ΦΑΙΣΤΟΣ» στην είσοδο του Πειραιά, διότι οι δυο καπετάνιοι, λόγω των τεταμένων σχέσεων, δεν υποχώρησαν. Η κατάσταση αυτή έρχεται να ενισχύσει τους λόγους που ο πλοίαρχος Βερνίκος δε μείωσε ταχύτητα ή δεν έδεσε προσωρινά σε κάποιο κοντινό λιμάνι μέχρι να περάσει η κακοκαιρία.

Είναι σαφές ακόμα και σε κάποιον χωρίς ιδιαίτερες ναυπηγικές γνώσεις, από τα στοιχεία που ενδεικτικά παρατέθηκαν παραπάνω πως ήταν θέμα χρόνου να συμβεί κάποιο σοβαρό ναυτικό ατύχημα με το «Ηράκλειο». Βασικό και κύριο ήταν το γεγονός ότι η λανθασμένη μελέτη της Γραμμής Φόρτωσης είχε σαν αποτέλεσμα τον υπολογισμό μειωμένου ύψους εξάλων για το πλοίο, πράγμα που επιτάχυνε την εισροή υδάτων στο προωαίο κατάστρωμα οχημάτων μετά την απώλεια του καταπέλτη. Όσον αφορά τον ίδιο τον καταπέλτη φαίνεται πως τα σχέδια του Θεοδωρίδη, που δεν είχαν



Εικόνα 2.21, Το «Ηράκλειο» αγκυροβολημένο στην λιμάνι του Πειραιά - 1965

εγκριθεί από την ΕΕΠ, στα οποία βασίστηκε η κατασκευή του ήταν λάθος. Οι μεντεσέδες τόσο στον αριστερό προωαίο καταπέλτη όσο και στο δεξιό δεν άντεχαν το βάρος με αποτέλεσμα και οι δύο καταπέλτες κάποια στιγμή στη διάρκεια λειτουργίας του πλοίου να σπάσουν. Βγαίνει λοιπόν το εύλογο συμπέρασμα πως ακόμα και χωρίς να έχει αναπτύξει μεγάλες επιταχύνσεις το φορτηγό ψυγείο των 40t δε θα μπορούσε να συγκρατηθεί από τους καταπέλτες που όπως φαίνεται μερικές φορές δεν ασφαλιζόνταν καθόλου με κοχλίες.

Προβλήματα στεγανότητας, πλήρωμα που δε γνωρίζει επαρκώς τον τρόπο λειτουργίας των μηχανημάτων του πλοίου, εσφαλμένες μελέτες, έλλειψη πιστοποιητικών και πολύ έντονος ανταγωνισμός σε μια παρθένα, κατά κάποιο τρόπο, ακόμα αγορά συνθέτουν το σκηνικό μέσα στο οποίο δρομολογήθηκε, λειτουργούσε και εν τέλει ναυάγησε το «Ηράκλειο». Είναι γεγονός πως η ΕΕΠ, με πλήθος επιστολών, από την πρώτη της επιθεώρηση που εντοπίστηκαν ατέλειες, διαρκώς και με επίμονο τρόπο ζητούσε από την πλοιοκτήτρια εταιρία να λάβει τα απαραίτητα μέτρα για την άμεση επίλυση των όποιων προβλημάτων. Από την άλλη όμως ενώ η

νοοτροπία της «Ατμοπλοΐα Αιγαίου» των Τυπάλδων για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων ήταν ξεκάθαρη, η ΕΕΠ δεν προχώρησε ποτέ σε κάποιο δραστικό μέτρο. Η μια προσωρινή ανανέωση πιστοποιητικών διαδεχόταν την άλλη με συνέπεια να μην υπάρχει κανένα αποτέλεσμα και οι Τυπάλδοι να μη συμμορφώνονται. Πιθανότατα και η ίδια η ΕΕΠ να είχε υποτιμήσει τις ελλείψεις που παρουσίαζε ο φάκελος του «Ηράκλειο».

2.5 ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΜΕ ΑΦΟΡΜΗ ΤΟ ΝΑΥΑΓΙΟ

Αναμφισβήτητα το ναυάγιο του «Ηράκλειο» είναι ένα από τα πλέον ιστορικά ναυάγια. Από τη μία αποτέλεσε το δεύτερο πιο πολύνεκρο ναυτικό ατύχημα στη σύγχρονη ιστορία της Ελλάδας και προκάλεσε τεράστια αναστάτωση στον ελληνικό λαό και ιδιαίτερα αυτόν της Κρήτης. Από την άλλη το συγκεκριμένο ναυάγιο ήταν αιτία ώστε να αλλάξουν πολλά πράγματα στην ελληνική ακτοπλοΐα. Το όλο συμβάν, με τις τραγικές του συνέπειες, έδρασε καταλυτικά στις αλλαγές που εγκυμονούνταν καιρό και έπρεπε να συμβούν σε ό, τι αφορά την ασφάλεια.

Είναι χαρακτηριστικές οι προσπάθειες του τομεάρχη ναυπηγικού της ΕΕΠ εκείνης της εποχής κ. Ανδριτσόπουλου με πλήθος προσωπικών ενεργειών αλλά και επιστολών προς τους ανωτέρους του να θέσει κάποιες βάσεις ώστε να καταφέρει η Επιθεώρηση να ανταποκριθεί επιτυχώς στα καθήκοντά της που αύξαναν ολοένα λόγω της απότομης αύξησης στο στόλο που παρουσιάστηκε εκείνη την εποχή-από 37 επιβατηγά το 1955 αύξηση σε 135 το 1965. Γενικά δε θα ήταν λάθος να πει κανείς πως το ναυάγιο του «Ηράκλειο» αποτέλεσε μια πολύ ισχυρή πίεση και για την πολιτική ηγεσία της χώρας ώστε να προχωρήσει και αυτή σε νομοθετικά μέτρα που προωθούσαν την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα και αναβάθμιζαν το επίπεδο των παρεχόμενων υπηρεσιών της ΕΕΠ.

Στο παράρτημα Λ παρατίθεται επιστολή του υπουργού εμπορικής ναυτιλίας Ανδρέα Κωστήρη προς τον Πρόεδρο της Κυβερνήσεως με ημερομηνία 24/12/1966 όπου περιγράφεται η κατάσταση και προτείνονται κάποια πρώτα μέτρα για την αναβάθμιση της ΕΕΠ.

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε κάποιες από τις σημαντικότερες αλλαγές που συνέβησαν με αφορμή το ναυάγιο του «Ηράκλειο»:

- Καθορίστηκε η άδεια απόπλου σύμφωνα με τις υφιστάμενες κάθε φορά καιρικές συνθήκες και όχι «κατά κρίσιν πλοιάρχου». Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την απαγόρευση απόπλου στο παράρτημα ΠΙ.
- Καθορίστηκαν μελέτες για τη δημιουργία επί τούτου θαλάμων επιχειρήσεων έρευνας διάσωσης τόσο στο ΥΕΝ όσο και στη Ναυτική Διοίκηση Αιγαίου.

- Καθορίστηκε ο θεσμός του «σκοπούντος πλοίου». Αυτό σήμαινε ότι ένα πολεμικό πλοίο (φρεγάτα) θα βρίσκεται σε επιφυλακή 24ωρης ετοιμότητας ώστε να τρέξει προς βοήθεια όπου χρειαστεί.
- Αυξήθηκε και αναβαθμίστηκε το εργατικό δυναμικό της ΕΕΠ με ναυπηγούς, ηλεκτρολόγους, μηχανολόγους, σχεδιαστές κ.α.
- Καθιερώθηκαν αλλαγές στη σύνθεση των πληρωμάτων όπως παραδείγματος χάριν η θέση του δεύτερου ραδιοτηλεγραφή στα επιβατηγά πλοία εσωτερικού.
- Το ναύαγιο προκάλεσε την κατάρρευση της Typaldos Lines, που κυριαρχούσε τότε στην εγχώρια ακτοπλοΐα, ενώ μπήκαν οι πρώτες ιδέες για τη δημιουργία των Ναυτιλιακών Εταιρειών Λαϊκής Βάσης (βλ μετέπειτα ANEK).
- Καθιερώθηκε το όριο ηλικίας απόσυρσης των πλοίων στα 35 έτη

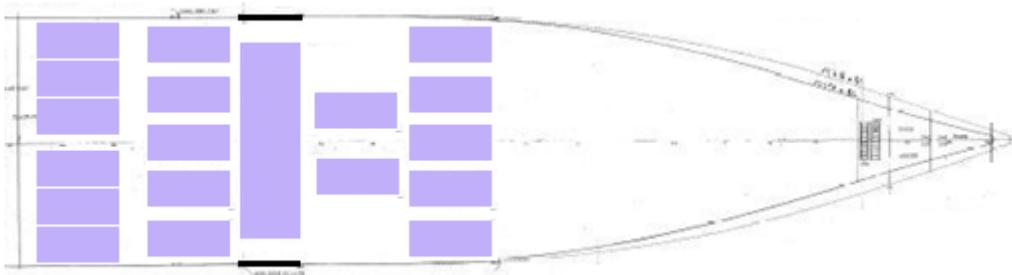
Στο σημείο αυτό βέβαια καλό θα ήταν να επισημάνουμε ότι η περίπτωση του «Ηράκλειο» είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση όπου οι κανονισμοί ασφαλείας βλέπουμε να εξελίσσονται με αφορμή συγκεκριμένο ναύαγιο ενώ χωρίς αμφιβολία είναι προτιμότερο να εξελίσσονται με βάση συστηματικές μελέτες προσδιορισμού των παραγόντων που απειλούν την ασφάλεια, ανάλυση των επιπτώσεών τους και ανάπτυξη στρατηγικής μείωσης των επιπέδων κινδύνου με υιοθέτηση λύσεων που είναι αποτελεσματικές αλλά και οικονομικά αποδεκτές αν όχι συμφέρουσες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

ΤΟ ΝΑΥΑΓΙΟ

3.1 ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΟΥ ΝΑΥΑΓΙΟΥ

Την Τετάρτη 7 Δεκεμβρίου 1966 το «ΗΡΑΚΛΕΙΟ» με 212 επιβάτες και 71 άτομα πλήρωμα, φορτωμένο με 18 φορτηγά αυτοκίνητα και 1 ΙΧ (περισσότερα στοιχεία για τα φορτωμένα οχήματα στο παράρτημα Β) αποπλέει από Σούδα για Πειραιά στις 19:30 με καθυστέρηση μισής περίπου ώρας. Η καθυστέρηση αυτή οφειλόταν στην αναμονή ενός φορτηγού ψυγείου το οποίο φορτώθηκε τελευταία στιγμή. Στην πραγματικότητα ενώ το πλοίο ήταν σχεδόν λυμένο και στηριζόταν μόνο στο λεγόμενο spring- ένα καθυστερημένο φορτηγό ανάγκασε τον πλοίαρχο να φέρει το πλοίο πίσω στην αποβάθρα και να το πάρει. Στη συνέχεια, λύθηκαν πάλι οι κάβιοι και το πλοίο ετοιμάστηκε να μανουβράρει για τον απόπλου αλλά τότε το λευκό ψυγείο φορτωμένο πορτοκάλια – το μοιραίο όχημα που ήταν εν μέρει η αιτία του ναυαγίου – φάνηκε στη στροφή με αναμμένα φώτα και κορνάροντας. Ο πλοίαρχος αναγκάστηκε, εκ των πραγμάτων, να μανουβράρει ξανά για την παραλαβή του καθυστερημένου ψυγείου. Όλα τα αυτοκίνητα βρίσκονταν στο πρωαίο χώρο οχημάτων με τον άξονα τους παράλληλο με τον διαμήκη άξονα του πλοίου, όπως συνηθιζόταν προς αποφυγή έντονων κλυδωνισμών.



Εικόνα 3.1 Σκαρίφημα όπου αποδίδεται κατ' εκτίμηση πως ήταν φορτωμένα τα αυτοκίνητα στο πρωαίο κατάστρωμα οχημάτων – ξεχωρίζει το φορτηγό ψυγείο που είναι κάθετα ως προς το διάμηκες του πλοίου

Λόγω του ότι δεν υπήρχε ο χώρος για να εκτελεστούν οι κατάλληλες μανούβρες αλλά και λόγω της ήδη μεγάλης καθυστέρησης του απόπλου το φορτηγό-ψυγείο είχε τοποθετηθεί κάθετα στο διαμήκη άξονα του πλοίου έναντι των δύο καταπελτών με τη μηχανή του στραμμένη προς τον αριστερό (ο οποίος ήταν μόνιμα κλειστός).

Το πλοίο μετά την έξοδο από τον όρμο της Σούδας (σχεδιάγραμμα με την πορεία που ακολούθησε το πλοίο στο παράρτημα Π3) μέχρι περίπου τις 22:00 προστατευόμενο κατά κάποιο τρόπο από τη στεριά διατοιχίζεται ελαφρώς, κατάσταση η οποία αρχίζει να αλλάζει μετά τις 22:00 όπου η κακοκαιρία δυναμώνει καθώς το πλοίο βρίσκεται ολοένα και σε πιο ανοιχτή θάλασσα και αρχίζει να παίρνει μεγάλες γωνίες εγκάρσιας κλίσης. Ενδεικτική, για να γίνουν πιο εύκολα κατανοητές οι συνθήκες που επικρατούσαν εκείνη τη μέρα, είναι η μετεωρολογική πρόβλεψη όπου αναφέρεται χαρακτηριστικά: «...Νότιοι άνεμοι δυνάμεως 7 και τοπικώς 8 αναμένεται να επικρατήσουν τις προσεχείς 12 ώρες στο Αιγαίο, το Κρητικό και το Λυβικό πέλαγος. Κατάσταση θάλασσας πολύ κυματώδης και τοπικά τρικυμιώδης...».

Λόγω των έντονων διατοιχισμών από κάποια στιγμή και έπειτα τα αυτοκίνητα αρχίζουν και κινούνται επικίνδυνα και χτυπάνε το ένα πάνω στο άλλο. Παρά τις πρώτες ανησυχητικές ενδείξεις τόσο ο Ύπαρχος όσο και ο Πλοίαρχος δεν προβαίνουν σε λήψη οποιουδήποτε μέτρου που θα μπορούσε ενδεχομένως να βοηθήσει την κατάσταση όπως αλλαγή διεύθυνσης και ταχύτητας αλλά κυρίως λήψη μέτρων σχετικά με τη στήριξη και την έχμαση των οχημάτων. Γύρω στα μεσάνυχτα η κακοκαιρία παρουσιάζει έξαρση με ισχυρούς ΝΔ ανέμους έντασης 8 μποφόρ και περιορισμένη ορατότητα λόγω βροχής. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες στις 01:10 ανατρέπεται λόγω των έντονων διατοιχισμών φορτηγό αυτοκίνητο που μετέφερε έλαια και σαπούνια καθιστώντας πλέον το δάπεδο ολισθηρότατο και πολύ επικίνδυνο. Παρ' όλα αυτά ούτε και τώρα ο Πλοίαρχος κάνει κάτι ενώ τα περισσότερα αυτοκίνητα αλληλοσυγκρούονται και υφίστανται ζημιές. Δέκα λεπτά αργότερα (01:20) το φορτηγό-ψυγείο παρασέρνει τους τάκους που το κράταγαν ακινητοποιημένο και προσκρούει στον αριστερό και στη συνέχεια στο δεξιό καταπέλτη του πλοίου. Πολλά αυτοκίνητα λόγω του διατοιχισμού και της ολισθηρότητας του δαπέδου ανατρέπονται καθιστώντας τη μετάβαση και μετακίνηση στο χώρο οχημάτων αδύνατη λόγω επικινδυνότητας.

Σε χρονικό διάστημα ενός τετάρτου 01:30-01:45 το «κρίσιμο» φορτηγό-ψυγείο συνεχίζει να χτυπά τρεις φορές τους καταπέλτες ώσπου στην τελευταία πρόσκρουση ο δεξιός καταπέλτης υποχωρεί και ανοίγει «ομαλώς» όπως επισημαίνουν στις μαρτυρίες τους οι επιζώντες. Το φορτηγό-ψυγείο φτάνει μέχρι το χείλος του καταπέλτη και η καρότσα πέφτει στη θάλασσα ενώ το κουβούκλιο σφηνώνεται προσωρινά στη δεξιά πλευρά του ανοίγματος για να πέσει κ αυτό στη θάλασσα με τον επόμενο διατοιχισμό.



Εικόνα 3.2 Η καρότσα του "μοιραίου" φορτηγού – ψυγείου σε αεροφωτογραφία την επόμενη μέρα του ναυαγίου

Πλέον σε κάθε διατοιχισμό τα νερά ελεύθερα εισρέουν και εκρέουν προς και από το κατάστρωμα οχημάτων ενώ στο πρυμναίο δεξί μέρος παρατηρείται μόνιμη

συγκέντρωση υδάτων. Στις 01:50 σύμφωνα με τις καταθέσεις το πλοίο παίρνει μεγάλη κλίση προς τα δεξιά και η περίοδος διατοιχισμού αυξάνεται. Ο Πλοίαρχος για να αντιμετωπίσει την έντονη δεξιά κλίση δίνει εντολή να αντληθούν τα νερά και να γεμίσουν τις δεξαμενές της αριστερής πλευράς ώστε το πλοίο να επανέλθει στην κατακόρυφη θέση. Η απάντηση που παίρνει είναι πως για τεχνικούς λόγους η εκτέλεση της εντολής είναι αδύνατη.



Εικόνα 3.3 Το «Ηράκλειο» δεμένο στο λιμάνι του Ηρακλείου – 1965

Στις 01:59 από το πλοίο εκπέμπεται σήμα «XANOMEN ΔΕΞΙΑΝ ΠΟΡΤΑΝ ΓΚΑΡΑΖ///ΘΕΣΙΣ ΠΛΟΙΟΥ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΣ//» ενώ παράλληλα η κλίση αυξάνει με επιταχυνόμενο ρυθμό και το πλοίο ανακόπτει την ταχύτητά του. Στις 02:05 εκπέμπεται σήμα S.O.S. και μόλις στις 02:07, περίπου μισή ώρα δηλαδή μετά την απώλεια του καταπέλτη σημαίνει συναγερμός τη στιγμή που το πλοίο σύμφωνα με τις μαρτυρίες βρίσκεται σε κλίση άνω των 30° δεξιά η οποία συνεχώς αυξάνεται. Από τη στιγμή αυτή και μετά η ταχύτητα ανατροπής του πλοίου είναι τόσο μεγάλη που καθιστά σχεδόν κάθε προσπάθεια σωτηρίας μάταιη.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αναφέρουμε εδώ ότι δεν έγινε καμία οργανωμένη προσπάθεια διάσωσης των επιβατών από το πλήρωμα εκτός από μερικά σωσίβια που μοίρασαν κάποιοι ναύτες και την προσπάθεια του αρχιθαλαμηπόλου που πριν από τη σήμανση του συναγερμού έκοψε τα σχοινιά μερικών σχεδίων ώστε να πέσουν στη θάλασσα. Το τελευταίο σήμα «ΒΥΘΙΖΟΜΑΙ» από τον ασύρματο εκπέμπεται στις 02:12. Δύο φορές επαναλήφθηκε το σήμα κινδύνου που έφτασε στον παράκτιο σταθμό της Βάρης και ακολούθησε σιγή. Τρία λεπτά αργότερα το πλοίο είχε ανατραπεί. Μέχρι το τέλος της επιχείρησης διάσωσης περισυλλέγησαν 47 ναυαγοί από τους 283 επιβαίνοντες.

*Η παραπάνω περιγραφή του ιστορικού του ναυαγίου έγινε σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στο επίσημο πόρισμα της ΑΕΕΝΑ

3.2 ΜΑΡΤΥΡΙΕΣ/ΜΝΗΜΕΣ ΕΠΙΖΩΝΤΩΝ

Στο σημείο αυτό παραθέτουμε τη μαρτυρία του Μιχάλη Ναλετάκη που έτυχε να γνωρίζει προσωπικά κάποια από τα μέλη του πληρώματος του «Ηράκλειο».

« Τετάρτη απόγευμα 7 Δεκεμβρίου, 1966. Η φόρτωση του F/B ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ έχει τελειώσει και το επιβλητικό οχηματαγωγό ετοιμάζεται ν' αποπλεύσει για ένα ακόμη ταξίδι προς Πειραιά. Τίποτα δεν έδειχνε ότι ένα από τα μεγαλύτερα ναυτικά δράματα θα παιζόταν σε λίγες ώρες, στα σκοτεινά και ανταριασμένα νερά του Αιγαίου πελάγους, στην περιοχή της Φαλκονέρας. Το πλοίο εκτελούσε ήδη αρκετό καιρό δρομολόγια από Σούδα προς Πειραιά και πίσω, ενώ αρχικά ήταν δρομολογημένο στη γραμμή Ηράκλειο – Πειραιάς. Πολλά μικροατυχήματα είχαν σημαδέψει το οχηματαγωγό αυτήν την περίοδο, όπως παράξενες κλίσεις, σπάσιμο του καταπέλτη κατά τη φόρτωση και ταξίδι με ανοικτή την πλαϊνή πόρτα, επισκευή στο Πέραμα την επομένη και ξανά ταξίδι προς Ηράκλειο το απόγευμα.

Την εποχή εκείνη, Γ' πλοίαρχος ήταν ο Δημήτρης Τσαγκαράκης από την Αγία Βαρβάρα Ηρακλείου Κρήτης και λοστρόμος ο Θεόδωρος Μαγιάφης από τον Πειραιά. Ήταν οι πρώτοι άνθρωποι που συνάντησα όταν πρωτομπάρκαρα ως δόκιμος πλοίαρχος και αυτοί οι οποίοι μου δίδαξαν πάρα πολλά για τη ναυσιπλοΐα. Την περίοδο του ναυαγίου είχα ξεμπαρκάρι και υπηρετούσα την θητεία μου στο ΠΝ στο Π/Φ ΠΡΟΜΗΘΕΥΣ και για λόγους ασφαλείας το σκάφος έδενε στην πολιτική προβλήτα και δυτικά ενώ τα επιβατικά άραζαν ακριβώς απέναντι στην ανατολική πλευρά έτσι είχα επαφή με τους παλιούς μου συναδέλφους πολλοί από τους οποίους χάθηκαν στο ναυάγιο.

Πολλά έχουν γραφτεί και πολλά θα γραφτούν ακόμα για τα αίτια της φοβερής καταστροφής που συνέβη εκείνο το βράδυ στο μοιραίο ταξίδι του ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ. Πολλά τα θύματα και ανεξακρίβωτος ο αριθμός τους, καθώς οι περισσότεροι έκοβαν εισιτήριο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού κι έτσι δεν αναφέρονταν στις λίστες των επιβατών. Για παράδειγμα, το αντιτορπιλικό ΛΕΩΝ ήταν σε απολύμανση την περίοδο εκείνη και εξήντα – εβδομήντα ναύτες από το πλήρωμα πήγαιναν στον Πειραιά, με τριήμερη άδεια. Απ' αυτούς οι περισσότεροι έκοψαν εισιτήριο μέσα στο καράβι, υπήρχαν δε και απολυμένοι οι οποίοι το τελευταίο που θα σκέφτονταν θα ήταν να βγάλουν εισιτήριο από το πρακτορείο.

Υπήρχε την εποχή κείνη πολύ μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ Τυπάλδου και Ευθυμιάδη, γεγονός που πιθανώς έπαιξε κάποιο ρόλο στην τραγωδία. Στα F/B ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ και ΧΑΝΙΑ της εταιρίας Τυπάλδου, η εταιρία Ευθυμιάδη αντέτασσε τα F/B ΜΙΝΩΣ και ΦΑΙΣΤΟΣ, τα οποία ήταν μεν νεότερα, αλλά υστερούσαν σε ταχύτητα. Κάθε εταιρία προσπαθούσε να προσελκύσει επιβάτες και οχήματα, προσφέροντας διάφορες ευκολίες και κάποιες εκπτώσεις.

Το μοιραίο απόγευμα και ενώ το πλοίο ήταν σχεδόν λυμένο και στηριζόταν μόνο στο λεγόμενο spring- ένα καθυστερημένο φορτηγό ανάγκασε τον πλοίαρχο να φέρει το πλοίο πίσω στην αποβάθρα και να το πάρει. Στη συνέχεια, λύθηκαν πάλι οι κάβοι και το πλοίο ετοιμάστηκε να μανουβράρει για τον απόπλου, αλλά η μοίρα είχε ετοιμάσει άλλα. Ένα λευκό ψυγείο φορτωμένο πορτοκάλια – το μοιραίο όχημα που ήταν εν μέρει, η αίτια του ναυαγίου – φάνηκε στη στροφή, επίσης με αναμμένα φώτα και κορνάροντας. Ο πλοίαρχος, επειδή δεν ήθελε ν' αφήσει όχημα απ' έξω και να δυσαρεστήσει πελάτη, αναγκάστηκε, εκ των πραγμάτων, να μανουβράρει ξανά. Το ψυγείο μπήκε από την πόρτα -η οποία ήταν, σημειωτέον, στο πλάι του πλοίου- και τοποθετήθηκε κάθετα, διότι δεν υπήρχε χώρος να μανουβράρει και να τοποθετηθεί κανονικά κι έτσι, είχε κατεύθυνση προς τους δυο καταπέλτες (πόρτες) του πλοίου. Τελικά, το πλοίο αναχώρησε στις επτά και είκοσι το βράδυ και ο λοστρόμος με χαιρέτησε, λέγοντάς μου ότι θα τα λέγαμε πάλι μετά από δύο μέρες.

Το πρωί αντιλήφθηκα ότι τα αντιτορπιλικά ΣΦΕΝΔΟΝΗ, ΒΕΛΟΣ και κάποιο άλλο - το όνομα του οποίου μου διαφεύγει – ετοιμάζονταν ν' αποπλεύσουν και όταν ρώτησα στο Σηματορείο σχετικά, μου είπαν ότι το ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ είχε εκπέμψει SOS στις δυο και δέκα περίπου το πρωί κι ότι τα πολεμικά σήκωναν ατμό για να σπεύσουν προς βοήθεια.

Την ίδια ώρα στο ΑΚΙΠ (Αρχηγείο Κρητικού και Ιονίου Πελάγους) τα νέα δεν ήταν καθόλου ευχάριστα. Η ώρα ήταν περίπου οκτώ το πρωί και δεν είχαν ακόμα εντοπίσει ούτε συντρίμια ούτε ναυαγούς. Τα πρώτα πλοία που έφτασαν στο σημείο του ναυαγίου ήταν το F/B «ΜΙΝΩΣ» του Ευθυμιάδη και ένα φινλανδικό φορτηγό, το πλήρωμα του οποίου έσωσε πολλούς ναυαγούς, απ' ό,τι πληροφορήθηκα αργότερα. Τον λοστρόμο- ο οποίος ήταν ανάμεσα στους διασωθέντες,- τον συνάντησα μετά από μια ημέρα στο σπίτι του στη Φρεαττύδα και ο όποιος φανερά συγκινημένος, μου διηγήθηκε τα γεγονότα, όπως τα έζησε.

Η ώρα είχε πάει περίπου δώδεκα το βράδυ και όλοι οι αξιωματικοί ήταν στη γέφυρα, φανερά ανήσυχoi για τη σφοδρή θαλασσοταραχή που συντάρασσε το σκάφος, η ταχύτητα του οποίου ήταν αρκετά μεγάλη για τις συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή. Ο ύπαρχος Νικόλαος Θεοδωράκης αν θυμάμαι καλά (από το Ρέθυμνο) προσπαθούσε να πείσει τον καπετάνιο να κόψει λίγο, διότι και το σκάφος και οι επιβάτες υπέφεραν. Ο αναποφάσιστος και ηλικιωμένος πλοίαρχος του απαντούσε «Να κόψουμε, αλλά τι θα πουν από το γραφείο, θα με κατηγορήσουν για την καθυστέρηση» και αλλά παρόμοια, τα οποία ερχόταν σε αντίθεση στην πρόταση των αξιωματικών για μείωση της ταχύτητας του πλοίου.

Ήταν μιάμιση μετά τα μεσάνυχτα όταν ο δεύτερος ναύτης της βάρδιας πήγε στη γέφυρα και τρομοκρατημένος ανέφερε ότι το ψυγείο που είχαν βάλει τελευταίο είχε σπάσει την πόρτα και είχε πέσει στη θάλασσα μαζί με τον οδηγό του, ο οποίος προσπαθούσε να το στερεώσει. Ο καπετάνιος άρχισε να σκέφτεται ταραγμένος τις συνέπειες αυτού του γεγονότος και είπε στο λοστρόμο να πάει να δει τι συμβαίνει.

Η διαρρυθμίση του οχηματαγωγού επέτρεπε πρόσβαση στο γκαράζ από την τρίτη θέση, όπου υπήρχε ένα είδος εξώστη από τον οποίο μπορούσε να δει κανείς τι συνέβαινε στο κυρίως γκαράζ. Το θέαμα που αντίκρισε από κει ο λοστρόμος ήταν τρομακτικό. Ο καταπέλτης έλειπε τελείως, η θάλασσα έμπαινε μέσα ανεμπόδιστα και τα φορτηγά, μισοπλέοντας, κτυπούσαν το ένα πάνω στο άλλο. Το νερό, λόγω της κατωφέρειας του γκαράζ, συσσωρευόταν συνεχώς στην πίσω μεριά πιέζοντας το χώρισμα που χώριζε το γκαράζ από το μηχανοστάσιο, ήταν δε ζήτημα χρόνου να υποχωρήσει το τοίχωμα αυτό και να πλημμυρίσουν τα διαμερίσματα των μηχανών. Ο λοστρόμος επέστρεψε αστραπιαία στη γέφυρα και ανέφερε τα γεγονότα, επισημαίνοντας την κρισιμότητα της όλης κατάστασης. Από εκείνη τη στιγμή και μετά άρχισε η τραγωδία του καταδικασμένου πλέον πλοίου και –απ’ ό,τι φάνηκε στην ανάκριση που ακολούθησε- ούτε τα κουδούνια, ούτε τα μεγάφωνα λειτούργησαν για να ειδοποιήσουν τους επιβάτες.

Ο πλοίαρχος έδωσε διαταγή εγκατάλειψης του πλοίου και ο λοστρόμος, αφού ζύπνησε το πλήρωμα καταστρώματος, έτρεχε δεξιά κι αριστερά προσπαθώντας να πετάξει στη θάλασσα ό,τι ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί σαν σωσίβιο. Απ’ ό,τι μου είπε, πέταξε ξύλινα καθίσματα, σωσίβια από μια αποθήκη δίπλα στις καμπίνες πληρώματος, μερικές φουσκωτές λέμβους και αλλά πολλά που θα επέπλεαν. Δυστυχώς, οι σωσίβιες βάρκες δεν ήταν δυνατό να κατέβουν, επειδή οι μηχανισμοί ήταν χαλασμένοι – όπως αναφέρθηκε και στη δίκη που ακολούθησε. Το πλοίο βυθίστηκε στις τρεις παρά τέταρτο περίπου, σε λιγότερο από σαράντα με πενήντα λεπτά της ώρας.

Η φοβερή εκείνη νύχτα, η οποία φωτιζόταν από τις αστραπές της θύελλας των 8-9 μποφόρ, επρόκειτο να είναι μακρά για τους δυστυχείς ναυαγούς. Σύμφωνα με τα λεγόμενα του Θεόδωρου Μαγιάφη, όσοι έπεσαν στη θάλασσα προσπαθούσαν να βρουν κάτι για να πιαστούν, συγκλονισμένος δε, μου ανέφερε ότι μια κοπέλα που ήταν δίπλα του όλη τη νύχτα –και στην οποία μιλούσε συνεχώς, δίνοντάς της κουράγιο- δεν άντεξε και, προς το ξημέρωμα, χάθηκε από δίπλα του. Τον ίδιο τον περισυνέλεξε το F/B «ΜΙΝΩΣ» γύρω στις έντεκα το πρωί και όταν τον ανέβασαν στη βάρκα που είχαν κατεβάσει ένα από τα μέλη του πληρώματος ονόματι Γιάννης Λάμπρου δε μπόρεσε να τον αναγνωρίσει, παρόλο που ήταν φίλοι από παιδιά –τόσο παραμορφωμένο ήταν το πρόσωπό του από το μαζούτ και από την πολύωρη παραμονή στα παγωμένα νερά...”

Κάπου εδώ σταμάτησε η αφήγηση του λοστρόμου Θεόδωρου Μαγιάφη και άρχισε ο μαραθώνιος των εξεταστικών επιτροπών και των ανακρίσεων, που τελικά κατέληξαν στη δίκη. Ποιος και τι έφταιξε γι’ αυτήν τη ναυτική τραγωδία δε μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα. Ίσως η άγνοια του κινδύνου για τα πρωτόγνωρα μεγαθήρια που δρομολογήθηκαν εκείνον τον καιρό και αντικατέστησαν επιβατηγά όπως το «ΜΙΑΟΥΛΗΣ», το «ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗΣ», το «ΤΕΤΗ», το «ΑΓΓΕΛΙΚΑ» και αλλά, τα οποία –λόγω μεγέθους- έμεναν δεμένα για μέρες ολόκληρες, εξαιτίας των

καιρικών συνθηκών. Ίσως ακόμα, να ήταν η παράβλεψη ορισμένων κανόνων ασφαλείας και η έλλειψη λειτουργικών μέσων διάσωσης.

Το μόνο παρήγορο, αν μπορούμε να πούμε αυτή την λέξη, είναι ότι μετά την τραγωδία αυτή ο κόσμος ξεσηκώθηκε και έσπασε το μονοπώλιο των μεγαλοεφοπλιστών, δημιουργώντας ναυτιλιακές εταιρίες λαϊκής βάσης, χάρη στις οποίες οι θαλάσσιες συγκοινωνίες αναβαθμίστηκαν, έγιναν ασφαλέστερες και ταχύτερες. Αυτά που αναφέρω μου τα διηγήθηκε ο παλιός μου λοστρόμος λίγο μετά το ναυάγιο στο σπίτι του όπως προανέφερα, αν παράλειψα κάτι η αν έκανα κάποιο λάθος ως προς την χρονική διάρκεια του δράματος ζήτω συγγνώμη από τους διασωθέντες που ξέρουν ίσως καλύτερα αυτό που έζησαν...»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΟΓΝΩΜΟΣΥΝΕΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι κοινά παραδεχτό το γεγονός πως στην επιστήμη όταν έχουμε να κάνουμε με πραγματικά προβλήματα, τίποτα δεν είναι πάντα «άσπρο – μαύρο». Ναι μεν η αλήθεια είναι μία, αλλά όταν στο πρόβλημα υπεισέρχονται πολλές παράμετροι με διαφορετική βαρύτητα η κάθε μια, κάποιες από τις οποίες δεν έχουμε καν πολλές φορές σκεφτεί, αντιλαμβάνεται κανείς πως η προσέγγιση της αλήθειας, του τι πραγματικά συμβαίνει, είναι μια διαδικασία δύσκολη με συχνά πολλά πιασωγυρίσματα. Πόσο μάλλον λοιπόν όταν το αντικείμενο που μελετάμε βρίσκεται στο θαλάσσιο περιβάλλον εκτεθειμένο σε κυματισμό και άνεμο ενώ ταυτόχρονα έχει υποστεί ρήγμα στα έξαλα του απ' όπου εισρέουν αλλά και εκρέουν, ανάλογα των κινήσεών του, τα νερά της θάλασσας. Το να μπορέσει κάποιος να δώσει σαφείς απαντήσεις είναι μερικές φορές ιδιαίτερα δύσκολο, ειδικά όταν τα ερωτήματα είναι γενικής μορφής και φαινομενικά απλά, όμως απαιτούν μεγάλη προσοχή σε μία υπεύθυνη, περιεκτική ενημέρωση, που δεν θα πρέπει να παραβιάζει την επιστημονική δεοντολογία, ούτε το πνεύμα και την ουσία των δαιδαλωδών κανονισμών ασφαλείας των πλοίων.

Πέραν όμως των όποιων αντικειμενικών δυσκολιών έχει να αντιμετωπίσει ο μελετητής υπάρχουν και άλλης φύσης προβλήματα. Ως γνωστόν στα ναυτικά ατυχήματα το διακύβευμα είναι πολύ μεγάλο. Αποζημιώσεις, ασφάλειες, δικαστήρια είναι λόγοι ικανοί να έχει συμφέρον ο καθένας να αποποιηθεί την όποια ευθύνη. Εδώ είναι λοιπόν που έρχεται η «στρατευμένη», θα μπορούσε κάποιος να πει, επιστήμη να αποδείξει αυτό ακριβώς το οποίο της έχουν «παραγγείλει».

Για την περίπτωση του «Ηράκλειο» είχαμε στη διάθεση μας δυο πολύ σημαντικές μελέτες: την έκθεση πραγματογνωμοσύνης των Αντωνίου & Γεωργιάδη και το πόρισμα των Φραγκούλη, Λαζαρίμου, Ασφή. Πρόκειται για δύο έρευνες-μελέτες του ναυαγίου με ημερομηνίες Ιανουάριος/1967 και Ιούλιος/1968. Η ανάθεση της έρευνας στους Αντωνίου & Γεωργιάδη έγινε από το ΑΕΕΝΑ ενώ στο Φραγκούλη από την Εθνική Τράπεζα Βιομηχανικής Ανάπτυξης στην οποία ήταν υποθηκευμένο το πλοίο για 1,114,000\$. Είναι εντυπωσιακό πως παρ' όλο που και οι δύο μελέτες χρησιμοποιούν τα ίδια «εργαλεία», καταλήγουν σε μερικά σημεία σε διαφορετικά συμπεράσματα. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε περιληπτικά αρχικά την κάθε μία από τις δύο μελέτες καθώς επίσης και τη μεταγενέστερη μελέτη του Γερμανού καθηγητή Wendel και έπειτα θα ξεχωρίσουμε και θα συγκρίνουμε τα πιο σημαντικά σημεία τους.

4.2 “ΕΚΘΕΣΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΟΓΝΩΜΟΣΥΝΗΣ ΕΠΙ ΝΑΥΑΓΙΟΥ Ο/Γ ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ” των ΓΕΩΡΓΙΑΔΗ & ΑΝΤΩΝΙΟΥ

Η συγκεκριμένη πραγματογνωμοσύνη ανατέθηκε από την ΑΕΕΝΑ, μετέπειτα ΑΣΝΑ (Ανώτατο Συμβούλιο Ναυτικών Ατυχημάτων) στους κυρίους Σωτ. Γεωργιάδη – πλωτάρχη ΒΝ, ναυπηγό μηχανικό και Αντ. Αντωνίου - ναυπηγό μηχανολόγο, επιμελητή ΕΜΠ. Στο παρόν κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε συνοπτικά να παρουσιάσουμε τα όσα πραγματεύεται η συγκεκριμένη μελέτη καθώς και τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει.

Σκοπός των ερευνητών ήταν:

- Η διερεύνηση της πληρότητας και της ορθότητας των σχετικών με τη μετασκευή και τον καθορισμό του αριθμού επιβατών εγγράφων που βρίσκονταν στο φάκελο του «Ηράκλειο»
- Ο έλεγχος της μελέτης κατάκλυσης
- Ο έλεγχος της κατασκευής των πλευρικών καταπελτών για την επιβίβαση των οχημάτων
- Η διερεύνηση της επίδρασης που θα μπορούσε να έχει στην ευστάθεια η εισροή υδάτων από το δεξιό καταπέλτη
- Η επάρκεια των στοιχείων που είχαν υποβληθεί στην ΕΕΠ για την αναγνώριση του πλοίου ως επιβατηγού σύμφωνα με το νόμο
- Η διερεύνηση της ανάγκης ύπαρξης υδρορροών στο κατάστρωμα οχημάτων
- Η γνωμοδότηση για οποιοδήποτε θέμα είχε να κάνει με τη μετασκευή του σκάφους και την καταλληλότητά του ως επιβατηγό – οχηματαγωγό

Η ομάδα των μελετητών επισκέφτηκε το «Χανιά», αδερφό πλοίο του «Ηράκλειο» στα πλαίσια των ερευνών για να μελετήσουν από κοντά τον τρόπο κατασκευής της πλαϊνής μπουκαπόρτας επιβίβασης οχημάτων, τον τρόπο ασφάλισής της, τη διαμόρφωση του χώρου οχημάτων αλλά και γενικότερα τα όποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του πλοίου. Εφόσον από τη μία το «Ηράκλειο» είχε χαθεί για πάντα στο βυθό του Αιγαίου και από την άλλη τα σχέδια που υπήρχαν στο φάκελο του πλοίου πιθανότατα να διέφεραν από την πραγματική κατασκευή του караβιού, το «Χανιά» αποτελούσε τον ιδανικό τρόπο ώστε να εξετάσουν από κοντά σημαντικές λεπτομέρειες του σκάφους. Ενδεικτικό είναι επίσης πως και για όλες τις υπολογιστικές μελέτες επειδή δεν υπήρχαν επίσημα στοιχεία ούτε καν σχετικές μαρτυρίες, θεωρήθηκε ως κατάσταση φόρτωσης του τελευταίου ταξιδιού του «Ηράκλειο» αυτή του «Χανιά» κατά τη διάρκεια του πειράματος ευστάθειας που έγινε στο μέσο της διαδρομής Πειραιάς – Ηράκλειο - Πειραιάς (Πίνακας 4.1).

Κατάστασις δεξαμενών κατά τὸ Πείραμα:

Πρωταῖα δεξαμενὴ ζυγοσταθμίσεως	:	πλήρης (54 τόν	<i>Πίνακας 4.1 Κατάσταση φόρτωσης του πλοίου (άνευ φορτίου και επιβατών) κατά το πείραμα ευστάθειας σύμφωνα με τους Αντωνίου & Γεωργιάδη. Η ίδια αυτή κατάσταση φόρτωσης θεωρήθηκε ως η κατάσταση φόρτωσης του τελευταίου ταξιδιού του πλοίου και για τους περαιτέρω υπολογισμούς</i>
Δεξαμενὴ Νο.1	:	" (100)	
" Νο.2 ΔΕ	:	" (150)	
" Νο.2 ΑΡ	:	" (150)	
" Νο.3 ΑΡ	:	" (228)	
" Νο.3 ΔΕ	:	" (228)	
" Νο.4 ΑΡ	:	" (114)	
" Νο.4 ΔΕ	:	" (114)	
" Νο.5 ΔΕ	:	" (46)	
" Νο.5 ΑΡ	:	" (46)	
" Νο.6 ΔΕ	:	52 τόν. (96)	
" Νο.6 ΑΡ	:	πλήρης (96)	
" Νο.7	:	12 τόν. (45)	
Πρυμναῖα δεξαμενὴ ζυγοσταθμίσεως	:	37 τόν. (84)	
Δεξαμενὴ κύτους (ὑδατος) ΑΡ	:	35 τόν. (96)	
" " " ΔΕ	:	22 τόν. (96)	
" " (πετρέλ.) ΑΡ	:	16 τόν. (86)	
Δεξαμενὴ κύτους (πετρ.) ΔΕ	:	33 τόν. (86)	
Δεξαμενὴ κατακαθίσεως	:	πλήρη (69)	

Σημαντικό είναι να διακρίνουμε στη συνέχεια τα πιο κρίσιμα σημεία και μια σειρά από τεχνικές λεπτομέρειες που αναφέρονται στην πραγματογνωμοσύνη προκειμένου να γίνει πιο κατανοητό πού βασίστηκε το τελικό πόρισμα:

Γραμμὴ φόρτωσης

Για τον υπολογισμό της γραμμής φόρτωσης εξετάστηκαν δύο πιθανές περιπτώσεις. Στη μία θεωρήθηκαν οι μπουκαπόρτες του καταστρώματος οχημάτων μη καιροστεγείς (weathertight) και στην άλλη καιροστεγείς. Προέκυψε λοιπόν πως για την πρώτη περίπτωση η μελέτη γραμμής φόρτωσης του φακέλου ήταν λανθασμένη. Η μελέτη ξαναέγινε και από τον νέο υπολογισμό βρέθηκε ότι **το απαιτούμενο ύψος εξάλων έπρεπε να είναι 1140mm (3.74ft)**. Το πλοίο ήταν εφοδιασμένο με διεθνές πιστοποιητικό γραμμής φόρτωσης για εγκεκριμένο ύψος εξάλων 610mm (2ft) και τη μέρα του ναυαγίου σύμφωνα με υπολογισμούς είχε ύψος εξάλων περίπου 762.5mm (2.5ft). Παρατηρούμε λοιπόν πως και τα δύο ύψη ήταν μικρότερα από το ελάχιστο ύψος εξάλων που προβλέπεται από την εφαρμογή της ΔΣΓΦ (Διεθνής Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης).

Στη δεύτερη περίπτωση όπου οι μπουκαπόρτες θεωρήθηκαν καιροστεγείς από τη ΔΣΓΦ προέκυψε ύψος εξάλων 48.2mm. Στην περίπτωση αυτή όμως το **ύψος εξάλων** καθορίζεται από τη μελέτη κατάκλυσης και προκύπτει ότι πρέπει να είναι **μεγαλύτερο του 762.5mm (2.5ft)**. Επομένως **εάν οι θύρες θεωρηθούν στεγανές το πλοίο διέθετε επαρκές ύψος εξάλων ενώ στην αντίθετη περίπτωση όχι.**

Ευστάθεια

Από τους υπολογισμούς προκύπτει για τη δεδομένη κατάσταση φόρτωσης (πίνακας 4.1) τη νύχτα του ναυαγίου **αρχική ευστάθεια GM=3.16ft**, το οποίο όμως δεν αποτελεί από μόνο του απόδειξη επαρκούς ευστάθειας.

Από τη στιγμή που ο δεξιός προωραίος καταπέλτης σπάει η κατάσταση αλλάζει άρδην. Η είσοδος μεγάλων ποσοτήτων νερού ήταν ζήτημα ελάχιστου χρόνου. Αρκεί να σκεφτεί κανείς πως το κατώφλι της θύρας οχημάτων βρισκόταν στα 1.8m κατ' εκτίμηση από την επιφάνεια της θάλασσας σε κατάσταση 8 μποφόρ και με ύψη κύματος που συχνά ξεπερνούσαν τα 6-7m (όπου ύψος κύματος η απόσταση από κοιλάδα σε κορυφή). Η δυνατότητα εισόδου νερού λοιπόν στο κατάστρωμα οχημάτων ήταν πρακτικά απεριόριστη. Εξ' αιτίας όμως της έμπρυσμης διαγωγής και της σιμότητας η ποσότητα που μπορούσε να μείνει συγκεντρωμένη ήταν στην πραγματικότητα περιορισμένη και συγκεκριμένα για μηδενική γωνία κλίσης ήταν 226.5t.

Μπορεί η ποσότητα αυτή να μην έχει σημαντικό βάρος και μεγάλη επίδραση στη διαγωγή επηρεάζει πολύ όμως την ευστάθεια. Το GM γίνεται αρνητικό και ίσο με -2.21ft και κατά συνέπεια υπό την επίδραση της παραμικρής εξωτερικής ροπής το σκάφος θα έπαιρνε κλίση μέχρι να επιτευχθεί θέση ισορροπίας που θα αντιστοιχούσε σε θετικό μετακεντρικό ύψος. Η **ελάχιστη ποσότητα ύδατος που θα μπορούσε να προκαλέσει μηδενισμό του GM ήταν 83t στην κατακόρυφη θέση.**

Αναλυτικότερα αναφέρονται κάποιες χαρακτηριστικές γωνίες:

Γωνία 2°-30'

Ένα μέρος της ποσότητας του νερού που είχε μπει στο κατάστρωμα οχημάτων εκρέει από τη σπασμένη μπουκαπόρτα ενώ η ελεύθερη επιφάνεια της ποσότητας νερού που παραμένει θα ήταν ικανή να προκαλέσει μηδενισμό του GM (δες σελ 83).

Γωνία 5°-0'

Η συγκεντρωμένη ποσότητα νερού και η ελεύθερη επιφάνειά της μειώνεται. Το GM (σελ 85) γίνεται εκ νέου θετικό και το σκάφος παρουσιάζει θετική ροπή επαναφοράς.
GZ=0.121ft M=912ft·t

Γωνία 11°-0'

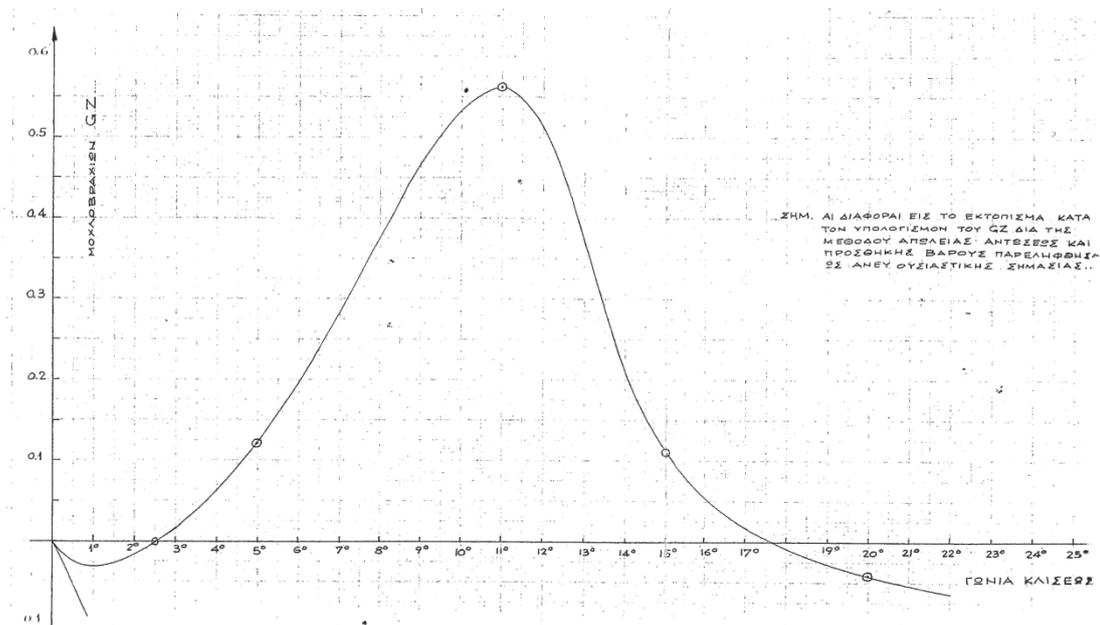
Το κατώφλι της μπουκαπόρτας βρίσκεται σε επαφή με το νερό της θάλασσας και η εναπομένουσα ποσότητα ύδατος στο κατάστρωμα οχημάτων είναι η ελάχιστη δυνατή.
GZ=0.56ft M=4209ft·t

Γωνία 15°-0'

Το κατώφλι της μπουκαπόρτας βρίσκεται μέσα στη θάλασσα. Η απώλεια ροπής αδράνειας της ισάλου μειώνει εκ νέου το μοχλοβραχίονα ευστάθειας. $GZ=0.11ft$

Γωνία 17°-40' και άνω

Σε γωνία περίπου 17°-40' η ευστάθεια μηδενίζεται. Για μεγαλύτερες γωνίες η ευστάθεια γίνεται αρνητική και έτσι παραμένει μέχρι την ανατροπή του σκάφους καθώς η απώλεια της ροπής αδράνειας της ισάλου αυξάνεται συνεχώς



Διάγραμμα 4.1 Η καμπύλη του μοχλοβραχίονα ευστάθειας $GZ-\varphi$, σύμφωνα με τους Αντωνίου&Γεωργιάδη, για την περίπτωση κατάκλυσης του πρωραίου καταστρώματος οχημάτων

Προκύπτουν λοιπόν από τη μελέτη των καμπυλών ευστάθειας τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η **αρχική ευστάθεια** του σκάφους είναι **ανεπαρκής** για να αντιμετωπιστεί κατάσταση κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων
- Η **περιοχή ευστάθειας** μετρούμενη από την απόσταση των δυο διαδοχικών μηδενισμών του GM (17°-45' και 2°-30') δηλαδή 15°-15' είναι επίσης **ανεπαρκής** για την αντιμετώπιση μεγάλων κλίσεων που προκαλούνται από έντονη θαλασσοταραχή
- Η **δυναμική ευστάθεια** του σκάφους λόγω των μικρών τιμών του μοχλοβραχίονα είναι **πολύ περιορισμένη**
- Η ευστάθεια του σκάφους σε **γωνία άνω των 17°-45'** είναι αρνητική και επομένως το σκάφος στη θέση αυτή **ανατρέπεται**

- Η εκτροπή ενός σκάφους σε γωνία πάνω από 17°-45' με άνεμο 8 μποφόρ είναι πράγμα σύννηθες. Υπό την επίδραση της ροπής εκτοπίσεως των οχημάτων η αρχική θέση ισορροπίας του «Ηράκλειο» παρουσιάζει τουλάχιστον 4°-30' απόκλιση, επομένως αρκούσε επιπλέον κλίση **μόλις 13°-15' για την ανατροπή του πλοίου.**

Μελέτη κατάκλυσης

Η μελέτη κατάκλυσης στο φάκελο του «Ηράκλειο» ήταν επίσης λανθασμένη. Η υποβολή μελέτης κατάκλυσης για αναγνώριση του πλοίου ως επιβατηγό ήταν επιβεβλημένη από το ΒΔ της 19/2/36 το οποίο όμως **δεν καθόριζε** με σαφή τρόπο ούτε **η μέθοδος υπολογισμού της καμπύλης κατακλύσιμων μηκών, ούτε τα κριτήρια** βάσει των οποίων συνάγεται η επάρκεια της στεγανής υποδιαίρεσης του πλοίου. Η μελέτη που υπήρχε στο φάκελο της ΕΕΠ ήταν βασισμένη στους κανονισμούς της SOLAS 1948 αλλά σύμφωνα με τους πραγματογνώμονες είχε τα παρακάτω λάθη:

1. Οι μέσες διαχωρητότητες του πλοίου είχαν υπολογιστεί λάθος
2. Το μήκος της ισάλου υποδιαίρεσεως θεωρήθηκε μεγαλύτερο από το κανονικό
3. Το κριτήριο υπηρεσίας υπολογίστηκε λάθος σε 13, δηλαδή μικρότερο ακόμα και εκείνου που αντιστοιχούσε σε κυρίως φορτηγά πλοία
4. Ο όγκος του μηχανοστασίου και των δεξαμενών καυσίμου έξω από αυτό βρέθηκε μικρότερος του κανονικού
5. Οι θέσεις των νέων εγκάρσιων φρακτών ήταν διαφορετικές στα σχέδια καμπυλών κατάκλυσης και στα σχέδια διαμήκους τομής
6. Ο συντελεστής υποδιαίρεσης που υπολογίστηκε ήταν λανθασμένος
7. Δεν ελέγχθηκε η επίπτωση της συνήθους διαγωγής του πλοίου στην επάρκεια της στεγανής υποδιαίρεσης και πλευστότητας του πλοίου

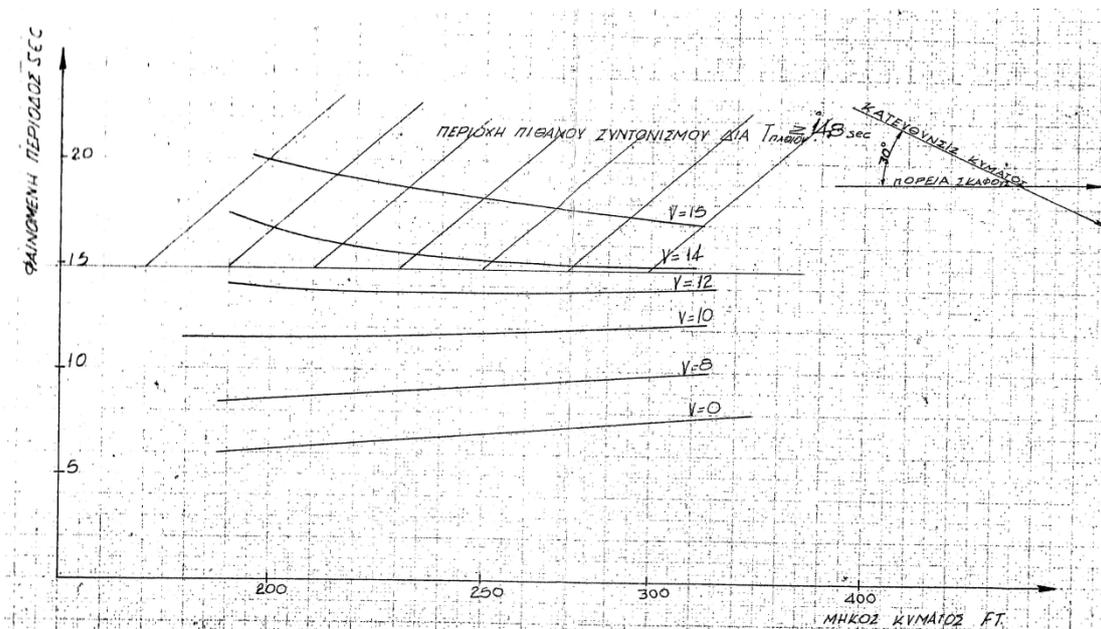
Γι' αυτό το λόγο επαναλήφθηκε η μελέτη κατάκλυσης με τη μέθοδο υπολογισμού που συνιστούσε το MOT στην έκδοσή του survey of passenger ships volumes I & II σύμφωνα πάντα με τους κανονισμούς και τα κριτήρια της SOLAS 48. Για τη συγκεκριμένη μελέτη θεώρησαν ότι το πλοίο είχε βύθισμα 15' και μηδενική διαγωγή πράγμα που δεν ίσχυε, καθώς το πλοίο συνήθως έπλεε με πρυμναία διαγωγή. Σημειώνεται βέβαια χαρακτηριστικά πως «...η μελέτη κατακλύσεως δια μηδενικήν διαγωγήν δίδει **αποτελέσματα σημαντικώς διάφορα** εκείνων τα οποία συνάγονται όταν λαμβάνεται υπ' όψιν η συνήθης διαγωγή πλεύσεως...». Ειδικά την ημέρα του ναυαγίου το πλοίο υπολογίζεται ότι είχε βύθισμα $T=15.1'$ και διαγωγή $\delta=10.54'$.

Από τη νέα μελέτη όπου δε λαμβάνεται υπ' όψιν η συνήθης διαγωγή πλεύσης του πλοίου φαίνεται ότι η στεγανή υποδιαίρεση και η εφεδρική πλευστότητα του «Ηράκλειο» είναι επαρκείς για ύψος εξάλων 2.5' (=762.5mm). Αν όμως ληφθεί υπ' όψιν η διαγωγή που είχε τη μέρα του ναυαγίου και για παράδειγμα κατακλυστεί το

μηχανοστάσιο, φαίνεται ότι το πλοίο δε διαθέτει επαρκή στεγανή υποδιαίρεση και εφεδρική πλευστότητα, καθώς η νέα ίσαλος (μετά την κατάκλυση του μηχανοστασίου) τέμνει τη γραμμή του ορίου βυθίσεως. Άρα συμπεραίνεται ότι **το ύψος εξάλων έπρεπε να είναι οπωσδήποτε μεγαλύτερο από 2.5΄**.

Επίδραση της ταχύτητας

Η περίοδος διατοιχισμού του σκάφους υπολογίστηκε από τους Αντωνίου & Γεωργιάδη κατά προσέγγιση περίπου ίση με $T=14.8\text{sec}$. Παράλληλα έγιναν κάποιες σημαντικές παραδοχές για τους σχετικούς υπολογισμούς θεωρώντας μήκος κύματος 250ft, περίοδο κύματος $T=7\text{sec}$ και γωνία συνάντησης των κυμάτων περίπου 30° . Το πρόβλημα επομένως έχει να κάνει με ένα πλοίο που κινείται με ταχύτητα $\sim 15\text{kn}$ και δέχεται στην πίσω και αριστερά πλευρά του κυματισμούς που διαδίδονται με ταχύτητα $\sim 21\text{kn}$.



Διάγραμμα 4.2 Φαινόμενη περίοδος για διάφορες ταχύτητες, συναρτήσει του μήκους κύματος

Φαίνεται λοιπόν και από το σχέδιο πως αύξηση της ταχύτητας έχει σαν αποτέλεσμα εν γένει την αύξηση της φαινόμενης περιόδου του κύματος σε τιμές τέτοιες, ώστε να πλησιάζει τη σχέση συντονισμού $T_{\text{φαινόμενη}} = T_{\text{διατοιχισμού}}$. Είναι σαφές πως **η μείωση της ταχύτητας του πλοίου, η αλλαγή πορείας ή ο συνδυασμός αυτών θα λειτουργούσε αποτρεπτικά στην εμφάνιση συντονισμού**. Για τις παραπάνω τιμές της φυσικής περιόδου του πλοίου και της περιόδου κύματος ο συντονισμός θα ήταν αδύνατος εάν το σκάφος έπλεε με πολύ μικρή ταχύτητα και γωνία 0° ως προς τη διεύθυνση του άνεμου.

Σε κάθε περίπτωση η αύξηση της ταχύτητας λειτουργεί αρνητικά καθώς αυξάνει τα φαινόμενα σφυρόκρουσης της πλώρας, το ύψος του κύματος πρόωσης κτλ διευκολύνοντας έτσι την εισροή υδάτων από την ανοιχτή θύρα.

Αναγνώριση ως επιβατηγό

Τα στοιχεία που βρίσκονται στον φάκελο που παραδόθηκε στην ΕΕΠ δεν καλύπτουν τα υπό του νόμου προβλεπόμενα για την αναγνώριση του «Ηράκλειο» ως επιβατηγό - οχηματαγωγό. Το πλοίο μπορεί να διέθετε την από το ΒΔ 408 3/3/1961 απαιτούμενη ευστάθεια για μεταφορά επιβατών και επαρκή ευστάθεια (από τον υπολογισμό ευστάθειας έναντι βλάβης) για περίπτωση κατάκλυσης ενός διαμερίσματος μεταξύ κύριων εγκάρσιων στεγανών φρακτών, δε διέθετε όμως ευστάθεια για κατάκλυση του προωαίου ή πρυμναίου καταστρώματος οχημάτων. Εξ' αιτίας της αστάθειας λοιπόν που παρουσίαζε σε περίπτωση κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων το πλοίο **δεν θεωρείται αρκετά ασφαλές για τη μεταφορά επιβατών.**

Άλλες ελλείψεις του φακέλου

Στο φάκελο δεν υπήρχε περιγραφή του τρόπου αερισμού των διαφόρων διαμερισμάτων του πλοίου, σχέδιο γενικής διάταξης αντλιών και σωληνώσεων που είναι πρωταρχικής σημασίας για την ασφάλεια του σκάφους, σχέδιο δικτύου πυροσβέσεως, σχέδιο συστήματος αποχέτευσης του χώρου οχημάτων και σχέδιο έχμασης οχημάτων.

Πείραμα ευστάθειας

Το πείραμα ευσταθείας ήταν υποχρεωτικό να υπάρχει στο σχετικό φάκελο σύμφωνα με το ΒΔ της 3^{ης}/6/61. Συμφώνα με τους υπολογισμούς των πραγματογνωμόνων το ΚΒ μετά τη μετασκευή μειώθηκε από 2.29ft σε 0.84ft. Δεδομένου ότι το Ηράκλειο ήταν το πρώτο μετασκευασμένο του είδους του και ότι επιπλέον κανένας υπολογισμός δε βρέθηκε στο φάκελο που να επιτρέπει τον έστω και κατά προσέγγιση υπολογισμό της αλλαγής του ΚΒ συμπεραίνει κανείς πως η **έλλειψη πειράματος ευστάθειας ήταν ουσιαστική και όχι τυπική παράλειψη.**

Υδρορροές

Η πρόβλεψη **κατάλληλου συστήματος ταχείας απορροής των υδάτων** από το κατάστρωμα οχημάτων είναι **απαραίτητη** λόγω της σοβαρής επίπτωσης την οποία έχει η μεγάλη ελεύθερη επιφάνεια στην ευστάθεια. Οι υδρορροές που είχε το σκάφος μπορούσαν να εξαντλήσουν μικρές ποσότητες νερού που προέρχονταν από το

σύστημα πυρόσβεσης ή ακόμα και θαλασσινό νερό που είχε μπει στο κατάστρωμα οχημάτων λόγω έλλειψης επαρκούς στεγανότητας των πλευρικών ανοιγμάτων. Είναι όμως μάλλον **απίθανο** να μπορούσαν από εκεί να **απαντηθούν οι τεράστιες ποσότητες νερού που έμπαιναν** από την ανοιγμένη, 4x4.7 πόρτα υπό άνεμο 8 μποφόρ. Σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης στο κατάστρωμα οχημάτων μήκους 197ft θα χρειάζονταν για την αποχέτευση των υδάτων ανοίγματα συνολικής διατομής 38ft² για κάθε πλευρά, μέγεθος που ακόμα και το μισό του αποτελεί τεράστια επιφάνεια.

Σε κάθε περίπτωση η **καλύτερη ασφάλεια** έναντι κινδύνου από κατάκλυση του χώρου οχημάτων παραμένει η **ύπαρξη επαρκούς αρχικού μετακεντρικού ύψους** με τρόπο τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται ότι αυτό θα παραμείνει θετικό σε κάθε περίπτωση βλάβης. Να σημειωθεί πάντως ότι το ζήτημα της κατάκλυσης των οχηματαγωγών βρίσκεται διεθνώς υπό μελέτη και **επί του παρόντος τουλάχιστον δεν υφίστανται κανονισμοί που να διέπουν τη συγκεκριμένη περίπτωση.**

Το σύστημα έγχυσης:

Διεθνείς κανονισμοί που να προδιαγράφουν τυχόν αποδεκτούς τρόπους **έγχυσης δεν φαίνεται ότι υπάρχουν** για την ώρα και ο τρόπος έγχυσης αποτελεί μέριμνα του κατασκευαστή βασιζόμενου ως επί το πλείστον «*επί των κανόνων της εμπειρίας και της καλής τεχνικής*». Η στήριξη με σφήνες είναι ο πιο εύκολος αλλά και ο πιο επισφαλής τρόπος καθώς ουσιαστικά χάνεται η όποια προστασία για γωνίες κλίσης του σκάφους μεγαλύτερες της γωνίας τριβής των εν επαφή υλικών. Η γωνία αυτή σε περιπτώσεις υγρού ή ακόμα και με ελαιώδες επίστρωμα δαπέδου μπορεί να καταστεί πολύ μικρή.

Πλαϊνή προωαία μπουκαπόρτα

Αν θεωρηθεί ότι η κατασκευή των πλαϊνών μπουκαπορτών του «Χανιά» ήταν ίδια και στο «Ηράκλειο», προκύπτουν τα εξής δύο βασικά συμπεράσματα όσον αφορά την αντοχή τους:

- Ο πλαϊνός καταπέλτης δε μπορεί σε καμιά περίπτωση να θεωρηθεί ότι πληρούσε την απαίτηση για «ισοδύναμη» ενίσχυση προς αποκατάσταση της αρχικής αντοχής του σκάφους
- Η αντοχή κρίνεται επαρκής ως διαβάθρα οχημάτων αλλά και ως μέρους της πλευράς του σκάφους έναντι εξωτερικών επιβαλλόμενων φορτίσεων

Λόγω της μεγάλης σημασίας που έχει για την ασφάλεια του σκάφους η εισροή υδάτων στο κατάστρωμα οχημάτων (καταστρωμα στεγανής υποδιαίρεσης)

συνεπάγεται ότι η θύρα οχημάτων έπρεπε να κλείνει με τρόπο τέτοιο που να αποκλείει την είσοδο του νερού παρ' όλο που θεωρείται ως «άνοιγμα επί του περιβλήματος άνωθεν της γραμμής ορίου βύθισης».

Οι ερευνητές συνεχίζουν και με περαιτέρω επισημάνσεις: Η κατασκευαστική διαμόρφωση της μπουκαπόρτας δεν ήταν σωστή, το ελαστικό έπρεπε να έχει τοποθετηθεί σε όλη την περίμετρο, για την επίτευξη επαρκούς στεγανότητας ο αριθμός των κοχλιών έπρεπε να είναι ένας ανά 750mm της περιμέτρου και όχι μόνο έξι όπως ήταν στην πραγματικότητα. Καταλήγουν βέβαια στο τέλος πως η κατασκευή της μπουκαπόρτας **δε φαίνεται να είχε αιτιώδη συνάφεια με το ναυάγιο**.

Ο τρόπος στήριξης της πόρτας και ο τρόπος κατασκευής δε μπορούν να θεωρηθούν τεχνικά άνογοι αλλά σε κάθε περίπτωση δυνάμεις σαν αυτή που ανέπτυξε το φορτηγό - ψυγείο κατά τη σύγκρουση δεν ήταν δυνατόν να σπάσουν την πόρτα χωρίς να συνθλιβεί η πίσω μεριά του ψυγείου. Επομένως η πόρτα **δεν είχε κλείσει με σύσφιξη των κοχλιών και υποβασταζόταν μόνο από τα συρματόσκοινα της τροχαλίας που συγκρατούνταν από το φρένο του βαρούλκου**. Το γεγονός αυτό επαληθεύουν και οι μαρτυρίες των ναυαγών που κάνουν λόγο για «βραδεία διάνοιξη».



Εικόνα 4.1 Αποψη της καρότσας του «μοιραίου» φορτηγού – ψυγείου όπου φαίνεται η έκταση της ζημιάς που έχει πάθει

Μέγιστος αριθμός επιβαινόντων

Εν γένει ο αριθμός επιβατών ενός επιβατηγού καθορίζεται ως ο μικρότερος από τους τρεις αριθμούς που προκύπτουν από τις παρακάτω μελέτες:

- Μελέτη αρχικής ευστάθειας σύμφωνα με το ΒΔ 408/1961
- Μελέτη κατακλύσεως
- Μελέτη διαθέσιμων σωστικών μέσων

Όσον αφορά την ευστάθεια και την κατάκλυση οι μελετητές καταλήγουν ότι το πλοίο δεν ήταν επαρκώς ασφαλές για τη μεταφορά επιβατών γιατί ήταν ασταθές σε περίπτωση κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων και δε διέθετε επαρκή στεγανή υποδιαίρεση και πλευστότητα για ύψος εξάλων 2ft όπως όριζε το πιστοποιητικό του.

Σχετικά με τα διαθέσιμα σωστικά μέσα το «Ηράκλειο» διέθετε αναμφισβήτητα επαρκή σωστικά μέσα για να καλύψει τους ακόλουθους αριθμούς επιβαινόντων: **ι) 782 για το χειμώνα, ιι) 1000 για το θέρος.**

4.3 ΜΕΛΕΤΗ ΝΑΥΑΓΙΟΥ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ» ΤΩΝ ΦΡΑΓΚΟΥΛΗ, ΛΑΖΑΡΙΜΟΥ, ΑΣΦΗ

Η συγκεκριμένη πραγματογνωμοσύνη ανατέθηκε από την Εθνική Τράπεζα Βιομηχανικής Ανάπτυξης (ΕΤΒΑ) στους Φραγκούλη, Λαζαρίμο και Ασφή ενάμισι περίπου χρόνο μετά το ναυάγιο του «Ηράκλειο», ενώ είχε ήδη εκδοθεί η μελέτη των Αντωνίου & Γεωργιάδη και είχε ως στόχο να εξετάσει τα παρακάτω ζητήματα:

- Υπό ποιες συνθήκες συνέβη και σε ποια αίτια οφείλεται η βύθιση του «Ηράκλειο»
- Ειδικότερα να εξεταστεί αν τα παρακάτω γεγονότα έπαιξαν ρόλο στο ναυάγιο:
 1. Μη εκτέλεση πειράματος ευστάθειας και παράλειψη από τους υπεύθυνους να παρέχουν στον πλοίαρχο τα απαραίτητα στοιχεία για την ευστάθεια του πλοίου
 2. Κατασκευή καταπελών με μη εγκεκριμένα από την ΕΕΠ σχέδια
 3. Υποβολή λανθασμένης μελέτης γραμμής φόρτωσης στην ΕΕΠ
 4. Έλλειψη συστήματος ασφαλούς έχμασης των οχημάτων
 5. Παράλειψη των υπευθύνων να επιδιορθώσουν τον δεξιό καταπέλτη και να αντικαταστήσουν τα ελαστικά παρεμβύσματα του ώστε να κλείνει υδατοστεγώς.
 6. Παράλειψη των υπευθύνων να φροντίσουν για την ορθή συγκόλληση των ελασμάτων που αποτελούσαν το δάπεδο του καταστρώματος οχημάτων ώστε να είναι απολύτως στεγανό, να επιδιορθώσουν τους κοχλίες σύσφιξης των καλυμμάτων των ανθρωποθυρίδων, να μεριμνήσουν για την κατασκευή κατάλληλου συστήματος ασφαλούς έχμασης των οχημάτων
 7. Παράλειψη των υπευθύνων να αποκαταστήσουν την βλάβη που υπήρχε από παλιά στο σύστημα αντλιών εξάντλησης κυτών
- Αν η απώλεια του πλοίου οφείλεται σε γεγονός που καθιστούσε το πλοίο αναξιόπλοο ή σε ευθύνη των πλοιοκτητών
- Να διεξαχθεί γενικότερη έρευνα για κάθε θέμα που μπορεί να σχετίζεται με τη βύθιση του «Ηράκλειο»

Μέρος πρώτο: τα του ναυαγίου

Πείραμα ευστάθειας

Στη συγκεκριμένη μελέτη αναφέρεται πως, όσον αφορά το πείραμα ευστάθειας, **η προσφυγή στα στοιχεία ευστάθειας του «Χανιά» είναι σύμφωνη με τους κανονισμούς** παρ' όλο που διετάχθη και εκτελέστηκε πείραμα και για το «Ηράκλειο» αν και δεν έγινε τελικά αποδεκτό, αφού θεωρήθηκε ότι δε θα έδινε την απαιτούμενη ακρίβεια αποτελεσμάτων. Επιπρόσθετα η ομάδα του Φραγκούλη επικαλείται τόσο τη μαρτυρία του τότε τομεάρχη Ναυπηγικού της ΕΕΠ Ανδριτσόπουλου ότι ο ναυπηγός που μελέτησε τις μετασκευές του πλοίου (Θεοδωρίδης) είχε πεισθεί για την ικανοποιητική ευστάθειά του και δεν έκρινε αναγκαία την υποβολή μελέτης πειράματος ευστάθειας, όσο και την κατάθεση του στην οποία φέρεται να δηλώνει: *«κατά την επίσκεψη μου στο πλοίο 6/8/1966 εκτίμησα ότι οι μετασκευές που είχαν γίνει δεν ήταν δυνατόν να επηρεάσουν αρνητικά την αρχική ευστάθεια του πλοίου»*. Καταλήγει λοιπόν ότι στην περίπτωση του «Ηράκλειο» θα μπορούσε να γίνει εφαρμογή του Κανονισμού 19 παράγραφος β της SOLAS (check) όπου προβλέπεται ότι η αναγκαιότητα ή μη της εκτέλεσης πειράματος ευστάθειας για μετασκευασμένα πλοία κρίνεται από το αρμόδιο όργανο (ΕΕΠ). Επιπλέον τονίζεται το γεγονός ότι σύμφωνα με τη SOLAS η εκτέλεση πειράματος ευστάθειας δεν κρίνεται αναγκαία, όταν είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών κριτηρίων ως προς την ευστάθεια με υπολογισμό των βαρών δια αναγωγής. Από αυτούς τους υπολογισμούς που έγιναν στη συγκεκριμένη μελέτη **προκύπτει η μη ουσιώδης μεταβολή των στοιχείων ευστάθειας κατά τη μετασκευή**.

Πιο συγκεκριμένα υπολογίζεται ότι το «Ηράκλειο» είχε μετακεντρικό ύψος **GM = 0.96m** και υποστηρίζεται ότι σε καμία περίπτωση το πείραμα ευστάθειας δε θα έδινε τιμή μικρότερη από **0.27m** με την οποία το πλοίο θεωρείται ως **«καλώς έχουν»** (θα εξηγήσουμε στην επόμενη ενότητα από πού προκύπτει η συγκεκριμένη τιμή).

Ένας από τους στόχους του πειράματος ευστάθειας είναι η χορήγηση οδηγιών στον πλοίαρχο ώστε να εξασφαλίζει για τις **συνθήκες υπηρεσίας** του πλοίου σε **άθικτη κατάσταση** επαρκή ευστάθεια πλεύσης. Οι πραγματογνώμονες αν και δεν είναι βέβαιοι ότι η διαδικασία χορήγησης τέτοιων οδηγιών ήταν σε εφαρμογή για τα ελληνικά ακτοπλοϊκά σκάφη εκείνη την εποχή επισημαίνουν ότι οι οδηγίες αυτές θα ήταν περιττές στον πλοίαρχο καθώς το «Ηράκλειο» είχε υποστεί ρήγμα στα έξαλα και επομένως η κατάσταση του χαρακτηρίζεται ως βεβλαμμένη

Οι μελετητές αναγνωρίζουν ότι η μη υποβολή της μελέτης αποτελεί έλλειψη για την πληρότητα του φακέλου παρ' όλο που σε καμιά περίπτωση η εκτέλεση πειράματος ευστάθειας, η υποβολή μελέτης και η παροχή σχετικών με την ευστάθεια οδηγιών στο πλοίαρχο δε θα κάλυπταν την περίπτωση κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων, αφού κάτι τέτοιο δεν προβλέπεται από τους κανονισμούς.

Συνεπώς δεν έχει καμιά αιτιώδη συνάφεια η μη εκτέλεση του πειράματος με τις συνθήκες του ναυαγίου. Ακόμα και λέξη προς λέξη να είχαν τηρηθεί οι σχετικοί κανονισμοί μάλλον απίθανο είναι να είχε προβλεφτεί η αντιμετώπιση κατάκλισης ενός χώρου πάνω από το ανώτατο στεγανό κατάστρωμα, όπως ο χώρος οχημάτων.

Αρχική ευστάθεια

Όπως αναφέρεται και στη μελέτη των Αντωνίου & Γεωργιάδη στη σελίδα 72, σύμφωνα πάντα με τους κανονισμούς που ορίζει το ΒΔ 408/1961, για 1400 επιβάτες το πλοίο αποκτά λόγω επιβατών κλίση 5° - $18'$ έναντι των επιτρεπόμενων 12° . Η ομάδα του Φραγκούλη υπολογίζει πως για μη υπέρβαση των 12° θα ήταν αρκετό το μετακεντρικό ύψος να ήταν 0.27m έναντι των 0.96m που διέθετε. Προκύπτει λοιπόν ένα περιθώριο κάλυψης 350%. Αντίστοιχα υπολογίζεται πως για περίπτωση κατάκλισης ενός διαμερίσματος μεταξύ κύριων φρακτών κάτω από το ανώτατο συνεχές κατάστρωμα το μετακεντρικό ύψος είναι **GM=24δάχτυλα έναντι των απαιτούμενων 2 δαχτύλων** δηλαδή υπάρχει κάλυψη 1200% έναντι των απαιτήσεων.

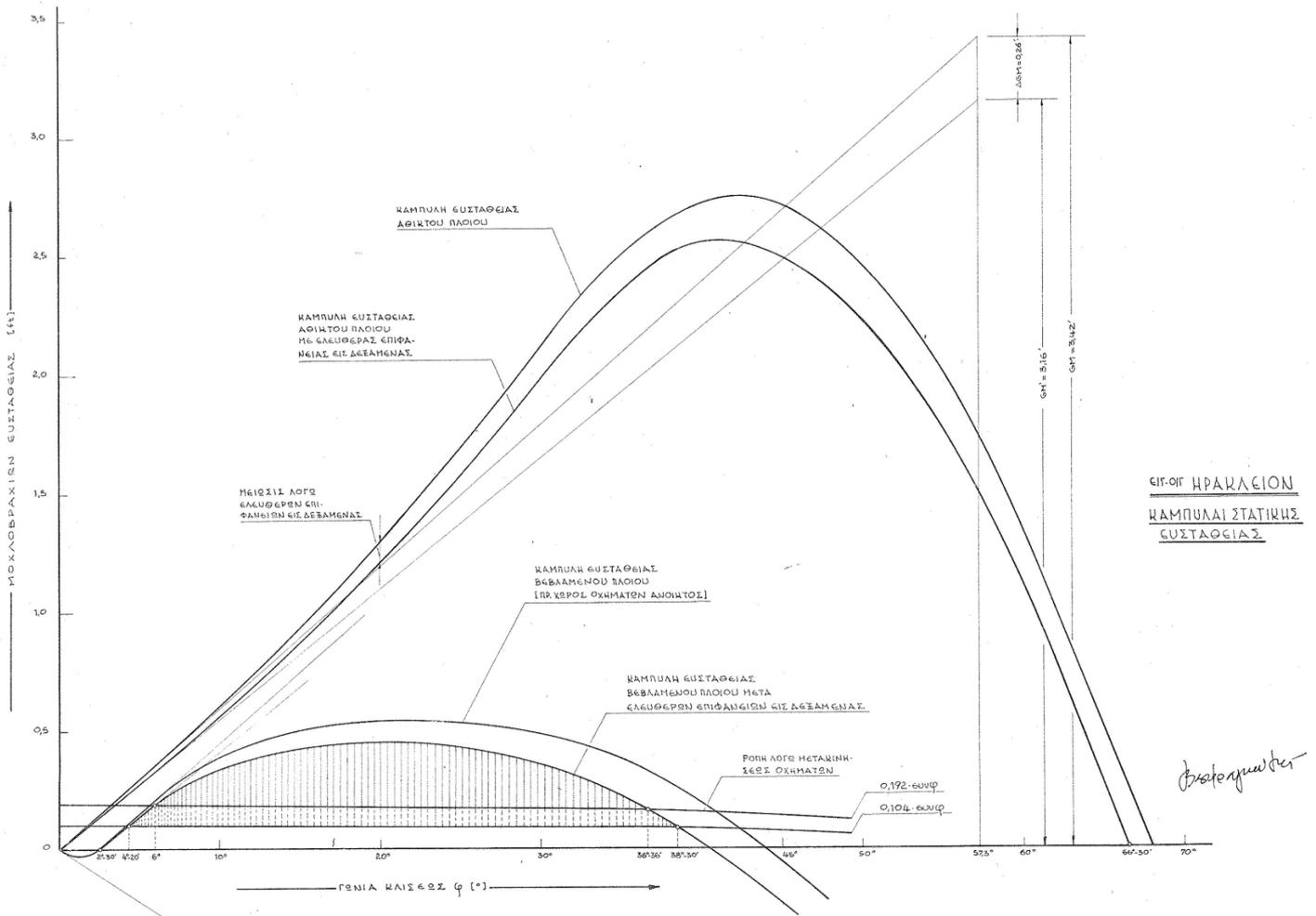
Ως γνωστόν το ναυάγιο συνέβη σε μια περίοδο αλλαγής των κανονισμών και προσαρμογής τους μέσα σε πιο αυστηρά πλαίσια γι' αυτό το λόγο η ομάδα του Φραγκούλη στο παράρτημα Β κάνει τους σχετικούς με την ευστάθεια υπολογισμούς σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς, από όπου και προκύπτει:

- Κλίση λόγω επιβατών στη μία πλευρά δεν υπερβαίνει τις 6° έναντι 10° επιτρεπόμενων
- Μηδενικός μοχλοβραχίονας στις 60° - $45'$ έναντι των προβλεπόμενων 60°
- Μέγιστος μοχλοβραχίονας στις 42° - $40'$ έναντι προδιαγραφόμενης γωνίας 30°
- Μοχλοβραχίονας εξίσωσης ροπών 0.5ft , πολύ μικρότερος δηλαδή από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο των 1.038ft
- Εμβαδόν επιφάνειας περιθώριου ευστάθειας είναι κατά 3.5 περίπου φορές μεγαλύτερο από το προδιαγραφόμενο

Το συμπέρασμα που προκύπτει λοιπόν είναι πως το «Ηράκλειο» **κάλυπτε όλες τις απαιτήσεις για τη ευστάθεια** ακόμα και των νέων αυστηρότερων

Ευστάθεια έναντι κατάκλισης car deck

Στο συγκεκριμένο θέμα η ομάδα του Φραγκούλη συγκρίνει το «Ηράκλειο» με τρία (3) άλλα Ε/Γ-Ο/Γ της εποχής, τα «ΑΔΩΝΙΣ», «ΕΓΝΑΤΙΑ», «ΑΠΙΑ», και κάνει έλεγχο μείωσης της αρχικής ευστάθειας (του μετακεντρικού ύψους) για την περίπτωση κατακλισης του χώρου οχημάτων. Συμπεραίνεται (στο αυθεντικό κείμενο η λέξη που χρησιμοποιείται είναι *αποδεικνύεται*) λοιπόν ότι **κανένα οχηματαγωγό**



Διάγραμμα 4.3 Καμπύλες μοχλοβραχίονα επαναφοράς του «Ηράκλειο», σύμφωνα με την ομάδα του Φραγκούλη τόσο για την άδικτη κατάσταση, όσο και για την κατάσταση μετά από βλάβη.

δεν μπορεί να διαθέτει αρχική ευστάθεια που να καλύπτει την περίπτωση κατάκλισης του καταστρώματος οχημάτων. Αντίθετα μια τέτοια απαίτηση δεν είναι σύμφωνη όχι μόνο με την καλή τεχνική αλλά ούτε και με την επιστήμη. Το να υποστηρίζεται ότι και μετά την κατάκλιση θα έπρεπε να υπάρχει θετικό GM κατ' ελάχιστον 2 δάχτυλα (0.05m) (κανονισμός 7 παράγραφος στ SOLAS) σημαίνει ότι το αρχικό GM θα έπρεπε να είχε για τα παραπάνω πλοία τις τιμές «ΗΡΑΚΛΕΙΟ» 1.7m, «ΑΔΩΝΙΣ» 2.05m, «ΕΓΝΑΤΙΑ» 2.0m, «ΑΠΙΑ» 4.85m τιμές που όχι μόνο δε συνιστώνται αλλά αποκλείονται από την καλή τεχνική και την επιστήμη. Ειδικά για το «Ηράκλειο» το διπλάσιο GM θα είχε σαν αποτέλεσμα και τη μείωση της περιόδου διατοιχισμού σε 10.5sec άρα διπλασιασμό της επιτάχυνσης και των δυνάμεων αδρανείας που συντέλεσαν στη μετακίνηση και ανατροπή των αυτοκινήτων.

Ευστάθεια μεγάλων κλίσεων και ανατροπή πλοίου

Η άποψη των Φραγκούλη, Λαζαρίμου και Ασφή είναι πως **το πλοίο έμεινε για αρκετή ώρα σε πολύ μεγάλη κλίση**. Για να στηρίξουν αυτή την άποψη επικαλούνται έμπειρους μάρτυρες (σχεδιαστής, κελευστής, ναύτης) που καταθέτουν για κλίση $40^\circ - 70^\circ$. Άλλοι μάρτυρες έρχονται να ενισχύσουν αυτή την άποψη λέγοντας ότι βιάδιζαν στην πλευρά του σκάφους για 10-20 λεπτά κάνοντας λόγο λοιπόν για κλίσεις κοντά στις 90° . Συμπληρωματικά αναφέρονται και τα παρακάτω στοιχεία από τις μαρτυρίες: ι) κατάθεση μαρτύρων για απότομη κλίση του πλοίου, μάλιστα μεγαλύτερη των $13^\circ - 17^\circ$, ιι) κατάθεση του Υπάρχου σχετικά με ένδειξη του κλινόμετρου απότομης κλίσης 30° , ιιι) αναφορά σε έκθεση ΑΕΕΝΑ σελίδα 20 για σήμα συναγερμού ενώ το πλοίο ήταν σε κλίση 30° η οποία συνεχώς αύξανε. Καταλήγουν επομένως οι μελετητές στο συμπέρασμα πως **η γωνία ανατροπής ήταν μεγαλύτερη όχι μόνο από 17° αλλά και από 30°** .

Αφού στον ελάχιστο χρόνο του ενός ή δύο λεπτών ήταν δυνατή η εισροή όλου του ύδατος το οποίο κατά τους υπολογισμούς των Αντωνίου & Γεωργιάδη είχε την ικανότητα να ανατρέψει το πλοίο, μπαίνει το ερώτημα γιατί **το πλοίο εξακολουθούσε για αρκετό χρόνο να πλέει με ανοιχτή τη μπουκαπόρτα**, γεγονός που επιβεβαιώνουν οι μαρτυρίες. Δεν είναι βέβαια δυνατόν να προσδιοριστεί με ακρίβεια πόσο χρόνο έπλεε με τέτοιο τρόπο, εκτιμάται όμως ότι ήταν 20-40 λεπτά από τις μαρτυρούμενες ενέργειες του πληρώματος.

Σύμφωνα με τους πραγματογνώμονες η περίπτωση του «Ηράκλειο» δεν είναι αυτή της μόνιμης κατάκλυσης αλλά περισσότερο μοιάζει με την κάλυψη ελεύθερου καταστρώματος από το επερχόμενο κύμα με τη διαφορά ότι δεν υπήρχε η δυνατότητα πλήρους εκροής .

Η ομάδα Φραγκούλη έκρινε απαραίτητη την περαιτέρω μελέτη της κατά στάδια προόδου των φαινομένων του ναυαγίου από την οποία προέκυψαν τα κάτωθι συμπεράσματα:

1. Το όριο ευστάθειας του άθικτου πλοίου είναι 66.6°
2. Για την άθικτη κατάσταση $GM=3.16ft$
3. Για βεβλαμμένο πλοίο μέχρι περίπου $2.5^\circ GM<0$
4. Για μεγαλύτερη γωνία γίνεται θετικό. Το GZ αυξάνεται ομαλά μέχρι τις 20° και έπειτα μειώνεται ομαλά
5. Για βεβλαμμένο πλοίο το GZ μηδενίζεται για 44° περίπου
6. Αν ληφθεί υπ' όψιν η κλίση από τη μετακίνηση των οχημάτων και η επίδραση των ελεύθερων επιφανειών προκύπτει γωνία μηδενισμού ευστάθειας $36^\circ - 38^\circ$
7. Οι ποσότητες ύδατος που κατακλύζουν το car deck είναι
 - 32t για 10°
 - 93t για 15°
 - 250t για 20°
 - 625t για 30°
 - 1180t για 45°

Εν κατακλείδι οι πραγματογνώμονες αποφαινόμενοι ότι:

- Το πλοίο δεν έχασε την ευστάθειά του αμέσως μόλις έσπασε η μπουκαπόρτα αλλά εξακολούθησε τον πλου του για αρκετή ώρα με μειωμένη ευστάθεια αλλά με αρκετό περιθώριο
- Η γωνία ανατροπής υπολογίζεται περίπου στις 36°, οπωσδήποτε μεγαλύτερη από 17.5°
- Διαπιστώνεται από τις καταθέσεις μια απότομη κλίση του πλοίου και παραμονή του στις 90° για κάποιο χρονικό διάστημα πριν τη βύθισή του

Ευστάθεια του πλοίου σε τρικυμία

Όσα αναπτύχθηκαν προηγουμένως για την ευστάθεια αναφέρονται σε στατική κατάσταση και ειδικότερα σε κατάσταση χωρίς κύματα και διακυμάνσεις της έντασης του αέρα. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι δύσκολο γενικά τα δυναμικά φαινόμενα να υπαχθούν σε υπολογιστικούς για κάθε περίπτωση ελέγχους. Αυτό που σίγουρα μπορεί να πει κανείς είναι πως πάνω σε κύμα μειώνεται η ευστάθεια ειδικά σε πρυμναίες θάλασσες.

Σύμφωνα με το Horn, άποψη βέβαια με την οποία φαίνεται να συμφωνεί και η ομάδα του Φραγκούλη, κανένα σκάφος δεν μπορεί να είναι εκ των προτέρων εξασφαλισμένο από το φαινόμενο του συγχρονισμού με το κύμα και μόνο η μεταβολή της πορείας και η αλλαγή της ταχύτητας μπορούν να το σώσουν. Συμπερασματικά **το πλοίο δεν ήταν δυνατόν να βρεθεί σε δυσμενέστερες συνθήκες για το φαινόμενο του συγχρονισμού από άποψη θέσης του ως προς το κύμα (πορεία) όσο και ως προς την ταχύτητά του.**

Για το ναυάγιο γενικά συμπεράσματα

- Η αδράνεια που έδειξε ο πλοίαρχος και το πλήρωμα για την ασφάλεια των ανθρώπινων ζώων, του σκάφους και του φορτίου του μόνο ως ακατανόητη μπορεί να χαρακτηρισθεί
- Ο απόπλους πραγματοποιείται υπό δυσμενείς συνθήκες θυελλώδους καιρού αλλά κανείς (πέρα από τους οδηγούς) δεν ενδιαφέρεται για την με κάθε δυνατό μέσο ακινητοποίηση των οχημάτων τη στιγμή που γνωρίζουν ότι το βαρύ ψυγείο είναι τοποθετημένο στο εγκάρσιο μεταξύ των δύο μπουκαπορτών.
- Ο πλοίαρχος δεν προέβει σε καμία ενεργεία παρά τη σφοδρή θαλασσοταραχή και την αρχική κατάκλυση του πρωραίου καταστρώματος οχημάτων (η αλλαγή πορείας 8° αριστερά δεν είχε παρά ελάχιστο αποτέλεσμα). Αντίθετα καθυστέρησε να εκπέμψει σήμα SOS όταν το φορτηγό – ψυγείο έπεσε στο νερό, δεν προτίμησε τον είσπλου προς τον ασφαλή όρμο της Μήλου που βρισκόταν σε απόσταση 17 μιλίων από τις βραχονησίδες ΑΝΑΝΕΣ και εν γένει δε φρόντισε να έχουν ληφθεί έκτακτα μέτρα ασφαλείας λόγω των σκληρών συνθηκών του επικείμενου ταξιδιού.
- Η γωνία ανατροπής των αυτοκινήτων υπολογίζεται σε 24° περίπου.
- Μετά την κατάκλυση του καταστρώματος οχημάτων φαίνεται ότι περίπου στις 36° φτάνει το ανώτατο κατάστρωμα του πλοίου στη θάλασσα όποτε και μειώνεται απότομα η ευστάθεια. Στις 36° περίπου μπαίνουν στο νερό οι υπερκατασκευές του πλοίου παλιό μεσόστεγο και η επέκταση του (τουριστική θέση) και προσδίδουν μια επιπρόσθετη άντωση παρεμποδίζοντας την ανατροπή του πλοίου χωρίς όμως να δημιουργούν μοχλοβραχίονα επαναφοράς.
- Το πλοίο δεν ανατράπηκε ούτε μετά την απώλεια της θύρας, ούτε μετά την επαφή του ανώτατου καταστρώματος (γωνία 36°-40°), ούτε ακόμα και στις 90°. Ανατράπηκε όταν λόγω της μεγάλης κλίσης η κατάκλυση επεκτάθηκε και σε άλλους στεγανούς χώρους πέρα από το χώρο οχημάτων μέσω διαφόρων ανοιγμάτων, πορτών, παραθύρων, παραφωτίδων, στομιών κτλ των οποίων η κατασκευή δεν προβλέπεται υδατοστεγής. Αν αυτά τα ανοίγματα ήταν στεγανά το ναυάγιο του «Ηράκλειο» θα θύμιζε την περίπτωση του «FLYING ENTERPRISE» που επέπλεε για 3 ημέρες σε γωνία 80°.
- Αιτία της απότομης κλίσης αφού αποκλείονται οι περιπτώσεις ρήγματος στα ύφαλα, εσφαλμένου χειρισμού μετάγγισης, διαρροής στα κάτωθεν του καταστρώματος οχημάτων διαμερίσματα μέσω των ανθρωποθυρίδων, φέρεται να είναι ο συνδυασμός μεταξύ των καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν εκείνη την ώρα, της θέσης του πλοίου ως προς τον κυματισμό και της ταχύτητάς του που εν τέλει οδήγησαν σε μηδενισμό της ευστάθειας.

Μέρος δεύτερο: τα του πλοίου

Στοιβασία & έχμαση

Δεν υφίστανται συγκεκριμένοι κανονισμοί σχετικά με το ποια πρέπει να είναι τα μέσα έχμασης, ποιων διαστάσεων και ποιας διάταξης και τοποθέτησης πάνω στο πλοίο όπως συμβαίνει με πλήθος άλλων μέσων ασφαλείας τα οποία περιγράφονται με κάθε σχολαστική λεπτομέρεια τόσο τα ίδια όσο και οι αναγκαίες σχετικές δοκιμές. Σύμφωνα με τους πραγματογνώμονες τα συστήματα έχμασης του «Ηράκλειο» ήταν παρεμφερή με όσα χρησιμοποιούσαν τα υπόλοιπα οχηματαγωγά των γραμμών της Κρήτης εκείνη την εποχή. Η ναυτική εμπειρία έδειχνε ότι τα συγκεκριμένα χρησιμοποιούμενα μέσα (βαρέλια, σφήνες, συρματοσχοινα κτλ) ήταν επαρκή για τον ασφαλή πλου αυτών των πλοίων κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες. **Αντίθετη βέβαια με τη ναυτική εμπειρία ήταν η εγκάρσια τοποθέτηση του φορτηγού ψυγείου ανάμεσα στις δύο μπουκαπόρτες και το γεγονός πως δεν έγινε η πρέπουσα χρήση όλων των διαθέσιμων μέσων για την ασφάλιση των αυτοκινήτων πάνω στο πλοίο.**

Πλευρική θύρα

Για τα ανοίγματα πάνω από το κατάστρωμα ασφαλείας δεν προδιαγράφεται από τους κανονισμούς ούτε η στεγανότητα ούτε η υποχρέωση να κλείνονται πριν από τον απόπλου αλλά επιβάλλεται η καλή σχεδίαση και η επαρκής αντοχή ανάλογα με τους χώρους που είναι τοποθετημένα και με τη θέση τους πάνω από τη γραμμή του ορίου βύθισης. Η αντοχή της πλευρικής θύρας κρίνεται επαρκής σύμφωνα με τους Αντωνίου & Γεωργιάδη άρα πληρείται στο ακέραιο η διάταξη του άρθρου 17 της σύμβασης. **Η κατασκευή της θύρας συνεπώς δεν είχε αιτιώδη συνάφεια με το ατύχημα** καθώς παρουσίαζε την πρέπουσα αντοχή και **αν η θύρα ασφαλιζόταν με τα προβλεπόμενα μέσα (6 κοχλίες) κανένας κίνδυνος δε θα υπήρχε για το πλοίο.**

Ανθρωποθυρίδες του καταστρώματος οχημάτων

Οι πραγματογνώμονες εκφράζουν την άποψη ότι ακόμα και αν δεν υπήρχε απόλυτη στεγανότητα των ανθρωποθυρίδων, αυτό δε θα συντελούσε σημαντικά στο ναυάγιο. Η θέση των ανθρωποθυρίδων βρισκόταν στην εξωτερική αριστερή πλευρά του καταστρώματος. Λόγω της θέσης τους λοιπόν μόνο ελάχιστο νερό θα μπορούσε να φτάσει μέχρι εκεί και στην περίπτωση όπου οι ανθρωποθυρίδες παρουσίαζαν διαρροή περιμετρικά η ποσότητα αυτή υπολογίζεται προσεγγιστικά σε 25kg ανά κύμα, δηλαδή περίπου (και από τις δυο ανθρωποθυρίδες) 13 τόνοι μετά από μισή ώρα, **ποσότητα πολύ μικρή να επηρεάσει ουσιαστικά την ευστάθεια του πλοίου.**

Αντλίες και δίκτυο του σκάφους

Εν γένει δε φαίνεται να υπήρχε κάποια βλάβη στις αντλίες ή στο δίκτυο του «Ηράκλειο» σύμφωνα πάντα με τη μαρτυρία του Ανδριτσόπουλου (περιστατικό 6/8/1966). Επί πλέον η ομάδα του Φραγκούλη υποστηρίζει πως **η εντολή του πλοιάρχου**, που για τεχνικούς λόγους δεν εκτελέστηκε, να μεταφερθεί νερό σε δεξαμενές στην άλλη πλευρά ώστε να έρθει το πλοίο στα ίσα του **ήταν εσφλαμένη**. Σε πλοίο που έχει πάρει κλίση όχι εξαιτίας άνισης κατανομής των βαρών αλλά λόγω έλλειψης ευστάθειας η προσθήκη βάρους σε μια από τις πλευρές δε διορθώνει την κατάσταση, η οποία βελτιώνεται μόνο όταν το πλοίο ερματισθεί συμμετρικά προς τον διαμήκη άξονα. Σε τελική ανάλυση **ο ρυθμός μετάγγισης έρματος στην αριστερή πλευρά ήταν πολύ μικρός για να ισορροπήσει τις μεγάλες ποσότητες νερού που έμπαιναν μέσα με κάθε κύμα**.

Στεγανή υποδιαίρεση και ύψος εξάλων

Κατ' αρχάς οι πραγματογνώμονες υποστηρίζουν ότι **η στεγανή υποδιαίρεση και το ύψος εξάλων δεν έχουν άμεση σχέση με το ναυάγιο** καθώς το πλοίο δε βυθίστηκε λόγω ανεπάρκειάς τους.

Στεγανή υποδιαίρεση

Σύμφωνα με τους Γεωργιάδη & Αντωνίου η στεγανή υποδιαίρεση και η εφεδρική πλευστότητα του πλοίου ήταν επαρκείς για ύψος εξάλων 2.5ft δεδομένου ότι οι υπολογισμοί έγιναν χωρίς να ληφθεί υπ' όψιν η διαγωγή του σκάφους. Σε περίπτωση που το πλοίο παρουσίαζε έμπρυμνη διαγωγή (πράγμα που συνέβαινε στο «Ηράκλειο») οι Γεωργιάδης & Αντωνίου καταλήγουν σε πιο αυστηρά συμπεράσματα τα οποία όμως κατά το Φραγκούλη είναι εκτός κανονισμών.

Ύψος εξάλων

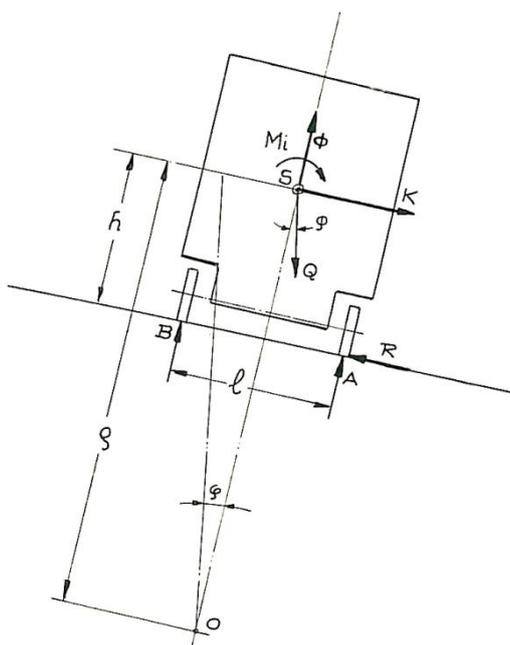
Αρχικά υποστηρίζεται ότι **η μέθοδος υπολογισμού του ύψους εξάλων από του Γεωργιάδη & Αντωνίου ήταν εσφαλμένη** διότι θεώρησαν ως μη υπάρχον ολόκληρο το υπόφραγμα κατά το μήκος του πρωαίου και πρυμναίου καταστρώματος οχημάτων. Σύμφωνα όμως με τους κανόνες 49 και 50 της ΔΣΓΦ θα έπρεπε το μήκος των παραπάνω χώρων να θεωρηθεί ως υπάρχον με έναν ενδιάμεσο συντελεστή 75 ή 50% ανάλογα με τη θέση τους. Κάνοντας εκ νέου λοιπόν **η ομάδα του Φραγκούλη τον υπολογισμό λαμβάνοντας υπ' όψιν το παραπάνω δεδομένο καταλήγει σε ένα ύψος εξάλων 746mm**, δηλαδή κάτι λιγότερο από τα 2.5ft που απαιτούνται για τη στεγανή υποδιαίρεση.

Επί πλέον τονίζεται πως και με την προϋπόθεση της εσφαλμένης μελέτης γραμμής φόρτωσης η **έλλειψη ύψους εξάλων** που προκύπτει **μηδαμινή επίδραση** θα είχε για

ένα σκάφος σαν το «Ηράκλειο» που κλυδωνιζόταν με κλίσεις πάνω από 10° σε κύματα ύψους 6-7 μέτρων.

Μετακίνηση οχημάτων και άνοιγμα θύρας

Στην πραγματογνωμοσύνη των Αντωνίου & Γεωργιάδη γίνεται λόγος για ανατροπή του φορτηγού Mercedes των 16.2t, σε γωνία διατοιχισμού 20° . Σύμφωνα με τη μελέτη της ομάδας του Φραγκούλη όμως αν ληφθούν υπ' όψιν όλες οι στατικές δυνάμεις αλλά και οι δυνάμεις και ροπές αδρανείας τότε η γωνία των 24° φαίνεται να πλησιάζει περισσότερο την πραγματικότητα.



Εικόνα 4.2 Σκαρίφημα από τη μελέτη της ομάδα του Φραγκούλη για τον υπολογισμό της γωνία ανατροπής του φορτηγού αυτοκινήτου

Στη συνέχεια συνέβη η μετακίνηση του φορτηγού – ψυγείου το οποίο σύμφωνα πάντα με τις μαρτυρίες ολίσθησε και δεν κύλησε. Τονίζεται μάλιστα από τους πραγματογνώμονες ότι η μετακίνηση του φορτηγού ψυγείου συνδεόταν με τις στιγμιαίες αυξήσεις της κλίσης και δεν ακολουθούσε τον περιοδικό ρυθμό διατοιχισμού του πλοίου. Θεωρώντας λοιπόν διάφορους συντελεστές τριβής μεταξύ του δαπέδου και των ελαστικών προκύπτει μια **γωνία ολίσθησης $15^\circ - 20^\circ$** καθώς και **δύναμη πρόσκρουσης του ψυγείου στη μπουκαπόρτα 2.2t – 8.85t** ανάλογα με το συντελεστή τριβής, δηλαδή τη γωνία ολίσθησης. Η έλλειψη μεγάλων παραμορφώσεων και ζημιών στο πίσω μέρος του θαλάμου του ψυγείου είναι ένδειξη ότι ελάχιστη αντίσταση συνάντησε το ψυγείο για το άνοιγμα της μπουκαπόρτας, πράγμα που σημαίνει ή ότι **ο καταπέλτης δεν είχε κλειστεί τελείως ή δεν ήταν πλήρης η σύσφιξη των κοχλιών**. Επιπλέον ο τρόπος ανοίγματος της μπουκαπόρτας σύμφωνα με τις μαρτυρίες δεν φανερώνει θραύση των μέσων συγκρατήσεως ή στερεώσεως της.

4.4 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΘΗΓΗΤΗ WENDEL

Βασισμένος στα σχέδια κατασκευής, τα σχεδιαγράμματα του πλοίου και τα στοιχεία των δύο προηγούμενων μελετών, όσον αφορά την κατάσταση φόρτωσης του πλοίου στο τελευταίο του ταξίδι αλλά και γενικότερα για την κατάσταση του πλοίου ο Γερμανός καθηγητής του πολυτεχνείου του Αμβούργου, Kurt Wendel προχωρά το 1970 σε μια νέα πραγματογνωμοσύνη/μελέτη για το ναυάγιο του «Ηράκλειο».

Η μελέτη χωρίζεται σε 9 κεφάλαια:

1-Έγγραφα

2-Θέση Ισορροπίας του Πλοίου κατά το Τελευταίο Ταξίδι

3-Μοχλοβραχίονας Επαναφοράς του Πλοίου σε Ήρεμο Νερό

4-Μια ατυχής εξωτερική επίδραση οδήγησε σε διακινδύνευση του πλοίου

5-Υποθέσεις

5.1-Θαλασσοταραχή

5.2-Ροπή ανέμου

6-Ισορροπία, ροπών επαναφοράς και γερανών

7-Συμπεριφορά του Πλοίου στα Κύματα

8-Περίληψη

9-Αναφορά στη Μελέτη Φραγκούλη

Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή το «Ηράκλειο», λόγω πολύ έντονων καιρικών φαινομένων (ανέμων και κυμάτων) βρέθηκε να διατοιχίζεται πολύ έντονα. Η ένταση αυτής της κίνησης του πλοίου ήταν η αιτία ανατροπής και ολίσθησης των μη κατάλληλα ασφαλισμένων φορτηγών του πρωραίου καταστρώματος οχημάτων.

Η μετακίνηση των οχημάτων είχε σαν αποτέλεσμα μια πρόσθετη ροπή κλίσης. Η αρχικά προκληθείσα μόνο από τον άνεμο μέση κλίση αυξάνει, πλησιάζοντας γωνίες περίπου 11°. Παρά το γεγονός αυτό το άθικτο πλοίο αντέχει το φορτίο του φορτηγού που είχε πέσει στο πλάι, ακόμα και υπό αυτές τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

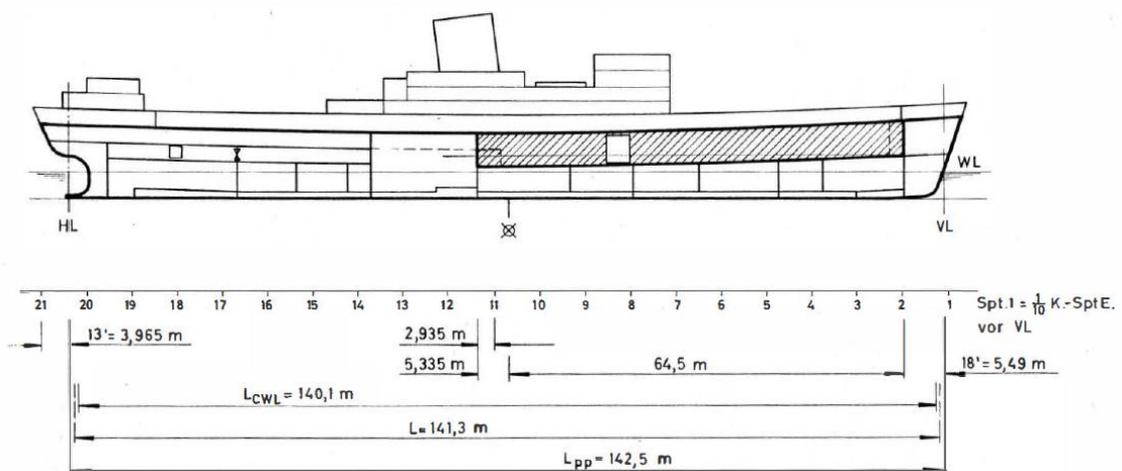
Η κατάσταση αλλάζει όταν το φορτηγό ψυγείο αρχίζει να χτυπά διαδοχικά τον αριστερό και δεξιό καταπέλτη. Σε περίπτωση κατά μήκους και όχι εγκάρσιας τοποθέτησής του θα μπορούσε με τη δεδομένη ανεπαρκή ασφάλεια να ανατραπεί, αλλά δεν θα μπορούσε τόσο εύκολα να πιέσει την πόρτα. Η παλινδρομική ολίσθηση

του ψυγείου επέδρασε στην πόρτα σαν πολιορκητικός κριός. Ακόμα και μια καλή και υδατοστεγής κατασκευή της πλευρικής πόρτα δεν θα είχε σχεδιασθεί για να αντέξει μια τέτοια επίδραση.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι μέχρι σήμερα δεν απαιτούνται διεθνώς απολύτως στεγανά διαφράγματα για ανοίγματα πάνω από το κατάστρωμα εξάλων. Καθώς επίσης και ότι οι υπολογισμοί ευστάθειας για την περίπτωση πλημμύρας του καταστρώματος οχημάτων μέχρι σήμερα δεν έχουν προβλεφθεί. Επομένως το να απαιτείται το πλοίο να μπορεί να ανταπεξέλθει σε περίπτωση κατάκλυσης του χώρου οχημάτων του, ήταν εκτός κανονισμών.

Το ομαλό άνοιγμα της δεξιάς πλευρικής θύρας έπειτα από την πρόσκρουση του φορτηγού είχε ως αποτέλεσμα την ανεμπόδιστη εισροή/διαρροή νερού στο κατάστρωμα των οχημάτων. Η κλίση του σκάφους προς τα δεξιά εξαιτίας της πίεσης του ανέμου και των υψηλών κυμάτων ευνοούσε ακόμα περισσότερο το φαινόμενο αυτό. Η απώλεια της ροπής επαναφοράς, λόγω της κατάκλυσης του προωραίου τμήματος, ήταν τόσο σοβαρή ώστε το πλοίο, σε αυτές τις αντίξοες συνθήκες να μην έχει καμία πιθανότητα επιβίωσης. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός πως μίση μόλις ώρα (30min) από τη στιγμή που το ψυγείο πέφτει στη θάλασσα ήταν αρκετή ώστε να αντραπεί το πλοίο.

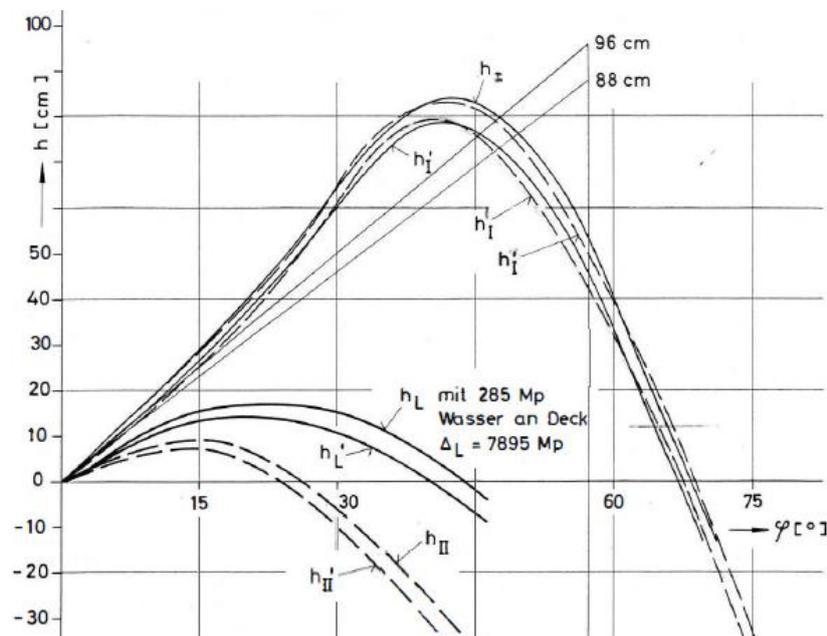
Το γεγονός ότι μεταξύ του πρώτου χτυπήματος του αυτοκινήτου πάνω στην θύρα (στις 01:20) και της απώλειας της πύλης (στις 01:45) μεσολαβεί χρονικό διάστημα 25 λεπτών, είναι ερμηνεύσιμο καθώς το φυσικό ρεύμα, ειδικότερα ο φρέσκος θαλασσινός άνεμος, όπως ήταν παρών εδώ, είναι πάντα ακανόνιστος. Διαμορφώνεται πάντα σε ομάδες μιας αλληλουχίας μεγάλων, απότομων κυμάτων, που εναλλάσσονται με σχετικά πιο ήσυχες φάσεις. Την ακανόνιστη διαδοχή των κυμάτων ακολουθεί η άντληση του θαλασσινού νερού σε ακανόνιστα χρονικά διαστήματα.



Εικόνα 4.3 Με παχιά γραμμή φαίνεται το υδατοστεγές τμήμα του πλοίου .

Η αλλαγή πορείας του πλοίου κατά περίπου 20° προς τα δεξιά μετά την απώλεια της πλευρικής θύρας δε μείωσε τον κίνδυνο συντονισμού. Παρά το γεγονός ότι η δύναμη της πίεσης του ανέμου μειώθηκε λίγο, το πλοίο πλέον βρισκόταν τελείως εκτεθειμένο με την πρυμναία του πλευρά στους κυματισμούς.

Το φάσμα διέγερσης των κυμάτων μετατοπίστηκε σε ελαφρώς χαμηλότερες συχνότητες, αλλά λόγω της κατάκλυσης του πρωραίου καταστρώματος οχημάτων, ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς μεταβλήθηκε, με αποτέλεσμα να μεταβληθεί και η ιδιοσυχνότητα του πλοίου προς χαμηλότερες τιμές, οπότε υπήρχε ακόμα ο κίνδυνος συντονισμού. Μόνο μια στροφή 90° - 120° προς τα δεξιά (ο άνεμος από την πρύμνη, πορεία προς τα δεξιά) είχε ίσως μια πιθανότητα επιτυχίας.



Διάγραμμα 4.4 Οι καμπύλες με τονούμενα σύμβολα είναι αυτές που προκύπτουν από τη μελέτη του Φραγκούλη. Η όποια απόκλιση βρίσκεται μέσα σε αποδεκτά πλαίσια.

Αν εξετάσουμε τα γεγονότα χροικά μπορούμε να πούμε τα εξής: Αφότου ανατράπηκε στις 01:10 το κατά μήκος τοποθετημένο όχημα, κατά τις 01:20 ακολουθεί η πρώτη μετακίνηση του εγκάρσια τοποθετημένου ψυγείου. Στο μεταξύ ανατρέπονται και άλλα οχήματα. Στις 01:45 ανοίγει η πλευρική πύλη από το ψυγείο. Ως εκ τούτου, σίγουρα δεν είναι λάθος η παραδοχή ότι μεταξύ 01:20 μέχρι τις 02:12, αλλά όχι αργότερα από τις 01:45, ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς μειώθηκε από h_I (άθικτη κατάσταση) σε h_{II} (διάγραμμα 4.4).

Με τη διαρκή ροή νερού στο γκαράζ προκύπτει μια ομαλή μετάβαση από το άθικτο πλοίο (intact state) στο βεβλαμένο πλοίο (damage state). Αυτό συνδέεται με την αλλαγή στη φυσική συχνότητα του σκάφους, σε μια κρίσιμη στιγμή, στην περιοχή του συντονισμού από τις 01:45 μέχρι περίπου τις 02:00, όπου η πλευση του πλοίου σταμάτησε.

Με τη μείωση ή τη διακοπή πλευσης του πλοίου κατά τις 02:00 το πλοίο δεν είναι πλέον στην παραμετρική περιοχή συντονισμού, έχει εισρεύσει ήδη τόσο πολύ νερό και η χτυπημένη πλευρά είναι όσο μεγάλη, ώστε να μην μπορεί να σταματήσει η ανατροπή από το γέμισμα του καταστρώματος οχημάτων

Από υπολογισμούς και πειράματα ανατροπής είναι γνωστό ότι η διαδικασία αυτοανατροπής συμβαίνει πολύ ξαφνικά και λήγει πολύ γρήγορα, όταν η κατάσταση είναι οριακή, έτσι ώστε το ισοζύγιο της ροπής εξισορρόπησης να είναι αρνητικό, δηλαδή, η προκύπτουσα ροπή στο πλοίο δεν είναι πλέον ανόρθωσης, αλλά περαιτέρω περιστροφής.

Συμπερασματικά μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

1. Το "Ηράκλειο υπό την επίδραση της θαλασσοταραχής και του ανέμου έκανε έντονες κινήσεις διατοιχισμού γύρω από μία κεντρική γωνία κλίσης του πλοίου προς τα δεξιά.
2. Η ανατροπή και ολίσθηση του φορτηγού λόγω του ισχυρής διατοιχισμού έφερε το πλοίο σε επικίνδυνη κατάσταση.
3. Η ανατροπή και έτσι η απώλεια του πλοίου προκλήθηκαν λόγω κατάκλυσης. Είναι πιθανό, λόγω των υπολογισμών που πραγματοποιήθηκαν, η κατάκλυση όχι μόνο να μείωσε την ευστάθεια του πλοίου, αλλά αύξησε τον κίνδυνο, το πλοίο να βρεθεί σε κατάσταση συντονισμού.
4. Η ανατροπή συνέβη παρά το γεγονός ότι το ανέπαφο πλοίο μπορούσε με αρκετά ασφαλή φόρτωση να ξεπεράσει αυτές τις καιρικές συνθήκες. Το άθικτο πλοίο πρέπει να θεωρείται ότι είναι επαρκώς ασφαλές και αξιόπλοο.

4.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΓΝΩΜΟΣΥΝΩΝ

Με μια πρώτη ματιά και οι δύο μελέτες φαίνονται ορθές. Παρατηρώντας όμως τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουν βλέπει κανείς πως εμφανίζονται ριζικές διαφορές, αν και το λογικό θα ήταν εφόσον χρησιμοποιούν και οι δύο ομάδες τα ίδια «εργαλεία», τους ίδιους κανονισμούς, να καταλήγουν στα όποια συμπεράσματα από κοινού. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως η μελέτη των Αντωνίου & Γεωργιάδη έχει προηγηθεί, δίνοντας ουσιαστικά τη δυνατότητα στο Φραγκούλη να «απαντήσει». Κατά κάποιο τρόπο μπορεί κανείς να πει πως η μελέτη της ομάδας του Φραγκούλη στοχεύει στα συμπεράσματα της πρώτης πραγματογνωμοσύνης προσπαθώντας στην ουσία να τα ανατρέψει.

Είναι πολύ σημαντικό να θυμίσουμε πως το ναυάγιο του «Ηράκλειο» συνέβη σε μια περίοδο μεταβατική όσον αφορά τους κανονισμούς ευστάθειας, αλλά και άλλους. Οι εργασίες της μετασκευής του τελειώνουν στις 4 Ιουνίου του 1965 με καθεστώς λοιπόν κανονισμών SOLAS 48, το οποίο όμως σύντομα θα αλλάξει καθώς σε λίγες μόλις μέρες, στις 20/6/1965, ψηφίζεται η SOLAS 60 που τίθεται τελικά σε ισχύ στις 22/10/1969 και συγκεκριμένα στην Ελλάδα με το ΒΔ 634/1968. Βρισκόμαστε λοιπόν ουσιαστικά πάνω στην αλλαγή και παρ' όλο που το «Ηράκλειο» στην πραγματικότητα οφείλει να ικανοποιεί τους κανονισμούς της SOLAS 48 συχνά οι μελετητές αναφέρονται και στα πιο αυστηρά κριτήρια της SOLAS 60. Είναι γεγονός πως με τη σημερινή ματιά οι κανονισμοί που υπάρχουν στο ΒΔ 408/1961 κρίνονται αναμφισβήτητα ως ανεπαρκείς και ασαφείς σε πολλά σημεία πράγμα που στην πράξη έχει ως πιθανό αποτέλεσμα διαφορετικές ερμηνείες πάνω στον ίδιο κανόνα.

Σκοπός των πραγματογνωμόνων δεν είναι μόνο να εξετάσουν ποιες ελλείψεις ή παρατυπίες παρουσίαζε το «Ηράκλειο» αλλά κυρίως να δώσουν απαντήσεις στο κατά πόσον οι παρατυπίες αυτές σχετίζονται με τη βύθισή του. Με το σκεπτικό αυτό θα προσπαθήσουμε στη συνέχεια να παρουσιάσουμε συνοπτικά τα κυριότερα σημεία των δύο μελετών της εποχής του ναυαγίου, σχολιάζοντάς τα όπου κρίνεται απαραίτητο.

Γραμμή Φόρτωσης και Ύψος Εξάλων:

A&Γ: Δεδομένου ότι οι πόρτες στο προωαίο κατάστρωμα οχημάτων δεν έκλειναν στεγανώς η υπάρχουσα μελέτη γραμμής φόρτωσης ήταν λανθασμένη. Από τη μελέτη των A&Γ προκύπτει ελάχιστο απαιτούμενο ύψος εξάλων 1140mm ενώ το πιστοποιητικό της ΔΣΓΦ αναφέρει 610mm, τη στιγμή που το ύψος εξάλων του πλοίου τη μέρα του ναυαγίου υπολογίζεται σε 762mm. Αν οι πόρτες ήταν υδατοστεγείς το ύψος εξάλων έπρεπε να ήταν 48.2mm αλλά από τη μελέτη στεγανής υποδιαίρεσης καθορίζεται σε 762mm.

Φ: Το ύψος εξάλων καμία αιτιώδη συνάφεια δεν έχει με το ναυάγιο. Το πλοίο έπαιρνε κλίσεις μεγαλύτερες των 10° σε ύψος κύματος 6-7m, άρα η υπάρχουσα διαφορά σε ύψος εξάλων τη μέρα του ναυαγίου ελάχιστα έως καθόλου μπορούσε να επηρεάσει την έκβαση του ναυαγίου.

Σχόλιο: Οι κανονισμοί που διέπουν τον υπολογισμό του ύψους εξάλων βρίσκονται στη Διεθνή Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης του 1930. Οι Αντωνίου και Γεωργιάδης προχώρησαν σε λανθασμένο, σύμφωνα με τους κανονισμούς 49, 50 - διαπίστωση που κάνει και ο Φραγκούλης- υπολογισμό του ύψους εξάλων. Πρώτο λάθος ήταν ο διαχωρισμός των δύο περιπτώσεων με κριτήριο την καιροστεγανότητα και όχι την υδατοστεγανότητα των μπουκαπορτών.

Επιπλέον θεώρησαν το πρωαίο και πρυμναίο κατάστρωμα οχημάτων ως μη υπάρχοντα στην περίπτωση που οι καταπέλτες δεν έκλειναν καιροστεγώς, παρ' όλο που και να ίσχυε αυτό έπρεπε να χρησιμοποιήσουν ποσοστό του μήκος των χώρων αυτών ως πραγματικό μήκος. Με αυτή τη θεώρηση καταλήγουν σε ένα πιο συντηρητικό ύψος εξάλων. Ακόμα και αν το πλοίο ήταν σύμφωνο με τον υπολογισμό των Αντωνίου & Γεωργιάδη είναι απορίας άξιο αν η διαφορά των περίπου 400mm (ορθό ύψος εξάλων – υπάρχον ύψος εξάλων) θα είχε κάποια σημαντική επίδραση στην έκβαση του ναυαγίου λόγω της μειωμένης απόστασης του κατωφλιού της μπουκαπόρτας από την επιφάνεια της θάλασσας. Ένα άνοιγμα περίπου $19m^2$, κύματα ύψους 6-7m και ένα πλοίο που διατοιχίζεται σε γωνίες σίγουρα μεγαλύτερες των 10° είναι τρία σημαντικά στοιχεία που μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως η έλλειψη αυτή του ύψους εξάλων δε θα μπορούσε να αντισταθμίσει τις μεγάλες ποσότητες νερού που εισέρεαν στο κατάστρωμα οχημάτων από την ανοιχτή μπουκαπόρτα. Ενδεχομένως να καθυστερούσε να συγκεντρωθεί η απαραίτητη για το μηδενισμό της ευστάθειας ποσότητα νερού (83t σύμφωνα με τους Α&Γ) δίνοντας έτσι περισσότερο χρόνο στον πλοίαρχο να λάβει κάποια μέτρα για την πιο ασφαλή πλευση του πλοίου (αλλαγή πορείας, μείωση ταχύτητας, κατάλληλος ερματισμός) αλλά και πάλι αμφίβολο είναι αν το αποτέλεσμα αυτών των ενεργειών θα προλάβαινε να φανεί καθώς μιλάμε για ελάχιστα μόλις λεπτά.

Τόσο οι Αντωνίου & Γεωργιάδης όσο και η ομάδα του Φραγκούλη λαμβάνουν υπ' όψιν κατά τον υπολογισμό του ύψους εξάλων μείωση λόγω πλευρικού ύψους η οποία δεν προβλέπεται σύμφωνα με τη ΔΣΓΦ 1930, γεγονός που οδηγεί σε υπολογισμό μικρότερου ύψους εξάλων.

Επίσης και στις δύο μελέτες φαίνεται να μην έχει ληφθεί υπ' όψιν ο κανόνας 54 της Σύμβασης σύμφωνα με τον οποίο σε πλοία με υπερκατασκευάσματα κανονικού ύψους σε όλο το μήκος του καταστρώματος εξάλων η σιμότητα μετράται στο κατάστρωμα υπερκατασκευάσματος.

Τέλος στη μελέτη του Φραγκούλη παρατηρείται λανθασμένος υπολογισμός μείωσης λόγω σιμότητας καθώς δεν τηρείται ο κανονισμός 56 σύμφωνα με τον οποίο

όταν το πρυμναίο ήμισυ της σιμότητας είναι μεγαλύτερο από το κανονικό ενώ το πρωραίο ήμισυ μικρότερο του κανονικού τότε δε λαμβάνεται υπ' όψιν η περίσσεια του πρυμναίου τμήματος αλλά μόνο η έλλειψη του πρωραίου.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως σύμφωνα με την παρούσα μελέτη το πλοίο την ημέρα του ναυαγίου είχε ύψος εξάλων 737mm ενώ θα έπρεπε να έχει σύμφωνα με τη ΔΣΓΦ, για την ευνοϊκότερη των περιπτώσεων ύψος εξάλων 1362mm. Από τη μελέτη στεγανής υποδιαίρεσης προκύπτει ελάχιστο ύψος εξάλων 1096mm.

Πείραμα Ευστάθειας και χορήγηση οδηγιών στον Πλοίαρχο:

A&G: Το «Ηράκλειο» ήταν το πρώτο μετασκευσμένο του είδους. Κανένας υπολογισμός δε βρέθηκε στο φάκελο της ΕΕΠ που να φαίνεται η αλλαγή του κέντρου βάρους του πλοίου λόγω της μετασκευής, η οποία υπολογίζεται σε 1.45ft. Η έλλειψη πειράματος ευστάθειας ή σχετικών υπολογισμών ήταν ουσιαστική και όχι τυπική παράλειψη.

Φ: Έγινε πείραμα ευστάθειας αλλά θεωρήθηκε ότι δε θα έδινε την πέπουσα ακρίβεια αποτελεσμάτων. Υπάρχει το πείραμα ευστάθειας του «Χανιά», αδερφού πλοίου του «Ηράκλειο». Ακόμα και να είχαν δοθεί στον πλοίαρχο σχετικές οδηγίες από το πείραμα ευστάθειας αυτές δε θα αφορούσαν την περίπτωση κατάκλυσης του χώρου οχημάτων, καθώς η ευστάθεια μετά από βλάβη ερευνάται μόνο για κατάκλυση στους χώρους κάτω από το όριο της γραμμής βύθισης. Επομένως η εκτέλεση ή μη του πειράματος ευστάθειας δεν έχει καμία ουσιαστική επίπτωση στις συνθήκες του ναυαγίου.

Σχόλιο: Το «Ηράκλειο» ήταν το πρώτο μετασκευσμένο του είδους του επομένως η εκτέλεση πειράματος ευστάθειας ήταν υποχρεωτική. Σύμφωνα με το ΒΔ 408/1961 σκοπός του πειράματος ευστάθειας είναι η διαπίστωση ύπαρξης ευστάθειας για διάφορες καταστάσεις φόρτωσης, με ακραία περίπτωση τη δυσμενή κατάσταση φόρτωσης (0% φορτίο, 25% αναλώσιμα, 100% επιβάτες). Προκύπτει λοιπόν το ζήτημα του κατά πόσο το πλοίο ικανοποιούσε τα κριτήρια ευστάθειας για τη συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης όπως αυτά περιγράφονται στους κανονισμούς.

Με την προϋπόθεση λοιπόν πως το «Ηράκλειο» πληρούσε τους σχετικούς κανονισμούς τότε έχει μια λογική ο ισχυρισμός Φραγκούλη πως η παροχή σχετικών με την ευστάθεια οδηγιών στο πλοίαρχο δε θα κάλυπτε την περίπτωση κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων, καθώς όντως κάτι τέτοιο δεν προβλέπεται από τους κανονισμούς. Επομένως η εκτέλεση ή μη του πειράματος ευστάθειας θα είχε αιτιώδη συνάφεια με το ναυάγιο μόνο εάν το πλοίο δεν ήταν σύμφωνο με προβλεπόμενα κριτήρια επαρκούς ευστάθειας, γεγονός που συνεπάγεται βέβαια την ταυτόχρονη απαγόρευση απόπλου.

Η όποια προσπάθεια της ομάδας του Φραγκούλη να πείσει ότι το πείραμα ευστάθειας του «Ηράκλειο» που έγινε υπό την παρουσία του εκπροσώπου της ΕΕΠ Παΐδα, αρκούσε, είναι εντελώς αβάσιμη. Κατά τη διάρκεια αυτού του πειράματος ευστάθειας ο καταπέλτης του πλοίου ήταν ανοιχτός με αποτέλεσμα να ακουμπά κατά την κλίση του πλοίου επάνω στο κρηπίδωμα, γεγονός που καθιστά το συγκεκριμένο πείραμα ευστάθειας αναξιόπιστο. Από την άλλη βέβαια σύμφωνα με τον κανονισμό 18 της SOLAS 48 η αναγκαιότητα ή μη της εκτέλεσης πειράματος ευστάθειας για μετασκευασμένα πλοία κρίνεται από το αρμόδιο όργανο (ΕΕΠ) και θα μπορούσε δεδομένου ότι το πείραμα ευστάθειας του αδερφού πλοίου «Χανιά» είχε εκτελεστεί σύμφωνα με το νόμο, το «Ηράκλειο» να απαλλαγεί από την υποχρέωση εκτέλεσης πειράματος ευστάθειας.

Κατάσταση ερματισμού:

A&Γ: Δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για τον προσδιορισμό της κατάστασης ερματισμού. Για τους υπολογισμούς θεωρήθηκε η πλέον ευνοϊκή για το σκάφος.

Φ: Είναι γνωστό ότι το Ηράκλειο έπλεε μόνιμα με τις δεξαμενές έρματος γεμάτες

Σχόλιο: Επίσημα στοιχεία για την κατάσταση φόρτωσης και ειδικότερα για την κατάσταση ερματισμού του «Ηράκλειο» δεν υπάρχουν. Επομένως οι όποιοι υπολογισμοί γίνονται θεωρώντας τις δεξαμενές έρματος πλήρεις καθώς αυτή ήταν και η ευνοϊκότερη δυνατή κατάσταση ερματισμού. Κρατάμε βέβαια πάντα στο μυαλό μας το ενδεχόμενο οι δεξαμενές έρματος να μην ήταν πλήρεις, γεγονός που θα οδηγούσε σε δυσμενέστερες για την ευστάθεια του πλοίου καταστάσεις.

Ανθρωποθυρίδες στο κατάστρωμα οχημάτων:

A&Γ: Στη μελέτη θεωρούνται οι χώροι πάνω από το διπύθμενο ως στεγανοί αν και από τις καταθέσεις οι ανθρωποθυρίδες δεν κλείνονταν υδατοστεγώς.

Φ: Καμία αιτιώδης συνάφεια. Ακόμα και με τις δυσμενέστερες συνθήκες η ποσότητα νερού που θα μπορούσε να μαζευτεί στους χώρους πάνω από το διπύθμενο ήταν πολύ μικρή για να παίξει σημαντικό ρόλο στο ναυάγιο.

Σχόλιο: Ήταν απ' ό,τι φαίνεται, σύμφωνα με μαρτυρίες αλλά και επίσημες αναφορές της ΕΕΠ, σύνηθες φαινόμενο τόσο στο «Ηράκλειο» αλλά και στο «Χανιά» οι ανθρωποθυρίδες να παραμένουν ανοιχτές με τα καλύμματά τους αφημένα στο δάπεδο. Είναι λοιπόν εύλογο να θεωρήσει κανείς πως κάποιες ποσότητες νερού πιθανότατα πέρασαν μέσω των ανθρωποθυρίδων σε κατώτερους από το κατάστρωμα

οχημάτων χώρους. Αν λοιπόν το καπάκι δεν ήταν ασφαλισμένο ή ενδεχομένως έλειπε τελείως ή παρασύρθηκε από τα νερά η ποσότητα νερού που μπορούσε να περάσει μέσα από τα ανοίγματα ήταν πολύ μεγαλύτερη από αυτή που αναφέρει ο Φραγκούλης. Παρ' όλο που οι ανθρωποθυρίδες βρίσκονταν στην αριστερή πλευρά του καταστρώματος το νερό δεν ήταν δύσκολο να φτάσει εκεί κάθε φορά που το διατοιχιζόμενο πλοίο έκλινε προς τα αριστερά. Λανθασμένος είναι λοιπόν επίσης και ο ισχυρισμός της ομάδας του Φραγκούλη πως το νερό μπορούσε να φτάσει στις συγκεκριμένες ανθρωποθυρίδες μόνο «εκ ραντίσεως», επομένως σε πολύ μικρές ποσότητες. Αναμφισβήτητα η συγκέντρωση υδάτων στους χώρους πάνω από το διπύθμενο και κάτω από το κατάστρωμα οχημάτων θα είχε αρνητική επίδραση στην ευστάθεια καθώς η αύξηση του μετακεντρικού ύψους (GM) από την προσθήκη βάρους χαμηλά δεν αντισταθμίζει την απώλεια GM λόγω των ελεύθερων επιφανειών στα πρώτα τουλάχιστον στάδια της κατάκλυσης.

Ευστάθεια:

A&G: Το GM του πλοίου σε άθικτη κατάσταση ήταν 963mm. Η αρχική ευστάθεια ήταν ανεπαρκής για την αντιμετώπιση της κατάκλυσης του πρωραίου ή πρυμναίου καταστρώματος οχημάτων. Η περιοχή ευστάθειας μεταξύ των δύο διαδοχικών μηδενισμών του μοχλοβραχίονα επαναφοράς (μετά την κατάκλυση) ήταν ανεπαρκής για την αντιμετώπιση μεγάλων κλίσεων. Το σκάφος ανατρέπεται για κλίση μεγαλύτερη από 17° περίπου.

Φ: Το πλοίο αν είχε αρχικό GM μεγαλύτερο από 270mm θα θεωρούνταν ως «καλώς έχον». Η επαρκής ευστάθεια για την αντιμετώπιση της κατάκλυσης του πρωραίου καταστρώματος οχημάτων δεν απαιτείται από τους κανονισμούς. Κανένα οχηματαγωγό δε μπορεί να διαθέτει αρχική ευστάθεια που να καλύπτει την περίπτωση κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων. Το να σχεδιαστεί το πλοίο με αρχικό μετακεντρικό ύψος τέτοιο που μετά την κατάκλυση του καταστρώματος οχημάτων να είναι 0.05 μέτρα είναι αντίθετο με την καλή τεχνική αλλά και την επιστήμη. Γωνία ανατροπής περίπου 36°. Παραμονή σε γωνία 90° για αρκετή ώρα, σύμφωνα με τις μαρτυρίες, πριν τη βύθιση.

Σχόλιο: Είναι αλήθεια πως οι σχετικοί με την ευστάθεια κανονισμοί που ίσχυαν εκείνη την περίοδο ήταν σε πρώιμο στάδιο. Ενδεικτικό είναι πως στο ΒΔ 408/1961 το μόνο κριτήριο ευστάθειας για την άθικτη κατάσταση είναι οι 12° κλίση για τη θερινή περίοδο και 10° για τη χειμερινή με το πλοίο σε δυσμενή κατάσταση φόρτου. Αντίστοιχα και οι κανονισμοί (κανονισμός 7 της SOLAS 48) για ευστάθεια μετά από βλάβη περιορίζονται στο να απαιτούν αρκετή ευστάθεια στην άθικτη κατάσταση ώστε να μπορέσει το πλοίο να αντιμετωπίσει την κατάκλυση οποιουδήποτε διαμερίσματος μεταξύ κύριων φρακτών. Πουθενά δεν αναφέρεται οτιδήποτε για

διαμερίσματα άνωθεν του καταστρώματος στεγανών φρακτών πόσο μάλλον για απαιτούμενες τιμές μοχλοβραχίονα ευστάθειας ή μετακεντρικού ύψους.

Όσον αφορά την άθικτη κατάσταση και οι δύο ομάδες συμφωνούν σε μια τιμή για το GM περίπου 0.96m. Φαίνεται σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Φραγκούλη πως για μη υπέρβαση των 12° θα ήταν αρκετό το μετακεντρικό ύψος να ήταν 0.27m θεωρώντας μάλιστα 1400 επιβάτες έναντι 1000 για τους οποίους είχε άδεια το «Ηράκλειο» (δυσμενέστερη περίπτωση). Επομένως, αν αφήσουμε στην άκρη την όποια κριτική για το κατά πόσον το GM αρκεί σα δείκτης ευστάθειας, το «Ηράκλειο» δείχνει να είχε μεγαλύτερη αρχική ευστάθεια (μετακεντρικό ύψος) από αυτή που απαιτούνταν από τους κανονισμούς (περίπου τριπλάσια) και καλύπτει ακόμα και τις πιο αυστηρές απαιτήσεις της SOLAS 60 που ακόμα δεν είχε τεθεί σε ισχύ.

Σχετικά με τη βεβλαμμένη κατάσταση η υποχρέωση του «Ηράκλειο» ήταν να έχει αρκετή ευστάθεια στην άθικτη κατάσταση ώστε να μπορέσει να αντιμετωπίσει την κατάκλυση οποιουδήποτε διαμερίσματος μεταξύ κύριων φρακτών. Επομένως ο ισχυρισμός των Α&Γ για απαίτηση επαρκούς ευστάθειας έπειτα από κατάκλυση διαμερίσματος άνωθεν του καταστρώματος στεγανών φρακτών (πρωαίο κατάστρωμα οχημάτων) είναι έξω από του ισχύοντες κανονισμούς.

Ιδιαίτερη εντύπωση βέβαια προκαλεί ο ισχυρισμός του Φραγκούλη ότι *«κανένα οχηματογωγό δεν μπορεί να διαθέτει αρχική ευστάθεια που να καλύπτει την περίπτωση κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων»* καθώς επίσης και το ότι *«το να υποστηρίζεται πως και μετά την κατάκλυση θα έπρεπε να υπάρχει θετικό GM κατ' ελάχιστον 2 δάχτυλα (0.05m) (κανονισμός 7 παράγραφος στ SOLAS) σημαίνει ότι το αρχικό GM θα έπρεπε να είχε για το «ΗΡΑΚΛΕΙΟ» τιμή 1.7m που όχι μόνο δε συνιστάται αλλά αποκλείεται από την καλή τεχνική και την επιστήμη»*. Επιβατηγά πλοία σημερινής σχεδίασης έχουν τιμές 0.5m-1.5m αν προορίζονται για κλειστή θάλασσα και 1m-2.5m τα ανοιχτής θαλάσσης. Πράγματι λοιπόν μετακεντρικό ύψος της τάξης του 1.7m είναι στοιχείο αρνητικό καθώς έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολύ μεγάλων εγκάρσιων επιταχύνσεων και ροπών που προκαλούν δυσφορία στους επιβάτες και κίνδυνο ανατροπής στα οχήματα. Αυτό από την άλλη μεριά δε σημαίνει και ότι δε είναι δυνατόν να σχεδιαστεί Ε/Γ – Ο/Γ που να μπορεί να αντιμετωπίσει την περίπτωση κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων του. Είναι όμως ζήτημα σχεδιασμού. Η δημιουργία μεγάλης ελεύθερης επιφάνειας πρέπει σχεδιαστικά να αποφευχθεί καθώς ήταν εκείνη που προκάλεσε την μεγάλη μείωση της ευστάθειας και όχι η κατάκλυση του χώρου οχημάτων αυτή καθ' εαυτή. Επομένως ούτε ο ισχυρισμός των ΑΓ ότι η καλύτερη ασφάλεια έναντι κινδύνου από κατάκλυση του χώρου οχημάτων παραμένει η ύπαρξη επαρκούς αρχικού μετακεντρικού ύψους με τρόπο τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται ότι αυτό θα παραμείνει θετικό σε κάθε περίπτωση βλάβης, ούτε και ο ισχυρισμός Φραγκούλη ότι κανένα Ο/Γ δεν μπορεί να διαθέτει αρχική ευστάθεια που να καλύπτει την περίπτωση κατάκλυσης του καταστρώματος οχημάτων, στην ουσία είναι απόλυτα σωστοί.

Από τους υπολογισμούς που έγιναν στην παρούσα μελέτη φαίνεται πως το «Ηράκλειο» όντως είχε πολύ καλή συμπεριφορά όσον αφορά την ευστάθεια σε άθικτη κατάσταση καθώς ικανοποιούσε τους σύγχρονους κανονισμούς (Res.A.749). Όσον αφορά βέβαια την ευστάθεια μετά από βλάβη, παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα καθώς τα μήκη συγκεκριμένων υδατοστεγών διαμερισμάτων του ξεπερνούσαν το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος (permissible length).

Πλευρική θύρα (μπουκαπόρτα):

A&Γ: Η αντοχή της κρίνεται επαρκής ως διαβάθρα οχημάτων και ως μέρος της πλευράς του σκάφους έναντι εξωτερικών επιβαλλόμενων φορτίσεων αλλά όχι ως «ισοδύναμη» ενίσχυση προς αποκατάσταση της αρχικής αντοχής του σκάφους. Έπρεπε να κλείνει με τρόπο τέτοιο που να αποκλείει την είσοδο του νερού. Η κατασκευή της δε φαίνεται να είχε αιτιώδη συνάφεια με το ναυάγιο. Σίγουρο είναι πως δεν είχε κλείσει με σύσφιξη των κοχλιών και υποβασταζόταν μόνο από τα συρματόσκοινα της τροχαλίας που συγκρατούνταν από το φρένο του βαρούλκου

Φ: Για τα ανοίγματα πάνω από το κατάστρωμα ασφαλείας δεν προδιαγράφεται από τους κανονισμούς ούτε η στεγανότητα ούτε η υποχρέωση να κλείνονται πριν από τον απόπλου. Η αντοχή της κρίνεται επαρκής. Δεν είχε αιτιώδη συνάφεια με το ατύχημα και αν ασφαλιζόταν με τα προβλεπόμενα μέσα (6 κοχλίες) κανένας κίνδυνος δε θα υπήρχε για το πλοίο.

Σχόλιο: Δε χωράει αμφιβολία πως ο πλευρικός προωραίος καταπέλτης ανήκει στην κατηγορία «*ανοίγματα επί του περιβλήματος άνωθεν της γραμμής ορίου βύθισης*». Αυτομάτως καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως ο ισχυρισμός των A&Γ πως η θύρα έπρεπε να κλείνεται υδατοστεγώς μπορεί να είναι σύμφωνος με την «καλή τεχνική» αλλά σίγουρα δεν προκύπτει ως απαίτηση από τους κανονισμούς. Επομένως δε θα ήταν υπερβολή να πει κάποιος πως ακόμα και το ελαστικό περίβλημα και οι έξι (6) κοχλίες που χρησιμοποιούνταν για το κλείσιμο της πόρτας αποτελούσαν πλεονασμό.

Σύστημα έγχυσης:

A&Γ: Διεθνείς κανονισμοί που να προδιαγράφουν τυχόν αποδεκτούς τρόπους έγχυσης δεν φαίνεται ότι υπάρχουν για την ώρα και ο τρόπος έγχυσης αποτελεί μέριμνα του κατασκευαστή βασιζόμενου ως επί το πλείστον «*επί των κανόνων της εμπειρίας και της καλής τεχνικής*».

Φ: Δεν υφίστανται συγκεκριμένοι κανονισμοί σχετικά με το ποια πρέπει να είναι τα μέσα έγχυσης, ποιων διαστάσεων, ποιας διάταξης και τοποθέτησης. Τα συστήματα έγχυσης του «Ηράκλειο» ήταν παρεμφερή με όσα χρησιμοποιούσαν τα υπόλοιπα

οχηματαγωγά των γραμμών της Κρήτης εκείνη την εποχή και ήταν επαρκή για τον ασφαλή πλου κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες. Δεν έγινε η πρέπουσα χρήση όλων των διαθέσιμων μέσων για την ασφάλιση των αυτοκινήτων πάνω στο πλοίο.

Σχόλιο: Από τη στιγμή που δεν υπάρχει σαφές πλαίσιο κανονισμών σχετικά με τον τρόπο που πρέπει να ασφαλιζονται τα αυτοκίνητα αλλά και τα μέσα που πρέπει να χρησιμοποιούνται καταλαβαίνει κανείς πως τα πράγματα στο συγκεκριμένο θέμα ήταν πολύ ρευστά. Οι κανόνες της «εμπειρίας και της καλής τεχνικής» που επικαλούνται οι Α&Γ μπορούν να ερμηνευτούν ποικιλοτρόπως. Το μόνο σίγουρο είναι πως η τοποθέτηση του φορτηγού – ψυγείο στο κατάστρωμα οχημάτων κατά το εγκάρσιο ήταν ενάντια στη ναυτική εμπειρία και τη λογική, γι' αυτό προκαλεί και ιδιαίτερη εντύπωση το γεγονός πως παρ' όλο που το πλήρωμα ή έστω το ανώτερο πλήρωμα γνώριζαν για τον εσφαλμένο τρόπο φόρτωσης δε φρόντισαν για την με κάθε δυνατό μέσο ασφάλιση του φορτηγού.

Υδρορροές, Δίκτυο και Σύστημα Αντλιών του σκάφους:

Α&Γ: Όφειλε να υπάρχει κατάλληλο σύστημα ταχείας απορροής των υδάτων από το κατάστρωμα οχημάτων λόγω της σοβαρής επίπτωσης την οποία έχει η μεγάλη ελεύθερη επιφάνεια στην ευστάθεια. Είναι απίθανο οι υδρορροές που είχε το σκάφος να μπορούσαν να απαντήσουν τις τεράστιες ποσότητες νερού που έμπαιναν από την ανοιγμένη θύρα. Σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης στο κατάστρωμα οχημάτων θα χρειάζονταν για την αποχέτευση των υδάτων ανοίγματα συνολικής διατομής 38ft² για κάθε πλευρά, μέγεθος που ακόμα και το μισό του αποτελεί τεράστια επιφάνεια.

Φ: Δεν υπήρχε κάποια βλάβη στις αντλίες ή στο δίκτυο του «Ηράκλειο» σύμφωνα πάντα με τη μαρτυρία του Ανδριτσόπουλου (περιστατικό 6/8/1966). Η αδυναμία εκτέλεσης της εντολής του πλοίαρχου να μεταφερθεί νερό σε δεξαμενές στην άλλη πλευρά (portside) ήταν εσφλαμένη και δεν επηρέασε την εξέλιξη του ναυαγίου. Σε κάθε περίπτωση ο ρυθμός μετάγγισης έρματος στην αριστερή πλευρά ήταν πολύ μικρός για να ισορροπήσει τις μεγάλες ποσότητες νερού που έμπαιναν μέσα με κάθε κύμα.

Σχόλιο: Σε κάθε περίπτωση δεν πρέπει να αγνοήσουμε το ενδεχόμενο το πλήρωμα να μην είχε επαρκείς γνώσεις για τη λειτουργία των αντλιών και του δικτύου του σκάφους. Ο Ανδριτσόπουλος έπειτα από το περιστατικό (6/8/1966) όπου το «Ηράκλειο» πήρε κλίση 9^ο-10^ο προς τα δεξιά μέσα στο λιμάνι του Πειραιά αναφέρει πως η κλίση δεν ήταν δυνατόν να αποκατασταθεί, παρά μόνο έπειτα από πάροδο 14 ωρών, καθώς τόσο οι μηχανικοί του πλοίου όσο και οι μηχανικοί της πλοιοκτήτριας εταιρίας δε γνώριζαν καλά τον τρόπο λειτουργίας του δικτύου αναρροφήσεως κυτών. Η αδυναμία εκτέλεσης λοιπόν της εντολής του πλοίαρχου ή ακόμα και κάποιος άλλος

λάθος χειρισμός από την πλευρά του πληρώματος μηχανοστασίου ενδεχομένως έπαιξαν κάποιο σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του ναυαγίου. Είναι σαφές πως η πλήρωση κάποιας δεξαμενής της αριστεράς του πλοίου θα μείωνε την κλίση του πλοίου καθιστώντας το πιο ευσταθές.

Εντύπωση προκαλεί το γεγονός πως για την ομάδα του Φραγκούλη το παραπάνω γεγονός παρουσιάζεται στην ουσία ως μη γενόμενο καθώς κατ' αυτούς η απότομη κλίση μέσα στο λιμάνι οφειλόταν σε παράλειψη συντήρησης και καθαρισμού του δικτύου, προβλήματος που λύθηκε άμεσα έπειτα από την παρέμβαση του Κόκκινου και του Ανδριτσόπουλου.

Συντονισμός, Διακυβέρνηση του πλοίου:

A&Γ: Περίοδος διατοιχισμού του σκάφους περίπου ίση με $T=14.8\text{sec}$. Μήκος κύματος 250ft, περίοδος κύματος $T=7\text{sec}$, γωνία συνάντησης 30° . Αύξηση της ταχύτητας συνεπάγεται αύξηση της φαινόμενης περιόδου του κύματος τείνοντας προς το συντονισμό. Η μείωση της ταχύτητας του πλοίου και ή η αλλαγή πορείας ή ο συνδυασμός αυτών θα λειτουργούσε αποτρεπτικά στην εμφάνιση συντονισμού, ενώ η αύξησή της εντείνει τα φαινόμενα σφυρόκρουσης της πλώρας, το ύψος του κύματος πρόωσης κτλ διευκολύνοντας την εισροή υδάτων από την ανοιχτή θύρα.

Φ: Κανένα σκάφος δεν μπορεί να είναι εκ των προτέρων εξασφαλισμένο από το φαινόμενο του συγχρονισμού με το κύμα και μόνο η μεταβολή της πορείας και η αλλαγή της ταχύτητας μπορούν να το σώσουν. Το «Ηράκλειο» δεν ήταν δυνατόν να βρεθεί σε δυσμενέστερες συνθήκες για το φαινόμενο του συγχρονισμού από άποψη θέσης του ως προς το κύμα (πορεία) όσο και ως προς την ταχύτητά του.

Καμία ενεργεία από μεριάς του πλοίαρχου παρά τη σφοδρή θαλασσοταραχή και την αρχική κατάκλυση του πρωαίου καταστρώματος οχημάτων (η αλλαγή πορείας 8° αριστερά δεν είχε παρά ελάχιστο αποτέλεσμα). Δεν προτίμησε τον είσπλου προς τον ασφαλή όρμο της Μήλου που βρισκόταν κοντά στις βραχονησίδες ΑΝΑΝΕΣ. Η αδράνεια που έδειξε ο πλοίαρχος για την ασφάλεια των ανθρώπινων ζώων, του σκάφους και του φορτίου του μόνο ως ακατανόητη μπορεί να χαρακτηριστεί.

Σχόλιο: Είναι αλήθεια πως για να αποφύγει ένα πλοίο το συντονισμό με τους προσπίπτοντες κυματισμούς έχει δύο επιλογές είτε να μεταβάλει την ταχύτητά του ώστε να μειωθεί η συχνότητα συνάντησης με τους κυματισμούς άρα για ακολουθώντας κυματισμούς → μείωση ταχύτητας ή να μεταβάλλει την πορεία κατεύθυνσης του (γωνία συνάντησης με κυματισμούς) ώστε να μην τους δέχεται όσο το δυνατόν από τα πλάγια. Σίγουρα, σε αντίθεση με τον ισχυρισμό Φραγκούλη, το «Ηράκλειο» μπορούσε να βρεθεί σε δυσμενέστερες συνθήκες για το φαινόμενο του

συγχρονισμού. Φαίνεται βέβαια πως ο πλοίαρχος δε φρόντισε ώστε με κατάλληλους χειρισμούς να ανακουφίσει το πλοίο είτε λόγω της ως ένα βαθμό άγνοιας των πραγματικών δυνατοτήτων του και της υπερβολικής εμπιστοσύνης σε αυτές, είτε λόγω πιέσεων που δεχόταν από την εταιρία να μην καθυστερήσει το πλοίο να φτάσει στον Πειραιά, όπως μαρτυρούν κάποιοι επιζώντες.

Οι Α&Γ αναφέρουν σε κάποιο σημείο *«Για τις παραπάνω τιμές της φυσικής περιόδου του πλοίου και της περιόδου κύματος ο συντονισμός θα ήταν αδύνατος εάν το σκάφος έπλεε με πολύ μικρή ταχύτητα και γωνία θ° ως προς τη διεύθυνση του άνεμου»*. Ο ισχυρισμός αυτός έρχεται σε συμφωνία με τα παραπάνω όσον αφορά την ταχύτητα και την κατεύθυνση του πλοίου όμως δεν είναι απόλυτα ορθός. Μικρή ταχύτητα ενδεχομένως να έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγάλη παραμονή του πλοίου στην κορυφή του ακολουθούστος κυματισμού με συνέπεια την για αρκετό χρόνο μειωμένη ευστάθεια ή ακόμα και την εμφάνιση παραμετρικής αστάθειας. Αναλυτικότερα όμως με αυτά τα ζητήματα θα ασχοληθούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Συνοψίζοντας:

Είναι αρκετά σαφές αν μελετήσει κανείς και τις δύο μελέτες πως η γενική τάση των Α&Γ είναι να αναδείξουν τις ελλείψεις του «Ηράκλειο» συχνά αποδίδοντας τα αίτια του ναυαγίου σε εσφαλμένη εφαρμογή των κανόνων της ναυτικής εμπειρίας και της καλής τεχνικής. Από την άλλη μεριά η ομάδα του Φραγκούλη προσπαθεί αφενός να αποδείξει ότι τα προβαλλόμενα ως αίτια του ναυαγίου από τους Α&Γ δεν προκύπτουν από μη συμμόρφωση του «Ηράκλειο» με τους κανονισμούς και αφετέρου να αποδείξουν πως η όποια παρατυπία υπήρχε δεν είχε αιτιώδη συνάφεια με το ναυάγιο. Στην προσπάθεια τους αυτή να δείξουν ότι το «Ηράκλειο» αποτελούσε ένα αποδεκτό για τα δεδομένα της εποχής σκάφος, οι τρεις μελετητές το συγκρίνουν με άλλα Ε/Γ – Ο/Γ πλοία της εποχής όσον αφορά την ευστάθεια, τα μέσα έγχυσης που χρησιμοποιεί κτλ και το βγάζουν αν όχι καλύτερο τουλάχιστον αντάξιο.

Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις που μπορεί να κάνει κανείς είναι το γεγονός πως από τις μελέτες γίνεται σαφής μια έλλειψη ξεκάθαρων κανονισμών σε αρκετές περιπτώσεις όπως σχετικά με το σύστημα έγχυσης, την ευστάθεια μετά από κατάκλυση χώρου πάνω από το ανώτατο συνεχές κατάστρωμα αλλά και πλήθος άλλων περιπτώσεων. Η έλλειψη σαφών κανονισμών έχει σαν αποτέλεσμα την παρερμηνεία ορισμένων διατάξεων και ενδεχομένως την απόδοση του ναυαγίου σε αίτια τα οποία ήταν δευτερεύουσας σημασίας.

Ένα βασικό κοινό σημείο των μελετών είναι πως και οι δύο ομάδες όταν κάνουν τους υπολογισμούς της ευστάθειας εξετάζουν μόνο τη στατική κατάσταση χωρίς το κύμα καθώς ενδεχομένως εκείνη την εποχή να μην υπήρχε κάποια κατάλληλη μέθοδος που να δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα. Είναι προφανές όμως πως

η κατάσταση αυτή απέχει πολύ από την πραγματικότητα λόγω της έντονης θαλασσοταραχής. Η επίδραση των κυματισμών, των ριπών του ανέμου αλλά και γενικότερα όλα τα δυναμικά φαινόμενα δε μπορούσαν να υπαχθούν σε υπολογιστικό έλεγχο όπως από κοινού αναγνωρίζουν και οι δύο ομάδες πραγματογνωμόνων.

Είναι προφανές ότι επειδή το πλοίο βρισκόταν σε έντονη θαλασσοταραχή το να γίνει η μελέτη ευσταθείας σαν σε ήρεμη θάλασσα θα έδινε πολύ διαφορετικά αποτελέσματα. Τα δυναμικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα επιδεινώνουν τις συνθήκες στατικής ευστάθειας πόσο μάλλον όταν γίνεται λόγος για τη βεβλαμμένη κατάσταση του πλοίου όπου παραδείγματος χάριν η μάζα του νερού που μπαίνει εξαπλώνεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια του καταστρώματος αντίστοιχα με τη γωνία της κλίσης του πλοίου. Κατά συνέπεια ο πραγματικός μοχλοβραχίονας επαναφοράς πρέπει να θεωρηθεί σημαντικά κατώτερος από αυτόν που υπολόγιζαν οι μελετητές. Η πρόσπτωση και μόνο της υδάτινη μάζας στο κατάστρωμα από την ανοιχτή θύρα δημιουργεί επιπρόσθετες κλίσεις. Υπολογίζεται χαρακτηριστικά από τους Αντωνίου & Γεωργιάδη ότι μάζα 10-20 τόνων μπορούσε να μπει με ένα και μόνο κύμα δημιουργώντας στιγμιαία ροπή 200-400 ft.t.

Εν γένει η περίπτωση του «Ηράκλειο» δεν είναι αυτή της μόνιμης κατάκλυσης αλλά περισσότερο μοιάζει με την κάλυψη ελεύθερου καταστρώματος από το επερχόμενο κύμα με τη διαφορά ότι δεν υπήρχε η δυνατότητα πλήρους εκροής. Παρ' όλα αυτά τόσο η μελέτη των Αντωνίου & Γεωργιάδη όσο και η μελέτη της ομάδας του Φραγκούλη ακολουθούν μεθόδους που εφαρμόζονται σε περιπτώσεις κανονικής κατάκλυσης όπως παραδείγματος χάριν όταν το ρήγμα στα ύφαλα του πλοίου επιτρέπει την εισροή νερού με τρόπο αθροιστικό και μόνιμο και μειώνει την ευστάθεια και την πλευστότητα του πλοίου ανάλογα με το μέγεθος και τη θέση του ρήγματος.

Στα επόμενα δύο κεφάλαια θα μπορούσαμε να δώσουμε πιο συγκεκριμένες απαντήσεις σχετικά με το επίπεδο ασφάλειας που παρείχε το συγκεκριμένο πλοίο, να εξετάσουμε κατά πόσο οι ακολουθούντες κυματισμοί είχαν καταλυτική παρέμβαση στην εξέλιξη του ναυαγίου και να δούμε στην πράξη ποια από τις δύο ομάδες μελετητών πλησίασε περισσότερο την αλήθεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΛΟΓΩ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝΤΩΝ
ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο σε πρώτη φάση θα αναφερθούμε στις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην ευρύτερη περιοχή την ημέρα του ναυαγίου, βασιζόμενοι στο δελτίο της ΕΜΥ αλλά και σε άλλες πηγές, όπως η έρευνα του Γερμανού καθηγητή Sherlag. Στη συνέχεια βάσει των καιρικών συνθηκών θα προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε τους πιθανούς κυματισμούς (μήκος και ύψος κύματος) που ενδεχομένως να αναπτύχθηκαν τη νύχτα εκείνη στη θαλάσσια περιοχή που συνέβη το ναυάγιο και έπειτα θα περιγράψουμε κάποια φαινόμενα που εμφανίζονται σε ακολουθούντες κυματισμούς έχοντας συχνά σαν αποτέλεσμα ιδιαίτερα έντονο διατοιχισμό και ενίοτε ανατροπή. Για δεδομένο κυματικό περιβάλλον, τα φαινόμενα αυτά εξαρτώνται από μια σειρά σχεδιαστικών και λειτουργικών παραμέτρων, όπως η γεωμετρία της γάστρας, η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους, το μέγεθος, η ταχύτητα και η κατεύθυνση πορείας του πλοίου. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις συγκεκριμένες αυτές παραμέτρους που αφορούν το «Ηράκλειο» θα εξετάσουμε εν τέλει τον τρόπο που οι κυματισμοί επηρεάζουν τα υδροστατικά χαρακτηριστικά και κυρίως την ευστάθεια του πλοίου χρησιμοποιώντας το μοντέλο που έχουμε κατασκευάσει στον Η/Υ και θα προσπαθήσουμε να εκφράσουμε μια πιθανότητα εμφάνισης αυτών των φαινομένων για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

5.2 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΗ ΝΥΧΤΑ ΤΟΥ ΝΑΥΑΓΙΟΥ

Τετάρτη 7 Δεκεμβρίου 1966. Το «Ηράκλειο» αποπλέει από το λιμάνι της Σούδας γύρω στις 19:30 με κατεύθυνση το λιμάνι του Πειραιά. Η ΕΜΥ στο έκτακτο μετεωρολογικό δελτίο (υπ' αριθμόν ΜΚΕ 071617 – 12 - 1966) που είχε εκδώσει στις 16:17 της ίδιας μέρας αναφέρει χαρακτηριστικά: «...Νότιοι άνεμοι δυνάμεως 7 και τοπικώς 8 αναμένεται να επικρατήσουν τις προσεχείς 12 ώρες στο Αιγαίο, το Κρητικό και το Λυβικό πέλαγος. Κατάσταση θάλασσας πολύ κυματώδης και τοπικά τρικυμιώδης...». Η πρόβλεψη αυτή επιβεβαιώνεται τελικά και εκ των υστέρων με το επίσημο δελτίο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ), έγγραφο υπ' αριθμόν 6764, για τις πραγματικές καιρικές συνθήκες που επικράτησαν στη θαλάσσια περιοχή Σούδας – Μήλου, όπου αναφέρονται τα εξής:

- (1) Τήν 7/12 * άνεμοι από τῶν μεσημβρινῶν ὠρῶν ΝΑ ἕως Ν 6-7. θάλασσα κυματώδης καθιερταμένη βαθμηδόν λίαν κυματώδης. Ὁρατότης 5-7 καί ἐντός βροχῶν 1-3 μιλίων.
- (2) Τήν 8/12 . Καιρός νεφωσκηπής μετά βροχῶν καί καταιγίδων. * Ἄνεμοι Ν.Δ. ἕως Δ. σφοδρῶς 7 καί κατά περιόδους τυπικῶς θυελλώδεις 8. θάλασσα λίαν κυματώδης 6 καί κατά περιόχας τρικυμιώδης. Ὁρατότης 3-5 καί ἐντός βροχῶν 1-3 μιλίων.

Εικόνα 5.1 Απόσπασμα από την πραγματογνωμοσύνη Φραγκούλη με το επίσημο δελτίο της ΕΜΥ

Παρατηρούμε λοιπόν ότι ήδη από το μεσημέρι της 7^{ης} Δεκεμβρίου έχουν ξεκινήσει να πνέουν δυνατοί άνεμοι με κατεύθυνση νοτιοανατολικά έως νότια, οι οποίοι προοδευτικά αλλάζουν κατεύθυνση για να φτάσουν να είναι στις 8 Δεκεμβρίου νοτιοδυτικοί έως δυτικοί και ακόμα μεγαλύτερης έντασης 7 έως και 8 Beaufort. Αν δει κανείς λοιπόν την πορεία που ακολούθησε το πλοίο (βλέπε παράρτημα Γ παρατηρεί πως το «Ηράκλειο» δεχόταν τον καιρό **πρύμα** και καθώς περνούσε η νύχτα **ολόενα και περισσότερο από την αριστερή του πλευρά** (portside).

Προκειμένου να γίνει ακόμα πιο κατανοητό τι σημαίνει άνεμος έντασης 8 Beaufort παραθέτουμε τον παρακάτω πίνακα όπου φαίνεται προσεγγιστικά για κάθε βαθμό της κλίμακας Beaufort τι συμβαίνει με την ταχύτητα του ανέμου αλλά και με το ύψος κύματος του ανεμογενούς κυματισμού που προκαλείται, ενώ παράλληλα έχουμε προσθέσει και μια μικρή φωτογραφία με την κατάσταση της θάλασσας για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 5.1 Κλίμακα Beaufort

Beaufort Number	Description	Wind Speed	Wave height (m)	Sea Conditions	Sea state photo
5	Fresh breeze	16–20 kn (29–38km/h)	2-3	Moderate waves of some length. Many whitecaps. Small amounts of spray.	
6	Strong breeze	21-26 kn (39–49 km/h)	3-4	Long waves begin to form. White foam crests are very frequent. Some airborne spray is present.	
7	High wind, Moderate gale, Near gale	27-33kn (50–61 km/h)	4-5.5	Sea heaps up. Some foam from breaking waves is blown into streaks along wind direction. Moderate amounts of airborne spray.	
8	gale, Fresh gale	34-40kn (62–74 km/h)	5.5-7.5	Moderately high waves with breaking crests forming spindrift. Well-marked streaks of foam are blown along wind direction. Considerable airborne spray.	
9	Strong gale	41-47kn (75–88 km/h)	7-10	High waves whose crests sometimes roll over. Dense foam is blown along wind direction. Large amounts of airborne spray may begin to reduce visibility.	

Επιπλέον σαφή και λεπτομερή στοιχεία για την κατάσταση του καιρού που επικρατούσε τη νύχτα της 7^{ης} προς 8^η Δεκεμβρίου στην περιοχή που έγινε το ναυάγιο μπορούμε να βρούμε σε έρευνα του καθηγητή Sherlag, διευθυντή του Ινστιτούτου Μετεωρολογίας και Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου του Δυτικού Βερολίνου, μετάφραση της οποίας δημοσιεύτηκε στο περιοδικό «Ναυτιλία», τεύχος 133 – Ιανουάριος 1968. Απόσπασμα της έρευνας αυτής, από το οποίο ξεχωρίζουμε τα σημαντικότερα κομμάτια παρακάτω, παραθέτει και ο καθηγητής Φραγκούλης στη σχετική με το ναυάγιο μελέτη του. Αναφέρεται λοιπόν χαρακτηριστικά ότι:

«...Το ναυάγιο του Ηράκλειο αποδίδεται πρωτίστως σε μετεωρολογικά αίτια... αίτια ήταν η σφοδρή θύελλα που προκλήθηκε από έντονες ατμοσφαιρικές μετακινήσεις όπως έγινε αντιληπτό από τους μετεωρολογικούς δορυφόρους. Οι παρατηρήσεις όμως αυτές δε χρησιμοποιούνται σήμερα για την προστασία της ζωής στη θάλασσα...». Συγκεκριμένα για το ναυάγιο του «Ηράκλειο» αναφέρει: «...η διαφορά ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ Χανίων και Κυθήρων ήταν 3.9 mb. Βάσει αυτής της διαφοράς υπολογίζεται **μέση ταχύτητα ανέμου 45 κόμβων**. Το γεγονός ότι οι παρακείμενοι σταθμοί που βρίσκονται στη στεριά αναφέρουν πολύ μικρότερες ταχύτητες οφείλεται στην επίδραση της τριβής του αέρα πάνω στο έδαφος...

Το άμεσο αποτέλεσμα ήταν να υπάρξουν εξαιρετικά ισχυρές κατακόρυφες μεταβολές των ατμοσφαιρικών στρωμάτων. Γι' αυτό το λόγο και όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Κρήτης σημείωσαν καταγίδες. Στις καταγίδες αυτές επικράτησε υψηλό ρεύμα που πάνω από την Κρήτη στα 850mb είχε ταχύτητα 47 και στα 700mb 49 κόμβους και έφτανε μέχρι την επιφάνεια της θάλασσας. Οι ταχύτητες αυτές του ανέμου που παρατηρήθηκαν συμπίπτουν ακριβώς με την ισχύ του ανέμου που υπολογίστηκε θεωρητικά.

Λόγω των κατακόρυφων αυτών αλλαγών η ισχύς **των ριπών του ανέμου** τη χρονική στιγμή του ναυαγίου θα πρέπει να ήταν τόσο μεγάλη ώστε να φτάσει ακόμα και τους 55 κόμβους... Γύρω στις 3 η ώρα τα ξημερώματα άρχισε να παρουσιάζεται μεγάλη άνοδος της πίεσης πάνω από την Πελοπόννησο. Έτσι η διαφορά πίεσης ελαττώθηκε και η θύελλα μόλις είχε ήδη υπερβεί το ανώτατο σημείο της έντασής της...»

Είναι φανερό από τις ταχύτητες του ανέμου που περιγράφει ο Γερμανός καθηγητής πως γίνεται λόγος για εντάσεις 10 πιθανώς και 11 Beaufort κατά τη διάρκεια των ριπών του ανέμου. Βέβαια η μικρή χρονική διάρκεια αυτής της έντασης δε μπορεί να δημιουργήσει τα ύψη κύματος που αντιστοιχούν σε 10 βαθμούς της κλίμακας των Beaufort, όμως αναμφισβήτητα ακόμα και για μικρή χρονική περίοδο είχαν αρνητική επίδραση στην ευστάθεια του σκάφους.

Συμπερασματικά λοιπόν για τη νύχτα του ναυαγίου μπορούμε να πούμε ότι:

- Ο άνεμος είχε κατεύθυνση νότια – νοτιοανατολική που συνεχώς άλλαζε προς τα δυτικά. Άρα το πλοίο τον δεχόταν διαρκώς πρύμα.
- Η ένταση του ανέμου που σύμφωνα με την ΕΜΥ ήταν 7-8 Beaufort παρουσίαζε εξάρσεις/ριπές ταχύτητας 45 έως και 55 κόμβων ειδικά μετά τα μεσάνυχτα της 7^{ης} Δεκεμβρίου
- Το σημείο στο οποίο έγινε το ναυάγιο είναι από τα πλέον «ανοιχτά» του Αιγαίου, ιδιαίτερα για νοτιοδυτικούς καιρούς που δε συναντάνε καθόλου στεριά ερχόμενοι από το ανοιχτό πέλαγος.

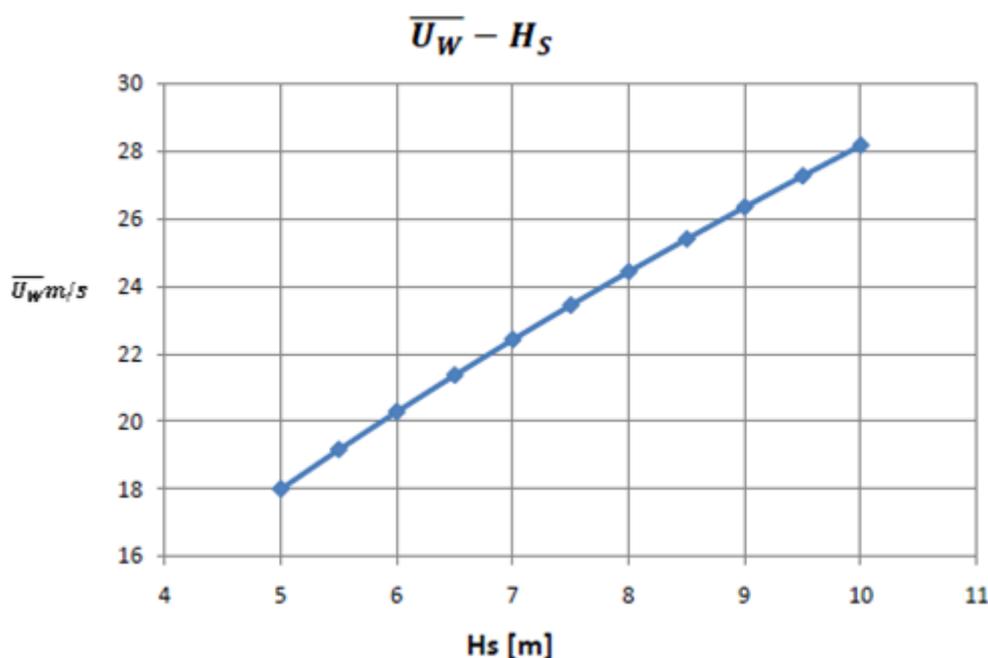
Σύμφωνα λοιπόν με το δελτίο της ΕΜΥ οι άνεμοι που έπνεαν εκείνο το βράδυ ήταν ιδιαίτερα δυνατοί ταχύτητας 50-70 km/h (14-19 m/s) ή ακόμα και δυνατότεροι σύμφωνα με την έρευνα του καθηγητή Sherlag που κάνει λόγο για μέση ταχύτητα ανέμου 80 km/h (22 m/s).

Θα προσπαθήσουμε στη συνέχεια **να προσδιορίσουμε ένα εύρος υψών και μηκών κύματος** που μπορεί να διεγείρει ένας τέτοιος άνεμος.

5.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Η σύνδεση του κυματικού περιβάλλοντος με τον άνεμο γίνεται προσεγγιστικά μέσω της σχέσης που αναφέρεται στην εργασία των PAROKA & UMEDA, 2006. Ο εμπειρικός αυτός τύπος προέρχεται από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και μας δίνει μια σχέση που συνδέει το σημαντικό ύψος κύματος H_s με τη μέση ταχύτητα ανέμου \overline{U}_w :

$$H_s = -2 \cdot 10^{-5} \cdot \overline{U}_w^3 + 8.2 \cdot 10^{-3} \cdot \overline{U}_w^2 + 0.1456 \cdot \overline{U}_w - 0.15 \quad \{Eξ. 5.1\}$$



Διάγραμμα 5.1 Μέση ταχύτητα ανέμου συναρτήσει του σημαντικού ύψους κύματος

Για ανέμους λοιπόν 17m/s έως ενδεχομένως και 22m/s προκύπτει ένα σημαντικό ύψος κύματος εύρους 4.5m-6.8m.

Εκτός από τον παραπάνω προσεγγιστικό τύπο, στη διάθεση μας έχουμε δύο πολύτιμες μελέτες, τον «Άτλαντα Ανέμου και Κύματος Βορειοανατολικής Μεσογείου» του Αθανασούλη (1992) και τον «Άτλαντα Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών» του ΕΛΚΕΘΕ (2007). Τα στατιστικά στοιχεία που παρουσιάζονται στον «Άτλαντα Ανέμου και Κύματος Βορειοανατολικής Μεσογείου» έχουν προκύψει με τη βοήθεια οπτικών παρατηρήσεων από πλοία (πλοία εθελοντικής παρατηρήσεως) στα πλαίσια των συνήθων πλόων τους. Έτσι λοιπόν πρέπει να αναγνωρίσουμε πως οι παρατηρήσεις από τα πλοία γίνονται ως επί το πλείστον κατά τη διάρκεια της ημέρας και πως **τα πλοία συνήθως αποφεύγουν τις ιδιαίτερα κακές θάλασσες, γι' αυτό και στα διαθέσιμα στοιχεία δεν καταχωρούνται ικανοποιητικά τα πολύ μεγάλα ύψη κύματος** – όπως αναφέρει και η συγγραφική ομάδα που επιμελήθηκε τον Άτλαντα.

Από την άλλη πλευρά στον ««Άτλαντα Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών»», όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται και στον πρόλογο της συγκεκριμένης μελέτης περιέχονται, για πρώτη φορά στην Ελλάδα, **όχι αποτελέσματα οπτικών παρατηρήσεων αλλά μετρήσεων** καθώς επίσης και αποτελέσματα αριθμητικής ανασύνθεσης που έχουν παραχθεί από αριθμητικά μοντέλα υψηλής χωρικής και χρονικής διακριτοποίησης, έτσι ώστε να αναπαρίστανται με την καλύτερη δυνατή προσέγγιση οι ιδιαιτερότητες του κυματικού καθεστώτος των ελληνικών θαλασσών. Τα όποια αποτελέσματα του Άτλαντα προέρχονται από αριθμητική προσομοίωση αναπαριστούν τη μέση (από στατιστική άποψη) κατάσταση των ελληνικών θαλασσών σε ό,τι αφορά τα κυματικά τους χαρακτηριστικά.

Για την περαιτέρω μελέτη μας θα ασχοληθούμε μόνο με τις μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου και τα μεγαλύτερα ύψη κύματος (μεγαλύτερο wave steepness) που επηρεάζουν πιο έντονα την ευστάθεια του πλοίου. Έτσι λοιπόν από σχετικούς πίνακες του άτλαντα του ΕΛΚΕΘΕ (παράρτημα Π4) βλέπουμε ότι για ταχύτητες ανέμου >16m/s τα κύματα που δημιουργούνται έχουν ύψος 3-5 m για τη θαλάσσια περιοχή που μας ενδιαφέρει. Επιπλέον για την ίδια θαλάσσια περιοχή η περίοδος των κυματισμών με τα παραπάνω ύψη κύματος κυμαίνεται από 6.7-10.8sec. Αν κοιτάξουμε τους αντίστοιχους πίνακες της μελέτης του Αθανασούλη (παράρτημα ΠΔ) βλέπουμε ότι οι πιθανές περίοδοι για ύψη κύματος 3-5m είναι 0-15sec με πιο πιθανές τις 0-9sec. Η μεγαλύτερη διαφορά όμως ανάμεσα στις δύο μελέτες παρουσιάζεται στο γεγονός πως η μελέτη Αθανασούλη κάνει λόγο και για μεγαλύτερα ύψη κύματος (μεγαλύτερα από 5m ή ακόμα και 6m). Χαρακτηριστικό είναι πως για την εποχή, την περιοχή και τις συχνότητες κύματος που μας ενδιαφέρουν το εύρος H/λ του ΕΛΚΕΘΕ είναι 0.002-0.047, ενώ το αντίστοιχο του Αθανασούλη 0.0005-0.083. Η διαφορά αυτή είναι πολύ μεγάλη, ειδικά αν λάβουμε υπ' όψιν μας και το γεγονός ότι, όπως αναφέραμε και παραπάνω, τα στοιχεία του Αθανασούλη είναι συντηρητικά καθώς δεν περιλαμβάνουν τις ιδιαίτερα κακές θάλασσες.

Στη συνέχεια θα δοκιμάσουμε πέντε (5) διαφορετικά μήκη κύματος με 4 ύψη κύματος το καθένα, από 4m έως και 7m, έχοντας υποθέσει μηδενική γωνία συνάντησης. Θεωρώντας ότι η ταχύτητα ενός κύματος που διαδίδεται σε βαθύ νερό είναι $v=(g\lambda/2\pi)^{1/2}$ και $v=\lambda/T$ συμπληρώνεται ο παρακάτω πίνακας:

T (sec)	7	8	9	10	11
λ (m)	76.5	100.0	126.5	156.2	189.0

Πίνακας 5.2 Αντιστοίχιση περιόδων- μηκών κύματος

Για την επιλογή των συγκεκριμένων κυματισμών βασιστήκαμε συν τοις άλλοις και στον παρακάτω πίνακα που παρατίθεται σε εργασία των Umeda, Ikeda,

Suzuki ο οποίος ως ένα βαθμό δίνει διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με την κλίμακα Beaufort που περιγράψαμε παραπάνω.

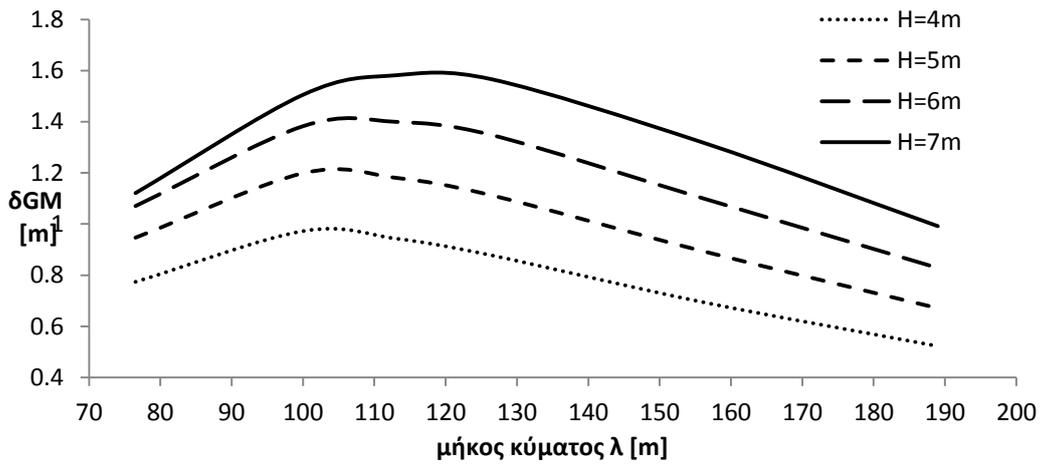
Sea states			
Beaufort	U_T [m/sec]	$H_{1/3}$ [m]	T_{01} [sec]
1	0.95	0.1	1.2
2	2.50	0.2	1.7
3	4.45	0.6	3.0
4	6.75	1.0	3.9
5	9.40	2.0	5.5
6	12.35	3.0	6.7
7	15.55	4.0	7.7
8	19.00	5.5	9.1
9	22.65	7.0	10.2
10	26.50	9.0	11.6
11	30.60	11.5	13.1
12	34.85	14.0	14.1

Πίνακας 5.3 Αντιστοίχιση έντασης ανέμου, σημαντικού ύψους και περιόδου κύματος για διάφορες καταστάσεις θάλασσας (Umeda, Ikeda, Suzuki)

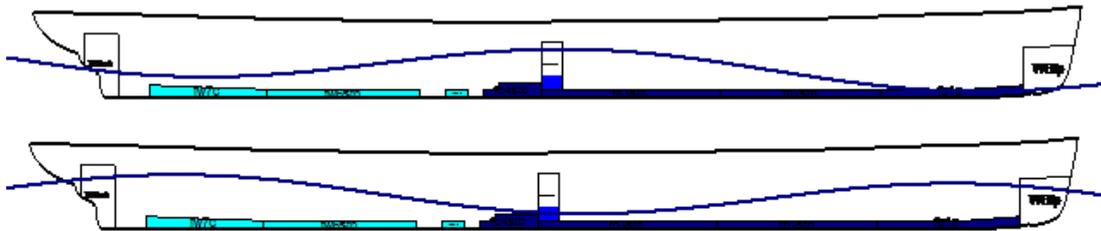
Προκύπτει λοιπόν ένα εύρος τιμών από $H/\lambda=0.021$ (1/47) έως $H/\lambda=0.078$ (1/13) και αυτό γιατί δε λαμβάνουμε υπ' όψιν το συνδυασμό $H=7\text{m}$ $\lambda=76.5\text{m}$. Απώτερος στόχος είναι να δούμε κατά πόσο μεταβάλλονται τα υδροστατικά χαρακτηριστικά και κυρίως ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς και το μετακεντρικό ύψος του πλοίου, όταν αυτό βρίσκεται σε κορυφή ή κοιλάδα του κύματος. Αναλυτικά τα αποτελέσματα για κάθε περίπτωση ξεχωριστά καθώς και η μέθοδος σχεδίασης των δύο διαγραμμάτων παρατίθενται στο παράρτημα Ε.

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που εξάγουμε από τις δοκιμές στο μοντέλο αλλά και από το διάγραμμα 5.3 είναι τα εξής:

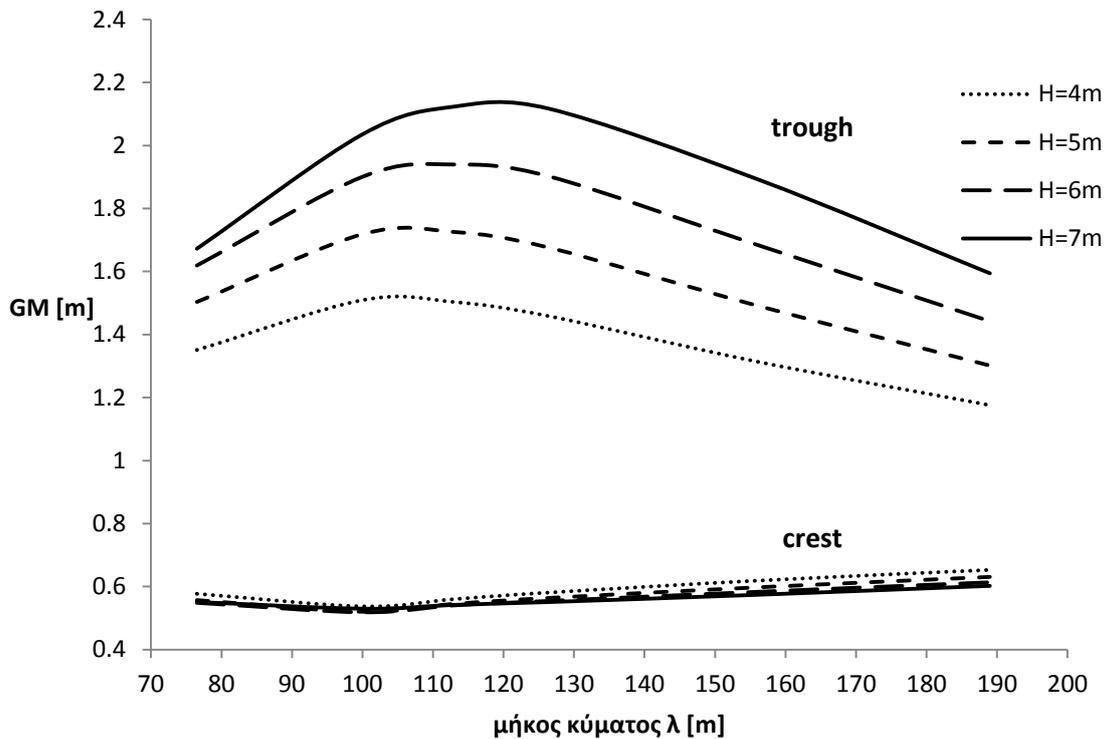
- Όσο μεγαλύτερα ύψη δοκιμάζουμε για κάθε μήκος κύματος, τόσο μεγαλύτερες μεταβολές, κατ' απόλυτη τιμή, του GM παρατηρούνται ανάμεσα σε κορυφή και κοιλάδα.
- Μέγιστη μεταβολή μετακεντρικού ύψους $\delta GM=1.586\text{m}$ για $H=7\text{m}$ και $\lambda=117.2\text{m}$ με $GM_{\text{crest}}=0.541\text{m}$ και $GM_{\text{trough}}=2.127\text{m}$
- Ελάχιστη τιμή σε κορυφή $GM_{\text{crestMIN}}=0.519\text{m}$ για $H=6\text{m}$, $\lambda=100\text{m}$
- Το GM_{crest} γενικά δεν παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις ως συνάρτηση του μήκους και το ύψους κύματος (διάγραμμα 5.3).
- Το GM_{trough} σα συνάρτηση του μήκους κύματος μεταβάλλεται όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5.3, ενώ για σταθερό μήκος αυξάνεται με αύξηση του ύψους κύματος.



Διάγραμμα 5.2 Μεταβολή του GM ανάμεσα σε κοιλάδα και κορυφή ($GM_{trough} - GM_{crest}$) συναρτήσει του μήκους κύματος για τέσσερα διαφορετικά ύψη κύματος

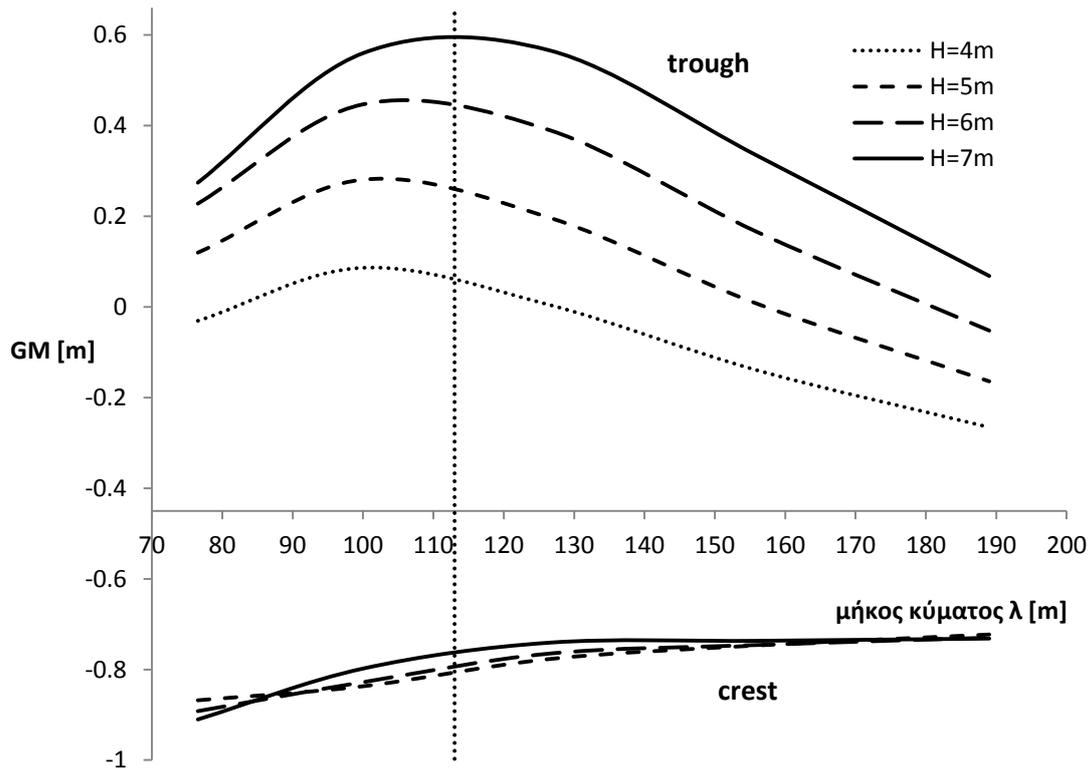


Εικόνα 5.2 Ενδεικτική απεικόνιση του πλοίου πάνω στο κύμα με το μέσον να βρίσκεται σε κορυφή (πάνω) και σε κοιλάδα (κάτω) $H=5m, \lambda=117.2m$



Διάγραμμα 5.3 Μεταβολή του GM_{trough} και GM_{crest} συναρτήσει του μήκους κύματος για τέσσερα διαφορετικά ύψη κύματος σε intact κατάσταση

Παραπάνω ασχοληθήκαμε με την περίπτωση όπου το πλοίο σε άθικτη κατάσταση διατρέχεται από διάφορους κυματισμούς και εξετάσαμε της μεταβολή του μετακεντρικού του ύψους. Στη συνέχεια θα ερευνήσουμε την περίπτωση όπου το πλοίο έχει χάσει την πλαινή του μπουκαπόρτα, το φορτηγό ψυγείο έχει πέσει στη θάλασσα και νερό έχει μαζευτεί στο πρωαίο κατάστρωμα οχημάτων. Συγκεκριμένα υποθέτουμε μια στιγμιαία κατάσταση όπου ο πρωαίος χώρος οχημάτων έχει κατακλυστεί από 150t νερού.



Διάγραμμα 5.4 Μεταβολή του GM_{trough} και GM_{crest} συναρτήσει του μήκους κύματος για τέσσερα διαφορετικά ύψη κύματος σε damage κατάσταση

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που εξάγουμε από τις δοκιμές στο μοντέλο αλλά και από το διάγραμμα 5.4 είναι τα εξής:

- Η συμπεριφορά των καμπυλών είναι παρόμοια με την προηγούμενη περίπτωση (χωρίς κατάκλυση)
- Μέγιστη μεταβολή μετακεντρικού ύψους $\delta GM = 1.363m$ για $H = 7m$ και $\lambda = 111m$ με $GM_{crest} = -0.890m$ και $GM_{trough} = 0.473m$
- Ελάχιστη τιμή σε κορυφή $GM_{crestMIN} = -0.910m$ για $H = 7m$, $\lambda = 76.5m$
- Μείωση των τιμών του μετακεντρικού ύψους κατά $\sim 1.4m$ λόγω κατάκλυσης σε σχέση με την άθικτη κατάσταση

5.4 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Σε γενικές γραμμές θα μπορούσε να πει κανείς πως οι τρόποι ανατροπής λόγω δυναμικής αστάθειας άθικτου πλοίου είναι ομαδοποιημένοι όπως φαίνεται παρακάτω:

- Ακολουθούντες κυματισμοί
 - Παραμετρική αστάθεια
 - Αυθεντική απώλεια ευστάθειας
 - Broaching και surf-riding
 - Συγκέντρωση ενέργειας σε πλάγιους ακολουθούντες κυματισμούς

- Κάθετα κύματα
 - Συντονισμός κλασικού τύπου
 - Απώλεια ευστάθειας λόγω συγκράτησης νερού στο κατάστρωμα
 - Μετατόπιση φορτίου
 - Ανατροπή λόγω κυματισμών θραύσης (breaking waves)

- Πρωραία κύματα (λιγότερο επικίνδυνα)
 - Φαινόμενα εσωτερικού συντονισμού (ουσιαστικά παραμετρικού τύπου) μεταξύ κινήσεων heave/pitch και roll

Ροπές ανατροπής μπορεί να δημιουργηθούν από διάφορα αίτια:

- Οι καιρικές συνθήκες μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές φορτίσεις από κύματα και ανέμους
- Ξαφνικές αλλαγές κατεύθυνσης του πλοίου
- Μετατόπιση φορτίου
- Συγκράτηση νερού
- Γραμμές ρυμούλκησης
- Συνδυασμός των παραπάνω

Οι περιπτώσεις που μας ενδιαφέρουν περισσότερο όσον αφορά το συγκεκριμένο ναυάγιο είναι αυτές των ακολουθούντων κυματισμών. Θυμίζουμε ότι ο άνεμος έπνεε νοτιοανατολικός με διαρκή μετάβαση προς δυτικότερα. Θα προσπαθήσουμε λοιπόν να εξετάσουμε κάθε μία από τις σημαντικότερες περιπτώσεις χωριστά και να δώσουμε μια πιο ολοκληρωμένη απάντηση, σε θεωρητικό για την ώρα επίπεδο, για τον τρόπο με τον οποίο πιθανώς να ανατράπηκε το «Ηράκλειο».

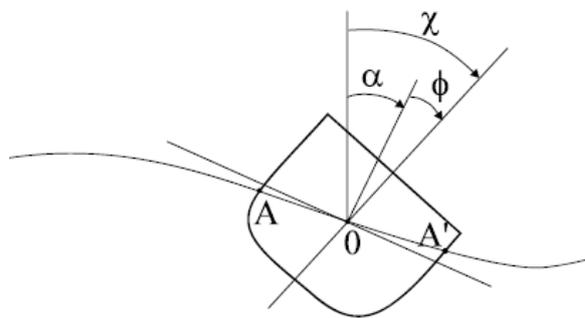
Φαινόμενα	Κατεύθυνση κύματος	Αποτέλεσμα
Συγχρονισμένος διατοιχισμός	Κυματισμοί από όλες τις δυνατές κατευθύνσεις	Έντονος διατοιχισμός μεγάλου εύρους
Παραμετρικός διατοιχισμός	Πρωαίοι και πρυμναίοι κυματισμού	Έντονος διατοιχισμός μεγάλου εύρους
Αυθεντική απώλεια ευστάθειας	Ακολουθούντες κυματισμοί	Μεγάλες γωνίες εγκάρσιας κλίσης και ανατροπή
Surf-riding και broaching	Ακολουθούντες κυματισμοί	Απότομη αλλαγή πορείας και ανατροπή

Πίνακας 5.4 Συνήθη φαινόμενα ανατροπής ενός πλοίου

5.4.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΣΤΑΘΕΙΑ

Έχει παρατηρηθεί πω σε κάποιες συχνότητες συνάντησης των κυματισμών με το πλοίο **συμβαίνουν φαινόμενα συντονισμού παρά το γεγονός ότι το πλοίο δεν υπόκειται σε άμεση εξωτερική διέγερση στην κατεύθυνση του διατοιχισμού**. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί μαθηματικά καθώς η περιοδική μεταβολή του μετακεντρικού ύψους σε ακολουθούντες κυματισμούς έχει σαν αποτέλεσμα η διαφορική εξίσωση κίνησης διατοιχισμού να γίνεται τύπου “Mathieu” (παραμετρικού τύπου).

Σύμφωνα με το νόμο του Νεύτωνα η εξίσωση κίνησης του διατοιχισμού είναι:



$$I\ddot{\chi} = -\delta I\ddot{\phi} - D(\dot{\phi}) - R(\phi) \quad \{Eξ. 5.2\}$$

Δεδομένου όμως ότι $\chi = \phi + \alpha$ η Eξ. 5.2 γίνεται :

Εικόνα 5.3 σκαρίφημα πλοίου σε εγκάρσια κλίση όπου φαίνονται οι χαρακτηριστικές γωνίες κλίσης

$$(I + \delta I)\ddot{\phi} + D(\dot{\phi}) + R(\phi) = -I\ddot{\alpha} \quad \{Eξ 5.3\}$$

Όπου $D(\dot{\phi})$ η ροπή λόγω απόσβεσης, $R(\phi)$ η ροπή λόγω επαναφοράς, $(I + \delta I)\ddot{\phi}$ η ασκούμενη ροπή λόγω αδράνειας του περιβάλλοντος υγρού και α η γωνία κλίσης του κύματος.

Εφόσον έχουμε θεωρήσει ότι το κύμα είναι ημιτονοειδούς μορφής θα θεωρήσουμε πως και η μεταβολή του μετακεντρικού ύψους GM είναι και αυτή ίδιας μορφής:

$$GM = GM_0 + \Delta GM \cos(\omega_\epsilon t)$$

Έτσι λοιπόν η Eξ 5.3 γίνεται:

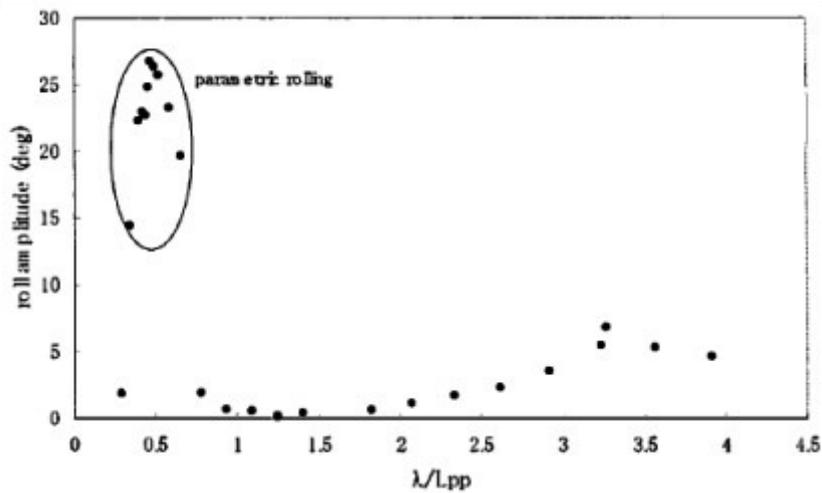
$$(I + \delta I)\ddot{\phi} + B_1(\dot{\phi}) + mgGM_0[1 + h\cos(\omega_\epsilon t)]\phi = 0 \quad \{Eξ 5.4\}$$

Και ισοδύναμα:

$$\ddot{\phi} + b_1\dot{\phi} + \omega_0^2[1 + h\cos(\omega_\epsilon t)]\phi = 0 \quad \{Eξ 5.5\}$$

Η εξίσωση Eξ 5.5, αν εξαιρέσουμε τον όρο της απόσβεσης, είναι **εξίσωση τύπου Mathieu**. Το χαρακτηριστικό της εξίσωσης Mathieu είναι ότι για $\frac{4\omega_0^2}{\omega_\epsilon^2} \approx n^2$, όπου n οποιοσδήποτε φυσικός αριθμός, υπάρχουν λύσεις που αντιπροσωπεύουν ασταθείς καταστάσεις. Στις περιπτώσεις όπου $n=1$ (κύριος συντονισμός) και $n=2$ (θεμελιώδης

συντονισμός) συγκεντρώνεται το ενδιαφέρον μας, ενώ δεν επικεντρώνουμε σε τιμές μεγαλύτερες του 2 καθώς δεν έχουν ιδιαίτερη εφαρμογή σε πλοία.

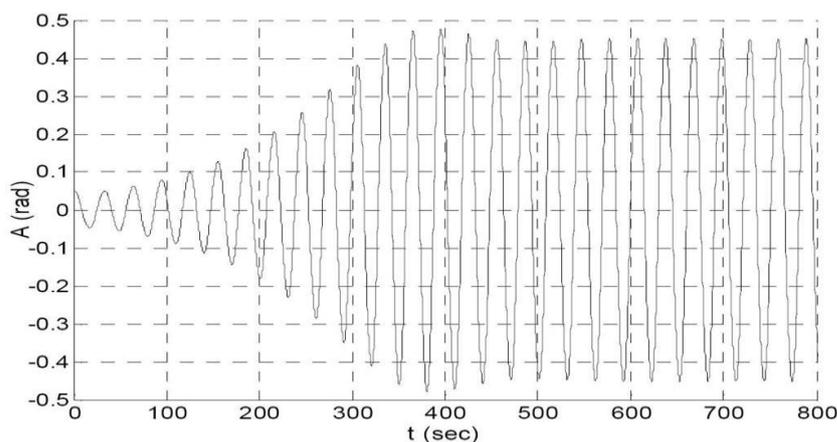


Διάγραμμα 5.5 Εμφάνιση parametric roll σε μοντέλο πλοίου υπό δοκιμή

Αναμφισβήτητα η εμφάνιση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ευνοεί την εμφάνιση του φαινομένου:

- Έντονο flare στο προωαίο και πρυμναίο τμήμα του σκάφους
- Επίπεδη πρύμνη (flat)
- Λεπτόγραμμη γάστρα στο προωαίο και πρυμναίο τμήμα
- Μοχλοβραχίονα επαναφοράς που μεταβάλλεται έντονα με το βύθισμα
- Περιορισμένη απόσβεση

Ο παραμετρικός διατοιχισμός χαρακτηρίζεται ως «threshold phenomenon» και πρόκειται για ένα ιδιαίτερα επικίνδυνο φαινόμενο για την ασφάλεια του σκάφους, του φορτίου και των ανθρώπων που μεταφέρονται και αυτό διότι ουσιαστικά καμία κίνηση του πλοίου δεν προϊδεάζει για το τι πρόκειται να συμβεί. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα λίγοι μόνο κύκλοι διατοιχισμού αρκούν για να πάρει το πλοίο μεγάλες κλίσεις.

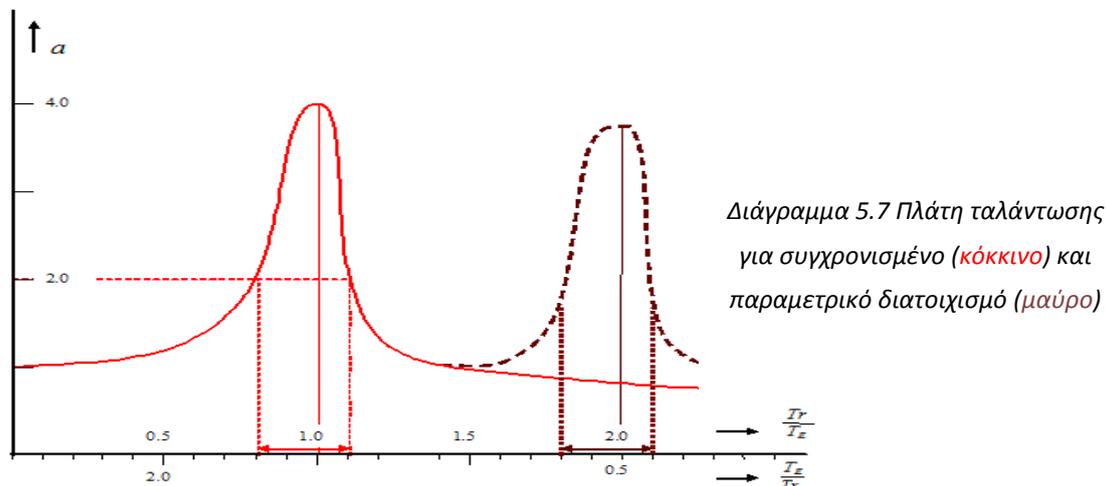


Διάγραμμα 5.6
Χαρακτηριστικό
διάγραμμα πλάτους
διατοιχισμού –
χρόνου σε φαινόμενο
parametric roll

5.4.2 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

Όταν η **ιδιοπερίοδος διατοιχισμού T_R** είναι περίπου ίση με την **περίοδο συνάντησης των κυμάτων T_E** ($0.8 < T_R/T_E < 1.1$) τότε είναι πολύ πιθανό να εμφανιστεί συντονισμός και το πλοίο να διατοιχιστεί πολύ έντονα. Όταν τα κύματα έρχονται απ' τα πρύμα, αυτό μπορεί να συμβεί μόνο αν η ευστάθεια του πλοίου σε ήρεμο νερό είναι σε οριακά αποδεκτά επίπεδα, οπότε η ιδιοπερίοδος γίνεται μακρύτερη και μπορεί να συμπέσει με την περίοδο συνάντησης των κυμάτων που είναι αναγκαστικά μεγάλη.

Επίσης σημαντικός διατοιχισμός μπορεί να προκληθεί, αν η **περίοδος συνάντησης κύματος (T_E)** είναι περίπου ίση με **το μισό της ιδιοπεριόδου (T_R)** ($1.8 < T_R/T_E < 2.1$). Αυτό μπορεί να συμβεί τόσο σε «πρυμνιές» όσο και «πλωριές» θάλασσες. Γενικά και τα δύο αυτά φαινόμενα αποτελούν περιπτώσεις συντονισμού που έχει τη βάση του στο γεγονός της ύπαρξης χρονικά μεταβαλλόμενου μοχλοβραχίονα επαναφοράς.

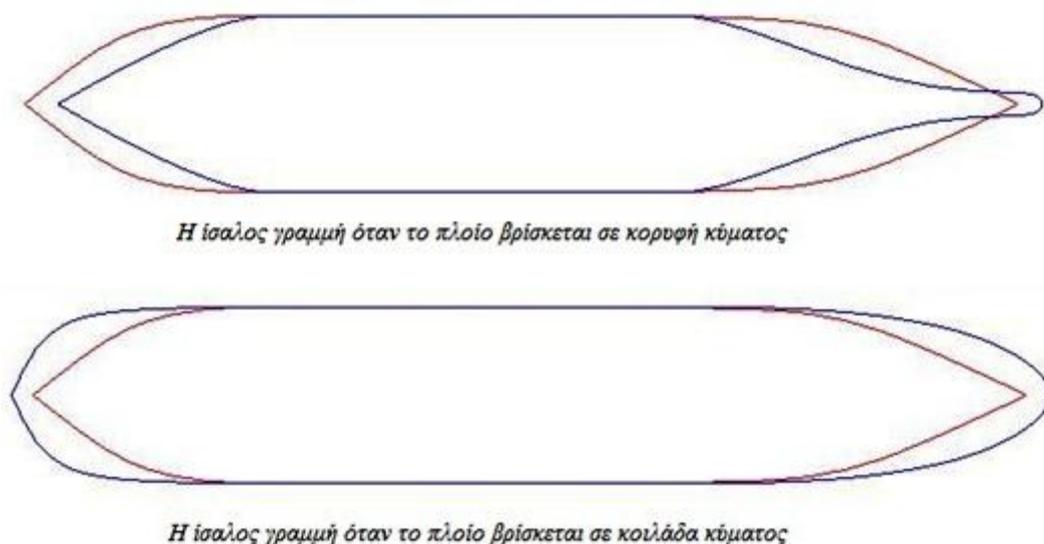


Τέλος, το πλοίο είναι πιθανό να διατοιχιστεί συγχρονισμένα ή παραμετρικά στην περίπτωση της συνεχούς «επίθεσης» από υψηλά κύματα. Αυτό συμβαίνει όταν η ταχύτητα του πλοίου (στην κατεύθυνση διάδοσης των κυμάτων) γίνει περίπου ίση με την ταχύτητα ομάδας (group velocity) των κυμάτων. Γενικά μπορεί να πει κανείς πως παραμετρική αστάθεια εμφανίζεται συνήθως κάτω από κάποιες συγκεκριμένες, ικανές, όχι όμως και αναγκαίες συνθήκες όπως:

- Πρωραίες/πρυμνιές θάλασσες
- Μήκος κύματος περίπου ίσο με το μήκος του πλοίου
- Χαμηλή απόσβεση σε διατοιχισμό
- Ύψος κύματος πάνω από κάποιες κρίσιμες τιμές
- Ιδιοπερίοδος διατοιχισμού σχεδόν διπλάσια από την περίοδο συνάντησης του κύματος (2 κύκλοι προνευτασμού για έναν κύκλο διατοιχισμού)

5.4.3 ΑΥΘΕΝΤΙΚΗ ΑΠΩΛΕΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Από τον προηγούμενο αιώνα κιόλας, είχε παρατηρηθεί πως ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς ενός πλοίου παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές σε σύγκριση με την κατάσταση ήρεμου νερού, όταν το πλοίο ταξιδεύει σε μεγάλα κύματα. Αυτό συμβαίνει διότι σε πρυμναία κύματα η ευστάθεια ενός πλοίου μειώνεται, όταν το μέσο του βρίσκεται στην κορυφή του κύματος και αυξάνει, όταν βρίσκεται σε κοιλάδα. Η αυξομείωση αυτή ενδεχομένως να ήταν η κύρια αιτία μερικών μεγάλων ναυτικών ατυχημάτων σύμφωνα με τους καθηγητές Wendel στη Γερμανία και Paulling στις ΗΠΑ καθώς, όπως σημειώνουν, υπάρχει περίπτωση να εμφανιστεί πολύ έντονη μείωση της ροπής επαναφοράς σε μεγάλες γωνίες κλίσης.



Εικόνα 5.4 Φαίνεται η διαφορά της επιφάνειας ισάλου, από την οποία εξαρτάται το GM, όταν το μέσο του πλοίου βρίσκεται σε κορυφή (crest) ή σε κοιλάδα (trough)

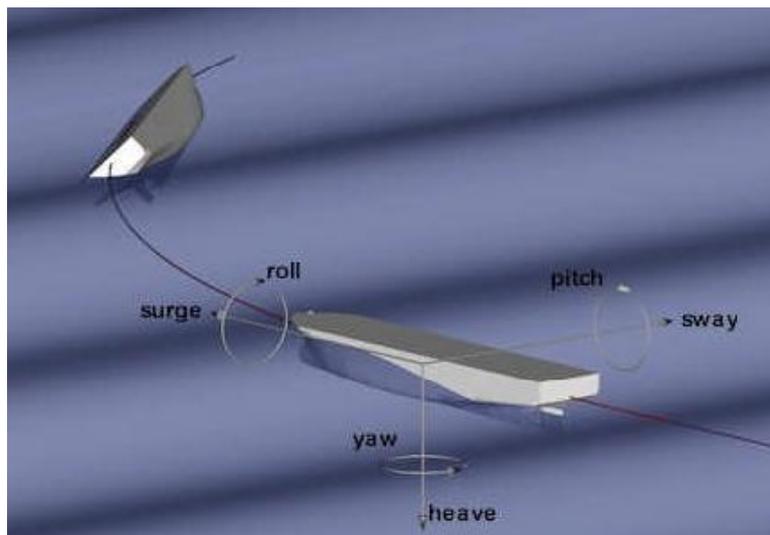
Γενικεύοντας μπορούμε να πούμε πως ο μοχλοβραχίονας ευστάθειας (μοχλοβραχίονας επαναφοράς) μπορεί να θεωρηθεί ανάλογος της κλίσης του κύματος και κατ' επέκταση και η ευστάθεια. Το απαραίτητος μήκος κύματος ώστε να εκδηλωθεί αυτό το φαινόμενο φαίνεται να είναι από μία έως δύο φορές το μήκος του πλοίου και υπάρχουν περιπτώσεις πλοίων που χάνουν εντελώς την ευστάθειά τους στην κορυφή τέτοιων υψηλών κυμάτων. Πολύ σημαντικό στοιχείο για το αν τελικά θα υπάρξει ανατροπή είναι και η χρονική διάρκεια κατά την οποία το πλοίο παραμένει σε κατάσταση αρνητικού (ή με πολύ χαμηλές τιμές) μοχλοβραχίονα. Είναι εύκολο να συμπεράνει λοιπόν κανείς πως η ταχύτητα του πλοίου σε σχέση με την ταχύτητα φάσης του κύματος και οι γωνία συνάντησης παίζουν καθοριστικό ρόλο. Το γεγονός αυτό καθιστά τις «πρυμνιές» θάλασσες ιδιαίτερα επικίνδυνες καθώς το πλοίο μένει για περισσότερη ώρα στην κορυφή του κύματος.

Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο καθώς για την εκδήλωσή του αρκεί μισό μήκος κύματος, συχνά μάλιστα αρκεί και ακόμα λιγότερο. Η πιο επικίνδυνη κατάσταση προκύπτει όταν η συχνότητα συνάντησης είναι κοντά στο μηδέν, οπότε το πλοίο διέρχεται πολύ αργά απ' την κορυφή του κύματος και επομένως το πλοίο βρίσκεται για μεγάλο χρονικό διάστημα σε κατάσταση χαμηλής ή και μηδενικής ευστάθειας. Έτσι έχει όλο το χρόνο για να αναπτύξει μεγάλη κλίση και τελικά να ανατραπεί. Μια άλλη διαφορά από την παραμετρική αστάθεια είναι ότι εδώ η απόσβεση παίζει περιορισμένο ρόλο. Ο καθοριστικός παράγοντας είναι η μορφή της γάστρας και το ύψος εξάλων.

5.4.4 SURF RIDING & BROACHING

Από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα είχε γίνει γνωστό ότι ένα κατευθυντικά ευσταθές πλοίο σε ήρεμο νερό, μπορούσε να γίνει ασταθές σε «πρυμνίες θάλασσες» [Davidson,1948]. Παράλληλα έχει παρατηρηθεί από πολλούς ερευνητές ότι για απότομα, μεγάλου μήκους ακολουθούντα κύματα το πλοίο συχνά «προτιμάει» να ξοδέψει περισσότερο χρόνο στη κορυφή παρά στη κοιλάδα του κύματος. Εξαιτίας λοιπόν του γεγονότος ότι η μετάβαση του πλοίου από τη κορυφή στη κοιλάδα είναι παρατεταμένη κάποιοι ερευνητές περιέγραφαν αυτή τη συμπεριφορά του πλοίου με την φράση «riding on a wave crest». Το φαινόμενο αυτό που αναφέρεται πλέον ως surf riding ερευνήθηκε αρχικά από τον Grim (1951) ο οποίος κατέληξε ότι ένα πλοίο μπορεί να «κολλήσει» σε ένα κύμα και να ταξιδέψει με την ταχύτητα φάσης του. [Σπύρου 2008]

Αργότερα αναφέρθηκε η διασύνδεση αυτού του φαινομένου με την κατευθυντική αστάθεια ενός πλοίου, φαινόμενο γνωστό σαν broaching καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι το πλοίο μπορεί να γίνει ασταθές, όταν βρίσκεται στη κατωφέρεια ενός κύματος. Από φυσικής άποψης η εφικτή – ευσταθής εκδοχή του φαινομένου απεικονίζει την παγίδευση του πλοίου στη κοιλάδα ενός μεγάλου κανονικού κύματος. Αυτή η παγίδευση είναι αποτέλεσμα της υδροδυναμικής ισορροπίας που εμφανίζεται, όταν το άθροισμα της διαμήκου δύναμης του κύματος και της ώσης της προπέλας είναι ίσο με την αντίσταση του πλοίου σε ταχύτητα ίση με τη ταχύτητα φάσης του κύματος. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω έγινε κατανοητή στη επιστημονική κοινότητα η μεγάλη σημασία της περαιτέρω μελέτης του surf riding, καθώς αυτή η συμπεριφορά είναι δυνατόν να οδηγήσει στο ιδιαίτερα επικίνδυνο broaching, το οποίο με τη σειρά του μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες εγκάρσιες κλίσεις και τελικά στην ανατροπή του πλοίου (capsizing).



Εικόνα 5.5 Τυπικό παράδειγμα συμπεριφοράς πλοίου σε φαινόμενο *broaching*

Broaching ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζεται ξαφνική απόκλιση του πλοίου απ' την επιθυμητή πορεία λόγω απότομης ανεξέλεγκτης στροφής, παρά την εφαρμογή ενεργητικού ελέγχου μέσω του πηδαλίου και μπορεί να συμβεί τόσο σε μικρά όσο και σε μεγάλα πλοία. Συχνά το broaching εμφανίζεται σαν μια απότομη απόκλιση στην κίνηση yaw του πλοίου που συχνά αρκεί ένα και μόνο μήκος κύματος για να εμφανιστεί. Υπάρχει περίπτωση ο έλεγχος του σκάφους να χαθεί, όταν το μέσον του πλοίου βρεθεί κοντά στην κοιλάδα (somewhere on the down-slope), ενώ σε άλλες περιπτώσεις υπάρχει μια βαθμιαία/σταδιακή ταλαντωτικού τύπου μεταβολή του yaw καθώς τα κύματα προσκρούουν στο πλοίο από πρύμα. Συνήθως σε ένα πλοίο εμφανίζεται broaching, όταν τρέχει με μεγάλη ταχύτητα και σιγά-σιγά παρασέρνεται από τα κύματα, χωρίς αυτό βέβαια να σημαίνει ότι δε μπορεί να συμβεί και σε χαμηλότερες ταχύτητες, ειδικά αν τα κύματα είναι πολύ απότομα (μεγάλο wave-steepness).

Μια πιο ολοκληρωμένη μελέτη της συμπεριφοράς του πλοίου πριν και κατά τη διάρκεια του broaching παρουσιάστηκε από τον Σπύρου (1995,1996,2006), όπου δόθηκε μια ποιοτική εξήγηση για το τι συμβαίνει κατά τη μετάβαση από την ασύμμετρη διαμήκη περιοδική κίνηση του πλοίου (surging) στο surf riding.

5.4.5 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Εν γένει η δυναμική συμπεριφορά ενός πλοίου σε ακολουθούντες κυματισμούς είναι πολύ σύνθετη. Σημαντικές στατικές ή δυναμικές επιδράσεις λόγω συγκράτησης νερού στο κατάστρωμα, μετατόπισης φορτίου κλπ. μπορεί να προκύψουν σε συνδυασμό με τα φαινόμενα που περιγράψαμε παραπάνω. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι δυνατό να αυξηθεί σημαντικά ο κίνδυνος ανατροπής.

5.5 ΟΔΗΓΙΑ IMO MSC.1/Circ1228

Αν και η δυναμική συμπεριφορά ενός πλοίου σε διαμήκεις κυματισμούς δεν καλύπτεται από τους κανονισμούς του IMO, η σημασία των φαινομένων που εμφανίζονται εξ' αιτίας των ακολουθούντων κυματισμών οδήγησε τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (International Maritime Organization) στην έκδοση μιας οδηγίας προς τον πλοίαρχο (IMO, MSC.1/Circ1228), προτείνοντας σειρά λειτουργικών μέτρων που πρέπει να λάβει, ώστε να αποφύγει την εμπλοκή με τέτοιου είδους φαινόμενα. Συνοπτικά οι οδηγίες του IMO παρουσιάζονται παρακάτω:

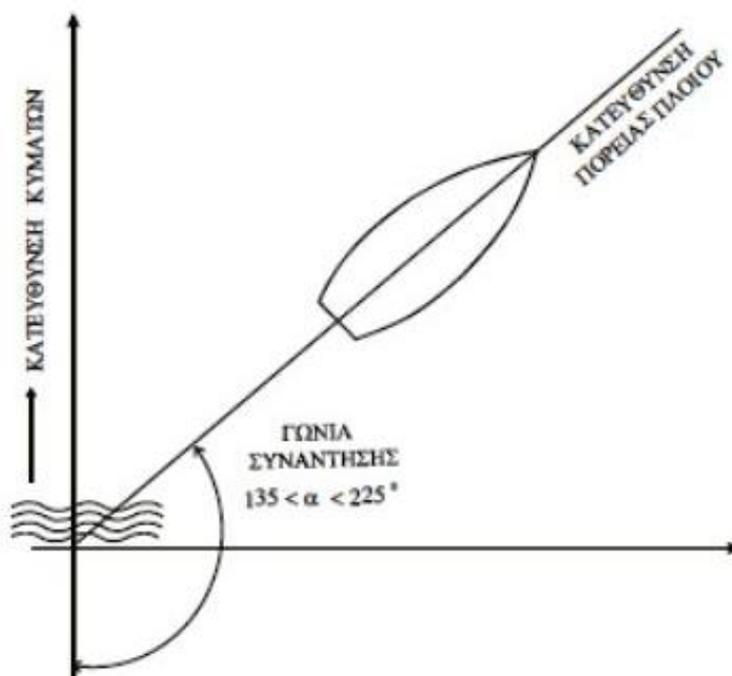
Σύμφωνα με την οδηγία αυτή οι κυματισμοί πρέπει να βρίσκονται υπό συχνή παρακολούθηση. Δίνονται μάλιστα οι παρακάτω τύποι συσχέτισης του μήκους κύματος με την περίοδο του κύματος:

$$\lambda = 1.56 T_w^2 \text{ [m]} \quad \text{ή} \quad T_w = 0.8\lambda^{0.5} \text{ [s]}$$

Αντίστοιχα η περίοδος συνάντησης των κυματισμών με το πλοίο δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

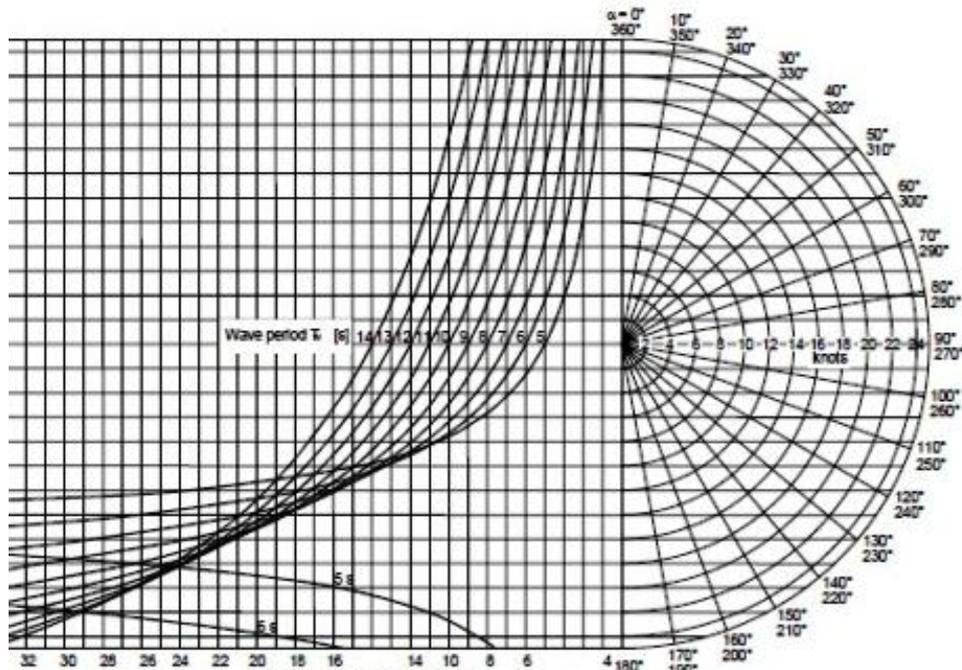
$$T_E = \frac{3T_w^2}{3T_w + V \cos \alpha} \text{ [s]}$$

όπου V η ταχύτητα του πλοίου [kn] και α η γωνία συνάντησης με τους κυματισμούς (όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα).



Εικόνα 5.6 επεξηγηματικό σχέδιο για τον προσδιορισμό της γωνίας συνάντησης

Αντίστοιχα η περίοδος συνάντησης μπορεί να προσδιορισθεί από το παρακάτω σχήμα:



Διάγραμμα 5.8 προσδιορισμός της περιόδου συνάντησης

Στην οδηγία ξεκαθαρίζεται πως οι περιορισμοί που μπαίνουν μπορεί να είναι πολύ αυστηροί για συγκεκριμένα πλοία ή πολύ χαλαροί για κάποια άλλα, καθώς επίσης και πως ένα πλοίο μπορεί να βρεθεί σε κίνδυνο ακόμα και αν δεν βρίσκεται μέσα στις χαρακτηριζόμενες ως επικίνδυνες ζώνες. Στη συνέχεια δίνεται μια μικρή περιγραφή των επικίνδυνων φαινομένων που μπορεί να εμφανιστούν καθώς επίσης και συμβουλές προς τους καπετάνιους, ώστε να αποφύγουν τις επικίνδυνες αυτές καταστάσεις.

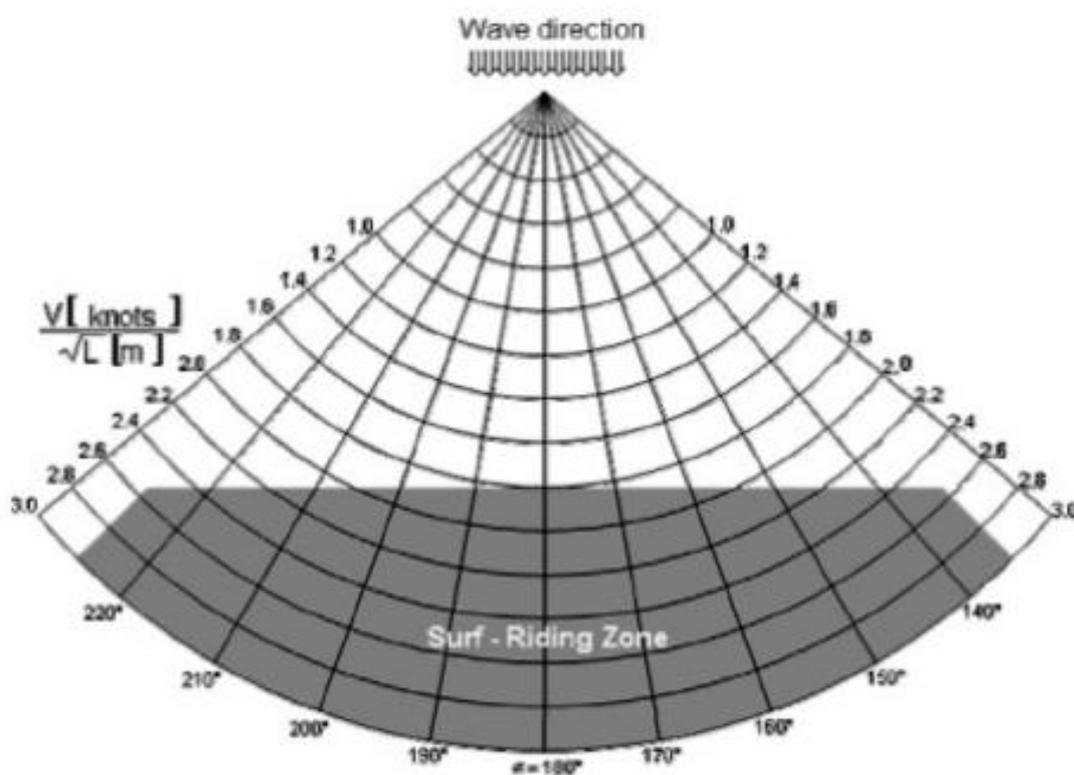
Αυθεντική απώλεια ευστάθειας: Η απώλεια ευστάθειας μπορεί να πάρει πολύ μεγάλες τιμές για μήκη κύματος από $0.6L$ έως $2.3L$, όπου L είναι το μήκος του πλοίου σε μέτρα. Για αυτό το εύρος μηκών κύματος η μείωση της ευστάθειας είναι ανάλογη με το ύψος κύματος.

Συγχρονισμένος διατοιχισμός: Έντονος διατοιχισμός μπορεί να παρατηρηθεί, όταν η περίοδος συνάντησης πλησιάζει τις τιμές της ιδιοπεριόδου ($T_R \approx T_E$). Σε ακολουθούντες κυματισμούς αυτό μπορεί να συμβεί, όταν η ευστάθεια του πλοίου είναι οριακή και έτσι η ιδιοπερίοδος παίρνει μεγαλύτερες τιμές.

Παραμετρικός διατοιχισμός: Παραμετρικός διατοιχισμός μπορεί να συμβεί σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις:

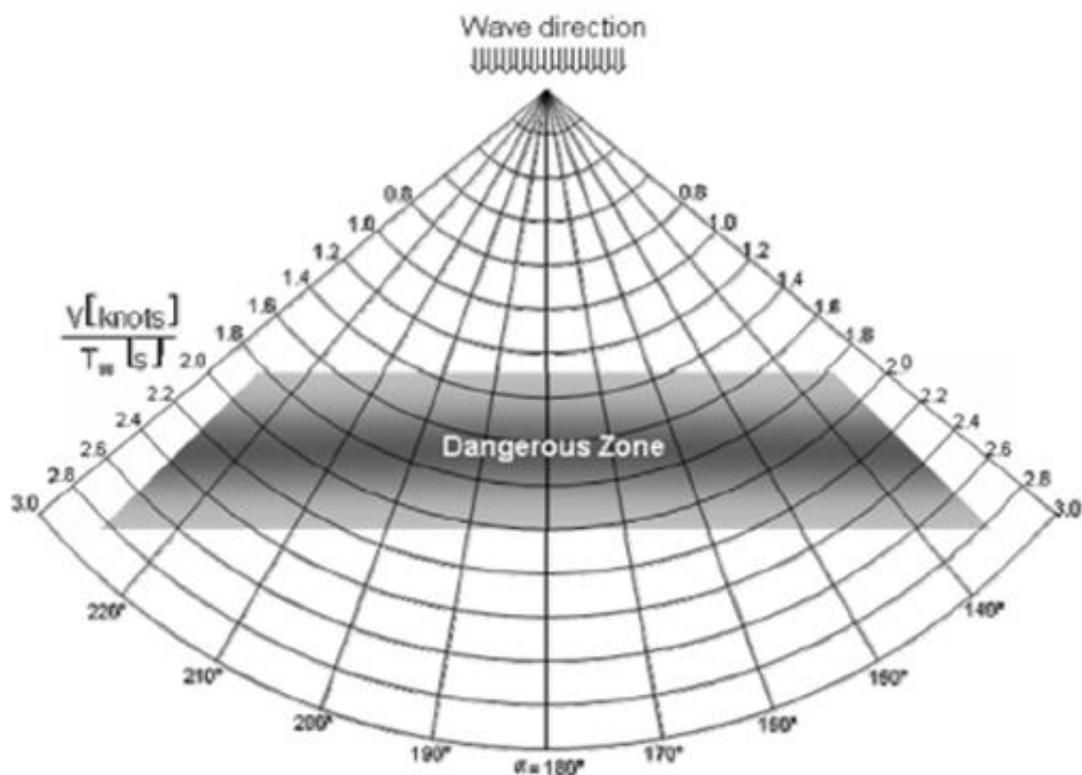
- 1) Η ιδιοπερίοδος διατοιχισμού T_R είναι περίπου ίση με την περίοδο συνάντησης των κυμάτων T_E . Η ευστάθεια αποκτά ελάχιστη τιμή μία φορά σε κάθε κύκλο διατοιχισμού. Η κατάσταση αυτή περιγράφεται ως ασύμμετρος διατοιχισμός καθώς το πλάτος της κίνησης είναι μεγαλύτερο, όταν το μέσο του πλοίου βρίσκεται σε κορυφή κύματος απ' ότι όταν βρίσκεται σε κοιλάδα.
- 2) Η ιδιοπερίοδος διατοιχισμού T_R είναι περίπου διπλάσια από την περίοδο συνάντησης των κυμάτων T_E . Στην περίπτωση αυτή η ευστάθεια αποκτά ελάχιστη τιμή δύο φορές σε κάθε κύκλο διατοιχισμού.

Surf – Riding & Broaching: Η κρίσιμη ταχύτητα του πλοίου για να συμβεί surf-riding είναι $1.8 \sqrt{L} / \cos(180 - \alpha)$ (knots), όπου L είναι το μήκος του πλοίου και η γωνία συνάντησης α λαμβάνει τιμές $135^\circ < \alpha < 225^\circ$. Για να αποφευχθεί το surf-riding θα πρέπει η ταχύτητα του πλοίου, η πορεία του ή γενικότερα ο συνδυασμός τους να το «τοποθετούν» έξω από την επικίνδυνη περιοχή που σκιαγραφείται στο διάγραμμα 3.8.



Διάγραμμα 5.9 Επικίνδυνη ζώνη για εκδήλωση surf-riding

Συνεχής επίθεση από υψηλά κύματα: Όταν το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο από $0.8L$ και το ύψος κύματος μεγαλύτερο από $0.04L$, ο πλοίαρχος θα πρέπει να φροντίσει να μειώσει την ταχύτητα, ώστε το πλοίο να μην «μπει» στην επικίνδυνη ζώνη που φαίνεται στο διάγραμμα 3.9. Μπορεί να επιχειρηθεί επίσης και αλλαγή κατεύθυνσης πορείας αλλά αυτό είναι γενικά ανεπιθύμητο, γιατί μπορεί να δημιουργήσει μεγαλύτερους κινδύνους. Συνδυασμός μείωσης ταχύτητας με μικρή μεταβολή της πορείας μπορεί να είναι μια τρίτη λύση. Γενικά, όποτε απαιτείται μείωση ταχύτητας θα πρέπει ο πλοίαρχος να γνωρίζει την ελάχιστη ταχύτητα στην οποία το πλοίο εξακολουθεί να είναι ελέγξιμο για τις δεδομένες συνθήκες κυμάτων και ανέμων.



Διάγραμμα 5.10 Επικίνδυνη ζώνη για εκδήλωση συνεχούς επίθεσης από υψηλά κύματα

Συνδυασμός διάφορων επικίνδυνων φαινομένων: Εν γένει η δυναμική συμπεριφορά ενός πλοίου σε ακολουθούντες κυματισμούς είναι πολύ σύνθετη. Σημαντικές στατικές ή δυναμικές επιδράσεις λόγω συγκράτησης νερού στο κατάστρωμα, μετατόπισης φορτίου κλπ. μπορεί να προκύψουν σε συνδυασμό με τα φαινόμενα που περιγράψαμε παραπάνω. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι δυνατό να αυξηθεί σημαντικά ο κίνδυνος ανατροπής.

Για όλους τους υπολογισμούς που προβλέπονται στη συγκεκριμένη οδηγία του IMO χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μονάδες και συμβολισμοί μεγεθών:

Symbols	Explanation	Units
T_w	wave period	s
λ	wave length	m
T_E	encounter period with waves	s
α	angle of encounter ($\alpha=0^\circ$ in head sea, $\alpha=90^\circ$ for sea from starboard side)	deg
V	ship's speed	kn
T_R	natural period of roll of ship	s
L	length of ship (between perpendiculars)	m

Πίνακας 5.5 Σύμβολα και μονάδες που χρησιμοποιούνται στην οδηγία του IMO

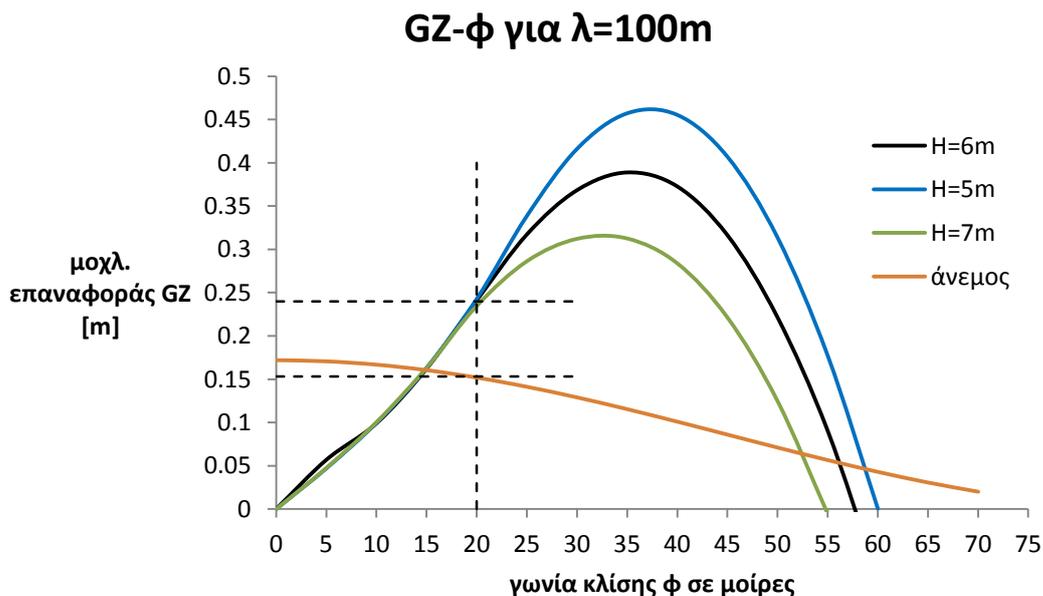
*Σύμφωνα με τον Σπύρου σε σημειώσεις σχετικού πανεπιστημιακού μαθήματος αναφέρεται πως για αυθεντική απώλεια ευστάθειας υπάρχει επίσης μια ζώνη ταχυτήτων του πλοίου μεταξύ $1.4\sqrt{L}$ και $1.8\sqrt{L}$ όπου είναι πιθανό να συμβαίνει έντονη παλινδρομική κίνηση κατά τη διαμήκη κατεύθυνση. Εντός της ζώνης αυτής υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ανατροπής λόγω μειωμένης στατικής ευστάθειας κοντά σε κορυφές των κυμάτων

5.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αυθεντική απώλεια ευστάθειας

Σύμφωνα με τα παραπάνω το ελάχιστο GM που προέκυψε είναι $GM_{crestMIN}=0.519m$ για μια κατάσταση θάλασσας $H=6m$, $\lambda=100m$. Παραπλήσιες τιμές μετακεντρικού ύψους προκαλούν βέβαια και οι κυματισμοί με $\lambda=100m$ και $H=5m(GM=0.52m)$ ή $7m(GM=0.53m)$. Η ταχύτητα διάδοσης ενός τέτοιου κυματισμού είναι $12.5m/s$. Την ίδια στιγμή υποθέτουμε ότι το πλοίο έχει ταχύτητα $15kn$ ($7.72m/s$). Βλέπουμε λοιπόν ότι τα κύματα προσπερνούν το πλοίο με ταχύτητα $V=V_{κύματος}\cos\theta - V_{πλοίου}$, όπου θ η γωνία που σχηματίζει το πλοίο με τους κυματισμούς (υποθέτουμε από 45° έως -45°). Προκύπτει λοιπόν ένα εύρος για την ταχύτητα προσπέρασης $4.78 - 1.12$ (m/s) ανάλογα με τη γωνία συνάντησης που θα θεωρήσουμε (Σε έντυπα της εποχής αναφέρεται για το «Ηράκλειο» ταχύτητα 19 μιλίων ($=9.78m/s$). Σε αυτή την περίπτωση η ταχύτητα προσπέρασης κυμαίνεται από 2.72 έως -0.94 m/s, τιμές που περικλείουν τη μηδενική ταχύτητα προσπέρασης, αν και η ταχύτητα των $19kn$ κρίνεται ως υπερβολική. Το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι το πλοίο προσπερνά τους κυματισμούς.). Ενδεικτικά λοιπόν μπορούμε να πούμε πως το πλοίο παραμένει εκτεθειμένο σε χαμηλές τιμές GM για χρόνο:

$$t = \frac{\frac{\lambda}{2}}{V_{προσπέρασης}} = \frac{50}{1.12 \div 4.78} = 44.64 \div 10.46 \text{ (sec)}$$



Διάγραμμα 5.11 Καμπύλες μοχλοβραχίονα επαναφοράς για έκθεση του πλοίου σε κορυφή κύματος μήκους $100m$ και ύψους $5,6,7m$

Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε ότι για τους συγκεκριμένους κυματισμούς αρκεί ένας μοχλοβραχίονας 0.24m, ώστε το πλοίο να πάρει κλίση 20° , κλίση που σύμφωνα με τους πραγματογνώμονες αρκούσε για την ολίσθηση του φορτηγού ψυγείου. Μοχλοβραχίονας 0.24m αντιστοιχεί σε ροπή 1853.8tm και καθώς $B/2=9.14m$, αρκεί η παρουσία ενός βάρους $\sim 220t$ σε απόσταση 8.5m από το μέσο του πλοίου για την επίτευξη αυτής της κλίσης. Στο σύνολο αυτό των 220t περιλαμβάνονται η επίδραση του κυματισμού, η επίδραση του ανέμου καθώς και η πιθανή μετατόπιση κάποιου άλλου φορτηγού. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε πως σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Φραγκούλη η ροπή του ανέμου (πίεσης $0.07 t/m^2$) αντιστοιχεί σε μοχλοβραχίονα $M=0.172\cos^2\varphi$ (m). Αυτό σημαίνει μοχλοβραχίονας 0.167m για γωνία κλίσης 10° ή και ακόμα μικρότερος για μικρότερες κλίσεις. Στη θεωρούμενη λοιπόν κατάσταση ένας κυματισμός ή μια μικρή μετατόπιση φορτίου αρκούν για να σημειωθεί κλίση $\varphi > 20^\circ$.

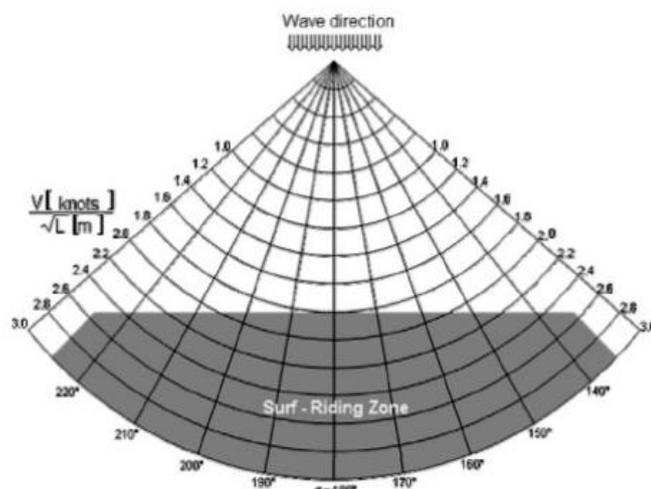
Σύμφωνα με την οδηγία του IMO η απώλεια ευστάθειας μπορεί να πάρει πολύ μεγάλες τιμές για μήκη κύματος από 0.6L έως 2.3L δηλαδή $\lambda=85.95m-329.5m$. Όλα τα κύματα λοιπόν που δοκιμάσαμε εκτός από αυτό με $T=7sec$ βρίσκονται μέσα στο παραπάνω φάσμα.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως υπάρχει μια ζώνη ταχυτήτων του πλοίου, μεταξύ $1.4\sqrt{L}$ και $1.8\sqrt{L}$, όπου υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ανατροπής λόγω μειωμένης στατικής ευστάθειας κοντά σε κορυφές των κυμάτων. Για την περίπτωση του «Ηράκλειο» λοιπόν το εύρος των επικίνδυνων ταχυτήτων είναι 16.76 – 21.54 [kn]. Ως γνωστόν όμως η ταχύτητα του πλοίου σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα ήταν 15kn άρα πιθανότατα **δεν βρίσκεται στη ζώνη των επικίνδυνων ταχυτήτων**.

Στην περίπτωση του πλοίου με κατακλυσμένο τον προωαίο χώρο οχημάτων, ο χρόνος έκθεσης σε χαμηλά μετακεντρικά ύψη έχει εντονότερο αποτέλεσμα λόγω της περαιτέρω μείωσης του GM, που αποκτά πλέον ακόμα και αρνητικές τιμές.

Surf riding and broaching

Σύμφωνα με την οδηγία του IMO η κρίσιμη ταχύτητα του πλοίου για να συμβεί surf-riding θεωρείται ότι είναι $1.8\sqrt{L}/\cos(180-a)$ (knots), όπου L είναι το μήκος του πλοίου. Προκύπτει λοιπόν ένα εύρος 21.54-30.46 (kn) για την ταχύτητα του πλοίου. Συνεπώς το «Ηράκλειο» με ταχύτητα 15kn **αποκλείεται να συμμετείχε σε φαινόμενο**

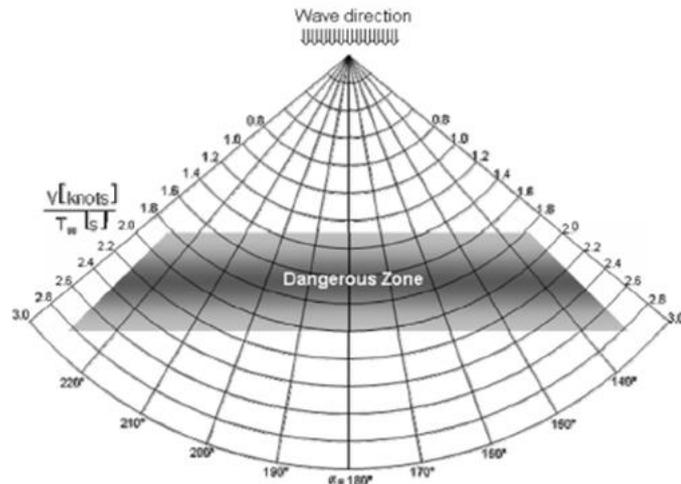


surf-riding. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το σχετικό διάγραμμα καθώς $\frac{V}{\sqrt{L}} = 1.25$

Συνεχής επίθεση από υψηλά κύματα

Σύμφωνα με την οδηγία του IMO όταν το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο από $0.8L$ και το ύψος κύματος μεγαλύτερο από $0.04L$ υπάρχει κίνδυνος, εάν το πλοίο «μπει» στην επικίνδυνη ζώνη του σχήματος. Χρειάζονται λοιπόν κυματισμοί μήκους τουλάχιστον 114.6m και ύψους 5.73m . Για τα κύματα πέντε διαφορετικών περιόδων που δοκιμάσαμε έχουμε:

περίοδος (sec)	V/T_w
7	2,143
8	1,875
9	1,667
10	1,500
11	1,364



Παρατηρούμε λοιπόν πως συνεχής επίθεση από υψηλά κύματα **είναι αρκετά πιθανό να συνέβη**, καθώς και οι πέντε περίοδοι κύματος που δοκιμάσαμε «τοποθετούν» το πλοίο μέσα στην επικίνδυνη ζώνη ανάλογα πάντα με τη γωνία συνάντησης. Οι πιο δυσμενείς περιπτώσεις είναι αυτές των περιόδων 8sec και 9sec , όπου το πλοίο βρίσκεται μέσα στην επικίνδυνη ζώνη για οποιαδήποτε γωνία συνάντησης 135° - 225° .

Παραμετρικός, Συγχρονισμένος διατοιχισμός (συντονισμός)

Για να εξετάσουμε αυτού του είδους το διατοιχισμό θα πρέπει με κάποιον τρόπο να εκφράσουμε την ιδιοπερίοδο του πλοίου για τη δεδομένη κατάσταση φόρτωσης. Η ιδιοπερίοδος πρέπει να έχει μετρηθεί κανονικά σε ήρεμο νερό και μάλιστα για την κατάσταση φόρτωσης που μας ενδιαφέρει. Μια κάποια προσέγγιση μπορεί να γίνει με βάση τον παρακάτω τύπο (τύπος του Weiss) $T_R = \frac{2CB}{\sqrt{GM}}$, όπου $C=0.373+0.023B/D-0.043L/100$ και B το πλάτος του πλοίου. Με τον τύπο του Weiss λοιπόν προκύπτει ιδιοπερίοδος $T_R=15.76\text{sec}$.

Όπως έχουμε προαναφέρει, έχουμε περιορίσει τις περιόδους των πιθανών κυμάτων που ενδεχομένως αναπτύχθηκαν στη συγκεκριμένη περιοχή σε $T=7\div 11\text{sec}$.

Θα υπολογίσουμε στη συνέχεια την περίοδο συνάντησης βάσει του τύπου που δίνεται

$$\text{στην οδηγία του IMO: } T_E = \frac{3T_w^2}{3T_w + V \cos \alpha} \text{ [s]}$$

Περίοδος συνάντησης (sec)					
Περίοδος κύματος(sec):	7	8	9	10	11
α (γωνία συνάντησης)					
0°	4,083	4,923	5,786	6,667	7,563
5°	4,090	4,930	5,794	6,675	7,571
10°	4,109	4,952	5,817	6,701	7,599
15°	4,142	4,988	5,857	6,743	7,644
20°	4,188	5,040	5,913	6,803	7,708
25°	4,249	5,107	5,986	6,881	7,790
30°	4,324	5,190	6,076	6,978	7,893
35°	4,416	5,291	6,185	7,094	8,015
40°	4,524	5,409	6,313	7,230	8,158
45°	4,650	5,547	6,461	7,387	8,324

Πίνακας 5.6 Οι περίοδοι συνάντησης που προκύπτουν για όλα τα κύματα που δοκιμάσαμε, ανάλογα με τη γωνία συνάντησης που υποθέτουμε

Για να υπάρχει συντονισμός πρέπει $0.8 < T_R / T_E < 1.1$ και αφού $T_R = 15.76 \text{ sec}$ η ανίσωση γράφεται ως εξής $19.7 > T_E > 14.33$. Από τον πίνακα 3.6 βλέπουμε ότι **δεν παρατηρούνται τέτοιες περιόδους συνάντησης που να ικανοποιούν την ανίσωση.**

Όπως έχουμε όμως αναφέρει προηγουμένως παρατηρείται έντονος διατοιχισμός και όταν $1.8 < T_R / T_E < 2.1$ δηλαδή $8.76 < T_E < 7.5$. Σε αυτή την περίπτωση τα μεγάλα μήκους κύματα **είναι πιθανό να προκαλέσουν παραμετρικό διατοιχισμό.**

Στην περίπτωση της κατάκλυσης του προωραίου χώρου οχημάτων η ιδιοπερίοδος του πλοίου είναι $T_R = 17.1 \text{ sec}$ καθώς έχει μειωθεί η τιμή του μετακεντρικού του ύψους. Τα όρια λοιπόν των προηγούμενων ανισώσεων μεταβάλλονται ως εξής: $21.4 > T_E > 15.6$ και $14.5 > T_E > 8.1$. Βλέπουμε λοιπόν ότι λόγω της κατάκλυσης, όπως την έχουμε υποθέσει, το πλοίο αποφεύγει ολόενα και περισσότερο μια επικίνδυνη για παραμετρικό διατοιχισμό κατάσταση.

Το «Ηράκλειο», όπως φαίνεται και από το σχέδιο γραμμών (παράρτημα Α), όπως και η πλειοψηφία των πλοίων της εποχής, δεν είχε γάστρα με έντονο flare. Επομένως είναι εξαιρετικά μάλλον απίθανο οι μεταβολές του μεγέθους $\delta GM_{MAX} = 1.586 \text{ m}$ που προκύπτουν για $H = 7 \text{ m}$ και $\lambda = 117.2 \text{ m}$ με $GM_{crest} = 0.541 \text{ m}$ και $GM_{trough} = 2.127 \text{ m}$, για άθικτη κατάσταση, να προκαλέσουν παραμετρικό διατοιχισμό,

εκτός και αν θεωρήσουμε πως η απόσβεση (damping) του πλοίου σε διατοιχισμό ήταν υπερβολικά μικρή, ενδεχομένως και λόγω απουσίας πτερυγίων ή παρατροπιδίων.

Συνοψίζοντας:

Σύμφωνα με όσα γράφτηκαν παραπάνω καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	ΓΕΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	ΕΚΤΙΜΗΣΗ
surf-riding	$V=1.8 \sqrt{L} / \cos (180 - a)$	$V=21.5kn-30.5kn$	$V=15kn$ (μέγιστη πιθανή 19kn)	απίθανο
αυθεντική απώλεια ευστάθειας	1) $V=1.4\sqrt{L} - 1.8\sqrt{L}$ 2) $\lambda=0.6L - 2.3L$	1) $V=16.76kn-21.54kn$ 2) $\lambda=86m-330m$	1) $V=15kn$ (μέγιστη πιθανή 19kn) 2) $\lambda=76.5m-189m$	μάλλον απίθανο
συνεχή υψηλά κύματα	$\lambda>0.8L$ και $H>0.04L$	$\lambda>114.6m$ και $H>5.7m$	$\lambda=76m-190m$ και $H=4m-7m$	πολύ πιθανό
συγχρονισμένος & παραμετρικός διατοιχισμός	1)ιδιοπερίοδος/περίοδος συνάντησης = 1 2)ιδιοπερίοδος/περίοδος συνάντησης = 2	1) $T_R=4.083 \div 8.324$ 2) $T_R=2 \cdot 4.083 \div 8.324$	1) $15.76=4.083 \div 8.324$ 2) $15.76=8.166 \div 16.648$	1)απίθανο 2)πιθανό

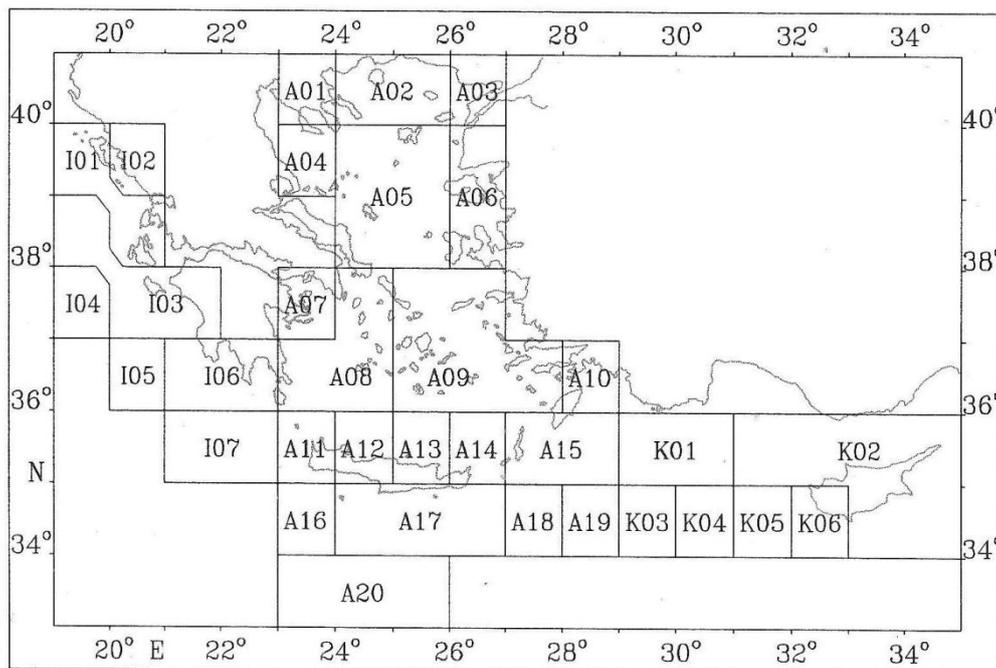
Πίνακας 5.7 Συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παραπάνω μελέτη

Παρατηρούμε λοιπόν πως ο έντονος διατοιχισμός ο οποίος είχε σαν αποτέλεσμα τη μετακίνηση του φορτηγού - ψυγείου πιθανότατα να προκλήθηκε από συνεχή επίθεση από υψηλά κύματα που ενδεχομένως συνδυάστηκε και με αυθεντική, όχι απώλεια, αλλά σίγουρα έντονη μείωση της ευστάθειας.

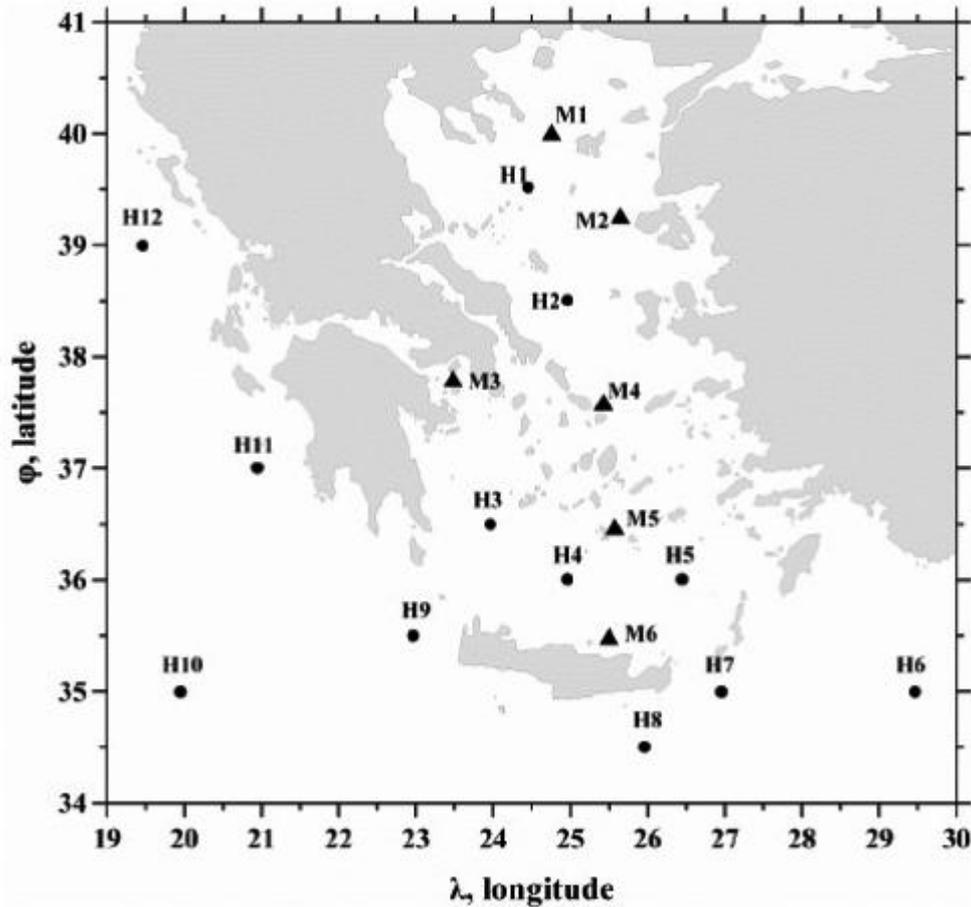
Σχετικά με τον παραμετρικό διατοιχισμό πρέπει να σημειωθεί πως οι γάστρες σημερινής σχεδίασης στις οποίες είναι βασισμένη και η οδηγία του IMO είναι αρκετά διαφορετικές από αυτές της εποχής του «Ηράκλειο». Έχουν εντονότερο flare στην πλώρη και πρύμνες που δίνουν μεγαλύτερες ροπές επαναφοράς. Η διαφορά αυτή των ροπών επαναφοράς, όταν η κορυφή του κύματος είναι στο μέσο του πλοίο σε σχέση με όταν είναι στην πλώρη ή στην πρύμη, είναι που προκαλεί το φαινόμενο του παραμετρικού διατοιχισμού. Γι' αυτό το λόγο λοιπόν θεωρούμε πολύ δύσκολο σε μια γάστρα όπως αυτή του «Ηράκλειο» που δεν παρουσίαζε έντονες γεωμετρικές διακυμάνσεις να προκλήθηκε το συγκεκριμένο φαινόμενο παρά μόνο εάν δεχτούμε ότι η απόσβεση του πλοίου σε διατοιχισμό ήταν πολύ περιορισμένη.

5.7 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΤΗΚΑΝ

Στο σημείο αυτό χρησιμοποιώντας τους δύο άτλαντες ανέμου και κύματος που αναφέραμε προηγουμένως θα προσπαθήσουμε να εκφράσουμε μια εκτίμηση για την πιθανότητα εμφάνισης των κυματισμών που διεγείρουν τα παραπάνω φαινόμενα (παραμετρικός διατοίχισμός, συχνή επίθεση από υψηλά κύματα κτλ). Τα δεδομένα που προκύπτουν από τους δύο άτλαντες διαφέρουν πολύ μεταξύ τους αφενός, γιατί ο ένας βασίζεται σε οπτικές παρατηρήσεις ενώ ο άλλος σε μαθηματικό μοντέλο και αφετέρου, γιατί ο ένας μας δίνει τα δεδομένα ανά μήνα ενώ ο άλλος ανά εποχή. Στην παρούσα εργασία θα αρκεστούμε απλώς στο να εκφράσουμε τις πιθανότητες που προκύπτουν από τον καθένα. Θυμίζουμε πως οι κυματισμοί στους οποίους δοκιμάστηκε το μοντέλο χαρακτηρίζονται από ύψη κύματος $H=4,5,6,7$ [m] και περιόδους $T=7,8,9,10,11$ [sec] καθώς επίσης και πως οι άνεμοι που έπνεαν εκείνο το βράδυ ήταν ιδιαίτερα δυνατοί, ταχύτητας 14-19 m/s ή ακόμα και δυνατότεροι σύμφωνα με τον καθηγητή Sherlag που κάνει λόγο για μέση ταχύτητα ανέμου 22 m/s.



Εικόνα 5.7 Χάρτης των κυματολογικά ομοιγενών περιοχών για τις οποίες έχουν συγκεντρωθεί στοιχεία στον άτλαντα του Αθανασούλη – η περιοχή που μας ενδιαφέρει είναι η A8



Εικόνα 5.8 Χάρτης των περιοχών για τις οποίες έχουν συγκεντρωθεί στοιχεία στον άτλαντα του ΕΛΚΕΘΕ – οι “Μ” περιοχές είναι περιοχές όπου έγιναν μετρήσεις ενώ οι “Η”, περιοχές για τις οποίες οι τιμές προέκυψαν από μαθηματικό μοντέλο - η περιοχή που μας ενδιαφέρει είναι η Η3

Σύμφωνα με τον άτλαντα του Αθανασούλη για το μήνα Δεκέμβριο στην περιοχή Α08 (πίνακας 5.8) η πιθανότητα εμφάνισης κυμάτων με $H > 4m$ και $T > 7sec$ είναι περίπου 14.13‰, τη στιγμή που σύμφωνα με τον άτλαντα του ΕΛΚΕΘΕ η αντίστοιχη πιθανότητα για το χειμώνα στην παραπλήσια περιοχή Η3 (πίνακας 5.9) είναι 4.02‰.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (δευτερόλεπτα)	ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (μέτρα)										ΣΥΝΟΛΟ	WAVE PERIOD (seconds)
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0		
0—5	242	202	120	40	21	15	4	0	0	0	644	0—5
6—7	3	21	43	34	11	9	6	4	1	0	132	6—7
8—9	1	3	15	6	7	8	9	2	0	1	52	8—9
10—11	1	0	2	0	1	0	1	1	0	1	7	10—11
12—13	0	2	1	0	1	0	1	1	0	1	7	12—13
14—15	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	5	14—15
16—17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16—17
18—∞	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	18—∞
ΣΥΝΟΛΟ	248	228	184	80	42	33	22	8	1	3	849	TOTAL
A08	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	TOTAL	A08

Πίνακας 5.8 Άτλαντας Αθανασούλη – στοιχεία κύματος για την περιοχή Α8

Location H3 (36.55⁰N, 24.00⁰E)

Θ _{wind} [deg]	U _w [m/s]																Total
	0.00 1.00	1.00 2.00	2.00 3.00	3.00 4.00	4.00 5.00	5.00 6.00	6.00 7.00	7.00 8.00	8.00 9.00	9.00 10.00	10.00 12.00	12.00 14.00	14.00 16.00	16.00 18.00	> 18.00		
0	0	2	2	4	5	6	9	8	11	12	28	22	8	5	1	123	
15	0	1	3	6	7	8	14	12	15	9	22	12	5	1	0	115	
30	0	1	2	3	6	8	7	7	6	7	7	1	0	0	0	55	
45	0	2	3	2	3	4	3	3	2	2	2	0	0	0	0	26	
60	0	1	3	2	2	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	19	
75	1	2	2	1	1	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	12	
90	0	1	2	2	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	11	
105	0	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0	16	
120	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	19	
135	0	2	2	1	2	2	2	4	2	2	2	0	0	0	0	21	
150	0	2	2	2	2	3	4	3	2	2	2	1	0	0	0	25	
165	0	1	2	2	4	4	5	3	1	1	1	1	0	0	0	25	
180	0	1	2	3	4	2	3	2	3	1	2	1	0	0	0	24	
195	0	2	2	3	4	3	3	6	5	3	4	2	1	0	0	38	
210	0	2	3	5	6	6	8	6	6	7	13	6	3	0	0	71	
225	1	1	2	5	4	8	10	12	8	14	25	11	4	1	0	106	
240	0	3	3	3	6	6	9	11	9	10	14	6	2	0	0	82	
255	0	2	3	3	5	5	4	5	6	4	7	1	1	0	0	46	
270	0	2	3	5	2	2	4	2	2	2	2	0	0	0	0	26	
285	0	2	3	2	2	2	2	1	2	2	0	0	0	0	0	18	
300	0	1	3	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	14	
315	0	2	2	2	3	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	15	
330	0	2	3	4	3	3	2	2	1	2	1	1	1	0	1	26	
345	1	1	3	6	6	5	5	5	5	5	10	8	4	2	1	67	
Total	4	39	58	71	83	90	106	102	93	90	147	76	29	9	3	1000	

Πίνακας 5.11 Άτλαντας ΕΛΚΕΘΕ πίνακας διεύθυνσης – ταχύτητας ανέμου για τα θαλάσσια περιοχή H3

Αν βέβαια θεωρήσουμε ως δεδομένη την ύπαρξη τόσο δυνατών ανέμων και εξετάσουμε τι ύψη κύματος δημιουργούνται, από (πίνακας 5.12) τον άτλαντα του ΕΛΚΕΘΕ βλέπουμε ότι για ταχύτητες ανέμου $U_w > 31 \text{kn}$ (16m/s) τα κύματα που δημιουργούνται έχουν ύψος $H > 3 \text{m}$ και μάλιστα κύματα με $4 \text{m} > H > 7 \text{m}$ εμφανίζονται με ποσοστό 36.4%

Location H3 (36.55⁰N, 24.00⁰E)

U _w [m/s]	H _s [m]															Total
	0.00 0.25	0.25 0.50	0.50 0.75	0.75 1.00	1.00 1.25	1.25 1.50	1.50 1.75	1.75 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 5.00	5.00 6.00	6.00 7.50	
0.0-1.0	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
1.0-2.0	6	22	6	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
2.0-3.0	7	26	16	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	59
3.0-4.0	3	25	30	7	3	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	73
4.0-5.0	2	11	41	18	7	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	85
5.0-6.0	0	4	47	21	9	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	90
6.0-7.0	0	2	34	34	18	8	4	2	1	0	0	0	0	0	0	103
7.0-8.0	0	0	9	32	34	13	7	3	3	0	0	0	0	0	0	101
8.0-9.0	0	0	0	11	36	25	10	5	5	1	0	0	0	0	0	93
9.0-10.0	0	0	0	1	15	31	24	9	7	2	0	0	0	0	0	89
10.0-12.0	0	0	0	0	1	14	41	41	40	8	1	0	0	0	0	146
12.0-14.0	0	0	0	0	0	0	1	5	40	23	5	1	0	0	0	75
14.0-16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	11	5	0	0	0	28
16.0-18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	2	0	0	9
>18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Total	20	94	184	131	127	104	93	67	101	44	18	12	4	0	0	999

Πίνακας 5.12 Άτλαντας ΕΛΚΕΘΕ - πίνακας σημαντικού ύψους – ταχύτητα ανέμου για τα θαλάσσια περιοχή H3

Αυθεντική απώλεια ευστάθειας

Ο κυματισμός στην κορυφή του οποίου μετρήθηκε το ελάχιστο GM είναι αυτός με $H=6m$, $\lambda=100m$ ($T=8sec$), ενώ παραπλήσιες τιμές GM παρουσιάζουν και οι κυματισμοί ίδιου μήκους με ύψος 5m ή 7m. Η πιθανότητα εμφάνισης αυτών των τριών κυματισμών είναι 1.88‰ από Αθανασούλη και 0.91‰ από το ΕΛΚΕΘΕ.

Συνεχής επίθεση από υψηλά κύματα

Σύμφωνα με όσα γράφτηκαν παραπάνω χρειάζονται κυματισμοί μήκους τουλάχιστον 114.6m ($T=8.5sec$) και ύψους 5.73m. Η πιθανότητα εμφάνισης αυτών των κυματισμών είναι 3.53‰ από Αθανασούλη και 0‰ από το ΕΛΚΕΘΕ.

Παραμετρικός, Συγχρονισμένος διατοιχισμός (συντονισμός)

Σύμφωνα με την οδηγία του IMO τα πιο πιθανά κύματα που μπορούν να προκαλέσουν παραμετρικό διατοιχισμό, από αυτά που δοκιμάσαμε, είναι αυτά με περίοδο $T=11sec$. Η πιθανότητα εμφάνισης κυματισμών τέτοιας περιόδου με ύψος κύματος $4m > H > 7m$ είναι 1.77‰ από Αθανασούλη και 0‰ από το ΕΛΚΕΘΕ.

Όπως προέκυψε βέβαια από τις δοκιμές που έγιναν στο μοντέλο, ο κυματισμός στον οποίο παρατηρείται η μεγαλύτερη μεταβολή του GM είναι αυτός με $T=8.5sec$ και $H=7m$. Η πιθανότητα εμφάνισης ενός τέτοιου κυματισμού είναι 1.18‰ από Αθανασούλη και 0‰ από το ΕΛΚΕΘΕ.



Συμπερασματικά:

1) Με μια γρήγορη ανάγνωση των πιθανοτήτων που προέκυψαν βλέπουμε πως εν γένει τα δεδομένα του ΕΛΚΕΘΕ δίνουν πιο συντηρητικά αποτελέσματα. Η αλήθεια είναι πως η διαφορά αυτή είναι ακόμα μεγαλύτερη καθώς τα δεδομένα στα οποία έχει βασισθεί ο άτλαντας του Αθανασούλη δεν περιλαμβάνουν τις πολύ κακές θάλασσες, τις οποίες τα πλοία προτιμούν να αποφεύγουν.

2) Οι κυματισμοί στους οποίους δοκιμάστηκε το μοντέλο του «Ηράκλειο» παρουσιάζουν πολύ μικρά ποσοστά εμφάνισης. Αυτό σημαίνει ότι **οι κυματισμοί πάνω στους οποίους έγινε η μελέτη εμφανίζονται σπάνια τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο.**

3) Στην πραγματικότητα τα ποσοστά εμφάνισης των συγκεκριμένων κυματισμών είναι ενδεχομένως και δέκα φορές μεγαλύτερα, αν εξετάσουμε την κάθε περίπτωση για τη δεδομένη ένταση του ανέμου.

4) Από την πιθανοθεωρητική αυτή διερεύνηση ως πιο πιθανό σενάριο εμφανίζεται αυτό της συχνής επίθεσης από υψηλούς κυματισμούς.

Η εκτίμηση εμφάνισης των φαινομένων που προκύπτουν εξαιτίας των ακολουθούντων κυματισμών βασίστηκε στα κριτήρια που περιγράφονται στην οδηγία του IMO προς τους καπετάνιους, MSC.1/Circ.1228. Πρόκειται για γενικά κριτήρια που έχουν διαμορφωθεί εμπειρικά έπειτα από πολλές απλουστεύσεις και γενικότητες γι' αυτό το λόγο και ενδεχομένως να μην ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στην πραγματικότητα. Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθούμε στην εργασία του P. Schiller (TUHH, Σεπτέμβριος 2010) ο οποίος εξετάζοντας 8 περιπτώσεις ανατροπής πλοίου, 2 ατυχήματα με απώλεια containers και δυο περιπτώσεις ανατροπής μοντέλου πλοίου σε δεξαμενή καταλήγει σε κάποια πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη σε καμία από τις παραπάνω περιπτώσεις οι οδηγίες του IMO δεν παρείχαν πληροφορίες στον καπετάνιο που θα μπορούσαν να συντελέσουν στην αποφυγή του ατυχήματος. Επιπλέον τονίζεται το γεγονός πως, ανάλογα με την ευστάθεια του κάθε πλοίου, οι συνθήκες που θα οδηγήσουν στην ανατροπή του μπορεί να βρίσκονται τελείως έξω από τη χαρακτηριζόμενη επικίνδυνη ζώνη ή ακόμα και να μη συναντώνται ποτέ. Αυτή η «αστοχία» των οδηγιών δεν είναι τόσο αθώα όσο ακούγεται καθώς μπορεί απλά να σημαίνει τη λήψη κάποιων περιπτώσεων, όπως αποδεικνύεται, μέτρων (μείωση ταχύτητας, αλλαγή κατεύθυνσης κτλ) αλλά υπάρχουν περιπτώσεις σύμφωνα με τη μελέτη όπου είναι πιθανό η λήψη αυτών των μέτρων να οδηγήσει το πλοίο σε μια κατάσταση πιο έντονων φαινομένων από πριν που μπορεί να καταλήξουν μέχρι και στην ανατροπή του.

Αυτή τη στιγμή ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός δεν έχει υιοθετήσει κάποια νεότερη έκδοση οδηγίας που να αφορά την αποφυγή των συγκεκριμένων φαινομένων – αποτελεί κύριο στοιχείο των κανονισμών για ευστάθεια άθικτης κατάστασης νέας γενιάς (new generation intact stability code) που επεξεργάζονται αυτό το διάστημα - γι' αυτό και στην παρούσα μελέτη η διερεύνηση γίνεται βάσει της MSC.1/Circ.1228. Τα συμπεράσματα λοιπόν που παρατίθενται σε αυτό το κεφάλαιο τίθενται υπό αμφισβήτηση αλλά μέχρις ότου να υπάρξει κάποια πιο επιστημονικά τεκμηριωμένη οδηγία, είναι ενδεικτικά της πιθανότητας εμφάνισης των φαινομένων που περιγράφονται στην περίπτωση του «Ηράκλειο».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ
ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ Ε/Γ-Ο/Γ
«ΗΡΑΚΛΕΙΟ»

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δύο από τις βασικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιήσει ο ναυπηγός κατά τη διαδικασία σχεδίασης ενός πλοίου είναι αυτές της πλευστότητας και της ευστάθειας. Η πλευστότητα αφορά τη δυνατότητα ισορροπίας του πλοίου στην «όρθια» θέση σε ήρεμη θάλασσα, κάτω από την επίδραση του βάρους του, της άντωσης και ενδεχομένως και άλλων εξωτερικών επιδράσεων. Από την άλλη, κατά την «παραδοσιακή» της θεώρηση, η ευστάθεια έχει να κάνει με το αν το πλοίο μπορεί να διατηρήσει αυτή την όρθια ασφαλή θέση, δηλαδή με το κατά πόσο τείνει να επανέλθει στη θέση ισορροπίας, όταν για κάποιο λόγο απομακρυνθεί από αυτή. Ένα πλοίο στη διάρκεια ταξιδιού διαταράσσεται διαρκώς απ' την κατάσταση ισορροπίας, καθώς εξωτερικές επιδράσεις λόγω ανέμου, κυμάτων και άλλων παραγόντων δρουν συνήθως αποσταθεροποιητικά σε σχέση με την κατάσταση επιθυμητής λειτουργίας.

Η βύθιση λόγω ελλειπούς άνωσης και η ανατροπή λόγω ελλειπούς ευστάθειας είναι δύο από τις μεγαλύτερες απειλές που καλείται να αντιμετωπίσει ένα πλοίο στον κύκλο ζωής του. Η ανάγκη λοιπόν να περιοριστούν αυτοί οι κίνδυνοι και να δοθούν στα πλοία συγκεκριμένα χαρακτηριστικά πλευστότητας, ευστάθειας αλλά και δυνατότητες αντιμετώπισης ενδεχόμενων ατυχημάτων ήταν αυτή που οδήγησε στη θέσπιση συγκεκριμένων κανονισμών ασφαλείας. Γενικότερα θα μπορούσαμε να πούμε πως οι κανονισμοί αυτοί αφορούν τρεις τομείς: πλευστότητα (ανώτατο όριο γραμμής φόρτωσης), ευστάθεια (σε άθικτη και βεβλαμμένη κατάσταση) και υποδιαίρεση (προσδιορισμός μέγιστου κατακλύσιμου μήκους).

Παραδοσιακά η κυρίαρχη λογική, όσον αφορά την ασφάλεια στις θαλάσσιες μεταφορές, ήταν ότι αυτοί που έχουν την περιουσία τους στη θάλασσα είναι, ως άμεσα ενδιαφερόμενοι, οι πλέον κατάλληλοι για να διασφαλίζουν ότι τα ταξίδια διεξάγονται με ασφαλή τρόπο. Καθώς όμως το νομοθετικό πλαίσιο της ναυτιλιακής δραστηριότητας γινόταν πιο περίπλοκο, προέκυψε η ανάγκη διεθνών συμφωνιών για την ομογενοποίηση των συνθηκών διεξαγωγής της αυξανόμενης ναυτιλιακής δραστηριότητας. Την ίδια στιγμή το πέρασμα από τα πανιά στον ατμό και από το ξύλο στο χάλυβα σήμαινε ότι η απόκτηση ναυπηγικής εμπειρίας υστερούσε σε σχέση με την εξέλιξη της τεχνολογίας και χρειαζόνταν νέες, πιο επίσημες διαδικασίες για τη διασφάλιση της αξιοπλοΐας των πλοίων. Παράλληλα, στα μέσα του 19^{ου} αιώνα κάνουν την εμφάνισή τους οι πρώτοι νηογνώμονες, οι οποίοι στην πορεία θα δώσουν μεγάλη ώθηση στην εξέλιξη των κανονισμών.

Αναμφισβήτητα το ναυάγιο του Τιτανικού αποτέλεσε σταθμό καθώς ήταν στην ουσία η αφορμή να γίνει η πρώτη διεθνής συνδιάσκεψη για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα (SOLAS) το έτος 1913. Η συνδιάσκεψη επαναλήφθηκε το 1929, όμως εξαιτίας των δύο παγκοσμίων πολέμων ποτέ δεν τέθηκαν σε ισχύ οι όποιες αποφάσεις πάρθηκαν. Η επόμενη SOLAS ήταν το 1948 (σε ισχύ από 19/11/1952) και λίγα χρόνια μετά τίθεται σε ισχύ η διακήρυξη ίδρυσης του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMCO μετέπειτα IMO), το 1958, με προτεραιότητα την υιοθέτηση νέας σύμβασης (SOLAS 60). Η θέσπιση διεθνώς

αποδεκτών κανονισμών από ένα φορέα υπεράνω όλων (ΙΜΟ) ήταν απαραίτητη, καθώς οι εθνικοί κανονισμοί, που συχνά ήταν διαφορετικής αυστηρότητας αν όχι αντικρουόμενοι, δυσκόλευαν σε μεγάλο βαθμό τις διεθνείς μεταφορές. Θα μπορούσε κανείς να πει πως ιδιαίτερης σημασίας ήταν η συνεισφορά του ΙΜΟ στην υπογραφή των τριών παρακάτω συμβάσεων:

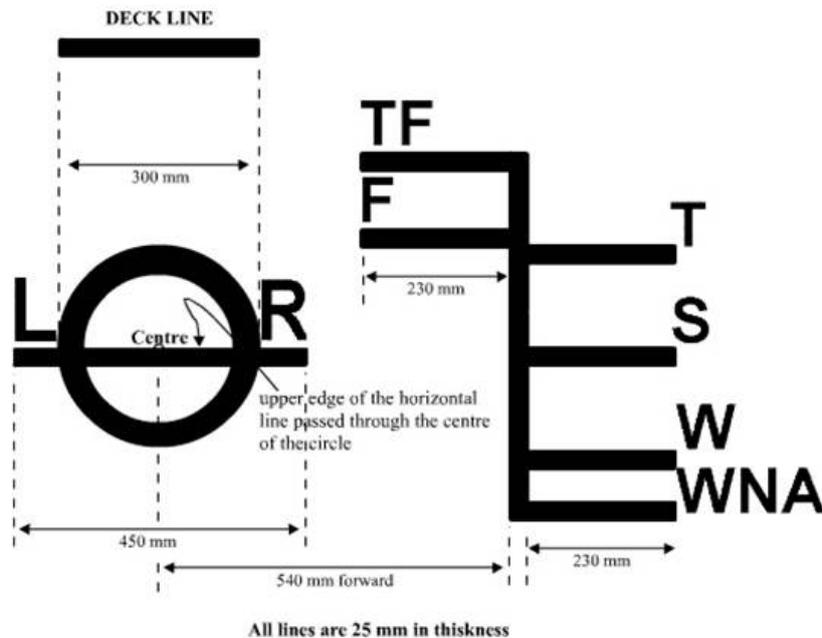
- Διεθνής Σύμβαση για τη Γραμμή Φόρτωσης (ILLC)
- Κώδικας Ευστάθειας Άθικτης Κατάστασης (ISC)
- Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS)

Στο παρόν κεφάλαιο σε πρώτη φάση θα κάνουμε μια σύντομη ιστορική αναδρομή σχετικά με το πλαίσιο των κανονισμών ασφαλείας που εμπεριέχονται στις τρεις παραπάνω συμβάσεις. Θα αναφερθούμε λίγο πιο αναλυτικά σε αυτές, δίνοντας κυρίως βάρος στους τομείς της γραμμής φόρτωσης, ευστάθειας (άθικτη και βεβλαμμένη κατάσταση) και υποδιαίρεσης περιγράφοντας την εξέλιξη τους σε βάθος χρόνου. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε κατά πόσον το «Ηράκλειο» ικανοποιούσε τους κανονισμούς της εποχής του αλλά και μεταγενέστερους, σε μια προσπάθεια να εξακριβώσουμε αν ένα πλοίο σαν και αυτό θα μπορούσε να πλέει νόμιμα σήμερα στις θάλασσες.

6.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (γραμμή φόρτωσης, ευστάθεια, υποδιαίρεση)

➤ Διεθνής Σύμβαση για τη Γραμμή Φόρτωσης (ILLC)

Έπειτα από διάφορα θαλάσσια ατυχήματα που συνέβησαν λόγω υπερφόρτωσης πλοίων και κάτω από την πίεση της κοινής γνώμης, θεσπίστηκε στην Αγγλία το 1835 ο πρώτος κανονισμός που καθόριζε το ύψος εξάλων. Ο κανονισμός αυτός γνωστός με την επωνυμία «κανόνας του Lloyd» χρησίμευε σαν κατά προσέγγιση οδηγός για τη φόρτωση και δεν ήταν υποχρεωτικός. Στη συνέχεια εμφανίστηκε μια τάση νομοθετικής ρύθμισης του θέματος με σημαντικό σταθμό τη νομοθεσία «Plimsoll» το 1876 στην Αγγλία. Αντίστοιχες διατάξεις υιοθετήθηκαν και από τη Γερμανία το 1903 και τις ΗΠΑ το 1917.



Εικόνα 6.1 Plimsoll marks – χαρακτηριστική σήμανση του ορίου γραμμής φόρτωσης (κοινώς μπάλα)

Το 1913 συγκλήθηκε διεθνής διάσκεψη για το θέμα της γραμμής φόρτωσης όμως η διάσκεψη αυτή δεν πραγματοποιήθηκε λόγω του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Χρειάστηκε να περάσουν 17 χρόνια και ορισμένες εργασίες με βελτιώσεις και υποδείξεις, αγγλικών κυρίως επιτροπών, μέχρι τη σύνοδο της διεθνούς διάσκεψης του 1930 για τη γραμμή φόρτωσης στο Λονδίνο.

Τα θέματα στα οποία επικεντρώθηκε η συγκεκριμένη διάσκεψη ήταν η διασφάλιση της εφεδρικής πλευστότητας, αν και επίσης αναγνωρίστηκε πως έπρεπε να διασφαλίζονται παράλληλα η επαρκής ευστάθεια και η αποφυγή υπερβολικών τάσεων στη γάστρα λόγω υπερφόρτωσης. Χωρίστηκε η γη σε γεωγραφικές ζώνες

θεωρώντας πως η γραμμή φόρτωσης δεν ήταν δυνατό να είναι παντού η ίδια καθώς σε ήρεμες θάλασσες μπορεί να είναι υψηλότερα απ' ότι σε θάλασσες με έντονο κυματικό προφίλ, ενώ παράλληλα προνοήθηκε και ύψος γραμμής φόρτωσης για πλεύση σε γλυκό νερό. Στη σύμβαση αυτή καθιερώθηκε η λογική που διέπει και τη μεταγενέστερη σύμβαση του 1966.

Με την πάροδο του χρόνου και κυρίως μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο φάνηκε πως οι κανονισμοί του 1930 δεν ανταποκρίνονταν στις σημαντικές μεταβολές που είχαν λάβει χώρα στο ενδιάμεσο διάστημα σχετικά με τη μελέτη και την κατασκευή των πλοίων. Το πρώτο πρόβλημα που προέκυψε ήταν ότι τα νέα πλοία της εποχής ήταν τέτοιου μεγέθους που ξέφευγε από τα όρια των πινάκων ύψους εξάλων της σύμβασης. Το 1962 λοιπόν ο πίνακας επεκτάθηκε για πλοία μήκους μέχρι και 1000ft. Παρ' όλα αυτά η ναυπήγηση νέων τύπων πλοίων (bulk carriers), η μεταφορά του μηχανοστασίου πρύμνηθεν, η πλήρης αντικατάσταση των ξύλινων καλυμμάτων στομίων με χαλύβδινα, η αντικατάσταση των ηλώσεων από συγκολλήσεις κτλ κατέστησαν αναγκαία την αναθεώρηση των κανονισμών σχετικά με τη γραμμή φόρτωσης. Έτσι η διάσκεψη του 1966 θα θέσει σε ισχύ τη νέα σχετική διεθνή σύμβαση.

Οι νέοι αυτοί κανονισμοί περιγράφουν την υπολογιστική μέθοδο σύμφωνα με την οποία το ύψος της γραμμής φόρτωσης καθορίζεται λαμβάνοντας υπ' όψιν τη γεωμετρία του πλοίου. Το ελάχιστο γεωμετρικό θερινό ύψος εξάλων υπολογίζεται κατ' αρχήν από το σχετικό πίνακα της σύμβασης. Ακολούθως η τιμή αυτή διορθώνεται με βάση τις γεωμετρικές αποκλίσεις του εξεταζόμενου πλοίου ως προς κάποιο πλοίο αναφοράς ίδιου μήκους. Οι διορθώσεις αυτές σχετίζονται με τη συντελεστή γάστρας, το κοίλο, τις υπερκατασκευές και τα πυργωτά υπερκατασκευάσματα καθώς και τη σιμότητα του καταστρώματος. Επιπρόσθετα από τη σύμβαση καθορίζεται και το ελάχιστο ύψος πλώρης. Από τη στιγμή που υπολογίζεται το ακριβές ύψος της γραμμής φόρτωσης θέρους, μπορούν να υπολογιστούν με απλούς υπολογισμούς και τα ύψη των γραμμών φόρτωσης για λειτουργία σε γλυκό, τροπικό, τροπικό γλυκό νερό, χειμώνα και χειμώνα βορείου Ατλαντικού.

Έκτοτε η σύμβαση έχει υποστεί προσθήκες (1971, 1975, 1979, 1983) κυρίως όσον αφορά τους προσδιορισμούς των γεωγραφικών ζωνών καθώς και το πρωτόκολλο του 1988 για τον εναρμονισμό της σύμβασης με τη MARPOL. Η απώλεια του «Derbyshire» το 1980 καθώς και μια σειρά ναυτικών ατυχημάτων σε πλοία bulk carriers που ικανοποιούσαν την ILLC 66 τη δεκαετία του '90 ώθησαν τον IMO στην αναθεώρηση της συγκεκριμένης σύμβασης. Αποτέλεσμα της αναθεώρησης ήταν η προσθήκη του 2003. Η ουσιαστικότερη αλλαγή ήταν ότι δόθηκε μεγάλο βάρος σε υπολογισμούς sea-keeping για τη διαμόρφωση των κανονισμών σχετικά με το ελάχιστο ύψος πλώρας, την εφεδρική άντωση, το ύψος, την αντοχή και τη στεγανότητα του προστέγου καθώς επίσης και την αντοχή των φρακτών των πρωραίων διαμερισμάτων. Επιπρόσθετα συμπεριλήφθηκε μια διάταξη σχετικά με την

υποδιαίρεση (εναλλακτική αυτής της SOLAS) για ορισμένους τύπους πλοίων dry-cargo.

➤ **Κώδικας Ευστάθειας Άθικτης Κατάστασης (ISC)**

Είναι γεγονός πως μέχρι και τη SOLAS 48 η παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα δεν ήταν βέβαιη για την ανάγκη ύπαρξης κανονισμών σχετικά με την ευστάθεια των πλοίων στην άθικτή τους κατάσταση. Χαρακτηριστικά στη συγκεκριμένη σύμβαση στο παράρτημα Δ αναφέρεται «...*the conference believes that, before establishing additional rules concerning intact stability, further experience to establish the extent to which such rules are necessary is needed...*». Θα χρειαστεί να περάσουν αρκετά χρόνια μέχρις ότου στη SOLAS 60 να γίνει για πρώτη φορά πρόταση για περαιτέρω έρευνα και μελέτη σχετικά με την υιοθέτηση κανονισμών ευστάθειας για την άθικτη κατάσταση. Μέχρι εκείνη την εποχή μόνο εθνικοί κανονισμοί υπήρχαν που να θέτουν σχετικούς περιορισμούς (1957 κριτήριο καιρού Ιαπωνία, 1961 ΒΔ 408 Ελλάδα κ.α.).

Απόρροια της πρότασης αυτής ήταν η ψήφιση της διακήρυξης A.167 από τον IMCO (μετέπειτα IMO) το 1968 που σε μεγάλο βαθμό βασίστηκε στη διδακτορική εργασία του Φινλανδού Rahola (1939). Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό προδιαγράφονται για τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις φόρτωσης κριτήρια ευστάθειας βασισμένα στο μοχλοβραχίονα επαναφοράς του πλοίου καθώς επίσης και απαιτήσεις για μέγιστη γωνία κλίσης λόγω στροφής του πλοίου και λόγω συγκέντρωσης επιβατών από τη μία πλευρά.

- 1 Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055
- 2 Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03
- 3 Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09
- 4 Initial GM to be at least 0.15 metres
- 5 GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees
- 6 Max GZ to be at an angle > 30 degrees

Πίνακας 6.1 κριτήρια ευστάθειας πλοίων σε άθικτη κατάσταση σύμφωνα με τη διακήρυξη A.167

Το κριτήριο A.167 καλύπτει μόνο τη στατική συμπεριφορά ενός πλοίου, όμως επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει καθαρά ότι στατικού τύπου κριτήρια ευστάθειας δεν καλύπτουν ικανοποιητικά όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Είναι αναγκαίο να ληφθεί υπ' όψιν λοιπόν η επίδραση που έχουν στην ευστάθεια εξωτερικές δυνάμεις, κυρίως λόγω κυματισμού και ανέμου. Έτσι το 1985 υιοθετήθηκε από τη Συνέλευση του IMO το λεγόμενο κριτήριο καιρού με τη διακήρυξη A.562. Το κριτήριο αυτό που

βασίστηκε σε προηγούμενες σχετικές διατάξεις των εθνικών κανονισμών Ιαπωνίας, Ρωσίας και ΗΠΑ έχει εφαρμογή για επιβατηγά και φορτηγά πλοία άνω των 24 μέτρων.

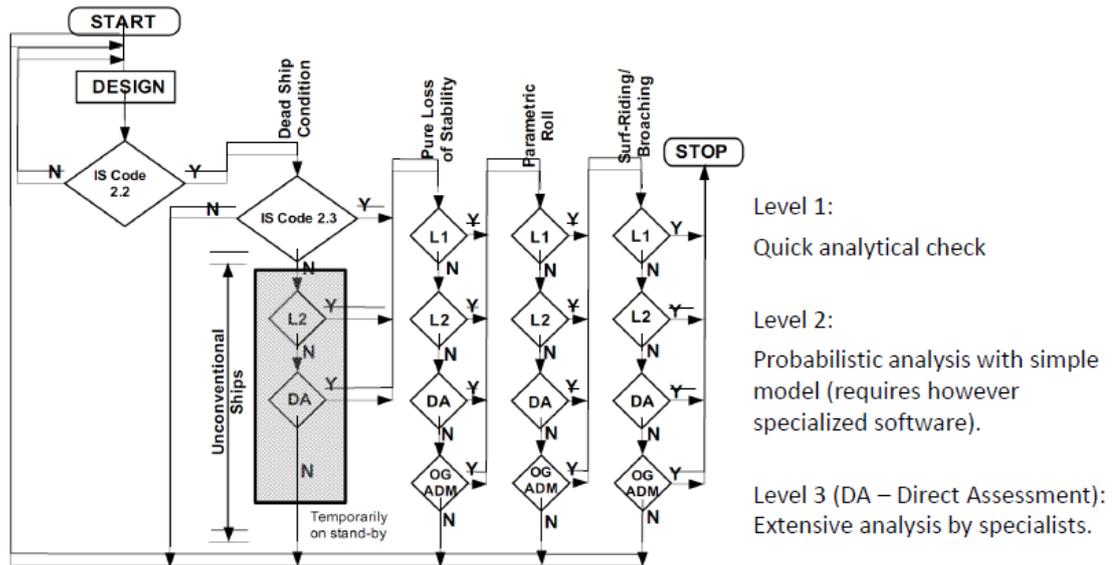
Το κριτήριο καιρού συμπληρωματικά με το παλαιότερο κριτήριο A.167 αποτελούν τη βάση του κώδικα ευστάθειας άθικτης κατάστασης ISC που υιοθετήθηκε το Νοέμβριο του 1993 με τη διακήρυξη A.749. Ο κώδικας καλύπτει πολλούς τύπους σκαφών άνω των 24 μέτρων συμπεριλαμβανομένων φορτηγών, επιβατηγών και αλιευτικών. Μεταξύ άλλων περιλαμβάνονται γενικές διατάξεις για αποφυγή ανατροπής και χρήσιμες πληροφορίες για τον καπετάνιο (Το 1995 με τη διακήρυξη MSC 707 δίνονται οδηγίες στους πλοιάρχους για αποφυγή επικίνδυνων φαινομένων σε ακολουθώντας κυματισμούς, οι οποίες το 2007 αναθεωρούνται με τη διακήρυξη MSC.1/Circular 1228), κριτήρια σχεδίασης βάσει A.167 και A.562 εφαρμόσιμα σε όλους τους τύπους πλοίων, επίδραση ελευθέρων επιφανειών, θεώρηση στεγανότητας, μέθοδος προσδιορισμού κέντρων βάρους και βάρους κενού πλοίου καθώς και οδηγίες για την εκτέλεση δοκιμής ευσταθείας (inclining test).

Ο κώδικας τροποποιήθηκε αρχικά το 1998 με τη διακήρυξη MSC.75 αλλά πιο σημαντική είναι η πολύ πρόσφατη τροποποίησή του (MSC.83), γνωστή ως IS Code 2008, που τέθηκε σε ισχύ για νεότευκτα πλοία άνω των 24 m το 2010, έπειτα και από τη σύνοδο SLF48 το 2005 όπου τέθηκαν ζητήματα αναθεώρησης του κριτηρίου καιρού.

Στις μέρες μας λαμβάνουν χώρα διεργασίες για αναθεώρηση των κανονισμών που αφορούν την άθικτη κατάσταση του πλοίου και εμπλούτισή τους με νέα κριτήρια (2nd generation of intact stability criteria). Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα οι κανονισμοί, που πλέον χωρίζονται σε τρία διαφορετικά επίπεδα, αφορούν τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις i) κατάσταση ακυβέρνητου πλοίου (dead ship condition), ii) αυθεντική απώλεια ευστάθειας (pure loss of stability), iii) παραμετρική αστάθεια (parametric roll), iv) surf-riding & broaching.

Το πλαίσιο κανονισμών άθικτης ευστάθειας αναβαθμίζεται και έρχεται πλέον αρκετά κοντά στο γνωσιακό επίπεδο που διαθέτουμε σήμερα. Στόχος είναι οι νέοι κανονισμοί να είναι επιστημονικά υψηλού επιπέδου, με βάση θεώρηση πιθανοτήτων αστάθειας και να καλύπτουν όλα τα γνωστά επικίνδυνα φαινόμενα. Το αν οι νέοι αυτοί κανονισμοί θα αναπτυχθούν βέβαια με βάση την επίτευξη ενός συγκεκριμένου επιπέδου ασφαλείας δεν είναι ακόμα τελειώς σαφές.

Ενδεχομένως κάποια στιγμή στο μέλλον να γίνουμε μάρτυρες μιας ευρείας εφαρμογής των διαφόρων μεθοδολογιών εκτίμησης διακινδύνευσης στην περιοχή της ευστάθειας, δεδομένου μάλιστα ότι επιτρέπουν ολοκληρωμένη θεώρηση της ασφάλειας ενός πλοίου.



Διάγραμμα 6.1 Διάγραμμα «ροής» των νέων κανονισμών άδικτης ευστάθειας

➤ Ευστάθεια Βεβλαμμένης Κατάστασης

Το 1866 μετά την απώλεια του επιβατηγού London και μαζί μ’ αυτό 233 ανθρώπων, σημαντικές προσωπικότητες της Ναυπηγικής της εποχής όπως ο Reed (ο ίδιος που καθιέρωσε τη χρήση της καμπύλης GZ) και ο Scott Russell, εκ των ιδρυτών του Ινστιτούτου Ναυπηγών της Μ. Βρετανίας (INA, σήμερα RINA) ανέφεραν ότι σε οποιαδήποτε περίπτωση, ένα επιβατηγό μεταλλικής κατασκευής δεν θα πρέπει να θεωρείται καλά κατασκευασμένο, αν δεν εξακολουθεί να επιπλέει μετά την απώλεια στεγανότητας ενός οποιουδήποτε διαμερίσματος.

Μία σειρά ατυχημάτων (σύμφωνα με στοιχεία του βρετανικού οργανισμού MAIB, το 1867 βυθίστηκαν 1313 πλοία και χάθηκαν 2340 μέλω πληρώματος και 137 επιβάτες), κυρίως όμως η τραγωδία του επιβατηγού πλοίου Τιτανικός το 1912, έδωσε αφορμή για τη σύγκλιση στο Λονδίνο της πρώτης Διεθνούς Διάσκεψης για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα. Στη Διάσκεψη αυτή συν τοις άλλοις εισήχθη η έννοια της «γραμμής ορίου βύθισης», η οποία καθορίστηκε στις τρεις ίντσες (76 mm) κάτω από το κατάστρωμα στεγανών διαφραγμάτων. Το 1932 προστέθηκε στη βρετανική νομοθεσία απαίτηση μέγιστης κλίσης 7 μοιρών μετά την κατάκλυση. Ήταν η εποχή που το πλάτος των πλοίων άρχισε να μεγαλώνει και επομένως το πρόβλημα της ασύμμετρης κατάκλυσης άρχισε να τίθεται πιο επιτακτικά.

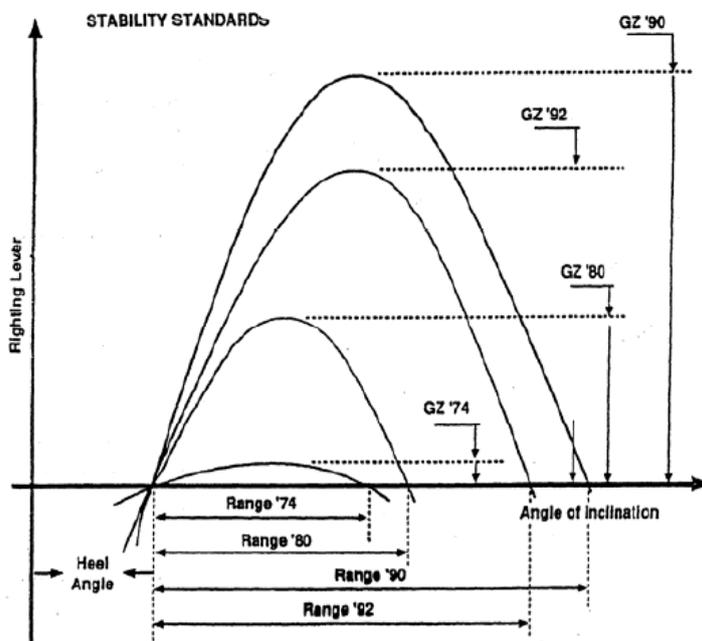
Το 1948 συγκαλείται νέα Διεθνής Διάσκεψη με αποτέλεσμα την έκδοση νέας σύμβασης, SOLAS 1948, στην οποία προδιαγράφονταν πλέον αναλυτικές απαιτήσεις ευστάθειας κατόπιν βλάβης για τα επιβατηγά πλοία. Οι ζητούμενες απαιτήσεις περιελάμβαναν προδιαγραφές για μέγιστη επιτρεπόμενη γωνία εγκάρσιας κλίσης επτά

(7) μοιρών (που σε ειδικές περιπτώσεις μπορούσε ν' αυξηθεί σε 15) και θετικό μετακεντρικό ύψος GM στην κατάσταση ισορροπίας του πλοίου.

Την ίδια χρονιά, ιδρύθηκε στη Γενεύη μία υπηρεσία του ΟΗΕ για θέματα σχετικά με την ασφάλεια της διεθνούς ναυσιπλοΐας με την επωνυμία «Διακυβερνητικός Ναυτιλιακός Συμβουλευτικός Οργανισμός» IMCO, που αργότερα ονομάστηκε «Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός» IMO.

Οι σοβαρές ατέλειες που προσδιορίστηκαν στη SOLAS 1948 σε συνδυασμό με την απώλεια του επιβατηγού πλοίου “Andrea Dorea” λόγω σύγκρουσης το 1956, οδήγησαν σε νέα διατύπωση της σύμβασης, SOLAS 1960, βάσει της οποίας το ελάχιστο μετακεντρικό ύψος GM μετά τη βλάβη ορίστηκε κατ' ελάχιστον στα 0.05 μέτρα. Στη Διάσκεψη του 1960 έγινε φανερό ότι η υποδιαίρεση ενός επιβατηγού πλοίου με βάση το συντελεστή στεγανής υποδιαίρεσης F , όπως είχε διατυπωθεί το 1913, δεν ανταποκρινόταν στην εξέλιξη της ναυπηγικής τεχνολογίας. Έτσι, ανατέθηκε στον IMCO να επανεξετάσει τις υπάρχουσες μέχρι τότε προδιαγραφές. Το 1974, αναπροσαρμόζεται η SOLAS 1960 με γνώμονα μία πιο ολοκληρωμένη εκτίμηση της ευστάθειας του πλοίου κατόπιν βλάβης.

Στο μεταξύ, από το 1960 είχε δημοσιευθεί η επιστημονική εργασία του Γερμανού Καθηγητή Wendel όπου προτεινόταν ένα πιθανοθεωρητικό μοντέλο για τον καθορισμό της ευστάθειας μετά από κατάκλυση. Η εργασία αυτή βρήκε αρκετή



Διάγραμμα 6.2 Χαρακτηριστικό διάγραμμα απαιτούμενου GZ μετά από βλάβη που δείχνει την εξέλιξη στην αυστηρότητα των κανονισμών

ανταπόκριση σε κύκλους του IMO και έτσι οι κανονισμοί που είναι γνωστοί ως «Ισοδύναμοι κανονισμοί υποδιαίρεσης και ευστάθειας» υιοθετούνται μέσω Διακήρυξης (IMO Resolution A.265) στη SOLAS 74 ως εναλλακτική μέθοδος υπολογισμού της ευστάθειας μετά από βλάβη για επιβατηγά πλοία, βασισμένοι σε αυτή την εργασία.

Το 1980 η SOLAS εισάγει νέα κριτήρια που αφορούν την κατάσταση ισορροπίας του πλοίου, τα

ενδιάμεσα στάδια κατάκλυσης καθώς και το εύρος της καμπύλης του μοχλοβραχίονα ευστάθειας μετά από βλάβη. Όμως η ανατροπή του ΕΓ/ΟΓ “European Gateway” λόγω σύγκρουσης, το 1982 καθώς και του επιβατηγού/ οχηματαγωγού “Herald of

Free Enterprise” κατά την έξοδό του από το λιμάνι Zeebrugge, το 1987 επέβαλαν την αναγκαιότητα αυστηρότερων προδιαγραφών για την ευστάθεια κατόπιν βλάβης. Τα θεσπισθέντα νέα αυστηρότερα κριτήρια περιλαμβάνονται στις τροποποιήσεις του 1990 της SOLAS 1974 (SOLAS 1990). Επιγραμματικά, καθορίζονται ελάχιστες τιμές του εύρους του μοχλοβραχίονα ευστάθειας GZ και της μέγιστης τιμής του, της γωνίας ισορροπίας κατόπιν βλάβης ενός ή δύο διαμερισμάτων και της επιφάνειας κάτω από την καμπύλη του μοχλοβραχίονα ευστάθειας. Επιπλέον, εισάγονται απαιτήσεις για τον έλεγχο των ενδιάμεσων σταδίων κατάκλυσης και τη μέγιστη επιτρεπόμενη γωνία κλίσης μετά την κατάκλυση και πριν την εξισορρόπηση του πλοίου. Τα κριτήρια αυτά θεωρήθηκαν ικανοποιητικά από τον IMO, με το σκεπτικό ότι αποτρέπουν την ανατροπή ενός πλοίου μετά από βλάβη σε μέτριες καταστάσεις θάλασσας. Οι διατάξεις αυτές συμπεριέλαβαν και τα υπάρχοντα πλοία, μεγάλο ποσοστό των οποίων δεν ικανοποιούσε τα κριτήρια.

Η αναγκαιότητα ενός χρονικού περιθωρίου για τη συμμόρφωση των συγκεκριμένων πλοίων οδήγησε σε νέα τροποποίηση της SOLAS 1974, το 1992, (SOLAS 1992). Ορίστηκε μία απλοποιημένη πιθανοθεωρητική μέθοδος υπολογισμού χαρακτηριστικών της ευστάθειας κατόπιν βλάβης, βασισμένη στους «Ισοδύναμους κανονισμούς υποδιαίρεσης και ευστάθειας» και η οποία καθόρισε το χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης των υφιστάμενων Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων με τις απαιτήσεις της SOLAS 1990.

Η ανατροπή του Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου “Estonia”, το 1994, έδωσε αφορμή για περαιτέρω προβληματισμούς. Διαπιστώθηκε η αδυναμία των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων με μεγάλες επιφάνειες καταστρώματος οχημάτων να αντιμετωπίσουν επιτυχώς το ενδεχόμενο εισχώρησης μίας ποσότητας νερού στο κατάστρωμα οχημάτων, ειδικά στην περίπτωση που η περιοχή λειτουργίας του πλοίου χαρακτηρίζεται από υψηλά σημαντικά ύψη κύματος H_S . Έτσι, συστάθηκε μία επιτροπή του IMO, με σκοπό τη διερεύνηση του συγκεκριμένου προβλήματος. Η επιτροπή πρότεινε μία σειρά από νέους κανονισμούς, που είχαν ως βάση τα κριτήρια της SOLAS 90. Η νέα πρόταση περιέλαβε την αξιολόγηση της ικανότητας του πλοίου να “επιβιώνει” με την ύπαρξη μίας ορισμένης ποσότητας νερού στο κατάστρωμα οχημάτων και παρείχε μέθοδο υπολογισμού των επιπτώσεων της κατάκλυσης του εν λόγω καταστρώματος στην ευστάθεια του πλοίου.

Οι προτάσεις της επιτροπής δεν έγιναν αποδεκτές από τη σύνοδο IMO (1995) ως ένα παγκόσμιο σε ισχύ πρότυπο. Επετράπη όμως, σε ενδιαφερόμενες χώρες-μέλη του, η σύναψη τοπικών συμβάσεων (regional agreements) για πλοία της ευθύνης τους. Κατόπιν αυτού, επτά χώρες της ΒΔ Ευρώπης υπέγραψαν το 1996 στη Στοκχόλμη μία συμφωνία με ελαφρώς τροποποιημένη την πρόταση της επιτροπής του IMO. Η συμφωνία αυτή, γνωστή ως Stockholm Agreement, είχε αποκλειστική εφαρμογή στα επιβατηγά/οχηματαγωγά πλοία που έπλεαν στην περιοχή της ΒΔ Ευρώπης [IMO Resolution 14 (1995)]. Η συμφωνία της Στοκχόλμης έδινε τη δυνατότητα στον πλοιοκτήτη να αποδείξει εναλλακτικά (σε σχέση με την υπολογιστική μέθοδο) την

ευστάθεια ενός πλοίου με βάση πείραμα σε υπό κλίμακα μοντέλο. Το ενδιαφέρον εδώ είναι ότι φαίνεται τα πειράματα σε μοντέλα να δείχνουν πως ένα δεδομένο πλοίο «αντέχει» σε υψηλότερους κυματισμούς απ' ό,τι προβλέπει η υπολογιστική μέθοδος.

Το 2000, η βύθιση του ελληνικού επιβατηγού/οχηματαγωγού πλοίου “Express Samina” έδωσε το έναυσμα για τη γενίκευση της εφαρμογής της ανωτέρω συμφωνίας και εκτός της περιοχής της ΒΔ Ευρώπης. Αυτή τη φορά, μελέτες έγιναν από την Ευρωπαϊκή Ένωση με σκοπό την υιοθέτηση ενιαίων προδιαγραφών ευστάθειας κατόπιν βλάβης όλων των επιβατηγών/οχηματαγωγών πλοίων εντός της περιοχής των χωρών-μελών της και το 2003 διατυπώνεται η Οδηγία 25 που ουσιαστικά θέτει σε εφαρμογή τη συμφωνία Stockholm Agreement και στις υπόλοιπες θαλάσσιες περιοχές που εντάσσονται στα ύδατα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Οι κανονισμοί, σχετικά με την ευστάθεια πλοίου μετά από βλάβη, που ήταν σε ισχύ μέχρι πολύ πρόσφατα (τέλη 2008) ήταν προσδιοριστικής (deterministic) φύσης. Βασικό μειονέκτημα αυτών των κανονισμών είναι ότι δεν μπορούν να προσδιορίσουν το επίπεδο της παρεχόμενης ασφάλειας, παρ' όλο που στην εφαρμογή τους αποδείχθηκαν άκρως ικανοποιητικοί. Το Δεκέμβρη όμως του 2006 (SOLAS 2009) γίνεται υποχρεωτική, με τη διακήρυξη MSC. 216 του IMO, η πιθανοθεωρητική προσέγγιση της ευστάθειας του πλοίου μετά από βλάβη που ήδη από τη SOLAS 74 είχε χαρακτήρα εναλλακτικής επιλογής.

Σύμφωνα με τα λόγια του Γερμανού καθηγητή Wendel, στον οποίο οφείλεται η πιθανοθεωρητική προσέγγιση της ευστάθειας μετά από βλάβη, ένας λογικός τρόπος για να εκφράσει κανείς το βαθμό ασφάλειας που συναρτάται μ' ένα τρόπο υποδιαίρεσης είναι να θεωρήσει ότι ισούται με «το λόγο του αριθμού ρηγμάτων που δεν βυθίζονται το πλοίο (ή που δεν το θέτουν σε μεγάλο κίνδυνο) προς τον αριθμό όλων των ρηγμάτων που είναι δυνατό να συμβούν». Η θέση και το μέγεθος του ανοίγματος εκλαμβάνονται στη μέθοδο αυτή ως τυχαίες μεταβλητές. Η πιθανότητα κατάκλυσης μπορεί να υπολογιστεί αν είναι γνωστή η πιθανότητα πρόκλησης συγκεκριμένων ρηγμάτων σε μία απ' τις πλευρές του πλοίου. Η πιθανότητα κατάκλυσης ενός χώρου είναι ίση με την πιθανότητα να συμβούν όλα τα δυνατά ρήγματα που προκαλούν επικοινωνία του εξεταζόμενου χώρου με το θαλάσσιο περιβάλλον.

Η πιθανοθεωρητική αυτή θεώρηση οδηγεί στον προσδιορισμό δύο χαρακτηριστικών συντελεστών ασφαλείας. Ο συντελεστής A (attainted subdivision index) που αποτελεί μέτρο της πιθανότητας επιβίωσης του πλοίου σε περίπτωση κατάκλυσης και ο συντελεστής R (required subdivision index) που αποτελεί την ελάχιστη τιμή του συντελεστή A και αντιπροσωπεύει ένα γενικά αποδεκτό επίπεδο επιβίωσης του πλοίου ανάλογα με το μέγεθος του , το πλήθος των επιβαίνοντων κ.α. Όπως είναι φυσικό πρέπει $A > R$ και έτσι λοιπόν από τη σύγκριση αυτών των δύο συντελεστών προκύπτει το επίπεδο ασφάλειας του πλοίου σε περίπτωση κατάκλυσης.

➤ Στεγανή Υποδιαίρεση

Κάθε πλοίο εκτίθεται στον κίνδυνο να βυθιστεί σε περίπτωση που χάσει την υδατοστεγή ακεραιότητά του. Η ακεραιότητα αυτή επιτυγχάνεται με τη στεγανότητα του εξωτερικού περιβλήματος και την υδατοστεγή υποδιαίρεση των εσωτερικών χώρων του πλοίου, η οποία παρέχει και την πιο αποτελεσματική προστασία έναντι βύθισης.

Ιστορικά, η εσωτερική υδατοστεγής υποδιαίρεση εξετάζεται για πρώτη φορά με την εμφάνιση των χαλύβδινων πλοίων, στο τέλος της δεκαετίας του 1830, εφόσον πριν στα ξύλινα σκάφη, η ικανοποιητική στεγανοποίηση των χώρων ήταν πρακτικά δύσκολο να επιτευχθεί λόγω του υλικού κατασκευής. Τα πρώτα χαλύβδινα ατμοκίνητα πλοία ήταν μικρού μεγέθους και είχαν μία φρακτή σύγκρουσης στο πωραίο τμήμα του πλοίου και μία στο πρυμναίο για τη στεγανοποίηση διαρροών από το σύστημα πηδαλιουχίας. Η Βρετανική συνθήκη «Merchant Shipping Act», το 1854, επέβαλλε δύο επιπλέον στεγανά διαφράγματα πώραθεν και πρύμνηθεν του μηχανοστασίου για πλοία μεταλλικής κατασκευής άνω των 100 τόνων. Η απαίτηση αυτή, γνωστή και «διάταξη των τεσσάρων διαφραγμάτων», ουσιαστικά υποδιαιρούσε το πλοίο σε τρία υδατοστεγή τμήματα και θεωρήθηκε αρκετά ικανοποιητική για τα σχετικά μικρά πλοία της εποχής.

Ένα χρόνο αργότερα, ο Βρετανικός Νηογνώμονας Lloyd's εισήγαγε στις απαιτήσεις του τη «διάταξη των τεσσάρων διαφραγμάτων», καθορίζοντας πρόσθετες προδιαγραφές για το ύψος και την αντοχή τους. Το 1857, μία νέα απαίτηση επέτρεψε την ταύτιση της πρυμναίας φρακτής ζυγοστάθμισης με την πρυμναία φρακτή του μηχανοστασίου, στην περίπτωση της ύπαρξης μηχανοστασίου πρύμνηθεν του πλοίου. Με την πάροδο των χρόνων, η αύξηση του μεγέθους των πλοίων συνδυάστηκε με βελτιωμένα συστήματα πρόωσης, γεγονός που οδήγησε σε σχεδιάσεις με μικρότερα μήκη μηχανοστασίου και προσαυξημένους χώρους κυτών. Η επανεξέταση της «διάταξης των τεσσάρων στεγανών διαφραγμάτων», είχε σαν αποτέλεσμα να κριθεί μη ασφαλής και να αποσυρθεί με τη συνθήκη «Merchant Shipping Act» του 1862.

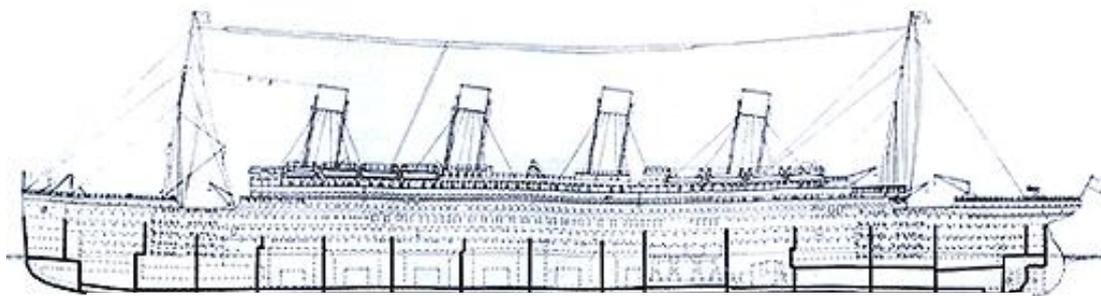
Το 1866 μετά την απώλεια του επιβατηγού London και μαζί μ' αυτό 233 ανθρώπων, εκδόθηκε Σύσταση απ' το Ινστιτούτο Ναυπηγών με την οποία προτεινόταν η εγκατάσταση εγκάρσιων και διαμήκων φραχτών. Προτεινόταν επίσης η χρήση διπυθμένων τόσο για ενίσχυση της αντοχής όσο και για περιορισμό πιθανής κατάκλυσης. Ο INA (Institute of Naval Architects) παρουσίασε μία ολοκληρωμένη πρόταση για την ενδυνάμωση της ασφάλειας, σύμφωνα με την οποία διατυπώθηκε για πρώτη φορά ο όρος «έξαλα» και η πλευστότητα κατόπιν βλάβης ενός ή δύο παρακείμενων διαμερισμάτων.

Μία νέα σειρά ατυχημάτων (120 χαλύβδινα ατμόπλοια την περίοδο 1881-1883) καθώς και οι πιέσεις των σχεδιαστών για τη θέσπιση κανόνων ασφαλείας, οδήγησαν στους πρώτους κανόνες για «επιτρεπόμενο ύψος εξάλων» και κατά συνέπεια στην

πρώτη εκδοχή του κανονισμού «Γραμμής Φόρτωσης», με σημαντικότερο σημείο τον καθορισμό του αριθμού των στεγανών διαφραγμάτων ως συνάρτηση του μήκους πλοίου. Οι απαιτήσεις της στεγανής υποδιαίρεσης, δηλαδή της «διάταξης των τεσσάρων διαφραγμάτων», και οι κανόνες «Γραμμής Φόρτωσης» ήταν τα πρώτα σχεδιαστικά μέτρα για την ασφάλεια έναντι βύθισης και αφορούσαν όλους τους τύπους εμπορικών πλοίων εκείνης της εποχής.

Το 1882 ο Βρετανικός Νηογνώμονας εισήγαγε κανονισμό για πλοία άνω των 85.4 μέτρων που απαιτούσε εγκατάσταση φρακτών *ανάλογα με το μήκος του πλοίου*. Το 1887 συστάθηκε ειδική επιτροπή από τη Βουλή των Κοινοτήτων της Μ. Βρετανίας και στην αναφορά της σημείωνε την ανάγκη κατάλληλης τοποθέτησης φρακτών που θα επιτρέπουν στο πλοίο να συνεχίζει να επιπλέει *για κάποιο χρονικό διάστημα μετά το ατύχημα*.

Το 1890 συστάθηκε νέα επιτροπή που έμεινε γνωστή σαν **First Bulkhead Committee** από το Βρετανικό Υπουργείο Εμπορίου (Board of Trade) για να βρει τον τρόπο πώς να υποδιαιρούνται τα πλοία έτσι ώστε να «επιβιώνουν» μετά από κατάκλυση δύο (προφανώς συνεχών) διαμερισμάτων, και επίσης, με τι διατάξεις το νερό θα μπορεί να περνάει απ' τη διαμήκη φρακτή έτσι ώστε να επιτυγχάνεται εξισορρόπηση και να αποφεύγεται ασύμμετρη κατάκλυση. Η Επιτροπή πρότεινε τελικά τα νέα κριτήρια να εφαρμοστούν σε πλοία άνω των 129.625m (425ft) και επίσης τα διαμερίσματα που χωρίζονται με διαμήκη φρακτή να λαμβάνονται σαν ένα εκτός αν μπορεί να αποδειχτεί ότι το στεγανό κατάστρωμα δεν βυθίζεται λόγω πλευρικής κατάκλυσης. Πρότεινε επίσης την εγκατάσταση βαλβίδων επικοινωνίας επί των διαμήκων φρακτών.

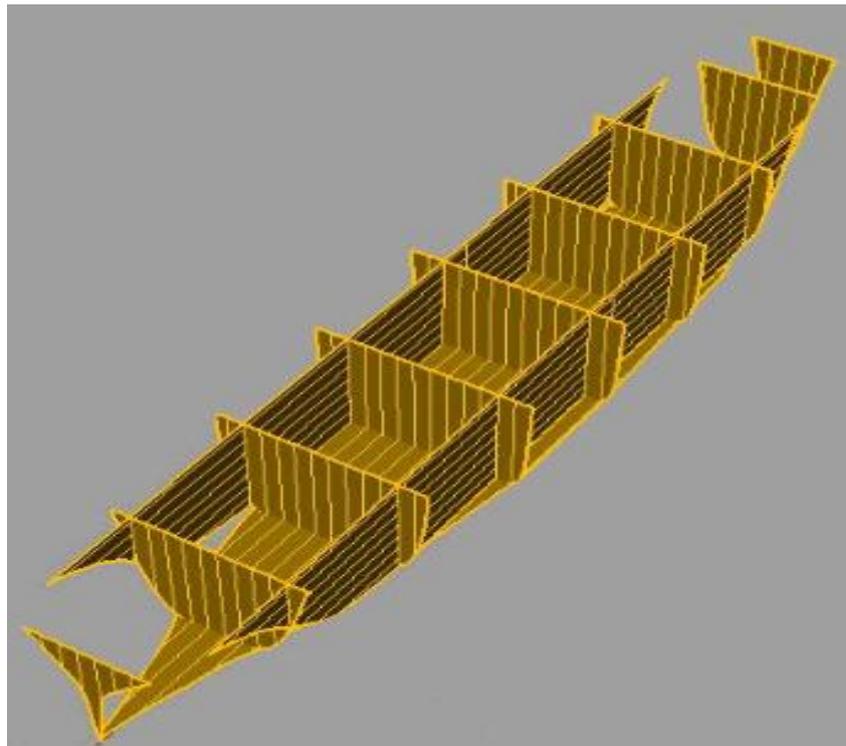


Εικόνα 6.2 Απεικόνιση των υδατοστεγών φρακτών του «Τιτανικός»

Μετά την απώλεια του Τιτανικού το 1912 συστάθηκε η δεύτερη Bulkhead Committee για να προσδιορίσει τι θα αποτελούσε ικανοποιητική υποδιαίρεση καθώς ποδείχθηκε ότι δεν αρκούσε η στεγανή υποδιαίρεση του πλοίου διαμήκως, αλλά έπρεπε η στεγανότητα να διασφαλίζεται και καθ' ύψος διαμέσου του καταστρώματος στεγανών φρακτών. Η Επιτροπή αυτή πρότεινε μέθοδο υπολογισμού των *κατακλυσίμων μηκών* (floodable lengths) και όρισε την ανώτατη γραμμή ορίου βύθισης (margin line) στα 76 εκατοστά (3 ίντσες) κάτω από το κατάστρωμα

στεγανών διαφραγμάτων (bulkhead deck) που είναι το κατάστρωμα στο οποίο απολήγουν, καθ' ύψος, οι εγκάρσιες φρακτές. Η άποψη που επικράτησε ήταν ότι η στεγανή υποδιαίρεση πρέπει να εξαρτάται απ' το μήκος του πλοίου και τον αριθμό των επιβατών. Αποφασίστηκε επίσης η αυστηρότητα των κανονισμών να μειώνεται σταδιακά καθώς μεταβαίνουμε από ένα κατά κύριο λόγο επιβατηγό πλοίο προς ένα φορτηγό, πράγμα που αντικατοπτρίζεται στην τιμή του λεγόμενου *κριτηρίου υπηρεσίας* (criterion of service). Με βάση το κριτήριο υπηρεσίας προσδιορίζεται η τιμή του λεγόμενου *συντελεστή υποδιαίρεσης* F (factor of subdivision). Πολλαπλασιάζοντας το συντελεστή υποδιαίρεσης επί το κατακλύσιμο μήκος προκύπτει το *επιτρεπτό μήκος* του διαμερίσματος (permissible length). Όμως τον τρόπο προσδιορισμού του κριτηρίου υπηρεσίας τον άφησε η Επιτροπή προς περαιτέρω μελέτη.

Το 1914 συμβαίνει ένα άλλο σημαντικό ατύχημα με πολύ μεγάλες απώλειες, αυτό του πλοίου Empress of Ireland. Το ατύχημα προήλθε από σύγκρουση η οποία μάλιστα οδήγησε σε ανατροπή. Το 1915 η Bulkhead Committee που είχε συσταθεί το 1912 έκανε πρόταση για τον υπολογισμό του κριτηρίου υπηρεσίας αλλά λόγω του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου δεν υπήρξε καμία περαιτέρω εξέλιξη.



Εικόνα 6.3 Απεικόνιση εγκάρσιων και διαμήκων φρακτών καθώς και διπυθμένου πλοίου

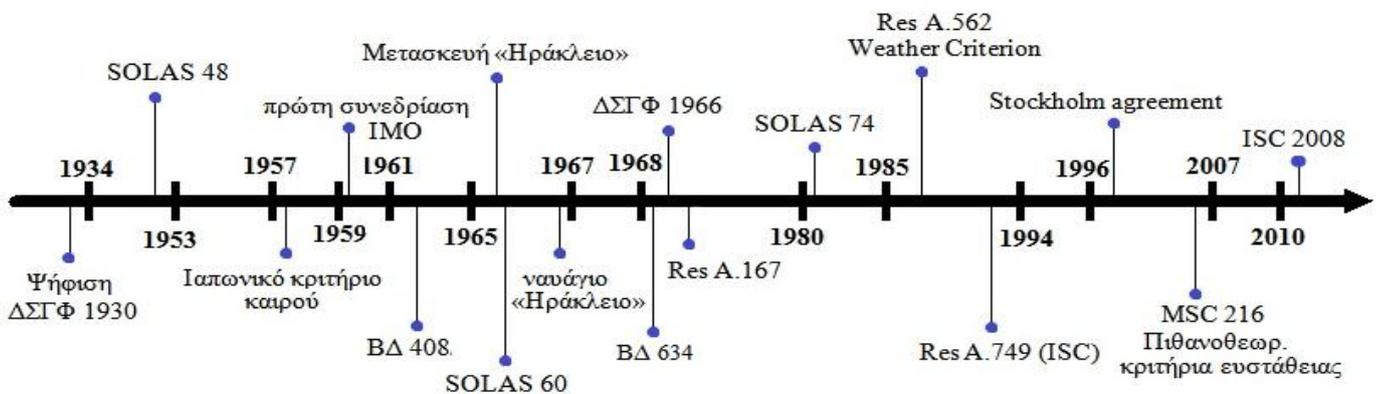
Μετά τον Πόλεμο άρχισε να ισχύει στη Μ. Βρετανία νομοθεσία που περιελάμβανε τον τρόπο υποδιαίρεσης. Η πρακτική εμπειρία οδήγησε στη διαπίστωση πως η απαίτηση για τα φορτηγά ήταν πολύ αυστηρή από οικονομική σκοπιά και αυτό έκανε τους πλοιοκτήτες να στρέφονται προς άλλους τύπους πλοίων. Έτσι, σε πρώτη φάση υιοθετήθηκαν κάποιες ελαφρύνσεις ενώ ξεκίνησε νέα μελέτη

ως προς το συντελεστή υποδιαίρεσης με βάση πιο ρεαλιστικό τρόπο υπολογισμού του κριτηρίου υπηρεσίας.

Το 1929 συγκλήθηκε νέα διεθνής διάσκεψη SOLAS όπου έχουμε πλέον τους πρώτους διεθνείς κανονισμούς για την υποδιαίρεση. Έκτοτε όροι όπως *κατακλύσιμο μήκος*, *επιτρεπόμενο μήκος*, *συντελεστής υποδιαίρεσης*, *κριτήριο υπηρεσίας* κλπ. χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της μεθόδου υποδιαίρεσης που έχει καθιερωθεί να ονομάζεται *factorial method* για να αποφασιστεί το πού θα τοποθετηθούν οι φρακτές. Πλοία με F μεταξύ 1.0 και 0.5 είναι “one compartment standard” δηλαδή αντέχουν κατάκλυση μόνο ενός στεγανού διαμερίσματος. Πλοία με F μεταξύ 0.33 και 0.5 είναι “two compartment standard” δηλαδή αντέχουν κατάκλυση μέχρι δύο συνεχόμενων διαμερισμάτων. Πλοία με F μεταξύ 0.33 και 0.25 είναι “three compartment standard” κλπ.

Στη Διάσκεψη του 1960 έγινε φανερό ότι η υποδιαίρεση ενός επιβατηγού πλοίου με βάση το συντελεστή στεγανής υποδιαίρεσης F , όπως είχε διατυπωθεί το 1913, δεν ανταποκρινόταν στην εξέλιξη της ναυπηγικής τεχνολογίας. Έτσι, ανατέθηκε στον IMCO να επανεξετάσει τις υπάρχουσες μέχρι τότε προδιαγραφές. Λίγο αργότερα, άρχισαν να συζητούνται κανόνες σχετικοί με την υδατοστεγή ακεραιότητα πάνω από τη γραμμή ορίου βύθισης, με στόχο την αποφυγή εισόδου νερού και κατά συνέπεια προοδευτικής κατάκλυσης χώρων πάνω από το κατάστρωμα στεγανών διαφραγμάτων.

Η ανατροπή του επιβατηγού/οχηματαγωγού “European Gateway” λόγω σύγκρουσης, το 1982 καθώς και του επιβατηγού/οχηματαγωγού “Herald of Free Enterprise” κατά την έξοδό του από το λιμάνι Zeebrugge, το 1987 επέβαλαν την αναγκαιότητα αυστηρότερων προδιαγραφών για την ευστάθεια κατόπιν βλάβης. Ειδικότερα, επισημάνθηκε η έλλειψη υδατοστεγούς υποδιαίρεσης πάνω από το κατάστρωμα στεγανών διαφραγμάτων σαν ιδιαίτερη αδυναμία των επιβατηγών/οχηματαγωγών πλοίων.



Διάγραμμα 6.3 χρονοδιάγραμμα όπου φαίνεται η εξέλιξη των κανονισμών ασφαλείας στο πέρασμα των χρόνων

6.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΑΣΦΛΕΙΑΣ: ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Μελετώντας κανείς τους κανονισμούς ασφαλείας σε βάθος χρόνου παρατηρεί πως εξελίσσονται διαλεκτικά με την κοινωνία. Στην ουσία σκοπός πάντα ήταν να λειτουργήσουν ως μέτρο πρόληψης για κάποιο πιθανό επόμενο ατύχημα αλλά ατύχημα ήταν πάντα και η αφορμή εξέλιξής τους. Στις μέρες μας που η επιστημονική προσέγγιση στο θέμα των κανονισμών ασφαλείας παρουσιάζει μια άνευ προηγουμένου ωριμότητα και οι απαιτήσεις της κοινωνίας για ολοένα πιο ασφαλείς θαλάσσιες μεταφορές είναι έντονες, το επόμενο βήμα θα ήταν για πρώτη φορά να προχωρήσει η παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα σε θέσπιση proactive (και όχι reactive) κανονισμών για να μπορέσουμε επιτέλους να πούμε πως μάθαμε από τα λάθη μας και δεν χρειάζονται νέα λάθη για να προχωρήσουμε τη γνώση μας παραπέρα.

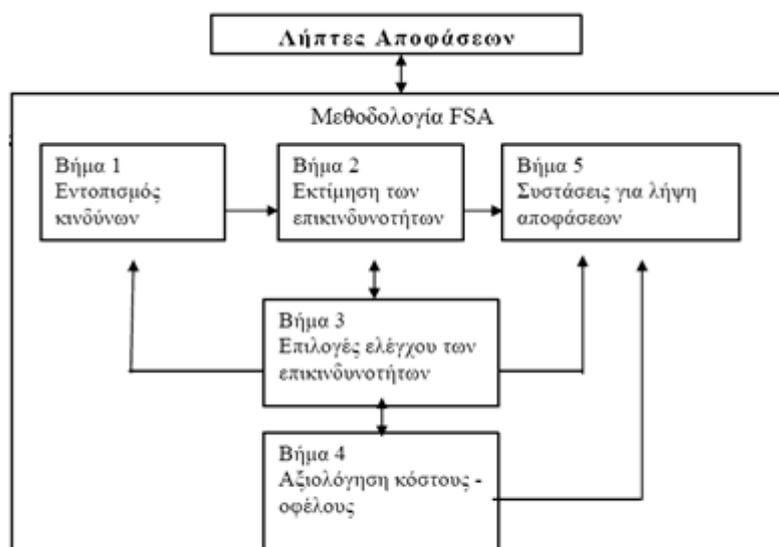
Αναμφισβήτητα στις μέρες μας έχει επιτευχθεί ένα πολύ υψηλό επίπεδο ασφαλείας από το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο όμως η εξέλιξη των κανονισμών είναι διαρκής και δεν υπάρχει χώρος για εφησυχασμό. Ο κ. Kallas (αντιπρόεδρος της ευρωπαϊκής επιτροπής και επίτροπος μεταφορών) ανακοίνωσε πρόσφατα ότι η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υποστηρίζει σθεναρά την επανεξέταση των κανόνων ασφαλείας σε επίπεδο Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) ώστε να εξασφαλισθούν για τους ευρωπαίους πολίτες τα μέγιστα πρότυπα ασφαλείας ανεξάρτητα από το σημείο στο οποίο θα επιβιβάζονται σε ένα επιβατηγό πλοίο. Μετά το ατύχημα του Costa Concordia ο IMO ανακοίνωσε ότι θα εξετάσει τα ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια των επιβατηγών πλοίων στη συνεδρίαση της Επιτροπής για τη Θαλάσσια Ασφάλεια (Maritime Safety Committee-MSC) η οποία είναι προγραμματισμένη να πραγματοποιηθεί το διάστημα 16-25 Μαΐου του τρέχοντος έτους (2012). Επίσης ο αντιπρόεδρος ανακοίνωσε ότι θέματα σχεδιασμού και λειτουργίας των πλοίων εξετάζονται ήδη από το 2010 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή έτσι ώστε το νέο πλαίσιο να λαμβάνει υπόψη όλες τις τελευταίες εξελίξεις.

Παρ' όλη την προσπάθεια που ο οργανισμός έχει καταβάλει, είναι ευρέως διαδεδομένη η αντίληψη μεταξύ των εταίρων της ναυτιλιακής βιομηχανίας ότι η προσέγγιση που έχει υιοθετηθεί από τον IMO μέχρι στιγμής, από πλευράς αποτελεσμάτων έχει κατά κάποιο τρόπο φτάσει στα όριά της. Συγκεκριμένα οι υποστηρικτές αυτής της κριτικής επισημαίνουν ότι τα προβλήματα της ασφάλειας των ναυτιλιακών μεταφορών φαίνεται ότι δεν είναι τεχνικά αλλά κυρίως οικονομικά. Για το λόγο αυτό το υφιστάμενο μοντέλο αντιμετώπισης των θεμάτων ασφαλείας αποδεικνύεται ότι λειτουργεί σα φαύλος κύκλος. Η κανονιστική προσέγγιση που έχει υιοθετηθεί μέχρι σήμερα έχει δείξει ότι όλα τα διοικητικά μέτρα που έχουν ληφθεί στόχευαν και στοχεύουν περισσότερο προς τα συμπτώματα των προβλημάτων και λιγότερο προς τις βαθύτερες αιτίες τους οι οποίες στη ρίζα τους φαίνεται ότι είναι οικονομικές. Η ναυτιλιακή αγορά παρουσιάζει έντονη κυκλικότητα στη διαμόρφωση των ναύλων της, έτσι παρ' όλο που είναι μια ανταγωνιστική αγορά, παρουσιάζει σημαντικές ατέλειες στη διατήρηση της ποιότητάς της με συνέπεια να απαιτείται

μέθοδος παρέμβασης. Ακόμα και ο ISM Code που εισήχθη τα τελευταία χρόνια φαίνεται ότι και πάλι δε δίνει ολοκληρωτική λύση με συνέπεια να πρέπει να βελτιωθεί από μεθόδους όπως η FSA (formal safety assessment) και η HRA (human reliability analysis).

Ενδεχομένως λοιπόν μέσα από διαδικασίες FSA, μια προσπάθεια που ήδη έχει ξεκινήσει ο IMO, με συστηματικό προσδιορισμό «κινδύνων» και αντίστοιχο υπολογισμό «διακινδύνευσης» ανά τύπο πλοίου να έρθει η επόμενη αλλαγή στους κανονισμούς στο μέλλον. Η έννοια του ρίσκου, η ποσοτικοποίηση της ασφάλειας και τελικά ο καθορισμός του αποδεκτού επιπέδου διακινδύνευσης που θα λαμβάνει υπ' όψιν του συν τοις άλλοις και κοινωνικά κριτήρια όπως πχ ένας αποδεκτός αριθμός θυμάτων από ναυτικά ατυχήματα ανά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, βρίσκονται στο τραπέζι για την επίτευξη μιας ολοένα και πιο αποδεκτής λύσης σχετικά με την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα.

Η FSA είναι μια λογική και συστηματική διαδικασία για την αξιολόγηση των επικινδυνοτήτων που σχετίζονται με τη ναυτιλιακή δραστηριότητα σε ότι αφορά την αξιολόγηση του κόστους και των ωφελειών που απορρέουν από την προσπάθεια μείωσης αυτών των επικινδυνοτήτων. Το σημαντικότερο όφελος είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα εργαλείο για να βοηθήσει στην εκτίμηση των νέων κανονισμών ασφάλειας ή να κάνει σύγκριση μεταξύ υφισταμένων και νέων πιθανά βελτιωμένων κανονισμών, από την οπτική της επίτευξης ισορροπίας μεταξύ των διαφόρων τεχνικών και λειτουργικών θεμάτων, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπινου και αφετέρου στα ατομικά μέρη που ενδέχεται να επηρεάζονται από τη συγκεκριμένη απόφαση. Έτσι η FSA θα διευκολύνει την ανάπτυξη των κανονιστικών αλλαγών ισότιμα μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων μερών, βοηθώντας κατ' αυτόν τον τρόπο στην επίτευξη συμφωνίας.



Διάγραμμα 6.4 Τα βήματα της μεθόδου FSA

Όσον αφορά την προσπάθεια που γίνεται στην Ελλάδα να μάθουμε από τα λάθη μας και να προχωρήσουμε τη γνώση μας ένα βήμα παραπέρα αισιόδοξη προοπτική ανοίγει η πρόσφατη δημοσίευση νόμου (4033 ΦΕΚ Α264 22/11/2011) που ορίζει την δημιουργία «Επιτροπής Διερεύνησης Ναυτικών Ατυχημάτων». Έτσι έρχεται επιτέλους να καλυφθεί ένα κενό, ανεπίτρεπτο για ένα κράτος που διαθέτει μια από τις μεγαλύτερες ναυτιλίες του κόσμου. Είναι αναγκαίο τα πορίσματα να μπορούν να αξιολογούνται και να χρησιμεύουν ως οδηγός για την βελτίωση της ασφαλείας των πλοίων σε όλους τους εμπλεκόμενους τομείς. Η διερεύνηση της πρωτογενούς αιτίας ενός ναυτικού ατυχήματος είναι σημαντική και μπορεί να αποβεί καταλυτική έτσι ώστε «Τα παθήματα να γίνονται μαθήματα προς αποφυγή».

Πέρα από αυτό και η επιστημονική κοινότητα της χώρας συμμετέχει ενεργά στην πρόσφατη προσπάθεια της ΕΕ για αναθεώρηση των κανονισμών ασφαλείας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα έχει να εξετάσει κανείς την επίδραση που θα έχουν τα πιθανά αποτελέσματα από τα τρία πρόσφατα ερευνητικά έργα της ΕΕ, στα οποία συμμετέχει το Εργαστήριο Μελέτης Πλοίου του ΕΜΠ (στο πρώτο εξ αυτών ως συντονιστής) στη λήψη των απαραίτητων αποφάσεων αναμόρφωσης των ισχυουσών διατάξεων για την επίτευξη υψηλού επιπέδου βιωσιμότητας Ε/Γ πλοίων μετά από βλάβη.

1.GOALDS (Goal based Damage Stability), διάρκειας 2009-2012 (το Σεπτέμβριο του 2012 στο συνέδριο STAB2012 παρουσιάστηκαν τα πρώτα αποτελέσματα του προγράμματος) με τους εξής στόχους:

- Ανάπτυξη μιας βελτιωμένης διατύπωσης για τον υπολογισμό του δείκτη επιβιωσιμότητας «s» που θα λαμβάνει υπ' όψιν βασικές σχεδιαστικές παραμέτρους καθώς και τη χρονική εξέλιξη της διαδικασίας κατάκλυσης
- Ανάπτυξη μιας νέας μεθοδολογίας αξιολόγησης της ευστάθειας πλοίων μετά από βλάβη που θα περιλαμβάνει τόσο πλευρικές βλάβες λόγω σύγκρουσης με άλλο πλοίο όσο και βλάβες στον πυθμένα λόγω προσάραξης
- Επαλήθευση της νέας μεθοδολογίας μέσω πειραμάτων και αριθμητικών υπολογισμών
- Διατύπωση νέων απαιτήσεων ευστάθειας μετά από βλάβη με εφαρμογή μεθόδων ανάλυσης κινδύνου επικινδυνότητας (risk based)
- Διερεύνηση των επιπτώσεων της νέας μεθοδολογίας αξιολόγησης πλοίων μετά από βλάβη με την εκπόνηση μιας σειράς νέων σχεδιάσεων πλοίων
- Υποβολή σχετικής πρότασης αναθεώρησης των κανονισμών στον IMO

2.FLOODSTAND, διάρκειας 2009-2012 με τους εξής στόχους:

- Ανάπτυξη κατευθυντήριων οδηγιών για τη χρήση των εργαλείων προσομοίωσης της κατάκλυσης προκειμένου να αυξηθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων τους

- Εκτέλεση πειραματικών και αναλυτικών υπολογιστικών μελετών σχετικά με τη διαρροή και την κατάρρευση των μη υδατοστεγών κατασκευών προκειμένου να παρθούν νέα δεδομένα
- Εκτέλεση ικανού αριθμού πρωτοποριακών δοκιμών με πρότυπα και χρήση προηγμένων αριθμητικών μεθόδων για αξιολόγηση των απωλειών πίεσης στα διάφορα ανοίγματα και στους αγωγούς προκειμένου να παραχθούν νέα στοιχεία και η απαιτούμενη γνώση για την επίτευξη του κύριου στόχου
- Εκτέλεση ικανού αριθμού πρωτοποριακών δοκιμών με πρότυπα για την απόκτηση περαιτέρω κατανόησης των φαινομένων ροής του νερού κατάκλυσης γύρω και μέσα από χαρακτηριστικές διατάξεις καμπινών που βρίσκονται στα χαμηλότερα καταστρώματα καθώς επίσης και για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων των προγραμμάτων προσομοίωσης κατάκλυσης προκειμένου να επιτευχθεί ο κύριος στόχος του προγράμματος
- Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δυναμικών κινήσεων ενός μεγάλου επιβατηγού πλοίου σε κατάσταση βλάβης υπό την επίδραση θαλάσσιων κυματισμών προκειμένου να αποκτηθεί μια περαιτέρω κατανόηση της ακρίβειας των εργαλείων προσομοίωσης της κατάκλυσης σε μεταβολές των δεδομένων εισόδου (συντελεστές εκροής, κρίσιμα ύψη πίεσης και άλλα)
- Ανάλυση των δεδομένων που λαμβάνονται από τα συστήματα ελέγχου του επιπέδου κατάκλυσης και τις δυνατότητες χρήσης τους από τα προγράμματα προσομοίωσης. Θα μελετηθεί επίσης η επίδραση των διορθωτικών ενεργειών που μπορεί να ενσωματωθεί στα υπολογιστικά εργαλεία έτσι ώστε να προωθηθεί η ανάπτυξη εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων επί του πλοίου για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων
- Ανάπτυξη νέων σχεδίων στο πλαίσιο των υπάρχοντων κανονισμών βάσει των κατευθυντήριων οδηγιών και των αποτελεσμάτων των πειραματικών και υπολογιστικών μελετών.

3.EMSA διάρκειας 2010-2011:

Το έργο έχει στόχο την ανάπτυξη και παροχή των απαραίτητων τεχνικών στοιχείων για τη σύνταξη προτάσεων και οδηγιών από την επιτροπή ασφαλείας της ναυσιπλοΐας της ΕΕ για την προσαρμογή των απαιτήσεων της συνθήκης της Στοκχόλμης (ενδεχόμενη εισροή νερού στο κατάστρωμα οχημάτων) στον κανονισμό της SOLAS 2009 για τη ευστάθεια κατόπιν βλάβης ΕΓ ΟΓ πλοίων.

Συνοψίζοντας για την παρούσα κατάσταση μπορούμε να πούμε πως κερδίζει ολοένα έδαφος η άποψη πως τα διεθνή σώματα που δημιουργήθηκαν για να επιβάλλουν βιομηχανικά πρότυπα και κανονισμούς ασφάλειας –όπως ο ΙΜΟ και ο ΠΟ- δεν πέτυχαν αρκετά στο να ικανοποιήσουν αυτούς τους στόχους. Αυτό δεν πρέπει να μας εκπλήσσει καθόσον οι κανονισμοί δεν μπορούν να θέσουν τη βάση ποιότητας χωρίς υδατοστεγή επιβολή τη στιγμή που είναι δυνατόν να αποκτώνται οικονομικά πλεονεκτήματα από τη μη-συμμόρφωση. Η αποτελεσματική επιβολή δεν

επιτεύχθηκε για δεκαετίες εξαιτίας των αντικρουόμενων συμφερόντων των κρατών μελών. Παρόλο ότι τα μέτρα διασφάλισαν σε μεγάλο βαθμό μια περαιτέρω πτώση της ποιότητας του στόλου, η παρούσα κατάσταση ασφάλειας της ναυτιλιακής βιομηχανίας παραμένει προβληματική. Το κυριότερο πρόβλημα της υποβαθμισμένης ναυτιλίας δεν βρίσκεται στο ότι κάποια πλοία δεν συμμορφώνονται με τους κανονισμούς ασφάλειας, αλλά περισσότερο εντοπίζεται στη διαθεσιμότητα οικονομικών πλεονεκτημάτων που αποκτώνται από τη μη-συμμόρφωση. Οι κανόνες του IMO και του ILO δεν κατευθύνονται προς αυτές τις οικονομικές ρίζες του προβλήματος, αλλά απλά κατευθύνονται στα αποτελέσματα που πηγάζουν από το περιβάλλον και τα συμπτώματά τους.

6.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΕΓ/ΟΓ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»

6.4.1 ΓΡΑΜΜΗ ΦΟΡΤΩΣΗΣ

Κατά τον 18^ο αιώνα ο Samouel Plimsoll, μέλος του Βρετανικού Κοινοβουλίου, αγωνίσθηκε για την έκδοση σχετικού ναυτικού νόμου περί καθορισμού κάποιας ενδεικτικής γραμμής μεγίστου φόρτου στα πλοία, καθόσον μέχρι τότε τα περισσότερα ναυάγια αποδίδονταν στη μη ύπαρξη τέτοιου ορίου κατά τη φόρτωσή τους. Η αποφυγή εισόδου ύδατος μέσα στο πλοίο, η επαρκής εφεδρική άντωση, η προστασία του πληρώματος, η επαρκής αντοχή της μεταλλικής κατασκευής και το επιτρεπόμενο όριο διαβροχής κύριου καταστρώματος διασφαλίζονται ως ένα βαθμό όταν τηρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις που αποκαλούνται και «όροι χορήγησης γραμμή φόρτωσης». Οι προϋποθέσεις αυτές πρέπει να ισχύουν όχι μόνο κατά τη χρονική στιγμή της χορήγησης του σχετικού πιστοποιητικού, οπότε χαράσσεται στο πλοίο το ανώτατο επιτρεπόμενο βύθισμα, αλλά και μεταγενέστερα σε όλη τη διάρκεια της ζωής του πλοίου.

Η εξασφάλιση επαρκούς πλευστότητας μέσω της οριοθέτησης του ελάχιστου επιτρεπόμενου ύψους εξάλων την εποχή του «Ηράκλειο» απαιτούνταν βάσει της Διεθνούς Σύμβασης Γραμμής Φόρτωσης του 1930 που στην Ελλάδα είχε επικυρωθεί από το νόμο 5848/13.10.33 ΦΕΚ Α' 319/21.10.30 για πλοία διεθνών πλόων. Η εφαρμογή της σύμβασης επεκτάθηκε και στα επιβατηγά εσωτερικών πλόων με το ΦΕΚ Β' 199/18.7.58. Παρακάτω παραθέτουμε αναλυτικό πίνακα με όλες τις διορθώσεις για τον υπολογισμό του ύψους εξάλων του «Ηράκλειο» τόσο σύμφωνα με τη Σύμβαση του 1930 αλλά και με αυτή του 1966. Τους αναλυτικούς υπολογισμούς μπορεί να βρει κανείς στο παράρτημα ΣΤ.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ	ΔΣΓΦ 1930		ΔΣΓΦ 1966	
	θύρες car deck στεγανές (watertight)	θύρες car deck μη στεγανές (non - watertight)	θύρες car deck στεγανές (watertight)	θύρες car deck μη στεγανές (non - watertight)
ΒΑΣΙΚΟ ΥΨΟΣ ΕΞΑΛΩΝ	2370	2370	2174.1	2174.1
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΙΑ ΠΛΟΙΑ ΚΑΤΩ ΤΩΝ 100Μ	-	-	0	0
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΓΑΣΤΡΑΣ	0	0	0	0
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΙΑ ΠΛΕΥΡΙΚΟ ΥΨΟΣ	-	-	-1047.3	0
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΙΑ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	-1067	-523.5	-1070.0	-139.1
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΙΑ ΣΙΜΟΤΗΤΑ	59.7	105.3	23.6	61.2
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΙΑ ΚΥΡΤΩΜΑ ΖΥΓΟΥ	0	15.6	-	-
ΥΨΟΣ ΕΞΑΛΩΝ	1362.7	1967.4	80.4	2096.2
ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΥΘΙΣΜΑ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟ ΓΦ	3998.3	3393.6	5280.4	3264.8
ΒΥΘΙΣΜΑ ΜΕ ΠΛΗΡΕΣ ΦΟΡΤΙΟ	4690	4690	4690	4690
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	NOT OK	NOT OK	OK	NOT OK

*οι τιμές είναι σε χιλιοστά (mm)

Πίνακας 6.2 Συνοπτικός υπολογισμός ύψους εξάλων

6.4.2 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΣΕ ΑΘΙΚΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Είναι γεγονός πως η ευστάθεια του πλοίου σε άθικτη κατάσταση άργησε κατά κάποιο τρόπο να ενταχθεί στα πλαίσια των κανονισμών που καθορίζουν την ασφάλεια ενός πλοίου. Η ανάγκη να υπάρξουν σχετικοί διεθνείς κανονισμοί, επίσημα διατυπώνεται για πρώτη φορά στο παράρτημα D της SOLAS 48 ως αντικείμενο για μελλοντική μελέτη και έρευνα. Απόρροια αυτής της μελέτης ήταν το **1968** η θέσπιση των General Stability Criteria που ήταν βασισμένα σε χαρακτηριστικά μεγέθη του μοχλοβραχίονα επαναφοράς και παρουσιάζονται στο **Resolution A.167** του IMCO (μετέπειτα IMO).

Θυμίζουμε πως η μετασκευή του «Ηράκλειο» διήρκησε από τις αρχές του Μαρτίου έως τις αρχές του Ιουνίου του 1965. Τη χρονική αυτή στιγμή λοιπόν τα πλοία που κατασκευάζονταν ήταν αρκετό να συμμορφώνονται με τη SOLAS 48 που είχε τεθεί σε ισχύ ήδη από 19/11/1952 και ειδικότερα στην Ελλάδα και με το ΒΔ 408/1961 (σε ισχύ από 3/9/1961). Στη συνέχεια θα επιχειρήσουμε να εξετάσουμε το κατά πόσον το «Ηράκλειο» ήταν συμβατό με τους κανονισμούς ευστάθειας άθικτης κατάστασης από το ΒΔ 408 μέχρι σήμερα καθώς στη Σύμβαση του 48 δεν περιλαμβάνονται κανονισμοί για την ευστάθεια σε άθικτη κατάσταση.

- **SOLAS 48**

Δεν προβλέπεται κάτι σχετικό με κανονισμούς ευστάθειας άθικτης κατάστασης

- **ΒΔ 408/1961**

Στο διάταγμα αυτό εξετάζεται η «δυσμενής κατάσταση φόρτου» κατά την οποία το πλοίο μεταφέρει το μέγιστο αριθμό επιβατών κατανεμημένων στα ανώτερα καταστρώματα ώστε να προκαλούν τη δυσμενέστερη επίδραση όσον αφορά την ευστάθεια, τα καύσιμα, το τροφοδοτικό και πόσιμο νερό καθώς και τα εφόδια του πλοίου βρίσκονται στο 25% του πλήρους βάρους τους, ενώ στο πλοίο δεν υπάρχει φορτίο. Αναφέρεται λοιπόν χαρακτηριστικά πως:

«...ως τεκμήριο καλής ευστάθειας επιβατικού πλοίου θεωρείται η γωνία κλίσεως 12° για τη θερινή περίοδο και 10° για τη χειμερινή για δυσμενή κατάσταση φόρτου...»

Στο συγκεκριμένο διάταγμα στον ορισμό της δυσμενούς κατάστασης φόρτου δεν αναφέρεται πουθενά η τοποθέτηση έρματος σε περίπτωση μη ικανοποιητικής ευστάθειας. Από την άλλη όμως ούτε και απαγορεύεται από κάποια διάταξη. Έτσι λοιπόν αφού δοκιμάσαμε αρχικά τη δυσμενή κατάσταση φόρτου όπως ακριβώς περιγράφεται και είδαμε ότι το πλοίο δεν πληροί τα απαιτούμενα κριτήρια παρατηρήσαμε ότι η κατάσταση φόρτωσης που περιγράφεται στο παράρτημα Z κρίνεται ικανοποιητική.

Το κριτήριο των 12ο για καλοκαίρι και 10ο για χειμώνα καλύπτεται καθώς όπως προκύπτει:

	Καλοκαίρι	Χειμώνας
Heel to starboard (deg)	6.62°	5.12°
Critical value	12°	10°
	OK	OK

Πίνακας 6.3 Γωνία κλίσης λόγω συγκέντρωσης επιβατών στη μία πλευρά του πλοίου

• **ΒΔ 634/1968**

Σύμφωνα με το διάταγμα αυτό το «Ηράκλειο» είναι πλοίο κατηγορίας III, δηλαδή πλοίο ακτοπλοΐας και εξετάζονται δύο καταστάσεις φόρτωσης:

1.Το πλοίο μεταφέρει το μέγιστο αριθμό επιβατών κατανεμημένων στα ανώτερα καταστρώματα προκαλώντας τη δυσμενέστερη επίδραση. Τα καύσιμα, το τροφοδοτικό και πόσιμο νερό καθώς και τα εφόδια του πλοίου θα βρίσκονται στο 25% του πλήρους βάρους τους. Στο πλοίο δε θα υπάρχει φορτίο.

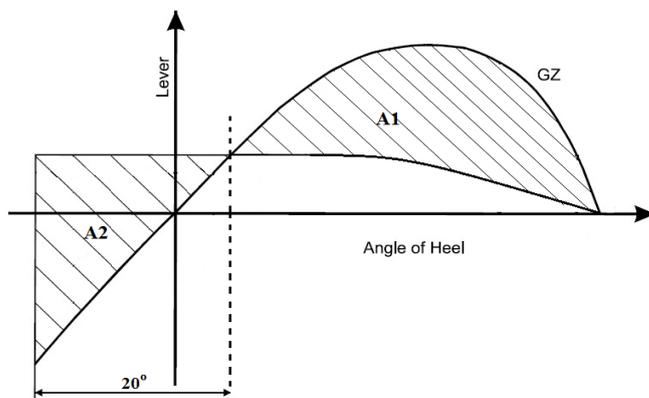
2.Όμοια με πριν αλλά το πλοίο είναι πλήρες φορτίου με καύσιμα, νερό, εφόδια κτλ στο 100%

Τα κριτήρια που καλείται να ικανοποιήσει το «Ηράκλειο» είναι τα εξής:

a)Γωνία κλίσης λόγω επιβατών μικρότερη από 10° ή $0.8\theta_F = 4.28^\circ$ (εφθ_F = ύψος εξάλων/ημιπλάτος = (5.349-4.493)/9.144 => $\theta_F = 5.35^\circ$)

b)Ο μοχλοβραχίονας της ροπής κλίσης λόγω ανέμου στο σημείο τομής των καμπυλών των μοχλοβραχιόνων να είναι μικρότερος από $0.6GZ_{max}$

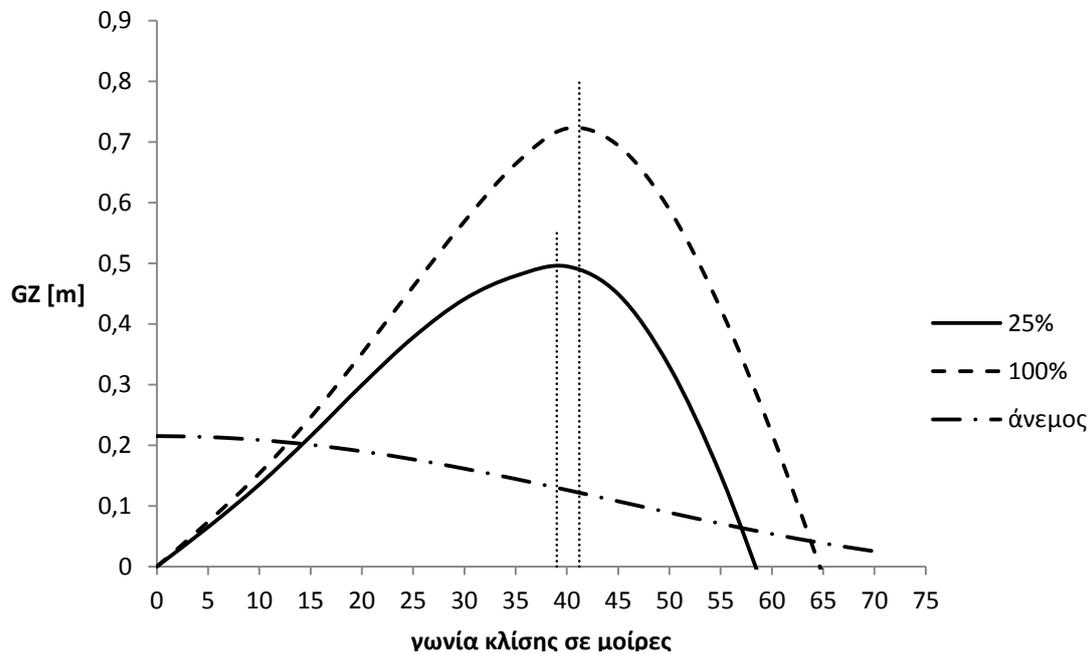
c)Το εμβαδόν A1 μεγαλύτερο κατά 40% του εμβαδού A2



Διάγραμμα 6.5 Κριτήρια ευστάθειας ΒΔ 634/1968

d)Γωνία για $GZ_{max} > 30^\circ$ και γωνία για $GZ=0 > 60^\circ$

Η καμπύλη του μοχλοβραχίονα επαναφοράς που προκύπτει είναι η ακόλουθη:



Διάγραμμα 6.6 Οι καμπύλες GZ-φ που προκύπτουν για τις δύο καταστάσεις που προδιαγράφουν οι κανονισμοί καθώς επίσης και η καμπύλη της ροπής λόγω ανέμου

Από την παραπάνω καμπύλη και από τα αποτελέσματα του προγράμματος (παράρτημα Π7.2) καταλήγουμε στα παρακάτω:

A) Γωνία λόγω επιβατών: $7.95^\circ > 4.28^\circ \Rightarrow$ NOT OK

B) $0.6GZ_{\max 25\%} \simeq 0.3 \Rightarrow$ OK

Γ)

Κατάσταση φόρτωσης	A1	A2	Μεγαλύτερο κατά:	
25%	10.03	3.04	463%	OK
100%	18.35	3.26	230%	OK

Πίνακας 6.4 Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίου κλίσης λόγω ανέμου και κυματισμού

Δ)

Κατάσταση φόρτωσης	Γωνία μέγιστου GZ	Cr. value		Γωνία μηδενισμού GZ	Cr. Value	
25%	~39°	30°	OK	58.5°	60°	NOT OK
100%	~41°	30°	OK	65°	60°	OK

Πίνακας 6.5 Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίου μέγιστου μοχλοβραχίονα και μηδενισμού του

- **ΒΔ 740/1969**

Όμοια με το προηγούμενο διάταγμα

- **Res. A.167 1968**

Στον κανονισμό αυτό αναφέρονται ουσιαστικά δύο ομάδες κριτηρίων:

A)

Κριτήρια βασισμένα στην καμπύλη του μοχλοβραχίονα επαναφοράς

B)

Γωνία από συγκέντρωση επιβατών στη μια πλευρά $< 10^\circ$

Γωνία λόγω στροφής $< 10^\circ$

Ο συγκεκριμένος κανονισμός αφορά φορτηγά και επιβατηγά πλοία κάτω από 100m και προβλέπει τουλάχιστον τέσσερις καταστάσεις φόρτωσης για τις οποίες πρέπει να ικανοποιούνται τα κριτήρια ευστάθειας. Για ένα επιβατηγό πλοίο λοιπόν οι καμπύλες ευστάθειας πρέπει να χαραχθούν για τις τέσσερις (4) παρακάτω καταστάσεις φόρτωσης:

- Πλήρης φόρτος με 100% εφόδια, καύσιμα, φορτίο και επιβάτες μαζί με τις αποσκευές (full load departure)
- Πλήρης φόρτος με 100% φορτίο και επιβάτες μαζί με τις αποσκευές αλλά 10% εφόδια, καύσιμα (full load arrival)
- Άφορτο πλοίο αλλά με 100% εφόδια, καύσιμα και επιβάτες μαζί με τις αποσκευές
- Άφορτο πλοίο αλλά με 100% επιβάτες μαζί με τις αποσκευές και 10% εφόδια, καύσιμα

Τα κριτήρια αυτά εμπεριέχονται και στο μεταγενέστερο Res. A.749 με μια μικρή αλλαγή στη γωνία για την οποία παρουσιάζεται το μέγιστο GZ (“...at an angle of heel preferably exceeding 30° but not less than 25° ...”) και η ικανοποίησή τους θα εξεταστεί παρακάτω.

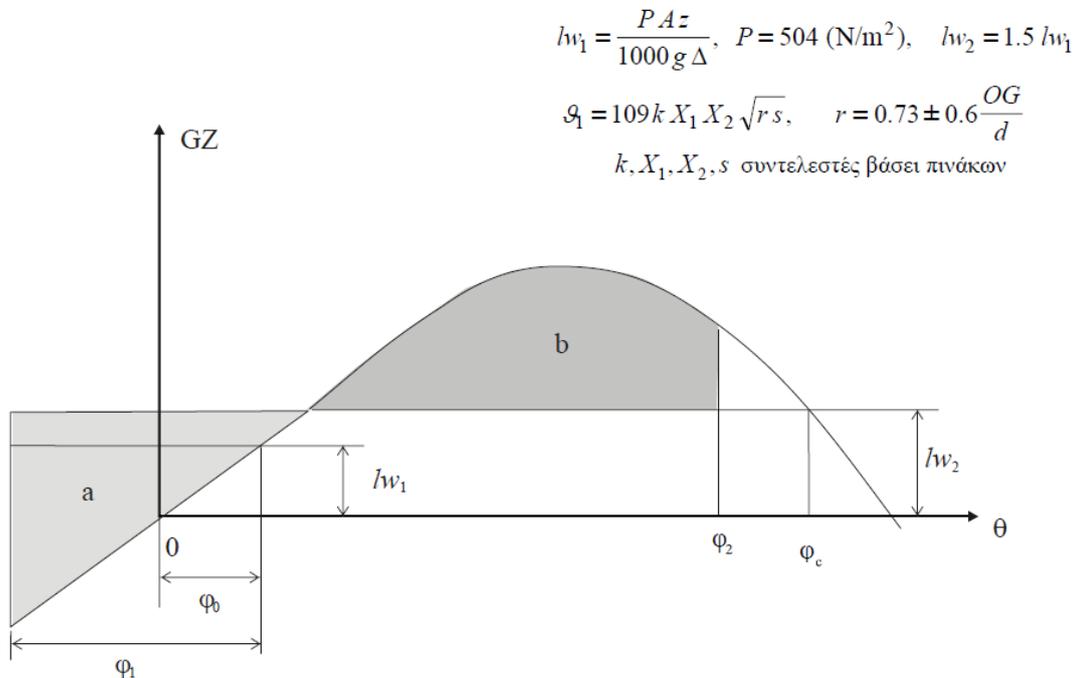
• **Res. A.562 1985 (weather criterion)**

Το κριτήριο αυτό προέκυψε από τον συγκερασμό βασικών αρχών του ιαπωνικού κριτηρίου (1957) και αυτού που θεώρησε η Ρωσία το 1982, κυρίως σε ό, τι αφορά το πλάτος διατοιχισμού και το συντελεστή απόσβεσης λόγω παρατροπιδίων και τρόπιδας. Σύμφωνα λοιπόν με τα όσα ορίζονται στο κριτήριο καιρού:

i) Το πλοίο υπόκειται σε πλάγιο άνεμο σταθερής έντασης που αντιστοιχεί σε μοχλοβραχίονα lw_1

ii) Από τη θέση ισορροπίας φ_0 το πλοίο εκτελεί ελεύθερα κίνηση διατοιχισμού υπό την επίδραση πλευρικού κύματος σε μια νέα γωνία κλίσης φ_1 , προσήνεμα

iii) Δέχεται ριπή ανέμου που αντιστοιχεί σε μοχλοβραχίονα lw_2



Διάγραμμα 6.7 Καμπύλη μοχλοβραχίονα επαναφοράς όπου φαίνονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη για το κριτήριο καιρού

Για να θεωρηθεί ότι ένα πλοίο ικανοποιεί το κριτήριο καιρού πρέπει να ισχύουν τα κάτωθι:

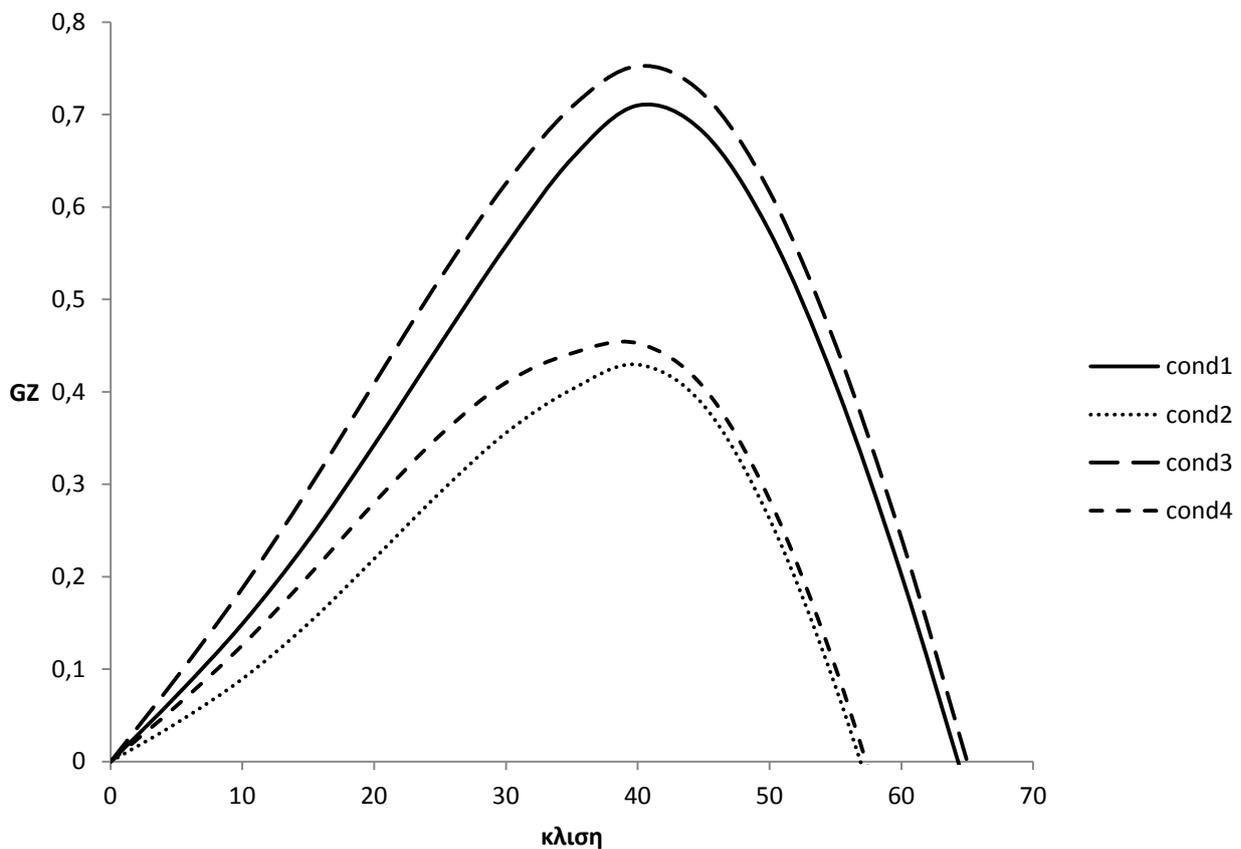
1. Το εμβαδόν της επιφάνειας b να είναι μεγαλύτερο από της επιφάνειας a
2. Η γωνία κλίσης φ_0 (steady state angle) να είναι μικρότερη από 16° ή από το 80% της γωνία βύθισης καταστρώματος

Το κατά πόσον το «Ηράκλειο» ικανοποιεί τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης διάταξης θα εξεταστεί παρακάτω στο Res. A.749

• **Res. A.749 1993**

Ο κανονισμός A.749 αποτελεί στην ουσία μια ενοποίηση των σχετικών με την ευστάθεια σε άθικτη κατάσταση κανονισμών στο γνωστό ISC (Intact Stability Code). Από τη μία μεριά έχουμε τα κριτήρια του A.167 με μια μικρή αλλαγή στη γωνία για την οποία παρουσιάζεται το μέγιστο GZ και από την άλλη το κριτήριο καιρού A.562. Επιπρόσθετα μπαίνουν και άλλες διατάξεις σχετικά με operational procedures οι οποίες όμως δεν αφορούν τις ικανότητες ευστάθειας του πλοίου.

Στις επόμενες σελίδες παραθέτουμε τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τις τέσσερις καταστάσεις φόρτωσης που αναφέραμε προηγουμένως θεωρώντας τους επιβάτες να βρίσκονται στους προοριζόμενους για αυτούς χώρους.



Διάγραμμα 6.8 Συγκεντρωτικά οι τέσσερις καμπύλες του μοχλοβραχίονα επαναφοράς για τις τέσσερις καταστάσεις φόρτωσης που προδιαγράφει ο κανονισμός A.749

Κατάσταση 1 (100% φορτίο, 100% εφόδια)

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.134	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.113	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.246	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	0.796	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.558	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	40.869	30.000

Πίνακας 6.6 Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων κανονισμού A.749 για full load departure

Property	Value	Units
Length WL	147.554	metres
Profile area above WL	2067.925	sq.metres
Area to leeward (Area b)	0.20656	m-radians
Area to windward (Area a)	0.02550	m-radians
GZc	0.208	metres
Gust angle	13.374	degrees
Rollback angle	18.232	degrees
Steady state angle	9.380	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees
B/d'	3.900	
X1	0.800	
Cb	0.611	
Ar	0.000	
K	1.000	
Og	3.040	metres
r	1.119	
T	16.372	seconds

Πίνακας 6.7 Μεγέθη για κριτήριο καιρού για full load departure

Κατάσταση 2 (100% φορτίο, 10% εφόδια)

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.084	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.070	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.154	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	0.454	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.356	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	40.201	30.000

Πίνακας 6.8 Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων κανονισμού A.749 για full load arrival

Property	Value	Units
Length WL	147.554	metres
Profile area above WL	2100.129	sq.metres
Area to leeward (Area b)	0.06764	m-radians
Area to windward (Area a)	0.04473	m-radians
GZc	0.225	metres
Gust angle	20.365	degrees
Rollback angle	17.201	degrees
Steady state angle	15.048	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees
B/d'	4.094	
X1	0.800	
Cb	0.604	
Ar	0.000	
K	1.000	
Og	3.707	metres
r	1.228	
T	21.920	seconds

Πίνακας 6.9 Μεγέθη για κριτήριο καιρού για full load arrival

Κατάσταση 3 (0% φορτίο – μόνο επιβάτες, 100% εφόδια)

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.159	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.123	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.281	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	1.022	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.625	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	40.670	30.000

Πίνακας 6.10 Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων κανονισμού A.749 για full load departure no cargo

Property	Value	Units
Length WL	147.554	metres
Profile area above WL	2098.663	sq.metres
Area to leeward (Area b)	0.23387	m-radians
Area to windward (Area a)	0.02336	m-radians
GZc	0.223	metres
Gust angle	11.702	degrees
Rollback angle	20.183	degrees
Steady state angle	8.038	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees
B/d'	4.097	
X1	0.800	
Cb	0.608	
Ar	0.000	
K	1.000	
Og	3.295	metres
r	1.173	
T	14.609	seconds

Πίνακας 6.11 Μεγέθη για κριτήριο καιρού για full load departure no cargo

Κατάσταση 4 (0% φορτίο – μόνο επιβάτες, 10% εφόδια)

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.107	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.077	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.184	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	0.671	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.410	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	39.156	30.000

Πίνακας 6.11 Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων κανονισμού A.749 για full load arrival no cargo

Property	Value	Units
Length WL	147.554	metres
Profile area above WL	2130.274	sq.metres
Area to leeward (Area b)	0.08090	m-radians
Area to windward (Area a)	0.03909	m-radians
GZc	0.241	metres
Gust angle	17.543	degrees
Rollback angle	18.268	degrees
Steady state angle	12.390	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees
B/d'	4.306	
X1	0.800	
Cb	0.600	
Ar	0.000	
K	1.000	
Og	3.985	metres
r	1.293	
T	18.245	seconds

Πίνακας 6.13 Μεγέθη για κριτήριο καιρού για full load arrival no cargo

Όπως φαίνεται από τους παραπάνω πίνακες το κριτήριο καιρού ικανοποιείται και για τις τέσσερις καταστάσεις φόρτωσης καθώς σε κάθε περίπτωση το εμβαδόν b είναι μεγαλύτερο από το εμβαδόν a και η γωνία ευσταθούς ισορροπίας (steady state angle) είναι μικρότερη από 16°.

Σχετικά με το κριτήριο για τη γωνία λόγω συγκέντρωσης επιβατών στη μία πλευρά του πλοίου προκύπτει:

Κατάσταση φόρτωσης:	No1	No2	No3	No4
Heel to starboard (deg)	5.4	9.22	4.5	7.08
Critical value	10	10	10	10
=>	OK	OK	OK	OK

Πίνακας 6.14 έλεγχος κριτηρίου κλίσης λόγω συγκέντρωσης επιβατών στη μία πλευρά

Τέλος όσον αφορά το κριτήριο για την κλίση λόγω στροφής (turning), θεωρώντας τους επιβάτες στους προορισμένους γι' αυτούς χώρους και ταχύτητα πλοίου $V=15kn=7.72m/s$, τα αποτελέσματα που πήραμε ήταν τα εξής:

	No1	No2	No3	No4
γωνία λόγω στροφής	3.167	5.895	2.55	4.223
Critical value	10	10	10	10
=>	OK	OK	OK	OK

Πίνακας 6.15 έλεγχος κριτηρίου κλίσης λόγω στροφής

Φαίνεται λοιπόν πως το «Ηράκλειο» ικανοποιεί ακόμα και τους σύγχρονους κανονισμούς.

<i>Κανονισμός</i>	ΒΔ 408	ΒΔ 634	Res. A749
<i>Ικανοποίηση</i>	OK	NOT OK	OK

Πίνακας 6.16 Συνοπτικός πίνακας ικανοποίησης κανονισμών ευστάθειας σε άδικτη κατάσταση

6.4.3 ΣΤΕΓΑΝΗ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ – ΚΑΤΑΚΛΥΣΙΜΑ ΜΗΚΗ

Η υδατοστεγής υποδιαίρεση των εσωτερικών χώρων του πλοίου μπορεί κανείς να πει πως εμφανίζεται επίσημα μαζί με τα πρώτα χαλύβδινα πλοία τη δεκαετία του 1840 και στην ουσία έχει να κάνει με μία φρακτή σύγκρουσης στο πρωραίο τμήμα του πλοίου και μία στο πρυμναίο για τη στεγανοποίηση διαρροών από το σύστημα πηδαλιουχίας.

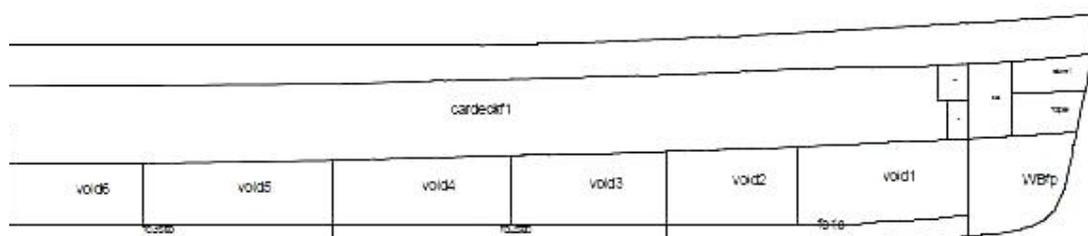
Στη συνέχεια προωθούνται διάφοροι κανονισμοί από επιτροπές, νηογνώμονες κτλ μετά από μια σειρά όμως ναυτικών ατυχημάτων που οφείλονταν σε παρόμοια αίτια το 1882 ο Βρετανικός Νηογνώμονας εισάγει κανονισμό που απαιτεί εγκατάσταση φρακτών ανάλογα με το μήκος του πλοίου. Μετά την σύσκεψη του 1929 όροι όπως κατακλύσιμο μήκος, επιτρεπόμενο μήκος, συντελεστής υποδιαίρεσης, κριτήριο υπηρεσίας κλπ. Χρησιμοποιούνται πλέον στο πλαίσιο της μεθόδου υποδιαίρεσης που έχει καθιερωθεί να ονομάζεται *factorial method* για ν' αποφασιστεί το πού θα τοποθετηθούν οι φρακτές.

Αναμφισβήτητα η στεγανή υποδιαίρεση ενός πλοίου παρέχει και την πιο αποτελεσματική προστασία έναντι βύθισης. Για το λόγο αυτό λοιπόν θα προσπαθήσουμε στη συνέχεια να εξετάσουμε στη συνέχεια κατά πόσο το «Ηράκλειο» ικανοποιούσε τους σχετικούς κανονισμούς ξεκινώντας από τη SOLAS 48.

- SOLAS 48

Σε πρώτη φάση ως ανώτατο συνεχές κατάστρωμα/κατάστρωμα στεγανών φρακτών θα θεωρήσουμε αυτό του καταστρώματος οχημάτων. Σύμφωνα λοιπόν με όσα ορίζονται στη Σύμβαση SOLAS 1948 προκύπτουν για το «Ηράκλειο» διαχωρητότητα μηχανοστασίου ίση με **79.4** ενώ για τους χώρους πρόραθεν και πρύμνηθεν του μηχανοστασίου διαχωρητότητα ίση με **63**. Κάνοντας τους απαραίτητους υπολογισμούς καταλήξαμε σε ένα κριτήριο υπηρεσίας ίσο με **72.8** και έναν συντελεστή υποδιαίρεσης ίσο με **0.680**, πράγμα που σημαίνει πως το «Ηράκλειο» ήταν πλοίο **ενός διαμερίσματος**. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί παρατίθενται στο παράρτημα Η.

Είναι γεγονός πως οι ενδιάμεσες εγκάρσιες φρακτές που προστέθηκαν κατά τη μετασκευή ξεκινούσαν από τα διπύθμενα του πλοίου και όχι από την τρόπιδα.



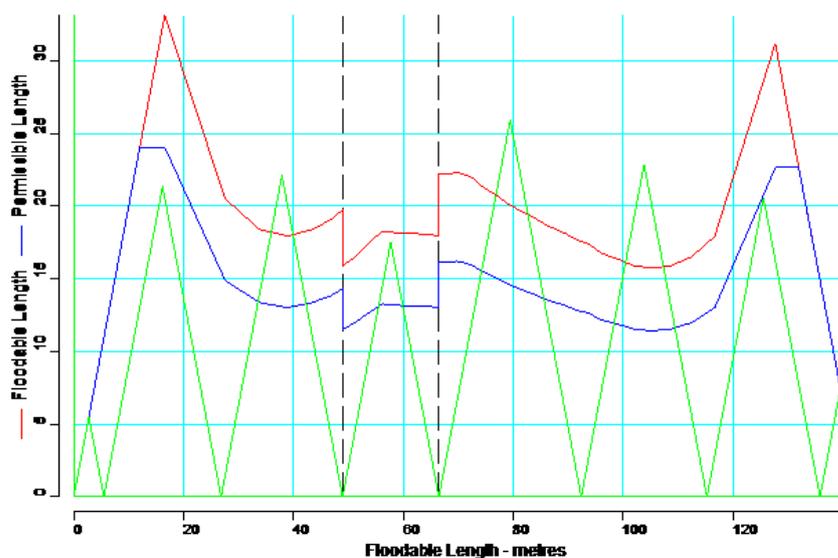
Εικόνα 6.4 Άποψη του πρωραίου τμήματος του πλοίου όπου φαίνεται από πού ξεκινούν κάποιες από τις εγκάρσιες φρακτές (της μετασκευής)

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα για τον υπολογισμό των κατακλυσίμων μηκών να μη ληφθούν, σύμφωνα με τους κανονισμούς, οι συγκεκριμένες υδατοστεγείς φρακτές υπ' όψιν. Βέβαια αν υποθέσουμε πως οι χώροι των διπυθμένων ήταν μόνιμα πλήρεις με έρμα, τότε σε περίπτωση ρήγματος το πλοίο δε χάνει σε άντωση, επομένως δε θα ήταν λάθος να λάβουμε υπ' όψιν όλες τις εγκάρσιες φρακτές, προ και μετά μετασκευής.

Διαμήκης θέση εγκάρσιων φρακτών (m)		
	Μετά μετασκευής	Προ μετασκευής
1	5.49	5.49
2	26.826	26.83
3	38.26	48.92
4	48.92	66.45
5	66.45	92.36
6	79.49	115.22
7	92.358	135.8
8	104.55	
9	115.21	
10	124.13	
11	135.798	

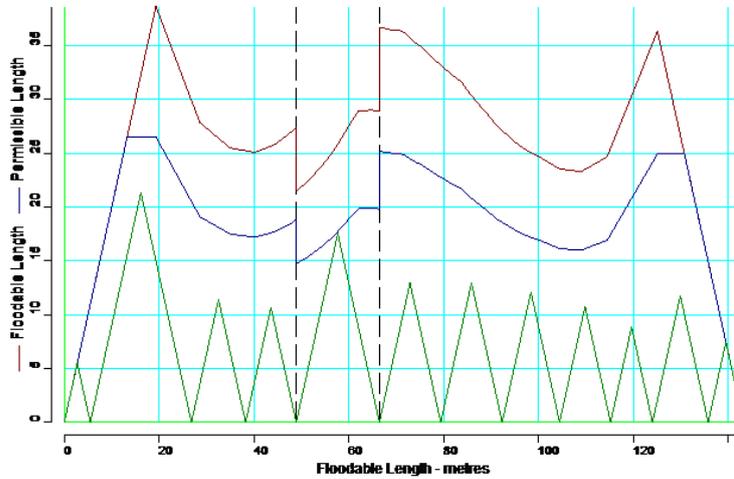
Πίνακας 6.17 Απόσταση φρακτών από την πρυμναία κάθετο (AP)

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε πως διαμορφώνονται, σύμφωνα με τη SOLAS 48, οι καμπύλες των permissible και floodable lengths, έχοντας θεωρήσει μόνο τις προ-μετασκευής εγκάρσιες φρακτές και βύθισμα πλοίου T=4.69m.



Διάγραμμα 6.9
Καμπύλες permissible (μπλε) και floodable (κόκκινο) length σύμφωνα με τη SOLAS 48, για βύθισμα T=4m, λαμβάνοντας υπ' όψιν μόνο τις φρακτές του εκτείνονται μέχρι τη CL

Παρατηρούμε πως σε καμία περίπτωση το πλοίο δε μπορούσε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις για τα κατακλύσιμα μήκη στο βύθισμα της κατάστασης πλήρους φόρτου (full load).

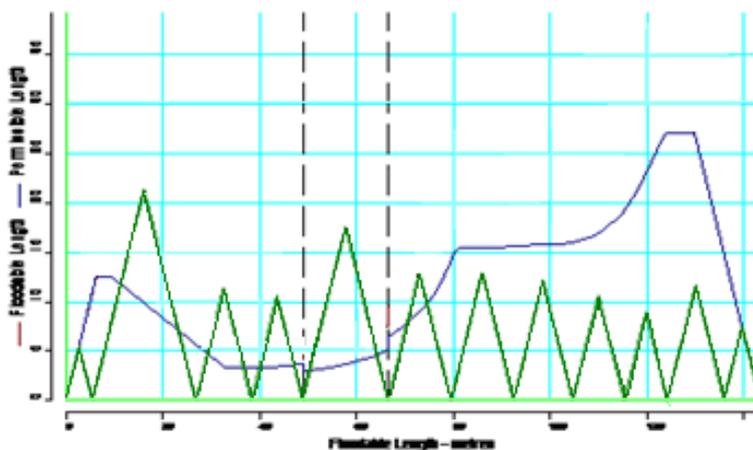


Διάγραμμα 6.10
Καμπύλες permissible (μπλε) και floodable (κόκκινο) length σύμφωνα με τη SOLAS 48, για βύθισμα $T=4.253m$, λαμβάνοντας υπ' όψιν όλες τις φρακτές

Παρατηρούμε ότι παρ' όλο που έχουμε λάβει υπ' όψιν μας όλες τις εγκάρσιες φρακτές οι απαιτήσεις σχετικά με τα κατακλύσιμα μήκη πληρούνται μέχρι βυθίσματος 4.253m. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως το «Ηράκλειο» δεν πληρούσε τους σχετικούς με την υποδιαίρεση κανονισμούς της εποχής του.

Προκειμένου βέβαια να προχωρήσουμε και σε μελέτη της ευστάθειας του πλοίου μετά από βλάβη θα υποθέσουμε κάποιο στεγανό χώρο εντός του μηχανοστασίου που δεν δύναται να κατακλυστεί. Επακόλουθο της υπόθεσης αυτής είναι να μειώσουμε τη διαχωρητικότητα (damage permeability) του μηχανοστασίου τόσο ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις για το κατακλύσιμο μήκος του συγκεκριμένου διαμερίσματος.

Είναι σημαντικό στο σημείο αυτό να διευκρινίσουμε πως ο υπολογισμός της

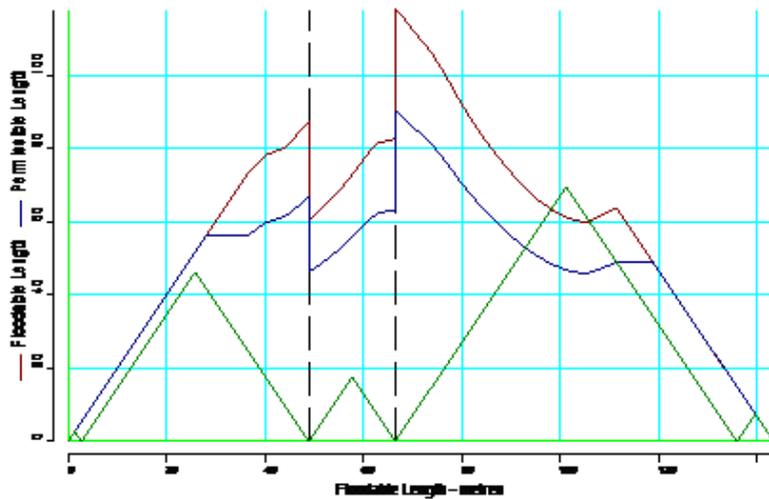


Διάγραμμα 6.11 Καμπύλη permissible (μπλε) length σύμφωνα με τη SOLAS 48, για βύθισμα $T=4.69m$, λαμβάνοντας υπ' όψιν όλες τις φρακτές καθώς και τη διαγωγή του πλοίου

καμπύλης των κατακλύσιμων μηκών έγινε θεωρώντας το πλοίο ισοβύθιστο. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση όπου θα λαμβάναμε υπ' όψιν μας και την όποια διαγωγή τα αποτελέσματα θα ήταν πολύ διαφορετικά. Ενδεικτικά παραθέτουμε το παρακάτω σχήμα, όπου έχουμε θεωρήσει βύθισμα $T=4m$ και διαγωγή $\delta=2.3m$. Είναι

φανερό πως η ύπαρξη τόσο μεγάλης διαγωγής καθιστά πολύ δύσκολο το πλοίο να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για τα κατακλύσιμα μήκη. Προκύπτει τελικά πως το μέγιστο βύθισμα για το οποίο καλύπτονται οι απαιτήσεις σχετικά με τα κατακλύσιμα μήκη για τη SOLAS 48 είναι $T=4.253m$.

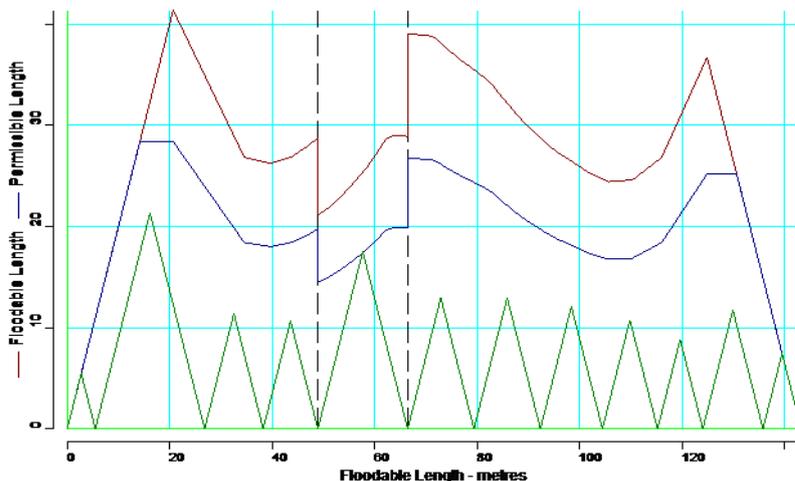
Στο παράρτημα Η εξετάζεται και η περίπτωση όπου τα καταστρώματα οχημάτων του «Ηράκλειο» ήταν και αυτά στεγανά (watertight). Το αποτέλεσμα είναι πως ούτε και σε αυτή την περίπτωση καλύπτονται οι απαιτήσεις για επαρκή στεγανή υποδιαίρεση για την κατάσταση πλήρους φόρτωσης.



Διάγραμμα 6.12
Καμπύλες permissible (μπλε) και floodable (κόκκινο) length σύμφωνα με τη SOLAS 48, για βύθισμα $T_{lastvoyage}=4.612m$, λαμβάνοντας υπ' όψιν όλες τις φρακτές

- SOLAS 60

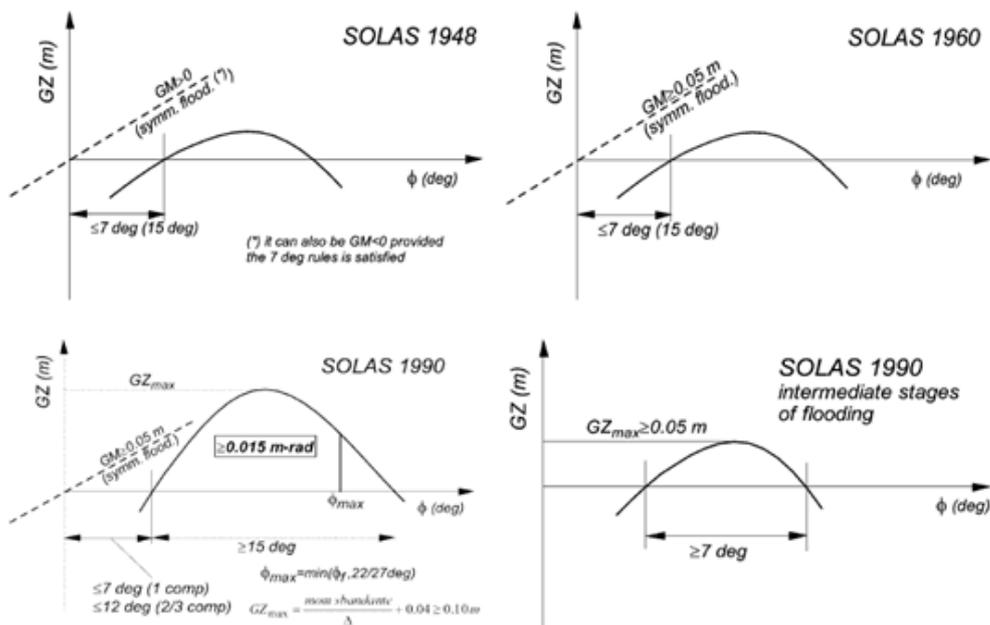
Σχετικά με τις μεταγενέστερες συμβάσεις SOLAS 60 και SOLAS 74 θα αρκεστούμε στο γεγονός ότι εφόσον προβλέπουν πιο αυστηρές τιμές για τις διαχωρητότητες (damage permeabilities), είναι αδύνατο ένα πλοίο που δεν πληροί τις απαιτήσεις της SOLAS 48 να μπορεί να τις ικανοποιήσει. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι σύμφωνα με τη SOLAS 74 η διαχωρητότητα του μηχανοστασίου παίρνει την τιμή **84.52** και οι καμπύλες των permissible και floodable lengths για βύθισμα $T=4.180m$ διαμορφώνονται ως εξής:



Διάγραμμα 6.13
Καμπύλες permissible (μπλε) και floodable (κόκκινο) length σύμφωνα με τη SOLAS 60, για βύθισμα $T=4.180$, λαμβάνοντας υπ' όψιν όλες τις φρακτές

6.4.4 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΛΑΒΗ

Σε διεθνές επίπεδο το θέμα της ευστάθειας σε κατάσταση βλάβης αντιμετωπίστηκε ουσιαστικά στη SOLAS του 1948 με βασικές απαιτήσεις ως προς την τελική κατάσταση, την ύπαρξη θετικού μετακεντρικού ύψους και την κατά μέγιστο 7 μοίρες εγκάρσια κλίση (που σε ειδικές περιπτώσεις μπορούσε να αυξηθεί σε 15).



Εικόνα 6.5 Η εξέλιξη των απαιτήσεων των κανονισμών ευστάθειας μετά από βλάβη

Με τις επόμενες SOLAS τέθηκαν ακόμα πιο αυστηρές απαιτήσεις βασισμένες πάνω στην καμπύλη του μοχλοβραχίονα επαναφοράς (GZ curve) όσον αφορά την ελάχιστη τιμή του μετακεντρικού ύψους, το εύρος δυναμικής ευστάθειας, την κλίση εμφάνισης της μέγιστης τιμής του μοχλοβραχίονα επαναφοράς κτλ. Με τη συμφωνία της Στοκχόλμης αντιμετωπίστηκε και το πρόβλημα της επίδρασης ελεύθερης επιφάνειας σε κατάστρωμα οχημάτων (water on deck) ενώ ουσιαστική εξέλιξη των κανονισμών παρουσιάστηκε όταν τέθηκαν σε ισχύ κριτήρια ευστάθειας που βασίζονται σε πιθανοθεωρητικά μοντέλα (μελέτη καθ. Wendel, Res A.265 κτλ).

Προηγουμένως υπολογίσαμε με αναλυτικό τρόπο το κριτήριο υπηρεσίας και στη συνέχεια το συντελεστή υποδιαίρεσης του πλοίου, από τον οποίο και φάνηκε πως το συγκεκριμένο πλοίο ήταν «ενός διαμερίσματος». Έχοντας τα παραπάνω λοιπόν υπ' όψιν θα προχωρήσουμε στη συνέχεια σε μια προσπάθεια να εξετάσουμε το κατά πόσον το «Ηράκλειο» κάλυπτε τη γκάμα των σχετικών με την ευστάθεια μετά από βλάβη κανονισμών ξεκινώντας από τις σχετικές διατάξεις της SOLAS 48.

- SOLAS 48

Συνοπτικά μπορεί κανείς να πει ότι οι απαιτήσεις της συγκεκριμένης Σύμβασης είναι οι παρακάτω:

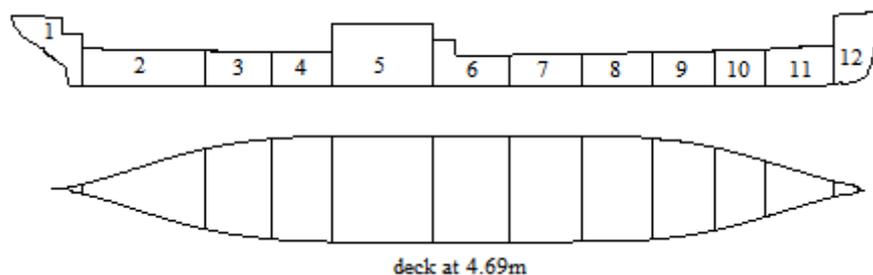
i) Επαρκής ευστάθεια θα πρέπει να έχει προβλεφθεί για όλες τις συνθήκες υπηρεσίας ώστε να επιτρέπεται στο πλοίο να ανταπεξέλθει έπειτα από κατάκλυση ενός διαμερίσματος με μήκος μικρότερο ή ίσο του κατακλύσιμου μήκους.

ii) Σε περίπτωση συμμετρικής κατάκλυσης το απομένον μετακεντρικό ύψος πρέπει να είναι θετικό εκτός από ειδικές περιπτώσεις όπου η Αρχή μπορεί να αποδεχθεί αρνητικό GM δεδομένου ότι η τελική γωνία κλίσης δεν ξεπερνά τις 7°

iii) Σε περίπτωση ασύμμετρης κατάκλυσης η τελική γωνία κλίσης δεν πρέπει να ξεπερνά τις 7°, εκτός από ειδικές περιπτώσεις όπου η Αρχή μπορεί να αποδεχθεί μεγαλύτερη κλίση που σε καμία περίπτωση όμως δε θα ξεπερνά τις 15°

iv) Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει η γραμμή ορίου βύθισης (margin line) να τέμνει την ίσαλο γραμμή (water line)

Για την εξέταση της ευστάθειας μετά από βλάβη θεωρήσαμε μόνο το τμήμα του πλοίου για το οποίο ήμασταν απόλυτα σίγουροι πως ήταν υδατοστεγές (Εικόνα 6.6). Δοκιμάζοντας να κατακλύσουμε μία – μία τις ζώνες που ορίσαμε παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως το «Ηράκλειο» δεν ικανοποιούσε τους σχετικούς με την ευστάθεια μετά από βλάβη κανονισμούς της SOLAS 48. Πιο συγκεκριμένα φαίνεται ότι αν και στις περισσότερες περιπτώσεις (κατάκλυση ζωνών 12, 11, 10, 9, 8, 6, 2, 1) μετά από την κατάκλυση μίας ζώνης το πλοίο παρουσιάζει θετικό μετακεντρικό ύψος (GM) και επιτυγχάνει να βρεθεί σε θέση ισορροπίας, η ισορροπία αυτή είναι οριακή με πολύ μικρό εύρος ευστάθειας (τάξη μεγέθους μερικών μόλις μοιρών). Από τη στιγμή βέβαια που υπάρχουν περιπτώσεις (κατάκλυση ζωνών 7,5,4,3) όπου δεν επιτυγχάνεται θέση ισορροπίας (equilibrium state) και το πλοίο ανατρέπεται καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η SOLAS 48 δεν ικανοποιείται.

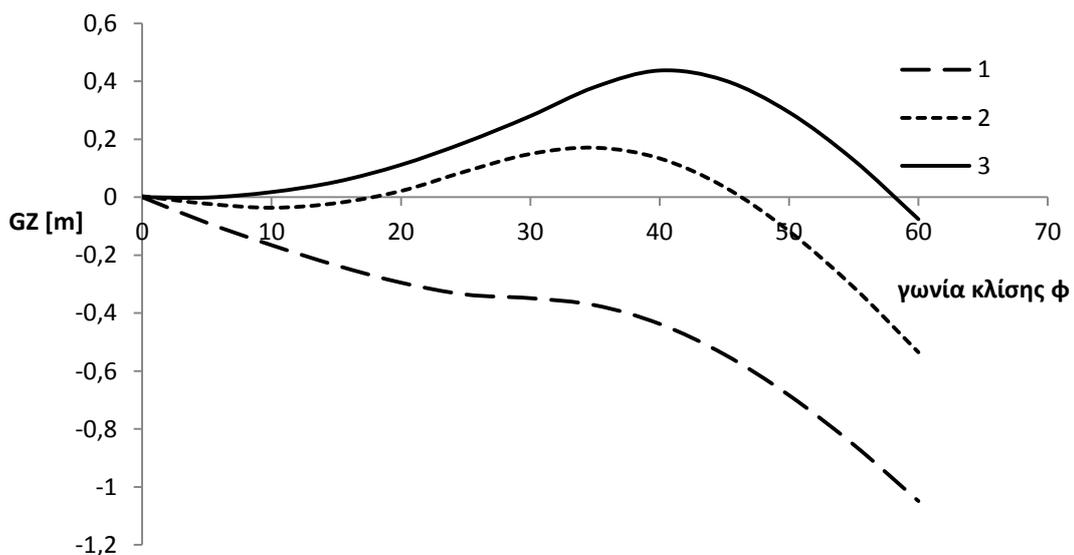


Εικόνα 6.6 Άποψη του πλοίου μέχρι το ανώτατο κατάστρωμα στεγανών φρακτών (car deck), όπου φαίνεται ο διαχωρισμός σε 12 ζώνες για τον έλεγχο ευστάθειας μετά από βλάβη

Στο σημείο αυτό βέβαια είναι σημαντικό να υπενθυμίσουμε πως οι κανονισμοί της ευστάθειας μετά από βλάβη έθεταν τον πήχη πολύ ψηλά για το συγκεκριμένο πλοίο από τον υπολογισμό των κατακλυσίμων μηκών κιάλας. Προκειμένου να ελέγξουμε τους βασισμένους στην καμπύλη GZ κανονισμούς είχαμε κάνει μια παραδοχή θεωρώντας αρκετά μικρότερη, από αυτή που ορίζει η SOLAS διαχωρητότητα (damage permeability) για το μηχανοστάσιο, γεγονός που από μόνο του θέτει το πλοίο εκτός των κανονισμών της σύμβασης.

Από τη στιγμή λοιπόν που το «Ηράκλειο» δεν μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις της Σύμβασης του 48 για την ευστάθεια μετά από βλάβη, δεν έχει νόημα να εξετάσουμε τις αυστηρότερες διατάξεις των αντίστοιχων Συμβάσεων του 60, του 74, του 90.

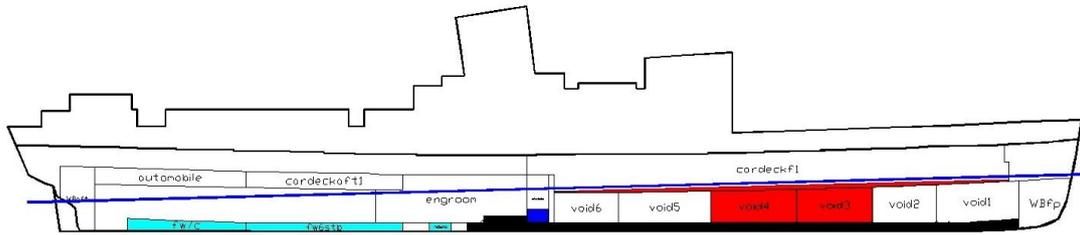
Αν υποθέσουμε βέβαια πως οι καταπέλτες τόσο του πρωραίου αλλά και του πρυμναίου καταστρώματος οχημάτων έκλειναν υδατοστεγώς (watertight) τα χαρακτηριστικά του πλοίου, όσον αφορά την ευστάθεια μετά από βλάβη αλλάζουν. Ουσιαστικά έχοντας θεωρήσει ένα ακόμα κατάστρωμα στο υδατοστεγές σώμα του πλοίου αυτό αναμφισβήτητα αποκτά καλύτερη συμπεριφορά ενώ παράλληλα, οι κενοί (void) χώροι ανάμεσα στα καταστρώματα οχημάτων και τους χώρους έρματος (fresh water/ water ballast) λειτουργούν στην ουσία σαν προέκταση του διπύθμενου. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον ιδιαίτερα μεγάλο, στεγανό πλέον, χώρο των καταστρωμάτων οχημάτων εξασφαλίζουν την απαραίτητη εφεδρική άνωση ώστε το πλοίο να εμφανίζει πολύ καλύτερη συμπεριφορά μετά από βλάβη. Εντούτοις, ακόμα και σε αυτή την περίπτωση το πλοίο δεν καταφέρνει να ικανοποιήσει τους κανονισμούς της SOLAS 48 για ευστάθεια μετά από βλάβη, πόσο μάλλον μεταγενέστερων κανονισμών. Ενδεικτικά παραθέτουμε τις παρακάτω 3 (τρεις) περιπτώσεις, με πιο επικίνδυνη την πρώτη, κατά την οποία το πλοίο δεν εμφανίζει σημείο ισορροπίας.



Διάγραμμα 6.14 Καμπύλες μοχλοβραχίονα επαναφοράς GZ-φ για τις 3 περιπτώσεις που παρουσιάζονται

1. Περίπτωση ρήγματος 1 (void3, void4, cardeckf)

Κατάσταση φόρτωσης: πλήρες φορτίου, πλήρες εφοδίων



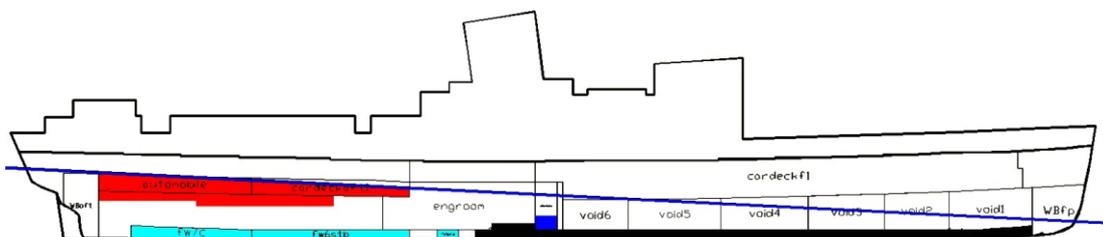
Εικόνα 6.7 Διαμήκης τομή το πλοίου όπου φαίνεται η θέση και η έκταση του κατακλυσμένου χώρου (περίπτωση 1)

Title	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
Total Displacement				7733.2	69.30	0.00	7.69	305.4
Buoyancy				11077.8	74.92	0.00	3.48	48014.9
Damaged		Perm %						
cardeckf	95.0	12.9	1.025	-710.3	93.4	0.0	6.18	-21808.2
void3	95.0	95.0	1.025	-760.4	109.7	0.0	3.76	0.0
void4	95.0	95.0	1.025	-938.4	98.5	0.0	3.55	0.0
Total Damaged				-2409.1	100.5	0.0	4.39	-21808.2
Total Buoyancy				8668.7	67.8	0.0	3.23	26206.8
NO EQUILIBRIUM								

Πίνακας 6.18 Ποσοστά πλήρωσης, χαμένη άντωση, κέντρο βάρους και ροπή ελεύθερων επιφανειών των κατακλυσμένων χώρων

2. Περίπτωση ρήγματος 2 (void8, void9, tourist, cardeckaft, automobile)

Κατάσταση φόρτωσης: πλήρες φορτίου, πλήρες εφοδίων



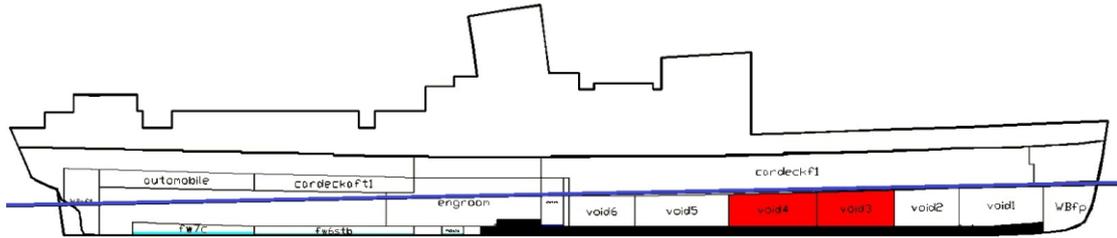
Εικόνα 6.8 Διαμήκης τομή (περίπτωση 2)

Title	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
Total Displacement				7733.4	69.3	0.0	7.69	305.4
Buoyancy				10183.0	58.98	1.57	3.90	57747.7
Damaged		Perm %						
Automobile	95%	71.7	1.025	-454.9	16.89	1.48	7.53	-905.6
cardeckaft	95%	54.0	1.025	-488.8	37.42	3.66	7.04	-851.1
Tourist	95%	16.9	1.025	-363.2	25.07	5.83	9.41	-13733.8
Void8	95%	92.7	1.025	-665.0	32.76	0.15	3.93	-1348.2
Void9	95%	94.8	1.025	-477.7	20.47	0.00	4.72	-181.2
Total Damaged				-2449.6	27.21	1.91	6.19	-17019.9
Total Buoyancy				7733.4	69.04	1.47	3.18	40727.7

Πίνακας 6.19 Περίπτωση 2

3. Περίπτωση ρήγματος 3 (void3, void4)

Κατάσταση φόρτωσης: πλήρες φορτίου, εφόδια στο 10%



Εικόνα 6.9 Διαμήκης τομή (περίπτωση 3)

Title	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
Total Displacement				7279.6	70.8	0.0	8.09	586.6
Buoyancy				8856.1	76.7	0.49	2.93	46315.3
Damaged		% perm						
void3	95.0	87.5	1.025	-700.3	109.7	0.38	3.58	-2273.3
void4	95.0	88.7	1.025	-876.2	98.4	0.39	3.41	-3417.5
Total Damaged				-1576.6	103.5	0.39	3.49	-5690.7
Total Buoyancy				7279.6	70.9	0.51	2.81	40624.6

Πίνακας 6.20 περίπτωση 3

Επίλογος

Το «Ηράκλειο» αποτελεί μια χαρακτηριστική περίπτωση σκάφους όπου η έλλειψη της απαραίτητης πείρας κατά τη μετασκευή σε συνδυασμό με την αμέλεια του πληρώματος κατά τη διάρκεια της φόρτωσης είχαν σαν αποτέλεσμα ένα πολύνεκρο ναυτικό ατύχημα.

Είναι κοινά αποδεχτό πως το “Leicestershire” ήταν ένα αξιόλογο σκάφος. Αν υπολογίσει κανείς πως χτίστηκε το 1949, γίνεται εύκολα κατανοητό πως επρόκειτο για ένα νέο, ιδιαίτερα για τα δεδομένα της εποχής, πλοίο μόλις 18 ετών που δεν είχε παρουσιάσει κανένα ιδιαίτερο πρόβλημα. Το ζήτημα που ανοίγει βέβαια ήταν το κατά πόσο η ναυπηγοεπισκευαστική κοινότητα ήταν ώριμη αρκετά για να προχωρήσει σε τέτοιου είδους και τέτοιας έκτασης μετασκευές που απαιτούνταν για τη μετατροπή ενός φορτηγού πλοίου σε επιβατηγό/οχηματαγωγό. Δεν είναι τυχαίο ότι η μαζική χρήση πλοίων τύπου Ro-Ro και Ro-Pax ξεκινάει μόλις τη δεκαετία του '50 καθώς μέχρι τότε όποιος επιθυμούσε να μεταφέρει ένα όχημα με πλοίο έπρεπε να το φορτώσει και να το ξεφορτώσει με γερανό- μια χρονοβόρα, ακριβή και επικίνδυνη διαδικασία..

Το «Ηράκλειο» εν τούτοις ήταν από μία άποψη, ένα ιδιαίτερα αξιόπλοο για τα δεδομένα της εποχής πλοίο. Όπως φάνηκε και από την παρούσα μελέτη, το πλοίο παρουσίαζε πολύ καλά χαρακτηριστικά ευστάθειας σε άθικτη κατάσταση καθώς ικανοποιούσε ακόμα και τα σημερινά κριτήρια. Η ασφάλεια του πλοίου ενισχυόταν από το γεγονός πως οι κενοί χώροι κάτω από τα καταστρώματα οχημάτων λειτουργούσαν στην ουσία σαν ένα τεράστιο διπύθμενο. Από την άλλη πλευρά βέβαια, όσον αφορά την ευστάθεια μετά από βλάβη, δεν ικανοποιούνταν τα κριτήρια της εποχής καθώς δεν εξασφαλιζόταν θετικό μετακεντρικό ύψος για κάθε περίπτωση κατάκλυσης. Παράλληλα, όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς, το «Ηράκλειο» δεν ικανοποιούσε ούτε τις απαιτήσεις για τη στεγανή υποδιαίρεση, με αποτέλεσμα να τέμνονται η ίσαλος γραμμή με τη γραμμή ανώτατου ορίου βύθισης (margin line) στην περίπτωση κατάκλυσης του μηχανοστασίου.

Εξετάζοντας το ναυάγιο αυτό καθεαυτό φαίνεται πως εαν το φορτηγό-ψυγείο είχε φορτωθεί και ασφαλιστεί σωστά το ναυάγιο δε θα είχε συμβεί. Το πλήθος των πιθανών κατασκευαστικών ατελειών, η ενδεχόμενη πλημμελής στεγανότητα των χώρων κάτω από το κατάστρωμα οχημάτων, η μη συμμόρφωση με τους κανονισμούς και η παντελής έλλειψη ορισμένων πιστοποιητικών αναμφισβήτητα είναι ενδεικτικά του χαμηλού επιπέδου ασφαλείας που παρείχε το συγκεκριμένο πλοίο, ειδικά σε περίπτωση βλάβης. Σημαντικότερη σαν αιτία του ναυαγίου παρ' όλα αυτά φέρεται να είναι ο ανθρώπινος παράγοντας και πιο συγκεκριμένα η αμέλεια του πληρώματος να τοποθετήσει σωστά το φορτηγό.

Επιπρόσθετα εξετάστηκε το ενδεχόμενο η ευστάθεια του πλοίου να μειώθηκε δραστικά λόγω των ακολουθούντων κυματισμών. Σύμφωνα με τα κριτήρια της οδηγίας του IMO, MSC.1/Circ1228, είναι πιθανό το πλοίο, τη νύχτα του ναυαγίου, να δέχτηκε επίθεση από συνεχή υψηλά κύματα καθώς επίσης και να διατοιχιζόταν συγχρονισμένα και παραμετρικά στην περίπτωση που ο λόγος της ιδιοπεριόδου προς την περίοδο συνάντησης με τους κυματισμούς πλησίαζε το δύο (2). Εν τούτοις η εξέταση της πιθανότητας εμφάνισης των κυματισμών που διεγείρουν αυτά τα φαινόμενα έδειξε πως τα κύματα αυτά είναι πολύ σπάνιο να εμφανιστούν στη θαλάσσια περιοχή του ναυαγίου τη χειμερινή περίοδο.

Είναι γεγονός πως αν θέλουμε να δώσουμε μια σαφή και τεκμηριωμένη απάντηση για το τι ακριβώς συνέβη τη νύχτα του ναυαγίου, περιγράφοντας λεπτομερώς τη χρονική εξέλιξη των διαφόρων γεγονότων, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κάποιο υπολογιστικό πρόγραμμα που μπορεί να μας αποδώσει τα διάφορα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν σε συνάρτηση με το χρόνο. Μια τέτοια προσπάθεια αποτελεί η εργασία που παρατίθεται στο Παράρτημα Κ. Έχοντας μοντελοποιήσει συγκεκριμένα ανοίγματα (openings) στο εσωτερικό του πλοίου από τα οποία το νερό μπορούσε να περάσει από το ένα διαμέρισμα στο άλλο καταλήγουμε σε μια ρεαλιστική εικόνα για τον τρόπο βύθισης του πλοίου. Μια αντίστοιχη προσπάθεια αποτελεί και η εργασία των Kruger, Dankowski & Teuscher, «Numerical Investigations of the Capsizing Sequence of SS Heraklion» που έχει, όπως και η προηγούμενη, δημοσιευτεί στο διεθνές συνέδριο STAB2012 στην Αθήνα.

Η μελέτη της περίπτωσης του «Ηράκλειο» αποτελούσε εξ αρχής πρόκληση τόσο για την έρευνα σχετικά με τα αίτια του ναυαγίου και το επίπεδο ασφαλείας που παρείχε το πλοίο, όπως αυτά σχολιάστηκαν παραπάνω, όσο και για το ιστορικό ενδιαφέρον του θέματος. Πρόκειται για ένα ναυάγιο ορόσημο καθώς λειτούργησε καταλυτικά για πλήθος αλλαγών στην ακτοπλοΐα και στιγμάτισε την ελληνική κοινωνία λόγω του μεγάλου αριθμού θυμάτων. Συν τοις άλλοις μέσα από αυτή τη μελέτη δόθηκε η ευκαιρία να εξετάσουμε την πορεία εξέλιξης των κανονισμών ασφαλείας σε βάθος χρόνου. Η μελέτη αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον αν αναλογιστεί κανείς πως η μορφή των Ε/Γ – Ο/Γ, όσον αφορά τη διαμερισματοποίηση και τη στεγανή υποδιαίρεση, δεν έχει αλλάξει ουσιαστικά από την εποχή εκείνη μέχρι και σήμερα. Είναι πολύ σημαντικό επομένως να δούμε πώς εξελίχθηκαν οι κανονισμοί ούτως ώστε να παρέχουν ένα υψηλότερο επίπεδο ασφαλείας και να μειώσουν τη συχνότητα των ναυτικών ατυχημάτων.

Πιθανότατα ποτέ δε θα μπορούσαμε να επιτύχουμε την απόλυτη ασφάλεια ενός πλοίου και να εκμηδενίσουμε την πιθανότητα να σημειωθεί κάποιο ναυτικό ατύχημα. Ναυτικά ατυχήματα θα υπάρχουν ό, τι και εάν κάνουμε καθώς όπως λέγεται «ό,τι πλέει βουλιάζει». Σκοπός βέβαια όλων όσων ασχολούνται με τη ναυτιλία οφείλει να είναι η ελαχιστοποίηση τέτοιων συμβάντων. Γι' αυτό το λόγο κάθε ναυτικό ατύχημα πρέπει να διερευνάται με τρόπο επιστημονικό με απώτερο στόχο τη βελτίωση των κατασκευαστικών κανονισμών και των κανονισμών ασφαλείας αλλά και τη γενικότερη ποιοτική αναμόρφωση σχετικών διαδικασιών (ναυτική εκπαίδευση, επιθεώρηση κτλ). Εξ' άλλου και ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) επισημαίνει την ανάγκη αυτή και προτρέπει τα κράτη - μέλη να δημιουργήσουν ένα αποδοτικό πλαίσιο μέσα από το οποίο, με συνεργασία και ανταλλαγή απόψεων σε διεθνές επίπεδο, να πραγματοποιείται η σε βάθος διερεύνηση των ναυτικών ατυχημάτων.

Αυτό σε καμία περίπτωση δε σημαίνει πως θα πρέπει να περιμένουμε να λάβει χώρα κάποιο ναυάγιο προκειμένου να μεριμνήσουμε για τη μη επανάληψή του σε αντίστοιχη περίπτωση. Πλέον έχουμε κατάλληλα μέσα και εργαλεία καθώς και πολύτιμη συσσωρευμένη γνώση που μπορεί να δώσει νέες διαστάσεις στην ασφάλεια των πλοίων και της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα, προνοώντας και προλαβαίνοντας. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο εάν αναπτυχθεί μια στρατηγική μείωσης των επιπέδων κινδύνου με υιοθέτηση λύσεων που είναι αποτελεσματικές αλλά και οικονομικά αποδεκτές αν όχι συμφέρουσες.

Πολιτικές που πρόσφατα υιοθετήθηκαν από τον IMO θεωρούνται "προληπτικές" με την έννοια της γρήγορης αναγνώρισης των παραγόντων που μπορούν δραστικά να επηρεάσουν την θαλάσσια ασφάλεια και με την ανάπτυξη κανονισμών που εμποδίζουν ακριβώς τα ανεπιθύμητα γεγονότα. Δυστυχώς, κάτι τέτοιο δεν ισχύει πάντα, καθώς μεγάλες θαλάσσιες τραγωδίες, συμπεριλαμβανομένης της ανατροπής του *Herald of Free Enterprise* το 1987 (με 193 νεκρούς), της προσάραξης του *Exxon Valdez* το 1989 (πολύ μεγάλη θαλάσσια ρύπανση), της φωτιάς στο *Scandinavian Star* το 1990 (με 158 νεκρούς), της βυθίσεως του *Esthonia* το 1994 (με 900 νεκρούς) και μερικών σημαντικών απωλειών πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην, οδήγησαν την πρόσφατη διαρρυθμιστική ενέργεια του IMO.

Ελπίζουμε ότι η μεθοδολογία, αλλά και τα αποτελέσματα από ερευνητικά προγράμματα, όπως τα GOALDS, FLOODSTAND, EMSA που στοχεύουν στη λήψη των απαραίτητων αποφάσεων αναμόρφωσης των ισχυουσών διατάξεων για την επίτευξη υψηλού επιπέδου βιωσιμότητας Ε/Γ πλοίων μετά από βλάβη καθώς επίσης και αποτελέσματα προγραμμάτων όπως το SAFECO είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Μπορούν να βοηθήσουν ολόκληρη την ναυτιλιακή κοινότητα να κατασταλάξει στο ποιοί είναι οι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την θαλάσσια ασφάλεια και σαν αποτέλεσμα αυτού να αναπτύξουν και να υιοθετήσουν την πλέον κατάλληλη πολιτική και τα πλέον αρμόζοντα μέτρα για την ενίσχυσή της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αναφορές

ΑΕΕΝΑ: «Έκθεσις επί ναυτικού ατυχήματος Ο/Γ Ε/Γ Ηράκλειον» [1967]

ΑΘΑΝΑΣΟΥΛΗΣ Γ.Α., ΣΚΑΡΣΟΥΛΗΣ Ε.Κ. : «Άτλας Ανέμου και Κύματος Βορειοανατολικής Μεσογείου Θαλάσσης», ISBN 960-254-030-3 [1992]

ΑΝΤΩΝΙΟΥ Αντ. , ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ Σωτ.: «Έκθεσις πραγματογνωμοσύνης επί ναυαγίου Ο/Γ Ηράκλειον» [1967]

ΑΝΤΩΝΙΟΥ Α., ΠΕΡΡΑΣ Π., : «Ειδικά Κεφάλαια Μελέτης Πλοίου», Εκδόσεις Σελλούντος [1985]

ΓΕΜΕΛΟΣ Ιωαν. : «Ο Ανθρώπινος Παράγοντας και η Συμμετοχή του στην Πρόκληση Ναυτικών Ατυχημάτων για Επιβατηγά Πλοία στον Ελλαδικό Θαλάσσιο Χώρο – Στατιστικά Μοντέλα και Προσέγγιση της Πιθανότητας Ανθρωπίνου Σφάλματος», Διπλωματική εργασία [2006]

ΓΕΩΡΓΟΥΣΟΠΟΥΛΟΣ Χ.Β. : «Κριτήρια Αναστολής Απόπλου Λόγω Δυσμενών Καιρικών Συνθηκών», παρουσίαση για τη σχολή Ναυπηγών Μηχ. Μηχανικών ΕΜΠ, [2011]

ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΥ Ελ. : «Επιδράσεις των Πρόσφατων Κανονισμών Ασφάλειας στην Μελέτη & Σχεδίαση Εμπορικών Πλοίων με Έμφαση στην Βέλτιστη Σχεδίαση Επιβατηγών Πλοίων», Διδακτορική διατριβή [2006]

ΘΑΝΟΥ Αγ. Αγγ. : «Πιθανοθεωρητική Θεώρηση “Κριτηρίου Καιρού” Ευστάθειας Πλοίων», Διπλωματική εργασία [2010]

ΚΑΤΑΡΕΛΟΣ Ελ. : «Συστημική προσέγγιση της Ασφάλειας και Ποιότητας των Μεταφορών. Ανάπτυξη της μεθοδολογίας SAFE», διδακτορική διατριβή [2004]

ΛΑΔΙΑ Εύα : «44 ΧΡΟΝΙΑ ΜΕΤΑ ΤΟ ΝΑΥΑΓΙΟ ΤΟΥ “ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ”», εφημερίδα ‘ΡΕΘΥΜΝΙΩΤΙΚΑ ΝΕΑ’, [2010]

ΛΟΥΚΑΚΗΣ Θ. : «Το έλλειμμα τεχνολογίας στη χώρα. Το μέτρο της απαγόρευσης απόπλου των επιβατηγών πλοίων αποτελεί ελληνική πατέντα», εφημερίδα ‘ΤΟ ΒΗΜΑ’, [2007]

ΛΟΥΚΑΚΗΣ Θ., ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΔΑΜΑΛΑ Δ. : «Λειτουργησιμότητα Ε/Γ-Ο/Γ στο Αιγαίο. Η Οριακή Περίπτωση της Απαγόρευσης Απόπλου Λόγω Δυσμενών Καιρικών Συνθηκών», περιοδικό Τεχνικά Χρονικά, τεύχος Ιου-Αυγ, [2003]

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Απ. : «Η βύθιση του ‘Εξπρές Σάμινα’ Ερωτήματα – Απαντήσεις – Προτάσεις»

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Απ. : «Μελέτη Πλοίου Μεθοδολογίες Προμελέτης», Τεύχος 1, Εκδ. Συμεών [2009]

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Απ. : «Μελέτη Πλοίου Μεθοδολογίες Προμελέτης», Τεύχος 2, Εκδ. Συμεών [2009]

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Α., ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟΣ Κ. : «Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου Ι, (Μεθοδολογία Προμελέτης), Συλλογή Βοηθημάτων», Εκδόσεις ΕΜΠ [2007]

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Α., ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟΣ Κ. : «Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου ΙΙ, Συλλογή Βοηθημάτων, Γενικ’η Διάταξη, Ενδιαίτηση και Εξοπλισμός », Εκδόσεις ΕΜΠ [2006]

ΡΕΜΠΓΙΑΚΗΣ Αλ. : «Αριθμητική μελέτη του φαινομένου Surf-Riding σε ακολουθούντες κυματισμούς», διπλωματική εργασία, [2010]

ΣΟΥΚΙΣΙΑΝ Τ., ΧΑΤΖΗΝΑΚΗ Μ., ΚΟΡΡΕΣ Γ., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α., ΚΑΛΛΟΣ Γ., ΑΝΑΔΡΑΝΙΣΤΑΚΗΣ Ε., : «Άτλας Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών», Εκδόσεις Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών [2007]

ΣΠΥΡΟΥ Κ. : «Ευστάθεια Διατοιχισμού Πλοίου και Υπόβαθρο Κανονισμών», σημειώσεις μαθήματος, Εκδόσεις ΕΜΠ [2008]

ΣΠΥΡΟΥ Κ., : «Σύγχρονα Ζητήματα Ευστάθειας Πλοίων», Παρουσίαση για το Ελληνικό Ινστιτούτο Ναυτικής Τεχνολογίας, [2012]

ΣΠΥΡΟΥ Κ.: «Σχεδίαση Πλοίων για Ασφάλεια και Περιβαλλοντική Προστασία», σημειώσεις μαθήματος, Εκδόσεις ΕΜΠ [2008]

ΦΙΛΙΠΠΟΥ Κων. : «Ιστορικό αρχείο Κωνσταντίνου Α. Φιλίππου, Διπλ. Ναυπηγού & Μηχανολόγου Μηχανικού – Ναυπηγικές Ηλεκτρονικές Καταγραφές 1920 - 2010» [2009]

ΦΙΛΙΠΠΟΥ Κων.: «Τα Ναυτικά Ατυχήματα Και Τα Μαθήματα Που Προκύπτουν», Ετήσια Συνάντηση Ναυτικής Τεχνολογίας 2008, ΕΛΙΝΤ [2008]

ΦΡΑΓΚΟΥΛΗΣ Βασ. : «Έρευνα επί της βυθίσεως του Ο/Γ Ηράκλειον» [1968]

BELENKY V., BASSLER Chr., SPYROU K. : «Development of Second Generation Intact Stability Criteria», Naval Surface Warfare Center Carderock Division, Hydromechanics Department, [2011]

DANKOWSKI H. : «S.S HERAKLION Reconstruction of Ship Data Model», institute of Ship Design and Ship Safety, TUHH, [2011]

- FRANCESCUTTO Al. : «The Intact Ship stability Code present status and future developments», 2nd International Conference on Marine Research and Transportation, Ischia, Naples, Italy [2007]
- FRANCESCUTTO Al., PAPANIKOLAOU Ap. : «Buoyancy, stability, and subdivision: from Archimedes to SOLAS 2009 and the way ahead», Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, Journal Issue Volume 225, Number 1 [2011]
- KONOVESSIS Dim., GUARIN L.: «Risk Analysis for RoPax», SAFEDOR project, [2007]
- KRUGER S., DANKOWSKI Hen., TEUSCHER C.: «Numerical Investigations of the Capsizing sequence of SS Heraklion», Proceedings of the 11th Inter. Conf. On Stability of Ships & Ocean Vehicles, STAB2012, Athens, Greece [2012]
- MUNIF Ab., KATAYAMA Tor., IKEDA Yos. : «Numerical Prediction of Parametric Rolling of a large Passenger Ship in Beam Seas» [2005]
- PAPANIKOLAOU Ap., BOULOUGOURIS Ev., SKLAVENITIS Al. : «Investigation into the Sinking of the Ro-Ro Passenger Ferry S.S. HERAKLION», Proceedings of the 11th Inter. Conf. On Stability of Ships & Ocean Vehicles, STAB2012, Athens, Greece [2012]
- SCHILLER P. : «Analysis of the possibility to avoid maritime accidents by the application of MSC.1/Circ.1228 and MSC/Circ.707», Diploma thesis [2010], TUHH, Germany
- SOUKISSIAN T., PROSPATHOPOULOS Ar., HATZINAKI Mar., KABOURIDOU Mar.: «Assessment of the Wind and Wave Climate of the Hellenic Seas Using 10-Year Hindcast Results», The Open Ocean Engineering Journal, Volume 1 [2008]
- SPYROU K. J. : «Asymmetric Surging of Ships in Following Seas and its Repercussions for Safety», Journal of nonlinear Dynamics, Vol. 43, 149-172, [2006]
- SPYROU K. J.: «Dynamic Instability in Quartering Seas: The Behaviour of a Ship During Broaching», Journal of Ship Research, Vol. 40, No. 1, 46-59. [1996a]
- SPYROU K. J. : «On the Parametric Rolling of Ships in a Following Sea Under Simultaneous Nonlinear Periodic Surging». Philosophical Transactions, Royal Society, London, [2000]
- SPYROU K. J. : «Surf Riding, Yaw Instability and Large Heeling of Ships in Following/Quartering Waves. Ship Technology Research, Vol. 42, 103 [1995b]
- THEMELIS N.: «Probabilistic Assessment of Ship Dynamic Stability in Waves», PhD thesis [2008]

UMEDA N., IKEDA Yos., SUZUKI S. : «Risk Analysis Applied to the Capsizing of High-Speed Craft in Beam Seas», PRADS '92, 5th Intl Symp on the Practical Design of Ships and Mobile Units [1992]

WENDEL Kurt: «Gutachten Heraklion» [1970]

Κανονισμοί

Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, ΦΕΚ 319Α, Νόμος 5848, Περί κυρώσεως Διεθνούς Συμβάσεως γραμμής φορτώσεως πλοίων ΔΣΓΦ [1933]

International Conference on Safety of Life at Sea (SOLAS) [1948]

International Conference on Safety of Life at Sea (SOLAS) [1960]

Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, ΦΕΚ 102Α, ΒΔ 408, Περί εγκρίσεως Κανονισμού δοκιμών ευσταθείας επιβατηγών και φορτηγών πλοίων [1961]

Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, ΦΕΚ 215Α, ΒΔ 634, Περί εγκρίσεως και θέσεως εις εφαρμογήν Κανονισμού «περί ευσταθείας επιβατηγών πλοίων» [1968]

IMO Res.A.167, Recommendation on intact stability for passenger and cargo ships under 100 metres in length [1968]

Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, ΦΕΚ 230Α, ΒΔ 740, Περί εγκρίσεως και θέσεως εις εφαρμογήν Κανονισμού «περί ευσταθείας επιβατηγών πλοίων» [1969]

IMO Res.A.562, Recommendation on a severe wind and rolling criterion (weather criterion) for the intact stability of passenger and cargo ships of 24 metres in length and over [1985]

International Conference on Load Lines, 1966 including Protocol of 1988

IMO: MSC/Circ. 707, Guidance to the master for avoiding dangerous situations in following and quartering seas [1995]

IMO Res.A.749, Code on intact stability for all types of ships covered by IMO instruments [1995]

SOLAS on CD-rom version 4.0, consolidated text of the International Conference on Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates, incorporating all amendments in effect from 1 July 2004, [2004]

IMO: MSC/Circ. 1200, Interim guidelines for alternative assessment of weather criterion [2006]

IMO: MSC.1/Circ. 1228, Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in following and quartering seas [2007]

IMO: SLF50/4/4, Framework for the development of new generation criteria for intact stability, submitted by Japan, the Netherlands and the USA [2007]

IMO: MSC.267(85), Adoption of the international code on intact stability, 2008 (2008 IS code) [2008]

Διαδικτυακοί τόποι

astypalaia.wordpress.com/category/αιγαίο-ιστορικά-ναυαγία

en.wikipedia.org/wiki/Beaufort_scale

kefalonitis.com/articles.php?action=view_listing&articles_id=230&articles_category_1=14

kritipoliskaihoria.blogspot.gr/2011/02/blog-post_3935.html

nautilia.gr/forum/showthread.php?25038-%C7%F1%DC%EA%EB%E5%E9%EF%ED-Heraklion-Leicestershire/page1

photoship.co.uk

shipfriends.gr/forum/topic/757-το-ναυάγιο-του-ηρακλείου-στη-φαλκονέρα

simplonpc.co.uk

Άλλες πηγές

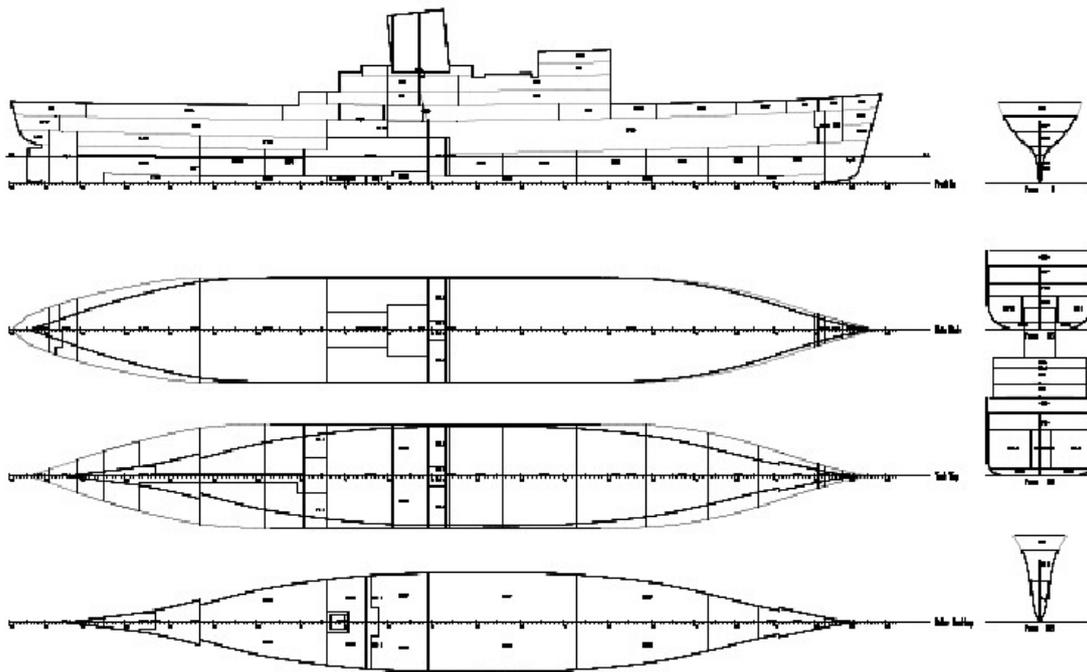
ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ: «Τα ναυάγια των πλοίων Ηράκλειον και Χειμάρα», τηλεοπτική εκπομπή, ALPHA [2008]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Στη παρόν κεφάλαιο θα περιγράψουμε με συνοπτικό τρόπο πώς κατασκευάστηκε το μοντέλο του «Ηράκλειο» στον Η/Υ και θα αναφερθούμε στις όποιες σχετικές παραδοχές έχουμε κάνει. Στην παρούσα διπλωματική εργασία το μοντέλο που σχεδιάστηκε έχει βασιστεί κατ' εξοχήν στη μελέτη και έρευνα της ομάδας του ΤΥΗΗ, για το λόγο αυτό ο αναγνώστης παραπέμπεται στη σχετική μελέτη του Hendrik Dankowski [*“S.S. Heraklion - Reconstruction of ship data model”*, December 2011].



Εικόνα 1. Σχέδιο γενικής διάταξης του «Ηράκλειο»

Πίνακας 1

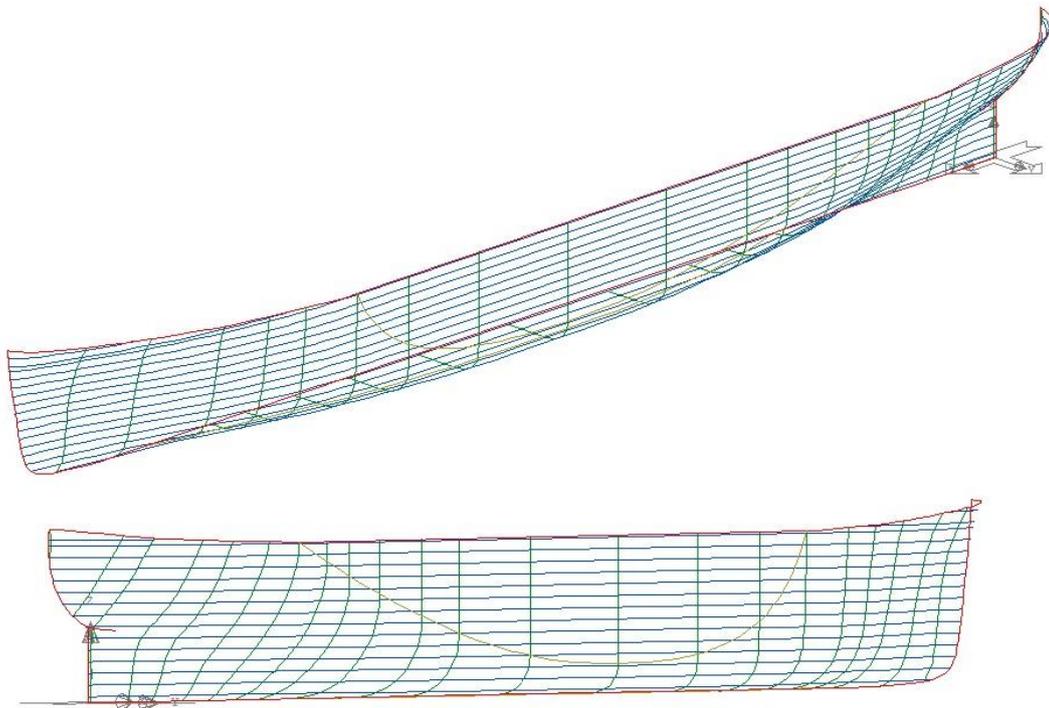
«Ηράκλειο»	
Κύριες Διαστάσεις	
L _{OA} [m]	151.415
L _{BP} [m]	143.256
B [m]	18.288
D [m]	5.349
T [m]	4.724
Μηχανές	
είδος	Ένα συγκρότημα ατμοστροβίλων
Αριθμός κυλίνδρων	4
Ισχύς [HP]	7000
Λέβητες	2 κύριοι & 1 βοηθητικός
Λειτουργία	
Περιοχή λειτουργίας	Αιγαίο [Πειραιάς - Σούδα]
Ταχύτητα υπηρεσίας [kn]	18
Επιβάτες (χειμώνα)*	781
Επιβάτες (θέρους)*	1000
Εκτόπισμα (tonnage)** [t]	7773.4
Ωφέλιμο φορτίο (deadweight)** [t]	2151.8
Υδροστατικά**	
Trim [m]	2.309
Heel [deg]	0
KG [m]	7.729
LCG [m]	69.302
LCB [m]	69.22
GM [m]	0.796
BMt [m]	5.914
BMI [m]	271.69
Waterplane area [m ²]	1945.38
Λοιπές πληροφορίες	
Τύπος πλοίου	Ε/Γ – Ο/Γ
Έτος ναυπήγησης	1949
Εταιρεία ναυπήγησης	Fairfield Shipbuilding and Engineering Company
Τόπος	Γλασκώβη
Υλικό	Χάλυβας
Αριθμός νηολογίου	2562

*Όπως αυτοί ορίζονται, σύμφωνα με τα έγγραφα της ΕΕΠ, για τις τελευταίες ημέρες λειτουργίας του πλοίου

**Σε κατάσταση πλήρους φορτίου (full load departure), όπως αυτή περιγράφεται στη συνέχεια του παραρτήματος

ΣΧΕΔΙΟ ΓΡΑΜΜΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η ομάδα του ΤΥΗΗ μελετώντας τα σχέδια του Θεοδωρίδη για τη μετασκευή καθώς και φωτογραφίες του «Ηράκλειο» κατέληξαν σε ένα αρχείο offsets με πολύ καλή προσέγγιση για τη γάστρα. Με βάση αυτό το αρχείο σχεδιάσαμε τη γάστρα του πλοίου χρησιμοποιώντας το λογισμικό TRIBON για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Σε πρώτη φάση χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα LINES του TRIBON παράγαμε το σχέδιο γραμμών. Η ολοκλήρωση της φάσης αυτής ήρθε μετά από κάποιους απαραίτητους κύκλους εξομάλυνσης μεταξύ νομέων (sections) και ισάλων (waterlines). Παρακάτω φαίνεται το συνολικό αποτέλεσμα από το πρόγραμμα LINES



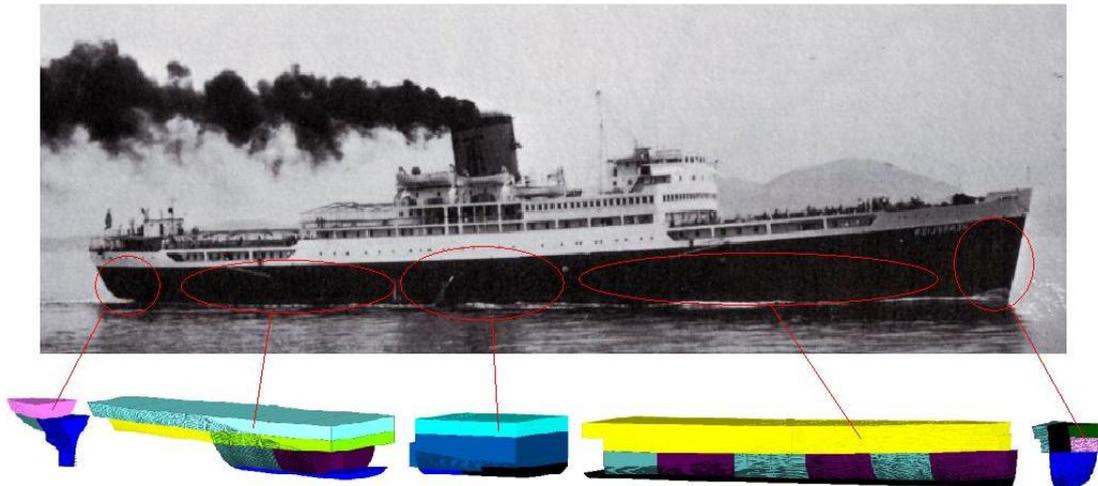
Εικόνα 2. Άποψη των γραμμών του πλοίου από πλώρη προς πρύμη (πάνω) και από πρύμη προς πλώρη (κάτω). Διακρίνονται οι νομείς, οι ίσαλοι, το προφίλ του πλοίου καθώς και οι καμπύλες FOS και FOB

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα SURFACES & COMPARTMENTS του TRIBON για να καθορίσουμε την εσωτερική διαρρύθμιση του πλοίου. Στη φάση αυτή προσδιορίστηκαν επακριβώς οι εσωτερικοί χώροι του «Ηράκλειο», ο σκοπός χρήσης τους, η κατασκευαστική (structural) και η κατόπιν βλάβης (damage) διαχωρητότητά τους. Ακολουθεί πίνακας όπου παρατίθενται αναλυτικά τα στοιχεία (όγκος, θέση κέντρου όγκου, διαχωρητότητα) κάθε διαμερίσματος που μοντελοποιήσαμε.

compartment	volume	LCG	TCG	VCG	Perm (%)	compartment	volume	LCG	TCG	VCG	Perm (%)
deepfwps	97.65	47.027	-5.886	3.667	98	coff66	3.28	50.829	0.000	0.900	98
deepfwstb	97.65	47.027	5.886	3.667	98	coff93	92.49	69.879	0.000	4.612	98
fw5ps	44.45	52.709	-3.834	0.668	98	destwaterstb1	10.66	56.637	2.635	0.636	98
fw5stb	44.45	52.709	3.834	0.668	98	engroom	1835.97	56.915	0.000	4.718	85
fw6ps	107.92	39.956	-2.457	0.689	98	engwrkshops	854.01	57.672	0.000	9.403	60
fw6stb	107.92	39.956	2.457	0.689	98	feedwaterps1	10.66	56.637	-2.635	0.636	98
fw7c	47.20	19.604	0.000	0.937	98	glandcomp	21.74	-1.130	0.000	8.449	85
b,oilps	149.98	67.974	-5.409	4.617	98	lo	3.28	50.829	0.000	0.900	98
b,oilstb	149.98	67.974	5.409	4.617	98	rope	10.22	140.433	0.000	9.083	60
oilsetps	34.86	67.974	-0.858	4.600	98	shaft	242.98	22.980	0.204	3.329	98
oilsetstb	34.86	67.974	0.858	4.600	98	stairs1	15.34	135.081	0.000	8.540	95
WBaft	83.30	3.415	0.000	7.498	98	stairs2	28.85	134.737	0.000	11.150	95
WBfp	48.55	138.070	0.000	4.750	98	steer	119.83	-0.690	0.000	10.842	85
fo1c	89.80	122.622	0.000	0.759	98	store1	14.88	140.813	0.000	11.680	60
fo2ps	156.48	102.657	-3.117	0.659	98	tourist	2096.98	27.515	0.000	9.965	95
fo2stb	156.48	102.657	3.117	0.659	98	void1	350.80	128.893	0.000	4.323	98
fo3ps	228.70	79.340	-3.897	0.650	98	void2	505.21	119.410	0.000	3.983	98
fo3stb	228.70	79.340	3.897	0.650	98	void3	780.89	109.743	0.000	3.755	98
fo4ps	128.99	62.393	-4.083	1.042	98	void4	963.73	98.453	0.000	3.551	98
fo4stb	128.99	62.393	4.083	1.042	98	void5	1000.16	85.917	0.000	3.391	98
automobile	618.67	17.443	0.000	7.648	98	void6	692.61	74.832	0.000	3.335	98
cardeckaft1	883.73	37.902	0.000	7.162	98	void7	474.33	41.658	-0.084	3.781	98
cardeckf1	5363.00	97.537	0.000	8.631	98	void8	699.90	32.792	-0.035	3.978	98
chain	34.98	137.203	0.000	10.16 3	60	void9	491.47	20.476	-0.011	4.724	98

Πίνακας 2. Στοιχεία διαμερισμάτων του «Ηράκλειο» στο τμήμα που μοντελοποιήσαμε



Εικόνα 3. Φαίνεται η θέση του κάθε μοντελοποιημένου διαμερίσματος πάνω στο πλοίο

Τα διαμερίσματα για τα οποία υπήρχε σχετική πληροφόρηση ήταν:

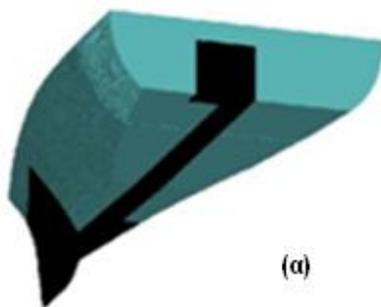
-Δεξαμενές:

Fresh water
Water ballast
Heavy fuel oil

Είδος φορτίου	FW	WB	FO
Πυκνότητα (t/m ³)	1.000	1.025	0.930

-Χώροι:

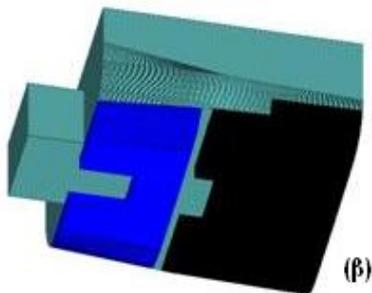
Ενδιαίτησης (accomodation)
Μηχανολογικού εξοπλισμού (machineryspace)
Αποθήκευσης (stores)
Φορτίου (car decks)
Κενοί χώροι (void spaces)



(α)

Λεπτομέρειες από το πλοίο όπου φαίνονται:

α) ο χώρος για τα αξονικά συστήματα του πλοίου (μαύρο) και οι κενοί (void) χώροι που τον περιβάλλουν



(β)

β) το μηχανοστάσιο με τις δεξαμενές έρματος (μαύρο) και πόσιμου νερού (μπλε) κάτω από αυτό

Εικόνα 4.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω σχήματα η διαμερισματοποίηση πραγματοποιήθηκε μόνο μέχρι το επίπεδο του καταστρώματος οχημάτων. Σύμφωνα με τις πραγματογνωμοσύνες αλλά και τα σχέδια που είχαμε στη διάθεση μας το πιο πιθανό είναι μόνο οι χώροι κάτω από το upperdeck να μπορούν να χαρακτηριστούν στεγανοί. Στη μελέτη του Dankowski μοντελοποιούνται και όλοι οι υπόλοιποι χώροι, βέβαια στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, όπου αυτό που μας ενδιαφέρει είναι ο έλεγχος ικανοποίησης κάποιων κανονισμών και η εξέταση κάποιων καταστάσεων φόρτωσης η συγκεκριμένη μοντελοποίηση κρίνεται ικανοποιητική.

ΣΧΕΔΙΟ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Έπειτα από μελέτη του capacity plan του αδερφού πλοίου «Χανιά» φαίνεται πως οι χώροι των διπυθμένων μπροστά από το μηχανοστάσιο χρησίμευαν ταυτόχρονα ως χώροι για καύσιμο (fueloil 0.93t/m³) αλλά και για θαλάσσιο έρμα (waterballast 1.025t/m³). Οφείλουμε βέβαια στο βάθος του μυαλού μας να έχουμε υπ' όψιν μας πως επειδή την εποχή εκείνη οι παρατυπίες ήταν φαινόμενο σύνηθες, η πραγματική φόρτωση των διάφορων χώρων ενδεχομένως να διέφερε αρκετά από αυτή που αναφέρεται στα επίσημα έγγραφα και σχέδια.

Σχόλιο: το Ηράκλειο ήταν εφοδιασμένο με ένα συγκρότημα τετρακύλινδρων ατμοστροβίλων ισχύος 7000HP (5145kW). Θεωρώντας λοιπόν ως μια μέση κατανάλωση ατμοστροβίλων 310gr/kWh προκύπτει με μια πρώτη εκτίμηση ο παρακάτω πίνακας:

Δεξαμενές καυσίμων	Χωρητικότητα σε καύσιμο	Χρόνος αυτονομίας	
Διπύθμενα πλώραθεν μηχανοστασίου	1040t	652h	~27 days
Oilset+b.oil	333t	209h	~9 days

Πίνακας 3.

Κρίθηκε λοιπόν λογικό, για το συγκεκριμένο τουλάχιστον στάδιο της μελέτης, να θεωρήσουμε τους χώρους που αναφέρονται ως oilset και b.oil ως χώρους καυσίμου και τους χώρους των πωραίων διπυθμένων ως απόλυτα χώρους έρματος. Η συγκεκριμένη θεώρηση ενισχύεται βέβαια και από τον ορισμό της κατάστασης πλήρους φόρτου (full load) στην πραγματογνωμοσύνη των Αντωνίου & Γεωργιάδη.

Καταλήγουμε λοιπόν:

Category FW - fresh water (SG = 1.000 tonnes/cu.m 100 % full)						
Compartment	Volume	Weight	LCG	TCG	VCG	IT
	(m ³)	(t)	(m)	(m)	(m)	(m ⁴)
deepfwps	97.646	97.646	47.027	-5.886	3.667	69
deepfwstb	97.646	97.646	47.027	5.886	3.667	69
fw5ps	44.448	44.448	52.709	-3.834	0.668	195
fw5stb	44.448	44.448	52.709	3.834	0.668	195
fw6ps	107.915	107.915	39.956	-2.457	0.689	408
fw6stb	107.915	107.915	39.956	2.457	0.689	408
fw7c	47.202	47.202	19.604	0.000	0.937	68
Total	547.240	547.220	42.796	0.000	1.770	

Category FO - fuel oil (SG = 0.930 tonnes/cu.m 98 % full)						
Compartment	Volume	Weight	LCG	TCG	VCG	IT
	(m ³)	(t)	(m)	(m)	(m)	(m ⁴)
b.oilps	149.982	146.98	67.974	-5.409	4.617	101
b.oilstb	149.982	146.98	67.974	5.409	4.617	101
oilsetps	34.855	34.16	67.974	-0.858	4.600	1
oilsetstb	34.855	34.16	67.974	0.858	4.600	1
Total	369.680	362.29	67.974	0.000	4.614	

Category WB - water ballast (SG = 1.025 tonnes/cu.m 100 % full)						
Compartment	Volume	Weight	LCG	TCG	VCG	IT
	(m ³)	(t)	(m)	(m)	(m)	(m ⁴)
WBaft	83.297	85.379	3.415	0.000	7.498	186
WBfp	48.546	49.760	138.070	0.000	4.750	5
fo1c	89.796	92.041	122.622	-0.000	0.759	423
fo2ps	156.482	160.395	102.657	-3.117	0.659	716
fo2stb	156.482	160.395	102.657	3.117	0.659	716
fo3ps	228.703	234.420	79.340	-3.897	0.650	1351
fo3stb	228.703	234.420	79.340	3.897	0.650	1351
fo4ps	128.988	132.212	62.393	-4.083	1.042	444
fo4stb	128.988	132.212	62.393	4.083	1.042	444
Total	6.612.990	6.778.313	94.602	0.000	7.256	

Πίνακας 4

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΓΑΣΤΡΑΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Draft	Displt	LCB	VCB	WPA	LCF	WSA	TPC	MTC
(m)	(t)	(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m ²)	(t/cm)	(t- m/cm)
0.05	18.83	77.547	0.033	569.41	76.342	570.30	5.84	23.45
0.10	59.39	76.605	0.064	861.02	76.165	863.42	8.83	32.07
0.15	106.03	76.361	0.092	936.62	75.990	941.08	9.60	36.50
0.20	155.83	76.211	0.120	992.32	75.840	999.13	10.17	40.27
0.25	208.18	76.097	0.147	1038.70	75.702	1048.13	10.65	43.66
0.30	262.70	76.000	0.174	1078.95	75.576	1091.26	11.06	46.77
0.35	319.11	75.914	0.201	1114.67	75.472	1130.14	11.43	49.60
0.40	377.27	75.837	0.229	1147.23	75.374	1166.02	11.76	52.26
0.45	437.03	75.767	0.256	1176.88	75.292	1199.29	12.06	54.73
0.50	498.17	75.703	0.283	1204.35	75.212	1230.57	12.34	57.08
0.55	560.74	75.643	0.310	1230.02	75.136	1260.22	12.61	59.32
0.60	624.53	75.588	0.338	1253.97	75.075	1288.44	12.85	61.43
0.65	689.52	75.536	0.365	1276.66	75.014	1315.56	13.09	63.47
0.70	755.65	75.487	0.392	1298.14	74.956	1341.63	13.31	65.43
0.75	822.81	75.442	0.420	1318.51	74.906	1366.81	13.51	67.30
0.80	890.96	75.399	0.447	1338.00	74.855	1391.23	13.71	69.13
0.85	960.14	75.357	0.475	1356.68	74.807	1414.97	13.91	70.90
0.90	1030.23	75.318	0.502	1374.52	74.766	1438.07	14.09	72.60
0.95	1101.24	75.280	0.529	1391.69	74.723	1460.63	14.26	74.26
1.00	1173.08	75.245	0.557	1408.17	74.681	1482.65	14.43	75.87
1.05	1245.71	75.210	0.584	1424.02	74.642	1504.20	14.60	77.44
1.10	1319.20	75.178	0.612	1439.32	74.604	1525.33	14.75	78.95
1.15	1393.43	75.146	0.639	1453.99	74.570	1546.03	14.90	80.41
1.20	1468.42	75.116	0.667	1468.19	74.536	1566.38	15.05	81.83
1.25	1544.07	75.086	0.694	1481.93	74.501	1586.40	15.19	83.23
1.30	1620.45	75.058	0.722	1495.21	74.466	1606.10	15.33	84.59
1.35	1697.49	75.030	0.749	1508.11	74.431	1625.53	15.46	85.93
1.40	1775.18	75.003	0.777	1520.55	74.395	1644.67	15.59	87.23
1.45	1853.51	74.976	0.804	1532.57	74.361	1663.53	15.71	88.49
1.50	1932.40	74.951	0.832	1544.10	74.331	1682.11	15.83	89.70
1.55	2011.93	74.926	0.859	1555.28	74.297	1700.47	15.94	90.88
1.60	2091.96	74.901	0.887	1566.23	74.263	1718.66	16.05	92.06
1.65	2172.57	74.876	0.914	1576.85	74.226	1736.66	16.16	93.22
1.70	2253.72	74.852	0.942	1587.15	74.188	1754.48	16.27	94.36
1.75	2335.38	74.828	0.969	1597.08	74.154	1772.09	16.37	95.45
1.80	2417.53	74.805	0.997	1606.57	74.122	1789.48	16.47	96.49
1.85	2500.18	74.781	1.024	1615.83	74.089	1806.75	16.56	97.52
1.90	2583.26	74.758	1.052	1624.78	74.053	1823.86	16.65	98.54
1.95	2666.83	74.736	1.079	1633.59	74.016	1840.89	16.74	99.55
2.00	2750.84	74.713	1.106	1642.15	73.979	1857.79	16.83	100.56
2.05	2835.26	74.691	1.134	1650.42	73.943	1874.56	16.92	101.52
2.10	2920.11	74.668	1.161	1658.35	73.910	1891.19	17.00	102.45
2.15	3005.36	74.646	1.189	1666.10	73.875	1907.74	17.08	103.37
2.20	3091.02	74.624	1.216	1673.63	73.839	1924.20	17.15	104.29
2.25	3177.04	74.603	1.244	1681.05	73.801	1940.59	17.23	105.20
2.30	3263.44	74.581	1.271	1688.24	73.761	1956.91	17.30	106.10
2.35	3350.19	74.559	1.298	1695.17	73.720	1973.13	17.38	106.99

2.40	3437.30	74.537	1.326	1701.95	73.684	1989.28	17.45	107.84
2.45	3524.74	74.515	1.353	1708.48	73.646	2005.34	17.51	108.68
2.50	3612.53	74.494	1.380	1714.95	73.609	2021.37	17.58	109.52
2.55	3700.63	74.472	1.408	1721.13	73.569	2037.31	17.64	110.34
2.60	3789.03	74.451	1.435	1727.33	73.529	2053.23	17.71	111.16
2.65	3877.83	74.429	1.462	1733.20	73.490	2069.08	17.77	111.97
2.70	3966.78	74.408	1.489	1739.13	73.451	2084.89	17.83	112.77
2.75	4056.16	74.386	1.517	1744.95	73.413	2100.66	17.89	113.54
2.80	4145.77	74.365	1.544	1750.67	73.374	2116.38	17.94	114.31
2.85	4235.69	74.343	1.571	1756.26	73.334	2132.07	18.00	115.07
2.90	4325.89	74.322	1.599	1761.67	73.294	2147.72	18.06	115.83
2.95	4416.36	74.300	1.626	1766.94	73.254	2163.32	18.11	116.59
3.00	4507.12	74.278	1.653	1772.15	73.213	2178.90	18.16	117.34
3.05	4598.11	74.257	1.680	1777.30	73.171	2194.47	18.22	118.08
3.10	4689.38	74.235	1.707	1782.30	73.130	2210.00	18.27	118.80
3.15	4780.91	74.214	1.735	1787.24	73.088	2225.54	18.32	119.53
3.20	4872.66	74.192	1.762	1792.08	73.046	2241.05	18.37	120.25
3.25	4964.68	74.170	1.789	1796.89	73.004	2256.55	18.42	120.97
3.30	5056.95	74.149	1.816	1801.56	72.962	2272.03	18.47	121.67
3.35	5149.44	74.127	1.843	1806.22	72.919	2287.49	18.51	122.37
3.40	5242.18	74.105	1.870	1810.85	72.876	2302.95	18.56	123.07
3.45	5335.16	74.083	1.897	1815.26	72.835	2318.36	18.61	123.77
3.50	5428.35	74.062	1.925	1819.73	72.792	2333.78	18.65	124.46
3.55	5521.77	74.040	1.952	1824.33	72.745	2349.22	18.70	125.15
3.60	5615.43	74.018	1.979	1828.84	72.698	2364.64	18.75	125.84
3.65	5709.32	73.995	2.006	1833.27	72.650	2380.05	18.79	126.52
3.70	5803.43	73.973	2.033	1837.64	72.603	2395.46	18.84	127.20
3.75	5897.75	73.951	2.060	1841.97	72.556	2410.87	18.88	127.89
3.80	5992.35	73.929	2.087	1846.21	72.509	2426.26	18.92	128.56
3.85	6087.12	73.906	2.114	1850.40	72.461	2441.63	18.97	129.23
3.90	6182.10	73.883	2.141	1854.56	72.413	2457.01	19.01	129.90
3.95	6277.30	73.861	2.169	1858.65	72.365	2472.36	19.05	130.57
4.00	6372.68	73.838	2.196	1862.72	72.317	2487.70	19.09	131.24
4.05	6468.33	73.815	2.223	1866.69	72.269	2503.03	19.13	131.89
4.10	6564.14	73.792	2.250	1870.60	72.220	2518.35	19.17	132.54
4.15	6660.17	73.769	2.277	1874.49	72.171	2533.67	19.21	133.19
4.20	6756.38	73.746	2.304	1878.36	72.123	2548.99	19.25	133.85
4.25	6852.75	73.723	2.331	1882.20	72.074	2564.32	19.29	134.50
4.30	6949.40	73.699	2.358	1885.96	72.024	2579.65	19.33	135.14
4.35	7046.19	73.676	2.385	1889.65	71.975	2594.97	19.37	135.78
4.40	7143.20	73.653	2.412	1893.39	71.926	2610.30	19.41	136.43
4.45	7240.36	73.629	2.439	1897.11	71.877	2625.65	19.45	137.07
4.50	7337.73	73.606	2.466	1900.78	71.829	2640.99	19.48	137.72
4.55	7435.29	73.582	2.493	1904.43	71.779	2656.38	19.52	138.36
4.60	7533.03	73.558	2.520	1907.99	71.729	2671.75	19.56	138.99
4.65	7630.95	73.534	2.547	1911.55	71.679	2687.13	19.59	139.63
4.70	7729.06	73.510	2.574	1915.06	71.629	2702.49	19.63	140.26

Πίνακας 5.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ / ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Για τη μοντελοποίηση των διάφορων καταστάσεων φόρτωσης και τον υπολογισμό των εκάστοτε υδροστατικών μεγεθών χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα CALC & HYDRO. Με τη βοήθεια του προγράμματος αυτού, το οποίο είναι και το τελευταίο που θα χρησιμοποιηθεί από το πακέτο TRIBON, θα γίνουν όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί σχετικά με τις καμπύλες κατακλυσίμων μηκών και επιπλέον θα κάνουμε τον έλεγχο ευστάθειας σε άθικτη και βεβλαμμένη κατάσταση εισάγοντας κάθε φορά τα απαιτούμενα από τους κανονισμούς κριτήρια.

Βάρος άφορτου πλοίου (lightship weight)

Το βάρος του άφορτου πλοίου υπολογίστηκε βάσει του πειράματος ευστάθειας του αδερφού πλοίου ΧΑΝΙΑ όπως αυτό περιγράφεται στην πραγματογνωμοσύνη των Αντωνίου & Γεωργιάδη. Η μόνη ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στα δύο πλοία ήταν μια υπερκατασκευή στο πρυμναίο τμήμα, η οποία και αφαιρέθηκε κατά τους υπολογισμούς. Υποθέσαμε πυκνότητα θαλασσινού νερού ίση με 1.025 t/m^3 και γεμίσαμε πλήρως τις δεξαμενές που αναφέρονται ως «πλήρεις» ενώ τις υπόλοιπες μέχρις ότου επιτευχθεί το αναφερόμενο βάρος.

Προφίλ πλοίου

Για τη διενέργεια ακριβών υπολογισμών ήταν απαραίτητη στη φάση αυτή η εισαγωγή περισσότερων στοιχείων στο πρόγραμμα όπως τα σημεία της ακμής καταστρώματος (deck edge points), απ' όπου θα προκύψει και η margin line καθώς επίσης και τα σημεία του πλήρους προφίλ του πλοίου (profile points).

Σημεία προφίλ πλοίου [m]									
X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z
-6,776	14,914	43,516	17,299	71,743	22,468	95,398	14,000	138,758	0,645
-2,005	14,914	50,473	17,299	71,743	20,281	101,362	14,100	136,308	0,368
-2,005	17,101	56,039	22,070	73,731	20,281	107,325	14,200	133,048	0,153
1,970	17,101	57,630	22,070	73,731	21,076	113,289	14,300	123,807	0,000
1,970	19,486	57,033	26,245	77,707	21,076	119,252	14,400	0,628	0,000
10,717	19,486	56,437	30,419	83,074	20,281	125,216	14,500	-0,372	6,408
10,717	17,299	61,406	31,214	83,074	24,654	131,179	14,600	-1,651	6,873
11,512	17,299	66,376	32,009	89,037	25,052	137,143	14,700	-3,826	8,017
11,512	14,914	66,972	27,239	95,398	25,449	142,678	4,780	-6,777	14,914
43,516	14,914	67,569	22,468	95,398	21,076	141,374	1,725		

Πίνακας 6.

Σημεία ακμής καταστρώματος (Deck edge points) [m]									
x	z	x	z	x	z	x	z	x	z
-6.777	7.10	27.46	5.90	71.63	10.00	102.50	5.65	138.76	6.59
-0.372	6.44	45.4	5.88	71.63	5.45	114.75	5.96	142.68	7.16
6.11	6.22	45.4	10.00	84.71	5.45	133.10	6.26	143.26	7.55
14.92	6.00	66.4	10.00						

Πίνακας 7.

Σε πρώτη φάση «τρέξαμε» τις παρακάτω καταστάσεις φόρτωσης προκειμένου να εξάγουμε κάποια πρώτα συμπεράσματα και να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του πλοίου σε τρεις ιδιαίτερα σημαντικές φάσεις: i) το πλοίο με πλήρες φορτίο, ii) το πλοίο όπως ήταν φορτωμένο στο τελευταίο του ταξίδι, iii) το πλοίο με κατακλυσμένο το πρωαίο κατάστρωμα οχημάτων

Πλήρες φορτίου

Στην παρούσα κατάσταση έχουμε θεωρήσει ότι το πλοίο φέρει το μέγιστο δυνατό φορτίο, όπως περιγράφεται στην πραγματογνωμοσύνης των Αντωνίου & Γεωργιάδη.

FULL LOAD				Heel (deg)	GZ (m)
KG	7.690m			0	0.0000
FSC	0.039m			5	0.0714
KGf	7.729m			10	0.1491
GMt	0.796m	Draft at AP	5.844m	15	0.2395
BMt	5.914m			20	0.3428
BMI	271.690m	Draft at FP	3.535m	25	0.4515
Waterplane area	1945.38m ²			30	0.5580
LCG	69.302m	Men draft at midships	4.690m	35	0.6523
LCB	69.220m			40	0.7097
TCB	0.000m			45	0.6802
LCF	69.970m			50	0.5729
TCF	0.000m			55	0.4081
TPC	19.940t/cm			60	0.2018
MTC	146.668t-m/cm			65	-0.0336

Πίνακας 8.

Τελευταίος πλους

Σε πλήρη αντιστοιχία με τους πραγματογνώμονες θεωρήσαμε ως κατάσταση φόρτωσης του «Ηράκλειο» την ημέρα του ναυαγίου εκείνη του «Χανιά» κατά τη διάρκεια του πειράματος ευστάθειας (Πίνακας 4.1) που έγινε στο μέσο της διαδρομής Πειραιάς – Ηράκλειο – Πειραιάς. Σύμφωνα βέβαια με την αναφορά της ΑΕΕΝΑ στη σελίδα 23 τα περισσότερα φορτηγά - αυτοκίνητα μετέφεραν περισσότερο φορτίο απ' όσο είχε επίσημα δηλωθεί. Για το λόγο αυτό, όσον αφορά το βάρος των οχημάτων έχει θεωρηθεί βάρος 274t, τη στιγμή που στην πραγματογνωμοσύνη των Αντωνίου& Γεωργιάδη γίνεται αναφορά για βάρος οχημάτων 208t, λαμβάνοντας δηλαδή υπ' όψιν και μια προσαύξηση της τάξης του 30%. Τέλος όσον αφορά τους επιβαίνοντες, 71 άτομα πλήρωμα και 212 επιβάτες θεωρήσαμε βάρος 21.2t. Αξίζει να σημειωθεί βέβαια ότι η θεώρηση αυτή είναι αρκετά συντηρητική καθώς δεν έχει ληφθεί υπ'

όψιν βάρους αποσκευών, ούτε και ενδεχόμενο επιβίβασης ατόμων που έκοψαν εισιτήριο πάνω στο καράβι.

LAST VOYAGE				Heel (deg)	GZ (m)
KG	7.691m			0	-0.0085
FSC	0.086m			5	0.0635
KGf	7.776m			10	0.1417
GMt	0.809m			15	0.2322
BMt	6.009m			20	0.3345
BMI	275.308m	Draft at AP	5.791m	25	0.4403
Waterplane area	1940.14m ²	Draft at FP	3.433m	30	0.5419
LCG	69.193m	Mean draft at midships	4.612m	35	0.6289
LCB	69.108m			40	0.6833
TCB	-0.064m			45	0.6545
LCF	70.004m			50	0.5476
TCF	-0.063m			55	0.3825
TPC	19.886t/cm			60	0.1755
MTC	145.678t-m/cm			65	-0.0612

Πίνακας 9.

Prior to sink

Από σχετικό πίνακα του ΕΛΚΕΘΕ γίνεται σαφές πως για τη θαλάσσια περιοχή που μας ενδιαφέρει, σε ανέμους ταχύτητας >14m/s τα ύψη κύματος με τη μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης κυμαίνονται από 2.5-3.5m. Παραθέτουμε τα αποτελέσματα για τη συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης έχοντας θεωρήσει σημαντικό ύψος κύματος $H_s=3m$ και $H_s=4m$ προκειμένου να εφαρμόσουμε τη συμφωνία της Στοκχόλμης για μία έκταση βλάβης ίση με το μήκος της χαμένης πλαινής μπουκαπόρτας. Τα παρακάτω μεγέθη αφορούν την τελική κατάσταση ισορροπίας, με αρχική αυτή του τελευταίου ταξιδιού, με τη διαφορά ότι έχει αφαιρεθεί το φορτηγό – ψυγείο των 35t.



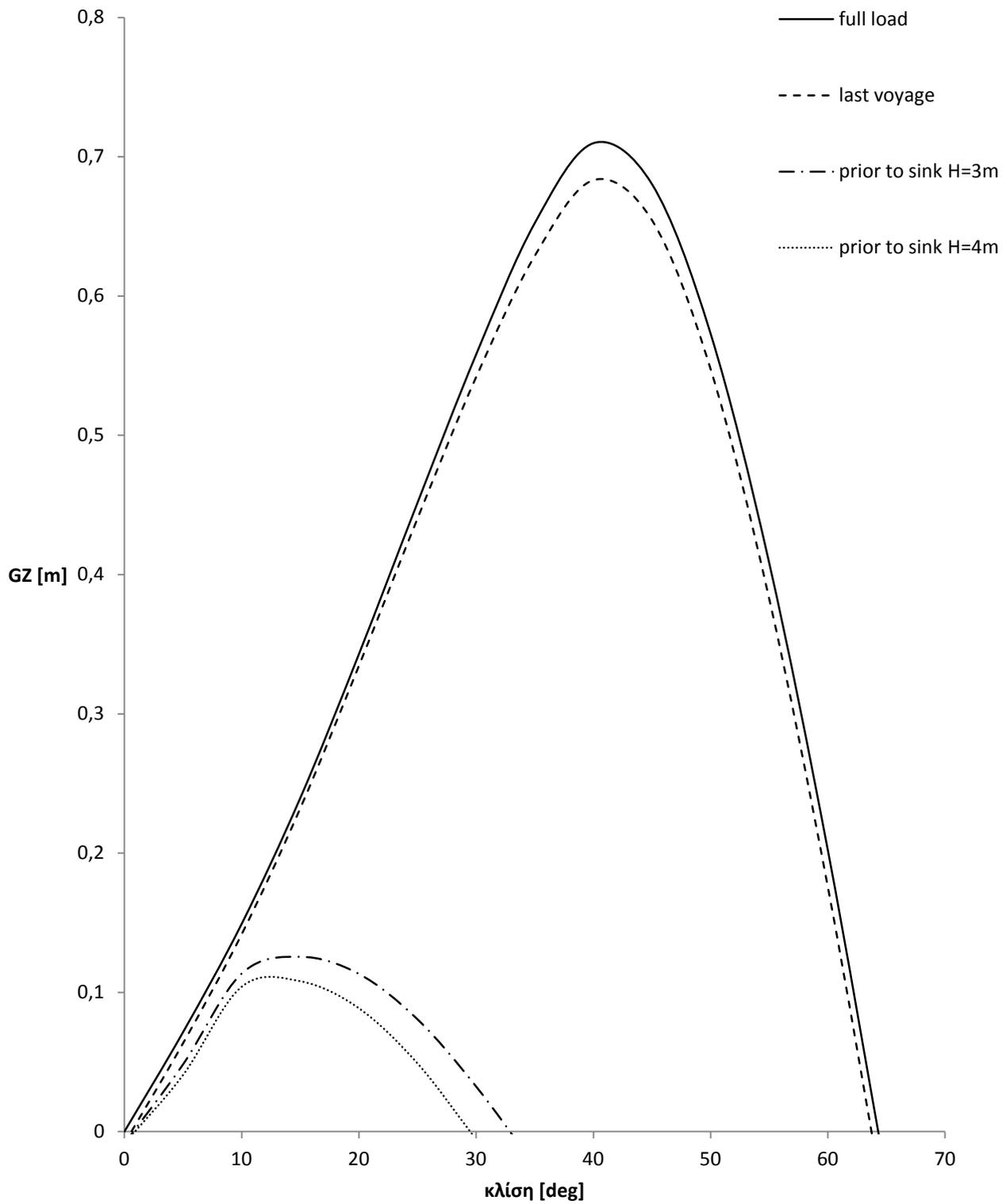
Εικόνα 5. Με κόκκινο χρώμα φαίνεται το διαμέρισμα που κατακλύστηκε (πρωραίο κατάστρωμα οχημάτων)

	% full	SG (t/m ³)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	
Total displacement			7549.0	69.10	0.01	7.78	0	
Buoyancy	H=3m		7586	69.05	0.24	2.58	45631	
	H=4m		7596.2	69.06	0.29	2.58	45677	
Cardeck fw	H=3m	0.7	1.025	-36.4	76.49	5.24	5.62	-1730.3
	H=4m	0.8		-45.6	77.22	5.41	5.65	-2545.4
Total Buoyancy	H=3m		7549.6	69.02	0.21	2.56	43901.1	
	H=4m		7550.7	69.02	0.26	2.56	43131.9	
Heigt of water on deck				H=3m		0.146m		
				H=4m		0.243m		

Πίνακας 10.

PRIOR TO SINK								
	H=3m	H=4m						
KG	7.781	7.781						
FSC	0.000	0.000						
KGf	7.781	7.781						
GMt	0.593	0.489						
BMt	5.815	5.712		H=3m	H=4m	Heel (deg)	GZ (m)	
BMI	276.786	276.930	Draft at AP	5.807	5.808	5.00	0.0483	0.0407
Waterplane area	1941.53	1942.30	Draft at FP	3.421	3.430	10.00	0.1134	0.1041
LCG	69.102	69.102	Mean draft at midships	4.614	4.619	15.00	0.1255	0.1081
LCB	69.015	69.016				20.00	0.1132	0.0887
TCB	0.212	0.258				25.00	0.0806	0.0491
LCF	69.977	69.976				30.00	0.0324	-
TCF	0.236	0.289				35.00	-0.0244	0.0055
TPC	19.901	19.909						
MTC	145.867	145.963						

Πίνακας 11.



Διάγραμμα 1. Καμπύλες μοχλοβραχίονα επαναφοράς GZ-φ

ΠΛΗΡΗΣ ΦΟΡΤΟΥ	% full	SG	Weight	LCG	TCG	VCG	FSM
		(t/m3)	(t)	(m)	(m)	(m)	(t-m)
<i>fresh water</i>							
deepfwps	41.7	1.000	40.7	47.04	-5.64	2.32	57.8
deepfwstb	41.7	1.000	40.7	47.04	5.64	2.32	57.8
fw5ps	100.0	1.000	44.4	52.71	-3.83	0.67	0.0
fw5stb	100.0	1.000	44.4	52.71	3.83	0.67	0.0
fw6ps	100.0	1.000	107.9	39.96	-2.46	0.69	0.0
fw6stb	100.0	1.000	107.9	39.96	2.46	0.69	0.0
fw7c	100.0	1.000	47.2	19.60	0.00	0.94	0.0
Total fresh water			433.2	41.69	0.00	1.02	115.6
<i>fuel oil</i>							
b.oilps	18.9	0.930	26.4	67.98	-5.32	1.87	93.7
b.oilstb	18.9	0.930	26.4	67.98	5.32	1.87	93.7
oilsetps	28.1	0.930	9.1	67.97	-0.86	2.15	1.2
oilsetstb	28.1	0.930	9.1	67.97	0.86	2.15	1.2
Total fuel oil			71.0	67.98	0.00	1.94	189.8
<i>water ballast</i>							
fo1c	100.0	1.025	92.0	122.62	-0.00	0.76	0.0
fo2ps	100.0	1.025	160.4	102.66	-3.12	0.66	0.0
fo2stb	100.0	1.025	160.4	102.66	3.12	0.66	0.0
fo3ps	100.0	1.025	234.4	79.34	-3.90	0.65	0.0
fo3stb	100.0	1.025	234.4	79.34	3.90	0.65	0.0
fo4ps	100.0	1.025	132.2	62.39	-4.08	1.04	0.0
fo4stb	100.0	1.025	132.2	62.39	4.08	1.04	0.0
Total water ballast			1146.0	85.43	0.00	0.75	0.0
<i>Fixed Subset</i>							
people			75.0	85.00	0.00	12.34	0.0
lag			20.0	85.00	0.00	12.34	0.0
carsf			365.8	130.00	0.00	7.32	0.0
cars aft			40.6	36.70	0.00	6.00	0.0
Total Fixed Subset			501.4	113.92	0.00	8.16	0.0
Lightweight			5581.6	64.14	0.00	9.66	0.0
Deadweight			2151.8	82.68	0.00	2.57	305.4
Total Displacement			7733.4	69.30	0.00	7.69	305.4
Buoyancy			7733.4	69.22	0.00	2.61	45737.4

Πίνακας 12.

ΤΕΛΕΥΤΑΙΟΣ ΠΛΟΥΣ	% full	SG	Weight	LCG	TCG	VCG	FSM
		(t/m3)	(t)	(m)	(m)	(m)	(t-m)
fresh water							
deepfwps	36.5	1.000	35.6	47.04	-5.60	2.20	55.1
deepfwstb	22.9	1.000	22.4	47.04	5.48	1.85	46.0
fw5ps	100.0	1.000	44.4	52.71	-3.83	0.67	0.0
fw5stb	100.0	1.000	44.4	52.71	3.83	0.67	0.0
fw6ps	100.0	1.000	107.9	39.96	-2.46	0.69	0.0
fw6stb	54.2	1.000	58.5	40.34	2.18	0.44	286.0
fw7c	26.7	1.000	12.6	20.51	0.00	0.45	19.0
Total fresh water			325.8	44.01	-0.66	0.87	406.1
fuel oil							
b.oilps	18.6	0.930	25.9	67.98	-5.32	1.86	93.6
b.oilstb	38.4	0.930	53.6	67.98	5.38	2.53	94.8
oilsetps	100.0	0.930	32.4	67.97	-0.86	4.60	0.0
oilsetstb	100.0	0.930	32.4	67.97	0.86	4.60	0.0
Total fuel oil			144.3	67.97	1.04	3.34	188.4
water ballast							
WB aft	44.0	1.025	37.6	3.65	0.00	6.26	54.9
WB fp	100.0	1.025	49.8	138.07	0.00	4.75	0.0
fo1c	100.0	1.025	92.0	122.62	-0.00	0.76	0.0
fo2ps	100.0	1.025	160.4	102.66	-3.12	0.66	0.0
fo2stb	100.0	1.025	160.4	102.66	3.12	0.66	0.0
fo3ps	100.0	1.025	234.4	79.34	-3.90	0.65	0.0
fo3stb	100.0	1.025	234.4	79.34	3.90	0.65	0.0
fo4ps	100.0	1.025	132.2	62.39	-4.08	1.04	0.0
fo4stb	100.0	1.025	132.2	62.39	4.08	1.04	0.0
Total water ballast			1233.4	85.06	0.00	1.08	54.9
Fixed Subset							
people			21.1	85.00	0.00	12.34	0.0
carsf			274.0	130.00	0.00	7.32	0.0
Total Fixed Subset			295.1	126.78	0.00	7.67	0.0
Lightweight			5581.6	64.14	0.00	9.66	0.0
Deadweight			1998.8	83.30	-0.03	2.18	649.4
Total Displacement			7580.3	69.19	-0.01	7.69	649.4
Buoyancy			7580.3	69.11	-0.06	2.57	45553.6

Πίνακας 13.

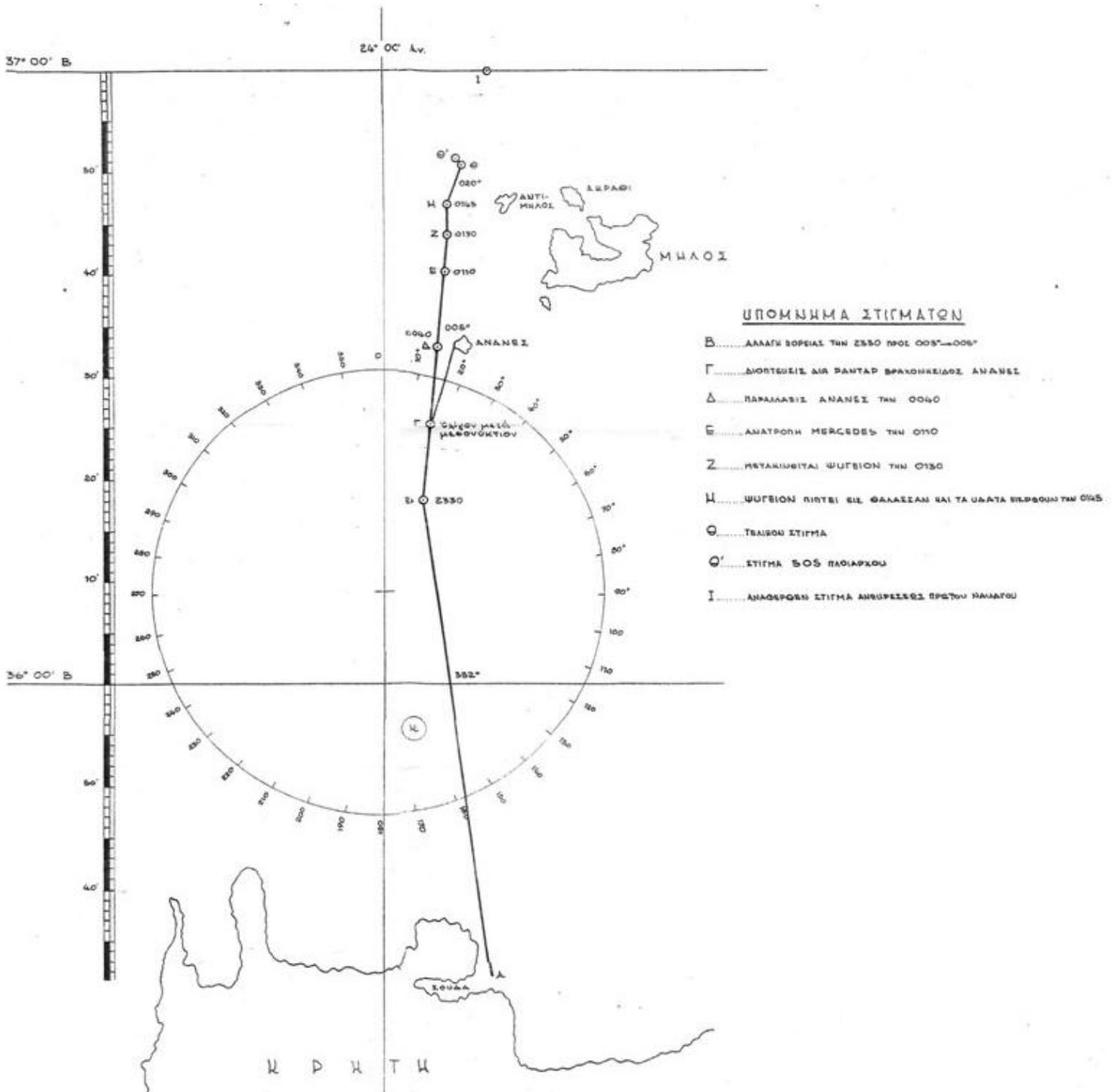
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΒΣΤΟΙΧΕΙΑ (αριθμός πινακίδας, ωφέλιμο βάρος, απόβαρο) ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΒΙΒΑΣΤΗΚΑΝ ΣΤΟ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ»

1)	Δ.Χ.	80907	ώφελ.	500	KGS	άποβ.	1668
2)	Δ.Χ.	184035	"	4453	"	"	5547
3)	Δ.Χ.	181724	"	5000	"	"	7000
4)	Δ.Χ.	81591	"	3500	"	"	4744
5)	Δ.Χ.	80854	"	6500	"	"	5340
6)	Δ.Χ.	81580	"	6000	"	"	6200
7)	Δ.Χ.	181540	"	5000	"	"	7414
8)	Δ.Χ.	179124	"	5000	"	"	5540
9)	Δ.Χ.	184264	"	6000	"	"	6150
10)	Δ.Χ.	79195	"	6000	"	"	5610
11)	Δ.Χ.	180605	"	6000	"	"	6780
12)	Δ.Χ.	75567	"	6500	"	"	6306
13)	Δ.Χ.	17918	"	5000	"	"	7240
14)	Δ.Χ.	179147	"	5000	"	"	7240
15)	Δ.Χ.	81921	"	4500	"	"	5664
16)	Δ.Χ.	238564	ψυγεΐον BUSSING	ώφ.20182	KGS	άποβ.15500	
17)	Στρατιωτικόν	ψυγεΐον	κενόν	ώφ.3500			
18)	Ι.Χ.	97839	(κούρσα)				
19)	Ι.Χ.	80583	κενόν	ώφ.6000	άποβ.6184	KGS	

Πίνακας 14.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Η ΠΟΡΕΙΑ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΗΣΕ ΤΟ ΠΛΟΙΟ ΤΗ ΝΥΧΤΑ ΤΟΥ
ΝΑΥΑΓΙΟΥ

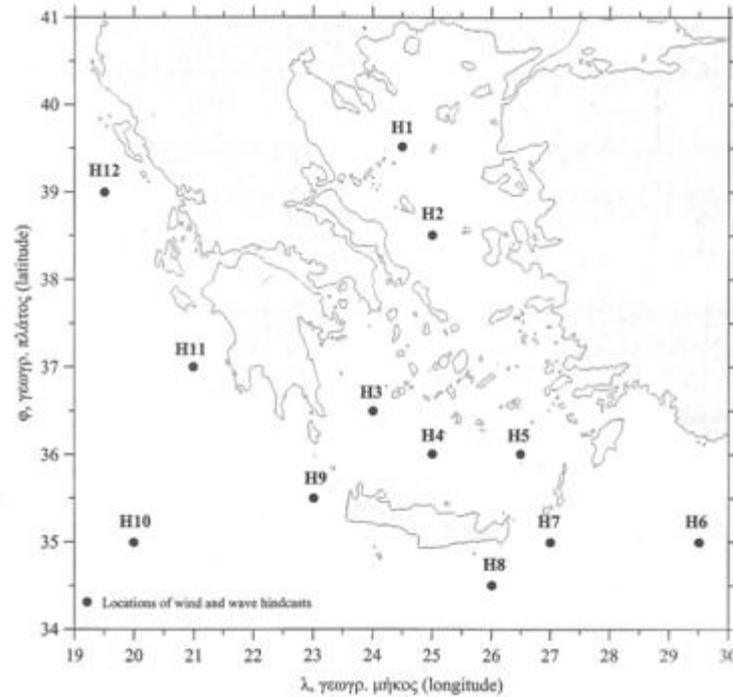


Εικόνα 6.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟ ΑΤΛΑΝΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ-ΚΥΜΑΤΟΣ ΕΚΛΕΘΕ & ΑΘΑΝΑΣΟΥΛΗ

ΑΤΛΑΣ ΕΛΚΕΘΕ



Εικόνα 7. Χάρτης όπου φαίνονται οι κυματολογικά ομοιογενείς περιοχές για τις οποίες μας παρέχει πληροφορίες ο άτλαντας του ΕΛΚΕΘΕ. Περιοχή ενδιαφέροντος για την παρούσα μελέτη αποτελεί η περιοχή H3(36.55°N, 24.00°E)

Θ_{WIND} [deg]	U_w [m/s]																Total
	0.00 1.00	1.00 2.00	2.00 3.00	3.00 4.00	4.00 5.00	5.00 6.00	6.00 7.00	7.00 8.00	8.00 9.00	9.00 10.00	10.00 12.00	12.00 14.00	14.00 16.00	16.00 18.00	> 18.00		
0	0	2	2	4	5	6	9	8	11	12	28	22	8	5	1	123	
15	0	1	3	6	7	8	14	12	15	9	22	12	5	1	0	115	
30	0	1	2	3	6	8	7	7	6	7	7	1	0	0	0	55	
45	0	2	3	2	3	4	3	3	2	2	2	0	0	0	0	26	
60	0	1	3	2	2	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	19	
75	1	2	2	1	1	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	12	
90	0	1	2	2	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	11	
105	0	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0	16	
120	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	19	
135	0	2	2	1	2	2	2	4	2	2	2	0	0	0	0	21	
150	0	2	2	2	2	3	4	3	2	2	2	1	0	0	0	25	
165	0	1	2	2	4	4	5	3	1	1	1	1	0	0	0	25	
180	0	1	2	3	4	2	3	2	3	1	2	1	0	0	0	24	
195	0	2	2	3	4	3	3	6	5	3	4	2	1	0	0	38	
210	0	2	3	5	6	6	8	6	6	7	13	6	3	0	0	71	
225	1	1	2	5	4	8	10	12	8	14	25	11	4	1	0	106	
240	0	3	3	3	6	6	9	11	9	10	14	6	2	0	0	82	
255	0	2	3	3	5	5	4	5	6	4	7	1	1	0	0	46	
270	0	2	3	5	2	2	4	2	2	2	2	0	0	0	0	26	
285	0	2	3	2	2	2	2	1	2	2	0	0	0	0	0	18	
300	0	1	3	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	14	
315	0	2	2	2	3	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	15	
330	0	2	3	4	3	3	2	2	1	2	1	1	1	0	1	26	
345	1	1	3	6	6	5	5	5	5	5	10	8	4	2	1	67	
Total	4	39	58	71	83	90	106	102	93	90	147	76	29	9	3	1000	

Πίνακας 15. Ιστογράμμο ταχύτητας – κατεύθυνσης ανέμου από προσομοίωση για την περιοχή H3 τη χρονική περίοδο του χειμώνα σύμφωνα με τον άτλαντα του ΕΛΚΕΘΕ

T_p [s]	H_s [m]															Total	
	0.00 0.25	0.25 0.50	0.50 0.75	0.75 1.00	1.00 1.25	1.25 1.50	1.50 1.75	1.75 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 5.00	5.00 6.00	6.00 7.50		
0.0-1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.9-2.6	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.6-3.1	3	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1-3.8	7	32	43	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.8-4.6	2	21	97	42	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.6-5.0	1	2	10	33	34	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0-5.5	2	2	4	16	44	30	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5.5-6.1	1	7	5	5	9	31	41	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0
6.1-6.7	1	8	3	5	3	7	17	31	31	2	0	0	0	0	0	0	0
6.7-7.4	0	5	7	6	4	5	6	9	37	14	1	0	0	0	0	0	0
7.4-8.1	0	2	6	7	7	4	3	3	8	15	9	2	0	0	0	0	0
8.1-8.9	0	2	4	8	9	8	5	3	7	7	5	8	3	0	0	0	0
8.9-9.8	0	1	1	4	6	6	5	3	5	2	1	1	1	0	0	0	0
9.8-10.8	0	0	0	1	2	5	5	2	6	1	1	1	0	0	0	0	0
10.8-11.9	0	0	0	0	0	1	2	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0
11.9-13.0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
13.0-14.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.4-17.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
>17.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	18	94	184	130	127	103	92	66	102	45	17	12	4	0	0	0	994

Πίνακας 16. Ιστογράμμο σημαντικού ύψους – περιόδου κύματος από προσομοίωση για την περιοχή Η3 τη χρονική περίοδο του χειμώνα σύμφωνα με τον άτλαντα του ΕΛΚΕΘΕ

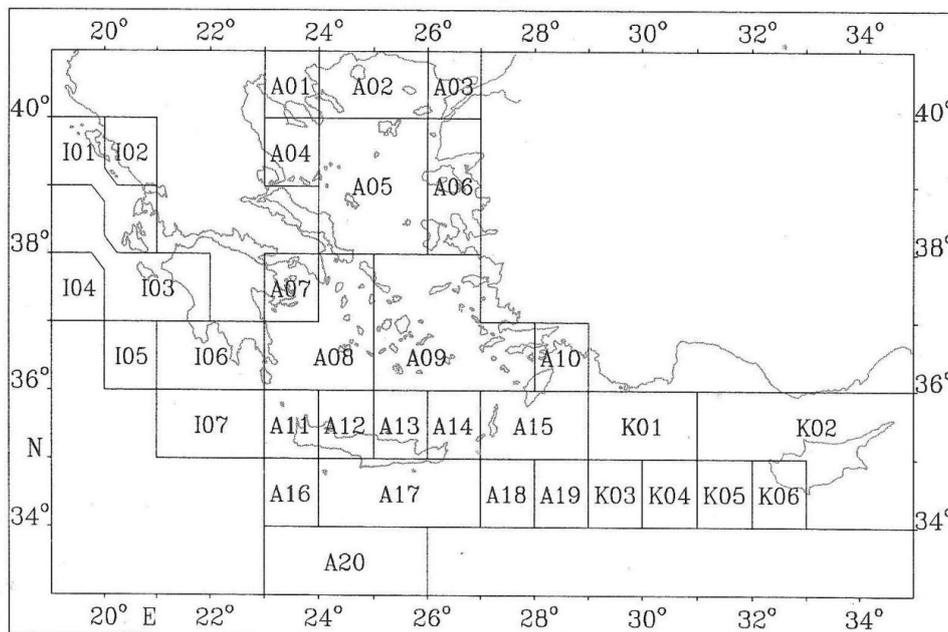
Θ_{wave} [deg]	H_s [m]															Total	
	0.00 0.25	0.25 0.50	0.50 0.75	0.75 1.00	1.00 1.25	1.25 1.50	1.50 1.75	1.75 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 5.00	5.00 6.00	6.00 7.50		
0	2	7	16	12	14	12	14	12	20	10	6	5	2	0	0	0	132
15	3	9	23	17	23	13	14	10	17	6	2	2	0	0	0	0	139
30	1	6	15	6	5	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	45
45	2	4	8	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
60	0	2	3	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10
75	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	6
90	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
105	0	2	3	2	1	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	13
120	1	1	5	5	5	2	2	2	4	2	0	0	0	0	0	0	29
135	0	2	3	2	5	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	17
150	0	2	3	2	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
165	0	2	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	16
180	0	2	3	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	15
195	0	2	4	5	3	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	21
210	1	3	7	5	5	4	5	3	4	1	1	0	0	0	0	0	39
225	1	10	24	23	20	25	24	19	26	14	5	2	1	0	0	0	194
240	2	14	23	19	18	16	11	6	11	5	2	1	0	0	0	0	128
255	1	6	7	5	5	3	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	33
270	1	2	5	3	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	16
285	1	3	3	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	14
300	1	2	5	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	15
315	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	15
330	0	5	5	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	20
345	1	6	10	5	4	3	2	2	4	2	0	1	2	0	0	0	42
Total	20	96	185	132	127	102	91	68	103	42	16	11	5	0	0	0	998

Πίνακας 17. Ιστογράμμο σημαντικού ύψους – κατεύθυνσης κύματος από προσομοίωση για την περιοχή Η3 τη χρονική περίοδο του χειμώνα σύμφωνα με τον άτλαντα του ΕΛΚΕΘΕ

U_w [m/s]	H_s [m]															Total
	0.00 0.25	0.25 0.50	0.50 0.75	0.75 1.00	1.00 1.25	1.25 1.50	1.50 1.75	1.75 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 5.00	5.00 6.00	6.00 7.50	
0.0-1.0	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
1.0-2.0	6	22	6	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
2.0-3.0	7	26	16	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	59
3.0-4.0	3	25	30	7	3	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	73
4.0-5.0	2	11	41	18	7	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	85
5.0-6.0	0	4	47	21	9	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	90
6.0-7.0	0	2	34	34	18	8	4	2	1	0	0	0	0	0	0	103
7.0-8.0	0	0	9	32	34	13	7	3	3	0	0	0	0	0	0	101
8.0-9.0	0	0	0	11	36	25	10	5	5	1	0	0	0	0	0	93
9.0-10.0	0	0	0	1	15	31	24	9	7	2	0	0	0	0	0	89
10.0-12.0	0	0	0	0	1	14	41	41	40	8	1	0	0	0	0	146
12.0-14.0	0	0	0	0	0	0	1	5	40	23	5	1	0	0	0	75
14.0-16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	11	5	0	0	0	28
16.0-18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	2	0	0	9
>18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Total	20	94	184	131	127	104	93	67	101	44	18	12	4	0	0	999

Πίνακας 18. Ιστογράμμο σημαντικού ύψους κύματος –ταχύτητας ανέμου από προσομοίωση για την περιοχή Η3 τη χρονική περίοδο του χειμώνα σύμφωνα με τον άτλαντα του ΕΛΚΕΘΕ

ΑΤΛΑΣ ΑΘΑΝΑΣΟΥΛΗ



Εικόνα 8. Χάρτης όπου φαίνονται οι κυματολογικά ομοιογενείς περιοχές για τις οποίες μας παρέχει πληροφορίες ο άτλαντας του Αθανασούλη. Περιοχή ενδιαφέροντος για την παρούσα μελέτη αποτελεί η περιοχή Α08

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (δευτερό- λεπτα)	ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (μέτρα)										ΣΥΝΟ- ΛΟ	WAVE PERIOD (seconds)
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0		
0—5	242	202	120	40	21	15	4	0	0	0	644	0—5
6—7	3	21	43	34	11	9	6	4	1	0	132	6—7
8—9	1	3	15	6	7	8	9	2	0	1	52	8—9
10—11	1	0	2	0	1	0	1	1	0	1	7	10—11
12—13	0	2	1	0	1	0	1	1	0	1	7	12—13
14—15	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	5	14—15
16—17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16—17
18—∞	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	18—∞
ΣΥΝΟΛΟ	248	228	184	80	42	33	22	8	1	3	849	TOTAL
A08	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	∞	TOTAL	A08
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0		
	WAVE HEIGHT (metres)											

Πίνακας 19. Ιστόγραμμα σημαντικού ύψους κύματος –ταχύτητας ανέμου από προσομοίωση για την περιοχή A08 το μήνα Δεκέμβριο σύμφωνα με τον άτλαντα του Αθανασούλη

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (δευτερό- λεπτα)	ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (μέτρα)										ΣΥΝΟ- ΛΟ	WAVE PERIOD (seconds)
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0		
0—5	385	210	110	40	17	14	15	3	2	0	796	0—5
6—7	6	18	23	17	12	9	6	0	2	1	94	6—7
8—9	2	0	10	3	5	3	2	2	1	1	29	8—9
10—11	0	1	3	4	1	1	3	0	0	0	13	10—11
12—13	3	1	2	0	1	0	2	0	0	0	9	12—13
14—15	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4	14—15
16—17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16—17
18—∞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18—∞
ΣΥΝΟΛΟ	398	231	149	64	36	27	29	5	5	2	946	TOTAL
A08	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	∞	TOTAL	A08
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0		
	WAVE HEIGHT (metres)											

Πίνακας 20. Ιστόγραμμα σημαντικού ύψους κύματος –ταχύτητας ανέμου από προσομοίωση για την περιοχή A08 το μήνα Νοέμβριο σύμφωνα με τον άτλαντα του Αθανασούλη

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΥΝ ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ,
ΠΕΡΙΟΔΟ ΚΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΚΕΝΤΡΙΚΟ ΥΨΟΥΣ

Για τη συγκεκριμένη μελέτη δοκιμάσαμε είκοσι (20) διαφορετικά κύματα. Αρχικά προσδιορίσαμε το εύρος των περιόδων που μας ενδιέφερε. Από τους δύο άτλαντες ανέμου/κύματος που είχαμε στη διάθεση μας προέκυψε πως για ταχύτητες ανέμου >16m/s τα κύματα που δημιουργούνται έχουν ύψος 3-5 m για τη θαλάσσια περιοχή που μας ενδιαφέρει. Αντίστοιχα βλέπουμε ότι για την ίδια θαλάσσια περιοχή η περίοδος των κυματισμών με τα παραπάνω ύψη κύματος κυμαίνεται από 6.7-10.8sec. Αν κοιτάξουμε τους πίνακες της μελέτης του Αθανασούλη σελ Β89 και Β93 βλέπουμε ότι οι πιθανές περίοδοι για ύψη κύματος 3-5m είναι 0-15sec με πιο πιθανές τις 0-9sec. Επιλέγουμε λοιπόν για τη συγκεκριμένη μελέτη να δοκιμάσουμε κύματα με περιόδους 7, 8, 9, 10 και 11 sec. Αυτές οι περίοδοι αντιστοιχούν στα παρακάτω μήκη κύματος θεωρώντας ότι η ταχύτητα ενός κύματος που διαδίδεται σε βαθύ νερό είναι $v=(g\lambda/2\pi)^{1/2}$ και $v=\lambda/T$:

T(sec)	λ (m)
7	76.5
8	100.0
9	126.5
10	156.2
11	189.0

Όσον αφορά τα ύψη κύματος επιλέξαμε ύψη 4, 5, 6 και 7m έχοντας υπ' όψιν βέβαια ότι σημαντικά ύψη 6 και 7 μέτρων είναι εξαιρετικά σπάνια ή και απίθανα για τη θαλάσσια περιοχή του Αιγαίου. Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα AVEVA εφαρμόσαμε τα παραπάνω κύματα στο μοντέλο του «Ηράκλειο» και υπολογίσαμε τα διάφορα υδροστατικά μεγέθη που μας ενδιέφεραν. Συγκεντρωτικά κάποια από τα αποτελέσματα παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες κατηγοριοποιημένα ανά ύψος κύματος.

Για μηδενικό ύψος κύματος:

GM= 0.819m	ϕ	0	5	10	15	20	25	30
	GZ (m)	0	0.0734	0.1532	0.2455	0.3505	0.4605	0.5679
		35	40	45	50	55	60	65
		0.6627	0.721	0.6929	0.5868	0.4229	0.2174	-0.0174

Πίνακας 21.

Για ύψος κύματος H=4m

λ(m):	76,5(=7sec)				100(=8sec)				113	
στο μέσο:	κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή	κοιλιάδα
GM:	0.577	-0.833	1.351	-0.031	0.537	-0.825	1.509	0.086	0.560	1.503
φ	GZ(m)									
0	0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086	0	0
5	0.0518	-0.0376	0.1193	0.0148	0.0485	-0.0395	0.1326	0.0270	0.0505	0.1322
10	0.1083	-0.0065	0.2403	0.1118	0.1028	-0.0125	0.2651	0.1371	0.1072	0.2653
15	0.1738	0.0515	0.3603	0.2254	0.1684	0.0442	0.3942	0.2604	0.1757	0.3961
20	0.2522	0.1282	0.471	0.3349	0.2509	0.1235	0.5096	0.3748	0.2621	0.5149
25	0.3464	0.2240	0.5649	0.4300	0.3537	0.2275	0.6006	0.4669	0.3697	0.6059
30	0.4339	0.3152	0.6389	0.5036	0.4562	0.3323	0.6653	0.5317	0.4843	0.6759
35	0.4894	0.3755	0.6786	0.5422	0.5187	0.3980	0.6941	0.5590	0.5576	0.7059
40	0.5075	0.3989	0.6701	0.5358	0.5304	0.4131	0.684	0.5497	0.5736	0.6991
45	0.4829	0.3755	0.6097	0.4783	-0.4885	0.3753	0.626	0.4950	0.5281	0.6463
50	0.4048	0.2965	0.502	0.3738	-0.3957	0.2847	0.5216	0.3949	0.4238	0.5466
55	0.2745	0.1650	0.3493	0.2244	0.253	0.1432	0.373	0.2507	0.2675	0.3982
60	0.103	-0.0061	0.1522	0.0307	0.0683	-0.0410	0.1814	0.0634	0.0693	0.2051
65	-0.1031		-0.0787	-0.1967	-0.1545		-0.041	-0.1553	-0.1676	-0.019

126,5(=9sec)				156,2(=10sec)				189(=11sec)			
κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα	
0.581	-0.771	1.458	0.004	0.619	-0.735	1.313	-0.141	0.653	-0.705	1.176	-0.266
0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086
0.0524	-0.0352	0.1285	0.0219	0.0558	-0.0317	0.1163	0.0096	0.0588	-0.0287	0.1044	-0.0020
0.1111	-0.0039	0.259	0.1308	0.118	0.0036	0.2369	0.1084	0.124	0.0101	0.2143	0.0856
0.182	0.0583	0.3892	0.2556	0.1928	0.0700	0.3613	0.2275	0.2021	0.0801	0.3312	0.1971
0.2714	0.1450	0.5101	0.3760	0.2865	0.1614	0.4818	0.3477	0.2988	0.1748	0.4492	0.3148
0.3818	0.2559	0.609	0.4762	0.3995	0.2750	0.5873	0.4548	0.4122	0.2890	0.5568	0.4241
0.5043	0.3802	0.6794	0.5477	0.527	0.4046	0.6667	0.5367	0.5371	0.4163	0.6432	0.5135
0.5878	0.4659	0.7138	0.5808	0.6277	0.5074	0.7142	0.5836	0.6475	0.5289	0.703	0.5743
0.6085	0.4883	0.7121	0.5783	0.6584	0.5396	0.7254	0.5934	0.6865	0.5694	0.7277	0.5979
0.5619	0.4430	0.6661	0.5352	0.6134	0.4954	0.6946	0.5648	0.6445	0.5280	0.7075	0.5793
0.4524	0.3346	0.5708	0.4440	0.4999	0.3825	0.6028	0.4770	0.5309	0.4149	0.6125	0.4881
0.289	0.1731	0.4212	0.2988	0.3305	0.2147	0.4491	0.3273	0.361	0.2460	0.4553	0.3346
0.0818	-0.0299	0.2267	0.1083	0.1175	0.0047	0.2512	0.1331	0.148	0.0351	0.2545	0.1372
-0.1609		0.0013	-0.1134	-0.1297	-0.2393	0.023	-0.0917	-0.099	-0.2090	0.0237	-0.0904
		-0.2436				-0.2242				-0.2259	

Πίνακας 22.

Για ύψος κύματος H=5m

λ(m):	76,5(=7sec)				100(=8sec)				113	
στο μέσο:	κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή	κοιλιάδα
GM:	0.557	-0.868	1.504	0.120	0.520	-0.837	1.719	0.281	0.545	1.726
Φ	GZ(m)									
0	0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086	0	0
5	0.05	-0.0401	0.1317	0.0270	0.0469	-0.0413	0.15	0.0440	0.0491	0.151
10	0.104	-0.0115	0.2604	0.1318	0.0995	-0.0167	0.2951	0.1669	0.1043	0.2982
15	0.1662	0.0431	0.3808	0.2456	0.1631	0.0375	0.4285	0.2946	0.1712	0.4362
20	0.2402	0.1153	0.4837	0.3470	0.2427	0.1139	0.5372	0.4020	0.2551	0.5515
25	0.3208	0.1978	0.5708	0.4346	0.3385	0.2098	0.6194	0.4849	0.3605	0.6377
30	0.3829	0.2637	0.6327	0.4945	0.4159	0.2891	0.6708	0.5346	0.4555	0.691
35	0.4198	0.3058	0.6578	0.5197	0.457	0.3329	0.6858	0.5480	0.509	0.7068
40	0.4278	0.3178	0.6334	0.4975	0.4551	0.3339	0.6587	0.5229	0.5115	0.6838
45	0.3977	0.2891	0.5611	0.4282	0.4068	0.2885	0.5863	0.4539	0.4594	0.616
50	0.3232	0.2145	0.4465	0.3167	0.3135	0.1994	0.4737	0.3453	0.355	0.5083
55	0.2045	0.0942	0.295	0.1684	0.1772	0.0668	0.3265	0.2025	0.2018	0.3626
60	-0.047	-0.0654	0.1067	-0.0161	0.0004	-0.1072	0.1446	0.0252	0.0024	0.1791
65	-0.1459		-0.1166		-0.2201		-0.0705	-0.1855	-0.2321	-0.0364

126,5(=9sec)				156,2(=10sec)				189(=11sec)			
κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα	
0.564	-0.777	1.676	0.197	0.598	-0.747	1.491	0.006	0.631	-0.723	1.302	-0.164
0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086
0.2432	-0.0367	0.3394	0.0399	0.2091	-0.0335	0.2867	0.0241	0.1738	-0.0306	0.2323	0.0082
0.4767	-0.0078	0.6611	0.1641	0.4161	-0.0007	0.567	0.1368	0.35	0.0059	0.4649	0.1066
0.6857	0.0519	0.94	0.2980	0.6102	0.0634	0.8217	0.2653	0.5225	0.0736	0.6856	0.2257
0.8405	0.1355	1.1288	0.4181	0.7667	0.1526	1.0105	0.3893	0.6696	0.1665	0.8587	0.3466
0.9138	0.2452	1.1838	0.5108	0.8573	0.2659	1.0899	0.4926	0.7697	0.2812	0.9518	0.4554
0.9206	0.3565	1.1389	0.5682	0.8738	0.3943	1.0512	0.5650	0.8041	0.4115	0.9393	0.5393
0.894	0.4242	1.066	0.5861	0.852	0.4847	0.9742	0.5969	0.7988	0.5178	0.8791	0.5884
0.8521	0.4346	0.9988	0.5697	0.8265	0.5076	0.9251	0.5938	0.7926	0.5515	0.8536	0.6000
0.7829	0.3845	0.9211	0.5121	0.7907	0.4588	0.8964	0.5537	0.7834	0.5063	0.8627	0.5742
0.6883	0.2763	0.8344	0.4135	0.7225	0.3447	0.8519	0.4653	0.7178	0.3912	0.8222	0.4875
0.5655	0.1167	0.732	0.2748	0.5999	0.1761	0.7537	0.3227	0.5839	0.2208	0.7075	0.3383
0.4021	-0.0874	0.5911	0.0932	0.4313	-0.0358	0.6083	0.1348	0.4054	0.0077	0.5477	0.1446
0.2088	0.0086	0.422	-0.1203	0.2345	0.0086	0.4371	-0.0840	0.1999	-0.2387	0.364	-0.0793
						-0.2095				-0.2101	

Πίνακας 23.

Για ύψος κύματος H=6m

λ(m):	76,5(=7sec)				100(=8sec)				113	
στο μέσο:	κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή	κοιλιάδα
GM:	0.549	-0.892	1.619	0.228	0.519	-0.828	1.901	0.447	0.541	1.940
φ	GZ(m)									
0	0	0.0086	0	0.0086	0	0.0086	0	-0.0086	0	0
5	0.0492	-0.0417	0.1409	-0.0417	0.0568	-0.0415	0.1653	0.0587	0.0488	0.1689
10	0.1019	-0.0143	0.2734	-0.0143	0.099	-0.0181	0.3201	0.1916	0.1034	0.3291
15	0.162	0.0380	0.3875	0.0380	0.1621	0.0347	0.4512	0.3165	0.1695	0.4698
20	0.2306	0.1049	0.4837	0.1049	0.241	0.1090	0.5517	0.4157	0.2518	0.578
25	0.2878	0.1639	0.5646	0.1639	0.3171	0.1851	0.6267	0.4896	0.3463	0.6567
30	0.3257	0.2059	0.6159	0.2059	0.3682	0.2368	0.6662	0.5268	0.4172	0.6973
35	0.3458	0.2308	0.6267	0.2308	0.3887	0.2587	0.6692	0.5294	0.4515	0.7019
40	0.3419	0.2298	0.5894	0.2298	0.3725	0.2453	0.6277	0.4903	0.442	0.664
45	0.3058	0.1953	0.5078	0.1953	0.3162	0.1932	0.5437	0.4098	0.3845	0.5838
50	0.2328	0.1227	0.3871	0.1227	0.2213	0.1040	0.4231	0.2932	0.2798	0.4669
55	0.123	0.0122	0.2329	0.0122	0.0903	-0.0193	0.2732	0.1465	0.1264	0.3176
60	-0.0216	-0.1344	0.0497	-0.1344	-0.0804		0.0956	-0.0252	-0.0712	0.1438
65			-0.1632				-0.1065			-0.0604

126,5(=9sec)				156,2(=10sec)				189(=11sec)			
κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα	
0.555	-0.765	1.902	0.390	0.584	-0.746	1.683	0.164	0.614	-0.730	1.442	-0.052
0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086
0.05	-0.0372	0.166	0.0579	0.0526	-0.0345	0.1481	0.0399	0.0554	-0.0319	0.1274	0.0197
0.1062	-0.0103	0.3257	0.1973	0.1117	-0.0038	0.2956	0.1671	0.1172	0.0025	0.258	0.1294
0.1742	0.0473	0.4714	0.3379	0.1832	0.0583	0.4381	0.3050	0.1919	0.0685	0.39	0.2566
0.2593	0.1285	0.588	0.4536	0.2735	0.1454	0.5645	0.4311	0.2857	0.1597	0.515	0.3815
0.365	0.2334	0.6727	0.5379	0.386	0.2578	0.6619	0.5297	0.4001	0.2744	0.6203	0.4884
0.4557	0.3251	0.7182	0.5811	0.5063	0.3793	0.7233	0.5894	0.5294	0.4054	0.6962	0.5655
0.5046	0.3757	0.7265	0.5875	0.5819	0.4565	0.7437	0.6078	0.6254	0.5031	0.734	0.6017
0.5023	0.3754	0.6956	0.5582	0.5945	0.4704	0.7298	0.5935	0.6509	0.5298	0.7362	0.6025
0.445	0.3208	0.6221	0.4878	0.5398	0.4177	0.6757	0.5409	0.601	0.4808	0.698	0.5669
0.3327	0.2127	0.5117	0.3814	0.4219	0.3024	0.5774	0.4478	0.4831	0.3644	0.6106	0.4830
0.169	0.0533	0.3677	0.2416	0.2497	0.1330	0.4376	0.3124	0.3089	0.1925	0.463	0.3395
-0.0377	-0.1499	0.1924	0.0708	0.0344	-0.0793	0.2541	0.1331	0.0915	-0.0222	0.2709	0.1512
		-0.0145	-0.1318	-0.2133		0.0396	-0.0774	-0.1588		0.0487	-0.0675
						-0.1943				-0.1921	

Πίνακας 24.

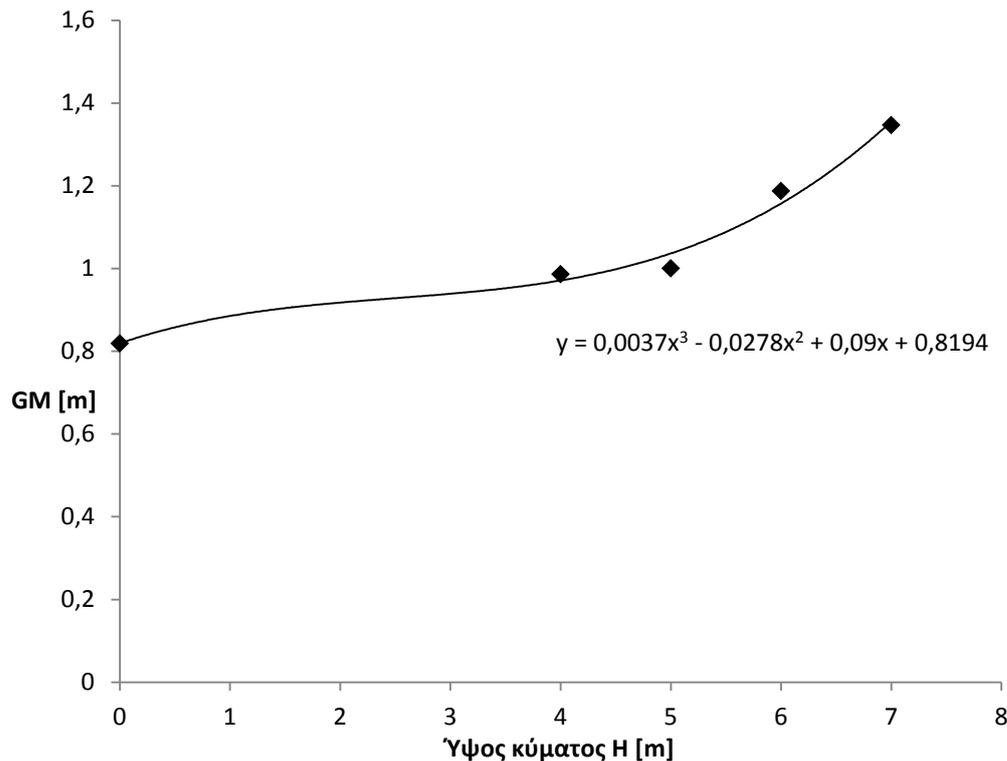
Για ύψος κύματος H=7m

λ(m):	76,5(=7sec)				100(=8sec)				113	
στο μέσο:	κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή	κοιλιάδα
GM:	0.551	-0.910	1.672	0.274	0.530	-0.798	2.035	0.560	0.542	2.123
Φ	GZ(m)									
0	0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086	0	0
5	0.0492	-0.0425	0.1439	0.0383	0.0477	-0.0406	0.1759	0.0685	0.0487	0.1841
10	0.1015	-0.0156	0.2699	0.1398	0.1005	-0.0186	0.3324	0.2026	0.103	0.3532
15	0.1602	0.0351	0.3781	0.2408	0.1633	0.0327	0.4561	0.3201	0.1682	0.4893
20	0.2134	0.0868	0.4721	0.3331	0.2348	0.0987	0.5534	0.4160	0.249	0.5932
25	0.247	0.1224	0.5461	0.4040	0.2864	0.1492	0.6209	0.4807	0.324	0.6637
30	0.2647	0.1441	0.5883	0.4450	0.3123	0.1761	0.6522	0.5095	0.3723	0.6951
35	0.2681	0.1508	0.5869	0.4454	0.3127	0.1789	0.6444	0.5024	0.3893	0.6893
40	0.2515	0.1369	0.5398	0.4009	0.284	0.1532	0.5914	0.4525	0.3688	0.6395
45	0.2096	0.0968	0.4512	0.3153	0.2215	0.0950	0.4988	0.3634	0.3062	0.5499
50	0.1372	0.0252	0.326	0.1934	0.125	0.0045	0.3724	0.2410	0.1982	0.4266
55	0.0335	-0.0787	0.1695	0.0404	-0.0053	-0.1127	0.218	0.0912	0.045	0.2763
60	-0.0966		-0.0131	-0.1386			0.0422	-0.0796	-0.1481	0.1019
65							-0.152			-0.0908

126,5(=9sec)				156,2(=10sec)				189(=11sec)			
κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα		κορυφή		κοιλιάδα	
0.551	-0.741	2.116	0.566	0.574	-0.737	1.891	0.332	0.602	-0.732	1.594	0.068
0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086	0	0.0086	0	-0.0086
0.0496	-0.0369	0.1838	0.0748	0.0518	-0.0350	0.1657	0.0565	0.0542	-0.0329	0.1406	0.0321
0.1051	-0.0119	0.3566	0.2278	0.1098	-0.0060	0.3272	0.1986	0.1149	-0.0001	0.2826	0.1540
0.1722	0.0440	0.5041	0.3700	0.1802	0.0543	0.4783	0.3453	0.1884	0.0642	0.4226	0.2895
0.2558	0.1230	0.6155	0.4803	0.2685	0.1390	0.6045	0.4711	0.2809	0.1538	0.551	0.4178
0.3516	0.2178	0.6919	0.5542	0.3804	0.2504	0.6965	0.5622	0.3952	0.2682	0.654	0.5224
0.4215	0.2885	0.7267	0.5863	0.489	0.3600	0.7452	0.6082	0.5226	0.3969	0.7221	0.5892
0.4542	0.3231	0.7254	0.5842	0.5514	0.4241	0.7552	0.6161	0.6092	0.4851	0.7483	0.6135
0.4416	0.3129	0.6819	0.5428	0.5549	0.4295	0.7299	0.5917	0.6278	0.5049	0.7409	0.6050
0.3782	0.2537	0.5981	0.4622	0.4954	0.3726	0.6635	0.5284	0.5739	0.4525	0.6947	0.5618
0.2637	0.1436	0.4815	0.3496	0.3758	0.2557	0.5601	0.4288	0.4538	0.3345	0.6038	0.4745
0.1015	-0.0147	0.3342	0.2050	0.204	0.0867	0.4229	0.2961	0.2784	0.1615	0.463	0.3380
-0.1019		0.1644	0.0411	-0.0104	-0.1248	0.2496	0.1273	0.0602	-0.0539	0.2774	0.1565
		-0.0295	-0.1481			0.0445	-0.0733	-0.1902		0.0613	-0.0558
						-0.1806				-0.1738	

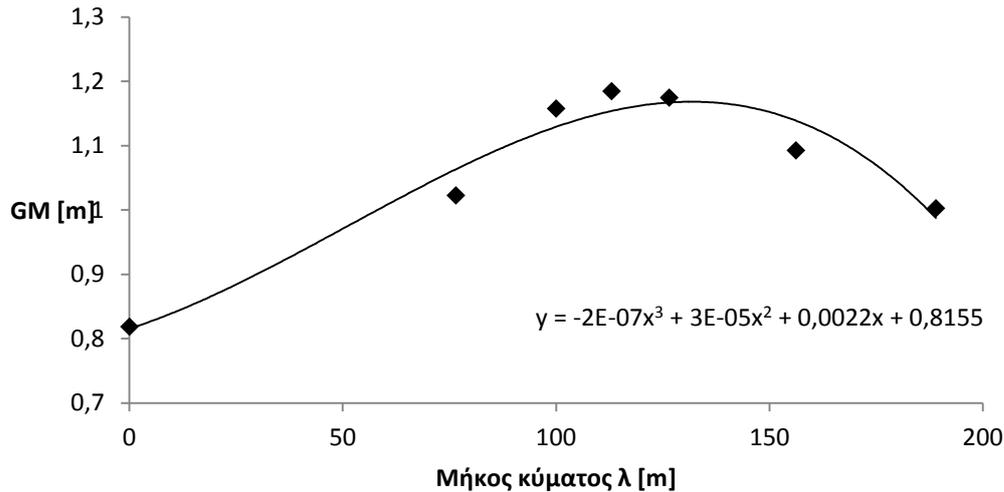
Πίνακας 25.

Στους παραπάνω πίνακες παρουσιάζονται αποτελέσματα και για ένα κύμα μήκους 113m αν και κάτι τέτοιο δεν είχε αναφερθεί αρχικά. Αυτό επελέγη προκειμένου να έχουμε μια καλύτερη γραφική προσέγγιση της μεταβολής του μετακεντρικού ύψους (GM) ως συνάρτηση του μήκους κύματος. Έχοντας συγκεντρώσει τα παραπάνω στοιχεία προχωράμε σε μια περαιτέρω επεξεργασία και στη γραφική αναπαράστασή τους



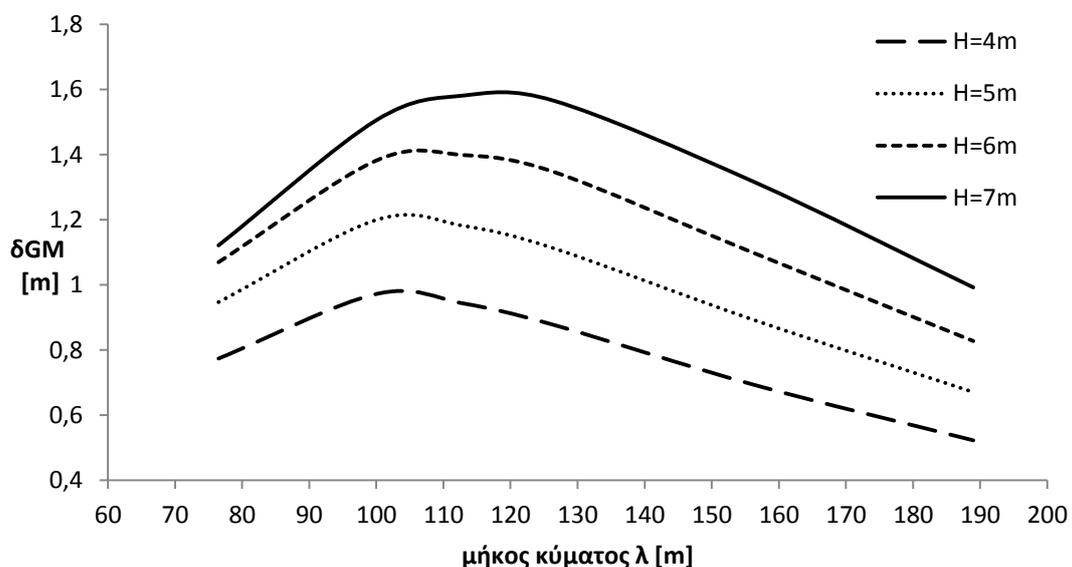
Διάγραμμα 2. Μεταβολή του μετακεντρικού ύψους συναρτήσει του ύψους κύματος

Στο παραπάνω γράφημα βλέπουμε πώς μεταβάλλεται το μετακεντρικό ύψος σε συνάρτηση του ύψους κύματος. Για την κατασκευή αυτού του διαγράμματος αρχικά υπολογίσαμε για κάθε κύμα το μέσο GM που προκύπτει από τις δύο περιπτώσεις όπου το μέσο του πλοίου βρίσκεται στην κορυφή ή στην κοιλάδα του κύματος. Έπειτα για κάθε ύψος κύματος υπολογίσαμε το μέσο GM από τα έξι «μέσα» μετακεντρικά ύψη που προκύπτουν για κάθε μήκος κύματος. Καταλήγουμε λοιπόν με αυτό τον τρόπο σε 5 ζευγάρια τιμών μετακεντρικού ύψους – ύψους κύματος, τα οποία και απεικονίζονται στο παραπάνω γράφημα.



Στο παραπάνω γράφημα βλέπουμε πώς μεταβάλλεται το μετακεντρικό ύψος σε συνάρτηση του μήκους κύματος. Όπως προηγουμένως σε πρώτη φάση υπολογίσαμε για κάθε κύμα το μέσο GM που προκύπτει από τις δύο περιπτώσεις όπου το μέσο του πλοίου βρίσκεται στην κορυφή ή στην κοιλάδα του κύματος. Έπειτα για κάθε μήκος κύματος υπολογίσαμε το μέσο GM από τα τέσσερα «μέσα» μετακεντρικά ύψη που προκύπτουν για κάθε ύψος κύματος. Καταλήγουμε λοιπόν με αυτό τον τρόπο σε 7 ζευγάρια τιμών μετακεντρικού ύψους – μήκους κύματος, τα οποία και απεικονίζονται στο παραπάνω γράφημα.

Επιπλέον κρίνεται ενδιαφέρον να εξετάσουμε πώς μεταβάλλεται το μετακεντρικό ύψος ως προς μήκος και ύψος κύματος ξεχωριστά για την περίπτωση όπου το μέσο του πλοίου βρίσκεται σε κοιλάδα και ξεχωριστά για την περίπτωση που βρίσκεται σε κορυφή και να εντοπίσουμε σε ποιο κύμα παρατηρείται η μέγιστη μεταβολή. Κατασκευάσαμε λοιπόν το παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 4. Μεταβολή διαφοράς $GM_{cres} - GM_{trough}$ συναρτήσει του μήκους κύματος για διάφορα ύψη κύματος

Ύψος κύματος	λ [m]	GM _{κοιλάδα} [m]		GM _{κορυφή} [m]		δGM	
		intact	damage	intact	damage	intact	damage
H=4m	76,5	1,351	-0,031	0,577	-0,833	0,774	0,802
	100	1,509	0,086	0,537	-0,825	0,972	0,911
	113	1,503		0,56		0,943	
	126,5	1,458	0,004	0,581	-0,771	0,877	0,775
	156,2	1,313	-0,141	0,619	-0,735	0,694	0,594
	189	1,176	-0,266	0,653	-0,705	0,523	0,439
H=5m	76,5	1,504	0,12	0,557	-0,868	0,947	0,988
	100	1,719	0,281	0,52	-0,837	1,199	1,118
	113	1,726		0,545		1,181	
	126,5	1,676	0,197	0,564	-0,777	1,112	0,974
	156,2	1,491	0,006	0,598	-0,747	0,893	0,753
	189	1,302	-0,164	0,631	-0,723	0,671	0,559
H=6m	76,5	1,619	0,228	0,549	-0,892	1,07	1,120
	100	1,901	0,447	0,519	-0,828	1,382	1,275
	113	1,94		0,541		1,399	
	126,5	1,902	0,39	0,555	-0,765	1,347	1,155
	156,2	1,683	0,164	0,584	-0,746	1,099	0,910
	189	1,442	-0,052	0,614	-0,730	0,828	0,678
H=7m	76,5	1,672	0,274	0,551	-0,910	1,121	1,184
	100	2,035	0,56	0,53	-0,798	1,505	1,358
	113	2,123		0,542		1,581	
	126,5	2,116	0,566	0,551	-0,741	1,565	1,307
	156,2	1,891	0,332	0,574	-0,737	1,317	1,069
	189	1,594	0,068	0,602	-0,732	0,992	0,800

Πίνακας 26.

Στη περίπτωση της damage-κατάστασης έχουμε θεωρήσει ως κατάσταση φόρτωσης αυτή του τελευταίου ταξιδιού με μόνη διαφορά, την αφαίρεση του φορτηγού-ψυγείου και την προσθήκη 150t νερού ($1.025t/m^3$) στο πρωαίο κατάστρωμα οχημάτων.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειώσουμε πως ενδεχομένως ο αριθμός των δεδομένων μας να μην είναι επαρκής ώστε να εκφράσουμε ένα απόλυτα ασφαλές συμπέρασμα αλλά κρίνεται ικανοποιητικός στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Ενδεχομένως σε μια μελλοντική μελέτη θα μπορούσαν να διερευνηθούν καταστάσεις με περισσότερους κυματισμούς ούτως ώστε να έχουμε μια καλύτερη εικόνα για το πώς μεταβάλλεται η τιμή του μετακεντρικού ύψους του πλοίου καθώς το διατρέχει ένα κύμα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΟΥΣ ΕΞΑΛΩΝ/ΓΡΑΜΜΗ ΦΟΡΤΩΣΗΣ

Διεθνής Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης 1930

Το «Ηράκλειο» ανήκει στην κατηγορία των ατμόπλοιων.

- Μήκος υπολογισμών : $L=143.256\text{m}$
- Συντελεστής γάστρας για full load, $T=4.690\text{m}$ $C_B=0.614$
- Συντελεστής γάστρας για full load, $T=4.690\text{m}$ $C_{WL}=0.743$
- Όγκος εκτοπίσματος $\Delta= 7544.8 \text{ m}^3$

Υπολογισμός ύψους εξάλων

Το βασικό ύψος εξάλων για τα πλοία κατηγορίας «Ατμόπλοια» προκύπτει ότι είναι **2370mm**

Κ α ν ώ ν 67.

ΠΙΝΑΞ ΥΨΟΥΣ ΕΞΑΛΩΝ ΔΡ ΑΤΜΟΠΛΟΙΑ

Βασικών, ελάχιστων ύψους εξάλων θέρους δι' ατμόπλοια πληροῦντα τὰ κανονικὰ μέτρα τὰ ὁρισθέντα ὑπὸ τῶν κανόνων.

L	ὕψος εξάλων	L	ὕψος εξάλων	L	ὕψος εξάλων	L	ὕψος εξάλων
Μέτρα	χιλιοστομ.	Μέτρα	χιλιοστομ.	Μέτρα	χιλιοστομ.	Μέτρα	χιλιοστομ.
24,38	203	76,20	820	128,02	1976	179,83	3226
27,43	229	79,25	874	131,06	2055	182,88	3289
30,48	254	82,30	927	134,11	2134	185,93	3353
33,53	279	85,34	983	137,16	2212	188,98	3414
36,58	305	88,39	1041	140,21	2291	192,02	3475
39,62	330	91,44	1102	143,26	2370	195,07	3533
42,67	361	94,49	1166	146,30	2446	198,12	3592
45,72	394	97,54	1229	149,35	2522	201,17	3650
48,77	429	100,58	1295	152,40	2598	204,22	3706
51,82	465	103,63	1364	155,45	2672	207,26	3762
54,86	503	106,68	1435	158,50	2746	210,31	3815
57,91	544	109,73	1509	161,54	2817	213,36	3868
60,96	587	112,78	1585	164,59	2888	216,41	3922
64,01	630	115,82	1661	167,64	2957	219,46	3973
67,06	676	118,87	1737	170,69	3025	222,50	4026
70,10	724	121,92	1816	173,74	3094	225,55	4077
73,15	770	124,97	1895	176,78	3160	228,60	4127

Πίνακας 27. Καθορισμός βασικού ύψους εξάλων σε συνάρτηση με το μήκος του πλοίου

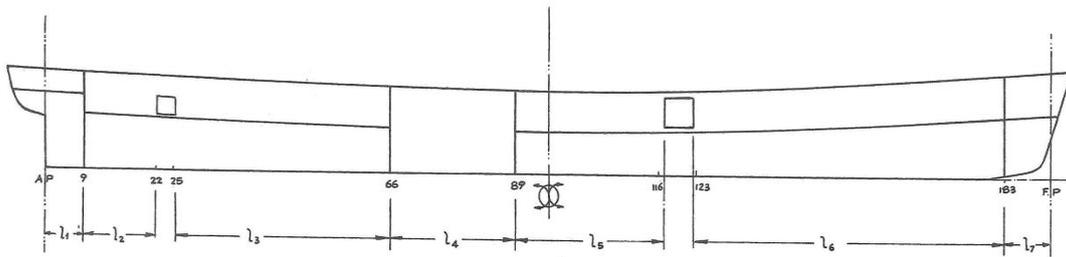
Διόρθωση για το συντελεστή γάστρας

Συντελεστής γάστρας : Στη ΔΣΓΦ χρησιμοποιείται ο συντελεστής γάστρας που αντιστοιχεί σε βύθισμα ίσο με 85% του κοίλου του πλοίου ($=0.85*5.349=4.547\text{m}$)

$C_{B,0.85D}=C_{B0}*(T_1/T_0)^(C_{WL0}/C_{B0} - 1) = 0.61$ όμως σύμφωνα με κανόνα 36 ο συντελεστής γάστρας δε μπορεί να είναι μικρότερος από 0.68 άρα $C_B=0.68$

=>καμία διόρθωση

ΥΕ=2370mm



Εικόνα 9. Σκαρίφημα του πλοίου όπου φαίνονται το κατάστρωμα στεγανών φρακτών και οι πλαϊνές μπουκαπόρτες

Διόρθωση για τα υπερκατασκευάσματα

Το κατάστρωμα οχημάτων που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα αποτελεί το κατάστρωμα εξάλων – κατάστρωμα στεγανών φρακτών. Το κανονικό ύψος υπερκατασκευάσματος είναι 2.29m για πλοία 112m και άνω σύμφωνα με τον κανόνα 39 της Σύμβασης. Στην περίπτωση του «Ηράκλειο» το πραγματικό ύψος είναι μεγαλύτερο του κανονικού και για αυτό το λόγο ουδεμία διόρθωση γίνεται στο δρων μήκος τους. Σχετικά με τα υπερκατασκευάσματα θα θεωρήσουμε δύο περιπτώσεις:

i) Στεγανή (watertight) υπερκατασκευή που εκτείνεται σε όλο το μήκος του πλοίου.

Πραγματικό μήκος = L

$b/B_s = 1$

δρων μήκος = L

=>μείωση ΥΕ κατά 1067mm

ΥΕ=2370-1067=1303mm

ii) Υπερκατασκευή που εκτείνεται σε όλο το μήκος του πλοίου μη εφοδιασμένη όμως με στεγανά μέσα κλεισίματος στα καταστρώματα οχημάτων.

Σύμφωνα με τον κανόνα 46 όταν στα ελάσματα των πλευρών ενός υπερκατασκευάσματος υπάρχει άνοιγμα για το οποίο δεν προβλέπονται μόνιμα μέσα κλεισίματος, το τμήμα του υπερκατασκευάσματος στο μέρος του ανοίγματος θεωρείται ως μη έχον πραγματικό μήκος. Αυτό σημαίνει ότι παρ' όλο που οι δύο χώροι οχημάτων δεν είναι στεγανοί, μπορούν να θεωρηθούν ως υπερκατασκευάσματα με δρων μήκος τουλάχιστον κατά ένα ποσοστό.

Κάνοντας μια απλούστευση στη γεωμετρία του πλοίου μπορούμε να θεωρήσουμε την προέκταση του μηχανοστασίου ως μεσόστεγο και τις άλλες δυο στεγανές υπερκατασκευές ως πρόστεγο και επίστεγο. Τότε σύμφωνα με τους κανόνες 47 και 50 πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν μας ποσοστό από τα καταστρώματα οχημάτων ως δρων μήκος (75% μιας ανοιχτής προέκτασης πρύμα του μεσοστέγου και αντίστοιχα 50% μπροστά).

Αυτό σημαίνει πως:

$$S=5.208+0.5*9.853+0.75*30.264+17.032+0.5*20.551+0.5*42.651+7.178=88.644m=0.618L$$

$$0.6L \rightarrow 46\%$$

$$0.618L \rightarrow 49.06\%$$

$$0.7L \rightarrow 63\%$$

$$\Rightarrow \text{μείωση YE κατά } 1067*0.49=523.5\text{mm}$$

$$YE=2370-523.5=1846.5\text{mm}$$

Ενδεχομένως η μείωση να είναι ακόμα μεγαλύτερη αν λάβουμε υπ' όψιν μας και το πυργωτό κατασκεύασμα πάνω από τις υπερκατασκευές σύμφωνα με τον κανόνα 52. Από τη στιγμή όμως που δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε κατά πόσο πληρούσε τις απαιτήσεις της σύμβασης δεν το εξετάζουμε.

Διόρθωση λόγω σιμότητας

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
A.P.	1447.3	1	1447.3
1/6 από A.P.	643	4	2572
1/3 από A.P.	160.8	2	321.6
			4340.9
Μέσο πλοίου	0	4	0
1/3 από F.P.	321.5	2	643
1/6 από F.P.	1286.1	4	5144.4
FP	2894.6	1	2894.6
			8682
κανονική σιμότητα:		$\Sigma(h_{Si} \cdot K_i)/18$	723.5 [mm]

Πίνακας 28

Σύμφωνα με τον κανόνα 54 σε πλοία με υπερκατασκεύασμα κανονικού ύψους σε όλο το μήκος του καταστρώματος εξάλων η σιμότητα μετράται στο κατάστρωμα υπερκατασκευάσματος. Παρ' όλα αυτά εμείς θα εξετάσουμε και την περίπτωση όπου η σιμότητα μετράται στο κατάστρωμα στεγανών φρακτών λόγω του ότι και οι δύο ομάδες πραγματογνωμόνων, έτσι τη μετράνε. Τα παρακάτω μεγέθη σιμότητας είναι αποτέλεσμα των μετρήσεων πάνω στο σχέδιο γενικής διάταξης. Λόγω πιθανών σφαλμάτων και ατελειών του σχεδίου θα εξετάσουμε και την περίπτωση όπου η σιμότητα είναι ακριβώς όπως ορίζεται στις δύο μελέτες:

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
A.P.	844.6	1	844.6
1/6 από A.P.	422.2	4	1688.8
1/3 από A.P.	140.8	2	281.6
			2815
Μέσο πλοίου	0	4	
1/3 από F.P.	140.8	2	281.6
1/6 από F.P.	844.6	4	3378.4
FP	2252.2	1	2252.2
			5912.2
πραγματική σιμότητα στο κατάστρωμα υπερκατασκευάσματος (car - deck):		$\Sigma(h_{si} \cdot K_i)_A/18$	484.8 [mm]
Έλλειψη 238.7mm			

Πίνακας 29

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
A.P.	1528.4	1	1528.4
1/6 από A.P.	950.3	4	3801.2
1/3 από A.P.	503.1	2	1006.2
			6335.8
Μέσο πλοίου		4	
1/3 από F.P.	402.3	2	804.6
1/6 από F.P.	1116.1	4	4464.4
FP	2393	1	2393
			7662
πραγματική σιμότητα στο κατάστρωμα στεγανών φρακτών		$\Sigma(h_{si} \cdot K_i)_A/18$	777.6 [mm]
Περίσσεια 54.1mm			
* Έλλειψη προωρίας σιμότητας 56.7mm			

Πίνακας 30

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
A.P.	1432.1	1	1432.1
1/6 από A.P.	636.1	4	2544.4
1/3 από A.P.	157.4	2	314.8
			4291.3
Μέσο πλοίου		4	
1/3 από F.P.	314.9	2	629.8
1/6 από F.P.	1274.6	4	5098.4
FP	2864.2	<u>1</u>	2864.2
			8592.4
πραγματική σιμότητα σύμφωνα με τους πραγματογνώμονες		$\Sigma(hSi \cdot Ki)A/18$	715.8
Έλλειψη 7.7mm			

Πίνακας 31

* Σύμφωνα με τον κανονισμό 56 της Σύμβασης όταν το πυρμαίο ήμισυ της σιμότητας είναι μεγαλύτερο από το κανονικό ενώ το προραίο ήμισυ μικρότερο του κανονικού τότε δε λαμβάνεται υπ' όψιν η περίσσεια του πυρμαίου τμήματος αλλά μόνο η έλλειψη του προραίου.

Έχουμε λοιπόν σύμφωνα με τον κανόνα 57 (έστω a η περίπτωση που μετράμε στο car deck και b στο κατάστρωμα στεγανών φρακτών):

i) Διόρθωση για το YE:

$$a) 238.7 \cdot (0.75 - S/2L) = 238.7 \cdot 0.25 = 59.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow YE = 1303 + 59.7 = \mathbf{1362.7 \text{ mm}}$$

$$b) 56.7 \cdot (0.75 - S/2L) = 56.7 \cdot 0.25 = 14.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow YE = 1303 + 14.2 = \mathbf{1317.2 \text{ mm}}$$

ii) Διόρθωση για το YE:

$$a) 238.7 \cdot (0.75 - S/2L) = 238.7 \cdot 0.441 = 105.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow YE = 1846.5 + 105.3 = \mathbf{1951.8 \text{ mm}}$$

$$b) 56.7 \cdot (0.75 - S/2L) = 56.7 \cdot 0.441 = 25 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow YE = 1846.5 + 25 = \mathbf{1871.5 \text{ mm}}$$

Στην περίπτωση που η σιμότητα ληφθεί όπως ορίζεται στις πραγματογνωμοσύνες η διόρθωση υπολογίζεται σε:

$$i) 7.7*(0.75-S/2L)=7.7*0.25=1.9\text{mm}$$

$$\Rightarrow Y_E=1303+1.9=\mathbf{1304.9\text{mm}}$$

$$ii) 7.7*(0.75-S/2L)=7.7*0.441=3.4\text{mm}$$

$$\Rightarrow Y_E=1846.5+3.4=\mathbf{1849.9\text{mm}}$$

Διόρθωση για κυρτότητα

Η κανονική κυρτότητα του καταστρώματος είναι $18.288/50=0.366\text{m}$ ενώ η πραγματική είναι 0.203m . Προκύπτει λοιπόν διόρθωση:

$$\frac{1}{4}*(0.366-0.203)*(L-S)/L$$

$$i) \quad a) \text{καμία διόρθωση}$$

$$\Rightarrow Y_E=1362.7+0\Rightarrow\mathbf{1362.7\text{mm}}$$

$$b) \text{καμία διόρθωση}$$

$$\Rightarrow Y_E=1317.2+0\Rightarrow\mathbf{1317.2\text{mm}}$$

$$ii) \quad a) Y_E=1951.8+15.6\Rightarrow\mathbf{1967.4\text{mm}}$$

$$b) Y_E=1871.5+15.6\Rightarrow\mathbf{1887.1\text{mm}}$$

Καταλήγουμε λοιπόν στο μέγιστο έμφορτο βύθισμα:

Ύψος εξάλων [mm]	1362.7	1317.2	1967.4	1887.1
Μέγιστο βύθισμα [mm] (D=5.361m)	3998.3	4043.8	3393.6	3473.9

Πίνακας 32.

Δεδομένου ότι τόσο για κατάσταση πλήρους φόρτου (full load departure condition), όσο και για την κατάσταση φόρτωσης του τελευταίου του ταξιδιού το μέσο βύθισμα του πλοίου ήταν 4.690m προκύπτει πως σε καμία περίπτωση το πλοίο δε βρισκόταν εντός ορίων σύμφωνα με τη ΔΣΓΦ 1930.

Διεθνής Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης 1966

Το «Ηράκλειο» ως επιβατηγό/οχηματαγωγό ανήκει στην κατηγορία «B».

- Πάχος ελάσματος υδροροής καταστρώματος εξάλων : θεωρώ $t_y = 12 \text{ mm}$
- Μήκος υπολογισμών : $L=143.256\text{m}$
- Συντελεστής γάστρας για full load, $T=4.690\text{m}$ $C_B=0.614$
- Συντελεστής ισάλου για full load, $T=4.690\text{m}$ $C_{WL}=0.743$
- Όγκος εκτοπίσματος $\Delta= 7544.8 \text{ m}^3$

Υπολογισμός ύψους εξάλων.

Το βασικό ύψος εξάλων για τα πλοία κατηγορίας «B» προκύπτει ότι είναι **2174.1mm**

Διόρθωση για το συντελεστή γάστρας

Στη ΔΣΓΦ χρησιμοποιείται ο συντελεστής γάστρας που αντιστοιχεί σε βύθισμα ίσο με 85% του κοίλου του πλοίου ($=0.85*5.349=4.547\text{m}$)

$$C_{B\ 0.85D}=C_{B0}*(T_1/T_0)^{(C_{WL0}/C_{B0} -1)}=0.61<0.68$$

=>καμία διόρθωση

$$\mathbf{YE=2174.1mm}$$

Διόρθωση για το πλευρικό ύψος

Από τη στιγμή που

$$D_f=D+0.012=5.361\text{m} < L/15=137.526/15=9.55\text{m}$$

i)και το πλοίο έχει συνεχή υπερκατασκευή καθ' όλο το μήκος

το YE πρέπει να μειωθεί κατά $(D_f-L/15)R$, όπου $R=250$.

$$\Rightarrow \mathbf{YE=2174.1-1047.3=1126.8mm}$$

ii) και το πλοίο έχει υπερκατασκευές συνολικού μήκους $29.4\text{m}=0.205L$ (Συνολικό μήκος υπερκατασκευών είναι το άθροισμα του μήκους του μηχανοστασίου και του τμήματος του σκάφους πρύμνηθεν της φρακτής 9 και πώραθεν της φρακτής 183).

$0.205L < 0.6L$ επομένως δεν απαιτείται καμία διόρθωση

$$\Rightarrow Y_E = 2174.1\text{mm}$$

Διόρθωση για τις υπερκατασκευές/υπερστεγάζματα

i) πραγματικό μήκος = L

$$b/B_s = 1$$

δρων μήκος = L

\Rightarrow μείωση Y_E κατά 1070mm

$$Y_E = 1126.8 - 1070 = 56.8\text{mm}$$

ii) Το συνολικό τους μήκος είναι το άθροισμα του μήκους του μηχανοστασίου και του σκάφους πρύμνηθεν της φρακτής 9 (Εικόνα 9) και πώραθεν της φρακτής 183 δηλαδή:

$$S = 29.4\text{m} (=0.205L) \text{ με } h > h_s \text{ και } b/B_s = 1$$

$$0.2L \rightarrow 12.7\%$$

$$0.205L \rightarrow 13\%$$

$$0.3L \rightarrow 19\%$$

\Rightarrow μείωση Y_E κατά $1070 * 0.13 = 139.1\text{mm}$

$$Y_E = 2174.1 - 139.1 = 2035\text{mm}$$

Διόρθωση για τη σιμότητα

Το μέσο μέτρο της κανονικής σιμότητας για το προραίο και το πρυμναίο ήμισυ του πλοίου είναι σύμφωνα με τη ΔΣΓΦ:

κανονική σιμότητα

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
A.P.	1443.8	1	1443.8
1/6 από A.P.	641	3	1923
1/3 από A.P.	161.7	3	485.1
Μέσο πλοίου	0	1	0
		$\Sigma(h_{Si} \cdot K_i)_A$	3851.9
			481.5mm

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
F.P.	2887.6	1	2887.6
1/6 από F.P.	1282.1	3	3846.3
1/3 από F.P.	323.4	3	970.2
Μέσο πλοίου	0	1	0
		$\Sigma(h_{Si} \cdot K_i)_A$	7704.1
			963mm

Πίνακας 33

πραγματική σιμότητα στο κατάστρωμα στεγανών φρακτών

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
A.P.	1528.4	1	1528.4
1/6 από A.P.	950.3	3	2850.9
1/3 από A.P.	503.1	3	1509.3
Μέσο πλοίου	0	1	0
			$\Sigma(h_{Si} \cdot K_i)_A$
			5888.6
			736.1mm

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
Μέσο πλοίου	0	1	0
1/3 από F.P.	402.3	3	1206.9
1/6 από F.P.	1116.1	3	3348.3
F.P.	2393	1	2393
			$\Sigma(h_{Si} \cdot K_i)_F$
			6948.2
			868.5mm

Πίνακας 34

πραγματική σιμότητα σύμφωνα με τους πραγματογνώμονες

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
A.P.	1432.1	1	1432.1
1/6 από A.P.	636.1	3	1908.3
1/3 από A.P.	157.4	3	472.2
Μέσο πλοίου	0	1	0
			$\Sigma(h_{Si} \cdot K_i)_F$
			3812.6
			476.6

Θέση	Τεταγμ. Σιμότητας h_s (mm)	Συντ. Simpson K	$h_s \cdot K$
Μέσο πλοίου	0	1	0
1/3 από F.P.	314.9	3	944.7
1/6 από F.P.	1274.6	3	3823.8
F.P.	2864.2	1	2864.2
		$\Sigma(hSi \cdot Ki)_F$	7632.7
			954.1

Πίνακας 35

Συνοπτικά έχουμε λοιπόν:

	Κανονική σιμότητα [mm]	Πραγματική σιμότητα [mm]	Διαφορά [mm]
Πρωραίο τμήμα	963	868.5 (954.1*)	-94.5 (-8.9)
Πρυμναίο τμήμα	481.5	736.1 (476.6)	+254.6 (-4.9)

Πίνακας 36

* Σε παρένθεση φαίνονται οι τιμές για τη σύμφωνη με τους πραγματογνώμονες σιμότητα

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα το πλοίο παρουσιάζει έλλειψη πρωραίας σιμότητας επομένως η περίσσεια της πρυμναίας σιμότητας δεν επηρεάζει καθόλου τη διόρθωση του ύψους εξάλων λόγω σιμότητας.

i) Διόρθωση για το YE: $94.5(0.75-S/2L)=94.5 \cdot 0.25=23.6\text{mm}$

=> YE=56.8+23.6=80.4mm

Άρα YE=**80.4mm**

ii) Διόρθωση για το YE: $94.5(0.75-S/2L)=94.5 \cdot 0.6475=61.2\text{mm}$

=> YE=2035+61.2=**2096.2mm**

Στην περίπτωση που η σιμότητα ληφθεί όπως ορίζεται στις πραγματογνωμοσύνες η διόρθωση υπολογίζεται σε:

$$i) \text{Διόρθωση για το } Y_E: 13.8(0.75-S/2L)=13.8*0.25=3.5\text{mm}$$

$$\Rightarrow Y_E=56.8+3.5=60.3\text{mm}$$

$$\text{Άρα } Y_E=60.3\text{mm}$$

$$ii) \text{Διόρθωση για το } Y_E: 13.8(0.75-S/2L)=13.8*0.6475=8.9\text{mm}$$

$$\Rightarrow Y_E=2035+8.9=2043.9\text{mm}$$

Καταλήγουμε λοιπόν στο **μέγιστο έμφορτο βύθισμα:**

$$i) T_{ΓΦ}=D_f-Y_E=5361-80.4=5280.4\text{mm} (5300.6)$$

$$ii) T_{ΓΦ}=D_f-Y_E=5361-2096.2=3264.8\text{mm} (3317.1)$$

Άρα στη δεύτερη περίπτωση το μέσο βύθισμα για την κατάσταση πλήρους φόρτου (full load departure condition) όπως την έχουμε ορίσει παράρτημα Π1.5 με $T=4.690\text{m}$ είναι εκτός ορίων.

Ελάχιστο ύψος πλώρας

Το ελάχιστο ύψος εξάλων στην πλωραία κάθετο υπολογίζεται βάσει της παρακάτω σχέσης:

$$EYΠ=56L*(1-L/500)*1.36/(C_{B0.85D} + 0.68)=5752\text{mm}$$

Το υπάρχον ύψος πλώρας είναι:

$$YYΠ=D_f+S_f+h_{\text{προστ}}-T_d=5361+2363+h_{\text{προστ}}-4690=3069+h_{\text{προστ}} [\text{mm}]$$

Χρειάζεται λοιπόν ελάχιστο ύψος προστέγου 3034mm το οποίο υπάρχει.

$$EYΠ < YYΠ \Rightarrow \text{OK}$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΣΕ ΑΘΙΚΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Για τον έλεγχο των συγκεκριμένων κανονισμών θεωρήσαμε ως full load condition την κατάσταση φόρτωσης του παραρτήματος Α με την όποια ιδιαιτερότητα προκύπτει από τους εκάστοτε κανονισμούς.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά το πλήθος των επιβατών θεωρούμε πως το πλοίο έφερε κατά το μέγιστο, 782 επιβάτες το χειμώνα και 1000 το καλοκαίρι. Οι αριθμοί αυτοί προκύπτουν από σχετικό πρωτόκολλο γενικής επιθεωρήσεως της ΕΕΠ σύμφωνα με το οποίο μειώνεται ο αριθμός των επιβαινόντων από 1375 σε 1000 λόγω έλλειψης των απαραίτητων σωσίβιων μέσων.

Η ακριβής κατανομή και θέση των επιβατών στα καταστρώματα του πλοίου δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί γιατί δεν έχουμε σχεδιάσει στο μοντέλο τις υπερκατασκευές του πλοίου. Αυτός είναι ο λόγος που θεωρήσαμε τους επιβάτες ως φορτίο κατανεμημένο με κέντρο βάρους στην ιδιαίτερα δυσμενή θέση $(x, y, z) = (85, 8, 12.34)$ [m], ενώ στη μελέτη του Φραγκούλη (σελ 73) αναφέρεται πως η απόσταση του κέντρου βάρους των επιβατών από το μέσο του πλοίου είναι 15ft (=4.6m). Έχουμε λοιπόν μια πολύ πιο δυσμενή τοποθέτηση των επιβατών. Θυμίζουμε πως το πλάτος του πλοίου είναι $B=18.3\text{m}$ και το κοίλο $D=5.4\text{m}$ (ύψος car deck περίπου 6m). Με τη θεώρηση αυτή για τη θέση των επιβατών θα προχωρήσουμε και στη συνέχεια για όλα τα κριτήρια που σχετίζονται με τη γωνία κλίσης λόγω συγκέντρωσης των επιβατών στη μία πλευρά του πλοίου.

ΒΔ 408/1961

Εξετάζεται η «δυσμενής κατάσταση φόρτου» σε καλοκαίρι και χειμώνα, κατά την οποία το πλοίο μεταφέρει το μέγιστο αριθμό επιβατών κατανεμημένων στα ανώτερα καταστρώματα ώστε να προκαλούν τη δυσμενέστερη επίδραση όσον αφορά την ευστάθεια. Τα καύσιμα, το τροφοδοτικό και πόσιμο νερό καθώς και τα εφόδια του πλοίου βρίσκονται στο 25% του πλήρους βάρους τους, ενώ στο πλοίο δεν υπάρχει φορτίο.

ΒΔ 634/1968

Εξετάζονται δύο καταστάσεις φόρτωσης:

1. Το πλοίο μεταφέρει το μέγιστο αριθμό επιβατών κατανεμημένων στα ανώτερα καταστρώματα προκαλώντας τη δυσμενέστερη επίδραση. Τα καύσιμα, το

τροφοδοτικό και πόσιμο νερό καθώς και τα εφόδια του πλοίου θα βρίσκονται στο 25% του πλήρους βάρους τους. Στο πλοίο δε θα υπάρχει φορτίο.

2.Όμοια με πριν αλλά το πλοίο είναι πλήρες φορτίου με καύσιμα, νερό, εφόδια κτλ στο 100%

Res. A.167 / Res. A.749

Εξετάζονται τέσσερις (4) καταστάσεις φόρτωσης:

1.Πλήρες φορτίο με 100% εφόδια, καύσιμα, φορτίο και επιβάτες μαζί με τις αποσκευές (full load departure)

2.Πλήρες φορτίο με 100% φορτίο και επιβάτες μαζί με τις αποσκευές αλλά 10% εφόδια, καύσιμα (full load arrival)

3.Άφορτο πλοίο αλλά με 100% εφόδια, καύσιμα και επιβάτες μαζί με τις αποσκευές

4.Άφορτο πλοίο αλλά με 100% επιβάτες μαζί με τις αποσκευές και 10% εφόδια, καύσιμα

- ΒΔ 408/1961

	% full	SG	Weight	LCG	TCG	VCG	FSM
		(t/m3)	(t)	(m)	(m)	(m)	(t-m)
<u>fresh water</u>							
Deepfwps	10.4	1.000	10.2	47.05	-5.33	1.51	34.7
deepfwstb	10.4	1.000	10.2	47.05	5.33	1.51	34.7
fw5ps	25.0	1.000	11.1	52.81	-3.19	0.23	101.2
fw5stb	25.0	1.000	11.1	52.81	3.19	0.23	101.2
fw6ps	25.0	1.000	27.0	40.83	-1.91	0.25	186.2
fw6stb	25.0	1.000	27.0	40.83	1.91	0.25	186.2
fw7c	25.0	1.000	11.8	20.52	0.00	0.44	17.5
Total fresh water			108.4	42.24	0.00	0.50	661.7
<u>fuel oil</u>							
b.oilps	4.7	0.930	6.6	67.98	-5.21	1.37	82.9
b.oilstb	4.7	0.930	6.6	67.98	5.21	1.37	82.9
oilsetps	7	0.930	2.3	67.97	-0.86	1.44	1.2
oilsetstb	7	0.930	2.3	67.97	0.86	1.44	1.2
Total fuel oil			17.8	67.98	0	1.39	168.2
<u>water ballast</u>							
fo1c	100.0	1.025	92.0	122.62	-0.00	0.76	0.0
fo2ps	100.0	1.025	160.4	102.66	-3.12	0.66	0.0
fo2stb	100.0	1.025	160.4	102.66	3.12	0.66	0.0
fo3ps	100.0	1.025	234.4	79.34	-3.90	0.65	0.0
fo3stb	100.0	1.025	234.4	79.34	3.90	0.65	0.0
fo4ps	100.0	1.025	132.2	62.39	-4.08	1.04	0.0
fo4stb	100.0	1.025	132.2	62.39	4.08	1.04	0.0
Total water ballast			1146	85.43	0.00	0.75	0.0
<u>Fixed Subset</u>							
passengers			75.0	85.00	8.00	12.34	0.0
Total Fixed Subset 0			75.0	85.00	8.00	12.34	0.0
Lightweight			5581.6	64.14	0.00	9.66	0.0
Deadweight			1347.1	81.71	0.45	1.38	829.8
Total Displacement			6928.6	67.56	0.09	8.05	829.8
Total Buoyancy			6928.6	67.43	0.75	2.46	45268

KG	FSC	KGf	GMt	BMt	BMI	Waterplane area	LCG	LCB	TCB	LCF	TCF	TPC	MTC
8.054	0.12	8.173	0.79	6.534	295.81	1927.7	67.558	67.434	0.749	69.638	0.683	19.759	143.07
			Draft at AP		Draft at FP		Mean draft midships		Heel to stb		Trim by stern		
			5.817		2.71		4.264		6.62		3.107		

Πίνακας 37

Στην αντίστοιχη κατάσταση φόρτωσης για το χειμώνα δεν αλλάζει τίποτα παρά μόνο το πλήθος των επιβατών.

	Weight	LCG	TCG	VCG	FSM
passengers	58.6	85	8	12.34	0
lightweight	5581.6	64.14	0	9.66	0
deadweight	1330.7	81.67	0.35	1.25	829.8
Total displacement	6912.3	67.52	0.07	8.04	829.8
Total buoyancy	6911.2	67.39	0.58	2.44	45071.4

KG	FSC	KGf	GMt	BMt	BMI	Waterplane area	LCG	LCB	TCB	LCF	TCF	TPC	MTC
8.043	0.12	8.163	0.778	6.521	295.921	1924.86	67.516	67.391	0.58	69.642	0.526	19.73	142.764

Draft at AP	Draft at FP	Mean draft at midships	Heel to starboard	Trim by the stern
5.825	2.693	4.259	5.12	3.132

Πίνακας 38

- ΒΔ 634/1968

25%

Η κατάσταση φόρτωσης που εξετάστηκε για το συγκεκριμένο κριτήριο είναι ίδια με αυτή του παραπάνω κριτηρίου με διαφορές όσον αφορά το φορτίο:

	Weight	LCG	TCG	VCG	FSM
Passengers	70	85	0	12.2	0
lightweight	5581.6	64.14	0	9.66	0
deadweight	1342.2	81.69	0	1.34	830
Total displacement	6923.8	67.54	0	8.05	830
Total buoyancy	6923.8	67.42	0	2.42	44826.3

KG	FSC	KGf	GMt	BMt	BMI	Waterplane area	LCG	LCB	TCB	LCF	TCF	TPC	MTC
8.001	0.113	8.114	0.506	6.135	277.45	1921.72	70.491	70.425	0	70.646	0	19.698	142.002

Draft at AP	Draft at FP	Mean draft at midships	Heel to starboard	Trim by the stern
5.326	3.66	4.493	No heel	1.665

Πίνακας 39

100%

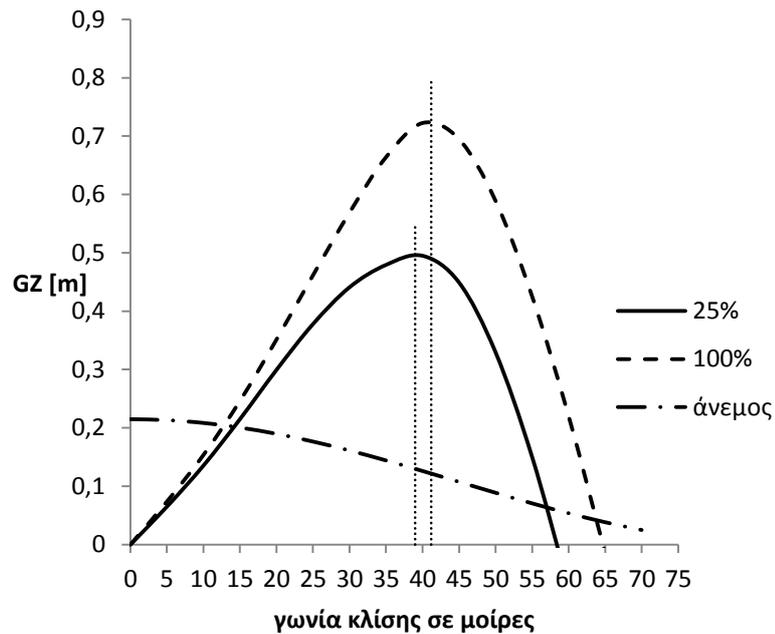
	Weight	LCG	TCG	VCG	FSM
deadweight	2126.8	82.66	0	2.45	305.4
Total displacement	7708.4	69.25	0	7.67	305.4
Total buoyancy	7708.4	69.17	0	2.6	45712.8

KG	FSC	KGf	GMt	BMt	BMI	Waterplane area	LCG	LCB	TCB	LCF	TCF	TPC	MTC
7.673	0.04	7.713	0.822	5.93	272.367	1944.75	69.251	69.168	0	69.962	0	19.934	146.557

Draft at AP	Draft at FP	Mean draft at midships	Heel to starboard	Trim by the stern
5.844	3.51	4.677	0	2.335

Πίνακας 40

ϕ	$GZ_{25\%}[m]$	$GZ_{100\%}[m]$
0	0	0
5	0.065	0.0737
10	0.1354	0.1536
15	0.215	0.2461
20	0.2994	0.3513
25	0.378	0.4615
30	0.4411	0.569
35	0.4795	0.6639
40	0.4951	0.7223
45	0.4493	0.6943
50	0.3297	0.5884
55	0.1504	0.4247
60	-0.0735	0.2192
65		-0.0155



Διάγραμμα 5.

Μοχλοβρ. ανέμου	0.2150	0.2134	0.2085	0.2006	0.1899	0.1767	0.1613
Κλίση (μοίρες)	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
	0.1443	0.1263	0.1076	0.0889	0.0708	0.0539	0.0385
	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°

Πίνακας 41

Υπολογισμός μοχλοβραχίονα ροπής ανέμου

Η ροπή του ανέμου αντιστοιχεί σε μοχλοβραχίονα $M=P (A \cdot I \cdot \cos^2 \theta)/W$, όπου $P=0.07t/m^2$, A : η προβολή της επιφάνειας εξάλων $[2126.8m^2]$, I : η κατακόρυφη απόσταση του κέντρου της επιφάνειας εξάλων από το $T/2$ (T : μέσο βύθισμα) $[=10m$ (ιδιαίτερα δυσμενής θεώρηση)] και θ : η γωνία κλίσης.

Για τον υπολογισμό τόσο της γωνίας λόγω ανέμου αλλά και της γωνίας λόγω συγκέντρωσης επιβατών στη μία πλευρά του πλοίου η θεωρούμενη κατάσταση φόρτωσης είναι η Νο1 (25%). Το πλοίο μεταφέρει το μέγιστο αριθμό επιβατών κατανεμημένων στα ανώτερα καταστρώματα προκαλώντας τη δυσμενέστερη επίδραση. Τα καύσιμα, το τροφοδοτικό και πόσιμο νερό καθώς και τα εφόδια του πλοίου θα βρίσκονται στο 25% του πλήρους βάρους τους. Στο πλοίο δε θα υπάρχει φορτίο.

Προκειμένου να εξακριβώσουμε κατά πόσον ικανοποιείται το 3^ο κριτήριο του διατάγματος θεωρήσαμε για τις καμπύλες του ανέμου και των δύο μοχλοβραχιόνων τις παρακάτω πολυωνυμικές εξισώσεις.

Άνεμος	$y = 7 \cdot 10^{-7} \cdot x^3 - 9 \cdot 10^{-5} \cdot x^2 + 0.0003 \cdot x + 0.2144$
100%	$y = 10^{-8} \cdot x^5 - 2 \cdot 10^{-6} \cdot x^4 + 8 \cdot 10^{-5} \cdot x^3 - 0.001 \cdot x^2 + 0.0202 \cdot x - 0.0027$
25%	$y = 2 \cdot 10^{-10} \cdot x^6 - 3 \cdot 10^{-8} \cdot x^5 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot x^4 - 5 \cdot 10^{-5} \cdot x^3 + 0.0008 \cdot x^2 + 0.0094 \cdot x + 0.0008$

Πίνακας 42

- Res. A.167

Οι καταστάσεις φόρτωσης που εξετάστηκαν για το συγκεκριμένο κριτήριο είναι ίδιες με αυτές του παραπάνω κριτηρίου με διαφορές όσον αφορά το φορτίο. Ειδικότερα το βάρος του κάθε επιβάτη θεωρείται 75kg ενώ προβλέπεται και βάρος αποσκευών:

Πλήρες φορτίου, 100% εφόδια

	Weight	LCG	TCG	VCG	FSM
Passengers	75	85	0	12.34	0
laguages	20	85	0	12.34	
Cars fw	365.8	130	0	7.32	0
Cars aft	40.6	36.7	6	0	0
	501.4	113.92	0	8.16	0
lightweight	5581.6	64.14	0	9.66	0
deadweight	2151.8	82.68	0	2.57	305.4
Total displacement	7733.4	69.3	0	7.69	305.4
Total buoyancy	7733.4	69.22	0	2.61	45737.3

KG	FSC	KGf	GMt	BMt	BMI	Waterplane area	LCG	LCB	TCB	LCF	TCF	TPC	MTC
7.69	0.039	7.729	0.796	5.914	271.691	1945.38	69.302	69.22	0	69.97	0	19.94	146.667

Draft at AP	Draft at FP	Mean draft at midships	Heel to starboard	Trim by the stern
5.844	3.535	4.69	No heel	2.309

Πίνακας 43

Πλήρες φορίου, 10% εφόδια

	% full	SG	Weight	LCG	TCG	VCG	FSM
		(t/m3)	(t)	(m)	(m)	(m)	(t-m)
<i>fresh water</i>							
Deepfwps	4.2	1.000	4.1	47.05	-5.23	1.33	27.8
deepfwstb	4.2	1.000	4.1	47.05	5.23	1.33	27.8
fw5ps	10	1.000	4.4	52.87	-2.84	0.12	65.8
fw5stb	10	1.000	4.4	52.87	2.84	0.12	65.8
fw6ps	10	1.000	10.8	41.37	-1.66	0.13	117.3
fw6stb	10	1.000	10.8	41.37	1.66	0.13	117.3
fw7c	10	1.000	4.7	20.54	0	0.27	5.2
Total fresh water			43.3	42.53	0	0.37	427

<i>fuel oil</i>							
b.oilps	1.9	0.930	2.7	67.98	-5.18	1.27	78.6
b.oilstb	1.9	0.930	2.7	67.98	5.18	1.27	78.6
oilsetps	2.8	0.930	0.9	67.97	-0.86	1.3	1.2
oilsetstb	2.8	0.930	0.9	67.97	0.86	1.3	1.2
Total fuel oil			7.2	67.98	0	1.28	159.6
<i>water ballast</i>							
fo1c	100.0	1.025	92.0	122.62	-0.00	0.76	0.0
fo2ps	100.0	1.025	160.4	102.66	-3.12	0.66	0.0
fo2stb	100.0	1.025	160.4	102.66	3.12	0.66	0.0
fo3ps	100.0	1.025	234.4	79.34	-3.90	0.65	0.0
fo3stb	100.0	1.025	234.4	79.34	3.90	0.65	0.0
fo4ps	100.0	1.025	132.2	62.39	-4.08	1.04	0.0
fo4stb	100.0	1.025	132.2	62.39	4.08	1.04	0.0
Total water ballast			1146	85.43	0.00	0.75	0.0
<i>Fixed Subset</i>							
passengers			75.0	85.00	8.00	12.34	0.0
Lag			20	85	0	12.34	0
Cars fw			365.8	130	0	7.32	0
Cars aft			40.6	36.7	0	6	0
Total Fixed Subset 0			501.4	113.92	0	8.16	0
Lightweight			5581.6	64.14	0	9.66	0
Deadweight			1698	92.67	0	2.93	586.6
Total Displacement			7279.6	70.8	0	8.09	586.6
Total Buoyancy			7279.6	70.74	0	2.47	44856.7

KG	FSC	KGf	GMt	BMt	BMI	Waterplane area	LCG	LCB	TCB	LCF	TCF	TPC	MTC
8.093	0.081	8.173	0.454	6.162	277.894	1917.7	70.798	70.738	0	70.79	0	19.656	141.212

Draft at AP	Draft at FP	Mean draft at midships	Heel to starboard	Trim by the stern
5.219	3.716	4.467	No heel	1.503

Πίνακας 44

no cargo 100% εφόδια

people	75	85	0	12.34	0
lag	20	85	0	12.34	0
Total Fixed Subset 0	95	85	0	12.34	0
Lightweight	5581.6	64.14	0	9.66	0
Deadweight	1745.4	73.84	0	1.5	305.4
Total Displacement	7327	66.45	0	7.72	305.4
Buoyancy	7327	66.32	0	2.56	45586.5
Total Buoyancy	7327	66.32	0	2.56	45586.5

KG	FSC	KGf	GMt	BMt	BMI	Waterplane area	LCG	LCB	TCB	LCF	TCF	TPC	MTC
7.718	0.042	7.759	1.022	6.222	288.166	1946.24	66.452	66.317	0	68.973	0	19.949	147.385

Draft at AP	Draft at FP	Mean draft at midships	Heel to starboard	Trim by the stern
6.337	2.594	4.466	No heel	3.743

Πίνακας 45

no cargo 10% εφόδια

Lightweight	5581.6	64.14	0	9.66	0
Deadweight	1291.6	83.86	0	1.59	586.6
Total Displacement	6873.2	67.85	0	8.15	586.6
Buoyancy	6873.2	67.73	0	2.4	44700.2
Total Buoyancy	6873.2	67.73	0	2.4	44700.2

KG	FSC	KGf	GMt	BMt	BMI	Waterplane area	LCG	LCB	TCB	LCF	TCF	TPC	MTC
8.147	0.085	8.232	0.671	6.504	295.483	1917.95	67.849	67.728	0	69.819	0	19.659	141.767

Draft at AP	Draft at FP	Mean draft at midships	Heel to starboard	Trim by the stern
5.734	2.761	4.248	No heel	2.973

Πίνακας 46

Κλίση λόγω στροφής

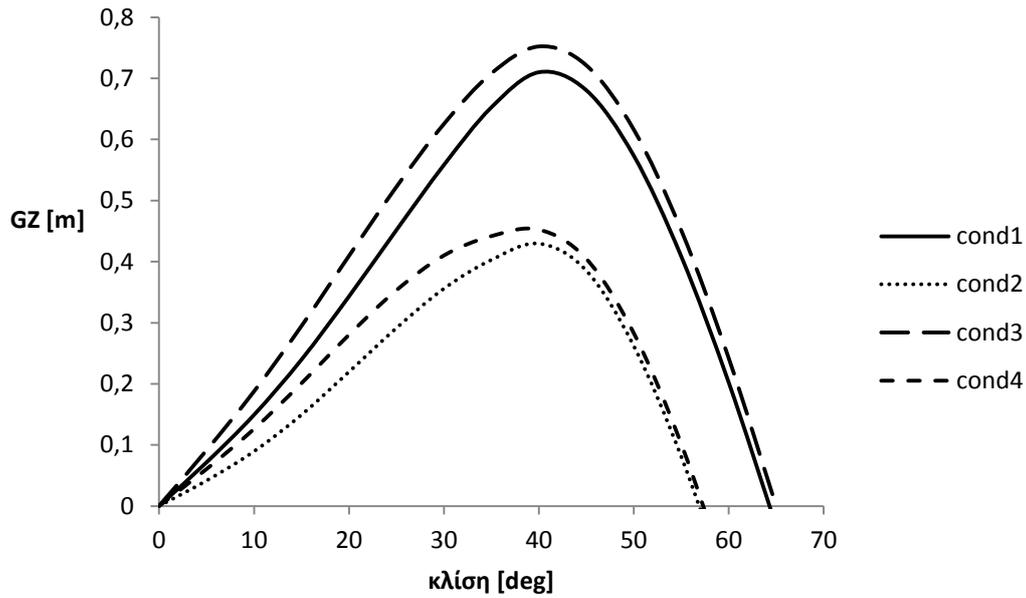
Όσον αφορά το κριτήριο για την κλίση λόγω στροφής (turning), θεωρήσαμε τους επιβάτες στους προορισμένους γι' αυτούς χώρους και ταχύτητα πλοίου $V=15\text{kn}=7.72\text{m/s}$.

Ο μοχλοβραχίονας ροπής ανέμου δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$M_R = 0.02 \frac{V_o^2}{L} \Delta \left(KG - \frac{D}{2} \right)$$

Κατάσταση φόρτωσης				
	No1	No2	No3	No4
0	0	0	0	0
5	0.0714	0.0416	0.091	0.0604
10	0.1491	0.0895	0.1875	0.126
15	0.2395	0.1493	0.2945	0.2008
20	0.3428	0.2195	0.4093	0.28
25	0.4515	0.2912	0.5224	0.3531
30	0.558	0.3557	0.6254	0.41
35	0.6523	0.4028	0.7083	0.4417
40	0.7097	0.4295	0.7523	0.4524
45	0.6802	0.3853	0.7214	0.4047
50	0.573	0.2621	0.616	0.2831
55	0.4081	0.081	0.451	0.1017
60	0.2018	-0.1411	0.2415	-0.124
65	-0.0335		-0.0008	

Πίνακας 47



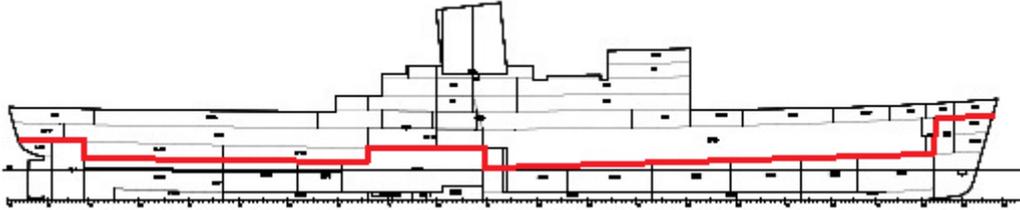
Διάγραμμα 6.

Κριτήριο καιρού (Res. A562)

		No1	No2	No3	No4
Length WL	m	147.554	147.554	147.554	147.554
Profile above WL	m ²	2067.925	2100.129	2098.663	2130/274
Area to leeward (area b)	m-rad	0.20656	0.06764	0.23387	0.08090
Area to windward (area a)	m-rad	0.02550	0.04473	0.02336	0.03909
GZc	m	0.208	0.225	0.233	0.241
Gust angle	deg	13.374	20.365	11.702	17.543
Rollback angle	deg	18.232	17.201	20.183	18.268
Steady state angle	deg	9.380	15.048	8.038	12.390
Max angle to leeward	deg	50.0	50.0	50.0	50.0
B/d'		3.900	4.094	4.097	4.306
X1		0.800	0.800	0.8	0.800
Cb		0.611	0.604	0.608	0.600
Ar		0.000	0.000	0.000	0.000
K		1.000	1.000	1.000	1.000
Og	m	3.040	3.707	3.295	3.985
R		1.119	1.228	1.173	1.293
T	Sec	16.372	21.920	14.609	18.245

Πίνακας 48

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η
ΣΤΕΓΑΝΗ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ



Εικόνα 10.

Σε πρώτη φάση θεωρούμε ως κατάστρωμα στεγανών φρακτών, αυτό που διακρίνεται στο παραπάνω σχήμα. Όπως φαίνεται, το κατάστρωμα στεγανών φρακτών του «Ηράκλειο» δεν ήταν συνεχές. Σε αυτή την περίπτωση το κατακλύσιμο μήκος σε κάθε σημείο προσδιορίζεται σε μια υποτιθέμενη συνεχή γραμμή ορίου βύθισης, η οποία σε κανένα σημείο δε θα βρίσκεται περισσότερο από 76mm κάτω από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών. Για τον υπολογισμό των διαφόρων συντελεστών, οι όγκοι λαμβάνονται μέχρι τις πραγματικές τιμές του ορίου βύθισης. Στη συνέχεια θα θεωρήσουμε και τους χώρους οχημάτων στεγανούς, επομένως ως ανώτατο συνεχές κατάστρωμα αυτό της οροφής του καταστρώματος οχημάτων.

SOLAS 48:

Περίπτωση i

Ομοιόμορφη μέση διαχωρητότητα σε όλη την έκταση του μηχανοστασίου:

$$80 + 12.5 \left(\frac{a - c}{v} \right)$$

Όπου:

$$\alpha = 0 \text{ m}^3 \qquad c = 112.5 \text{ m}^3 \qquad v = 2518 \text{ m}^3$$

⇒ Perm = 79.4%

Χώρος μηχανοστασίου κάτω από τη γραμμή του ορίου βύθισης	Cof 66	Dest*	Feed*	Eng room	Fo4 ps	Fo4 stb	Fw5 ps*	Fw5 stb*	lo	
	3.4	10.9	10.9	2160	131.6	131.6	45.4	45.4	3.4	2518
permeability	0.95	0.95	0.95	0.80	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	

Πίνακας 49.

Ομοιόμορφη μέση διαχωρητικότητα σε όλη το τμήμα του πλοίου πλώρα ή πρύμα του μηχανοστασίου:

$$63 + 35 \frac{a}{v}$$

Όπου:

$$\alpha = 0 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \text{Perm} = 63\%$$

$$v = 7778 \text{ m}^3$$

Όλος ο χώρος του τμήματος του πλοίου κάτω από τα γραμμή του ορίου βύθισης, πλώρα ή πρύμα του μηχανοστασίου	b.oil ps	b.oil stb	Coff 93	Deepfw ps	Deepfw stb	Fo1c	Fo2 ps	Fo2 stb	Fo3 ps	7777.7	
	89.8	89.8	55.6	93.7	93.7	89.8	156.5	156.5	228.7		
	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%		
	Fo3 stb	Fw6 ps	Fw6 stb	Fw7c	Oilset ps	Oilset stb	shaft	Void1	Void2		
	228.7	107.9	107.9	47.2	20.9	20.9	340.2	337.1	488.4		
	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.80%	0.95%	0.95%		
	Void3	Void4	Void5	Void6	Void7	Void8	Void9	WBaft	WBfp		Gland comp
	754.3	925.0	970.7	674.4	452.8	666.2	442.6	75.0	46.4		17.0
	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%	0.95%		0.85%

Πίνακας 50.

Υπολογισμός συντελεστών A, B:

$$A = \frac{58.2}{L - 60} + 0.18 = 0.879$$

$$B = \frac{30.3}{L - 42} + 0.18 = 0.479$$

Υπολογισμός Κριτηρίου Υπηρεσίας (C_s):

Για τον υπολογισμό του κριτηρίου υπηρεσίας χρειαζόμαστε τα παρακάτω μεγέθη

-μήκος πλοίου $L=143.256\text{m}$

-όγκος μηχανοστασίου συν την προσθήκη του όγκου των μόνιμων δεξαμενών καυσίμου πετρελαίου οι οποίες βρίσκονται πάνω από τον εσωτερικό πυθμένα πλώρα ή πρύμα του μηχανοστασίου $M=2739.4\text{m}^3$

-συνολικός χώρος επιβατών κάτω από τη γραμμή ορίου βύθισης $P=0\text{m}^3$

-αριθμός επιβατών $N=1000$

-όλος ο όγκος του πλοίου κάτω από τη γραμμή του ορίου βύθισης $V=10296\text{m}^3$

-συνολικός όγκος χώρων επιβατών πάνω από τη γραμμή ορίου βύθισης $V_p = 7749.5\text{m}^3$ (για τους όγκους των διαμερισμάτων “compartments” που βρίσκονται πάνω από το κατάστρωμα οχημάτων βασιστήκαμε στη μελέτη του Hendrik Dankowski καθώς στην παρούσα μελέτη δεν προχωρήσαμε σε μοντελοποίηση αυτών των χώρων)

- $K=0.056L=8.022$ ($2/3 KN=5348.2$)

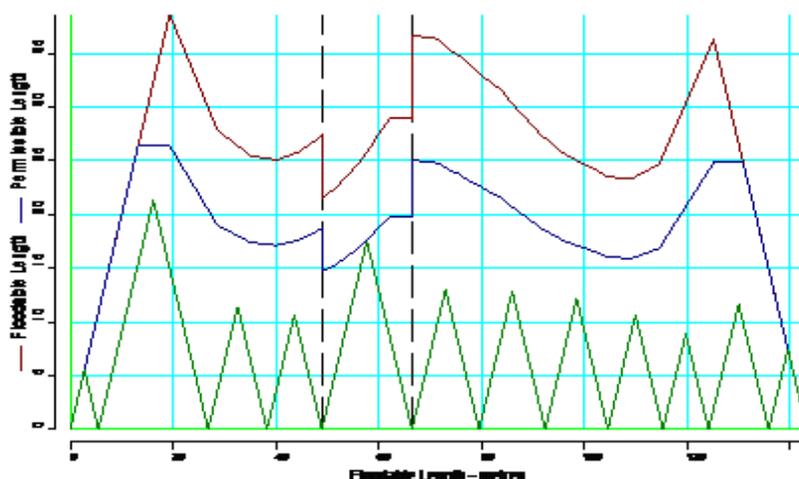
- $KN=8022 > P+V_p \Rightarrow P_1=7749.5$

Επομένως:
$$C_s = 72 \frac{M+2P_1}{V+P_1-P} \Rightarrow C_s=72.8$$

Και
$$F = A - \frac{(A-B)(C_s-23)}{100} \Rightarrow F=0.680$$

Εκτίμηση μέγιστου βυθίσματος βάσει της στεγανής υποδιαίρεσης

Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα το μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα είναι $T=4.253\text{m}$ ενώ το βύθισμα για το οποίο τέμνεται η καμπύλη των κατακλυσίμων μηκών είναι $T=4.45\text{m}$.



Διάγραμμα 7.
Καμπύλες
permissible και
floodable
lengths για
βύθισμα
4.253m

Περίπτωση ii (watertight cardeck)

Το πλοίο πλέον θεωρείται ότι έχει πένε (5) κύρια διαμερίσματα, τα όρια των οποίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Κύρια διαμερίσματα	x_{\min} [m]	x_{\max} [m]
Πρυμναίος χώρος	-	2.74
Πρυμναίο car deck	2.74	48.924
Μηχανοστάσιο	48.924	66.45
Πρωραίο car deck	66.45	135.798
Πρωραίος χώρος	135.798	-

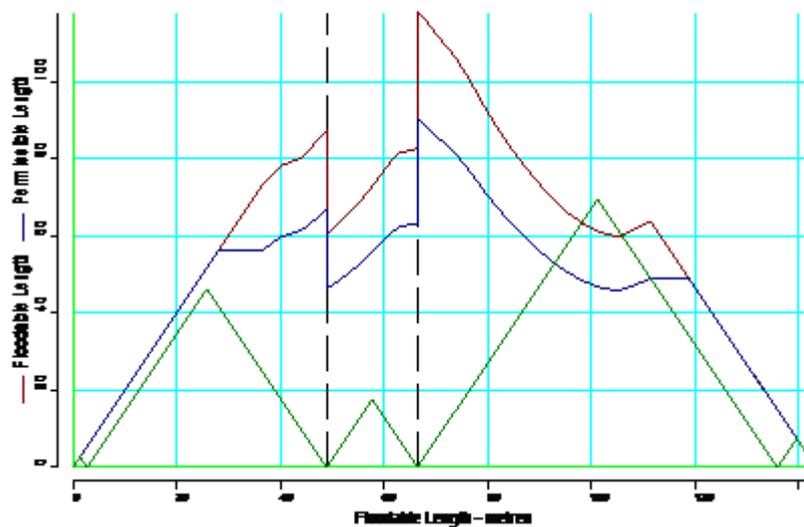
Πίνακας 51

Σε αυτή την περίπτωση τα μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν στον παραπάνω υπολογισμό διαμορφώνονται ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Perm}_{\text{eng}} &= 79.45 & \text{Perm}_{\text{rest}} &= 66.89 & V_{\text{eng}} &= 3417\text{m}^3 & V_{\text{rest}} &= 18712.5\text{m}^3 \\ V_{\text{ολ}} &= 21254.9\text{m}^3 & M &= 3794.2\text{m}^3 & V_p &= 5669.7\text{m}^3 \end{aligned}$$

Καταλήγουμε λοιπόν σε ένα κριτήριο υπηρεσίας: $C_s=51.6$ και σε ένα συντελεστή υποδιαίρεσης: $F=0.765$.

Το διάγραμμα κατακλισίμων μηκών διαμορφώνεται ως εξής:



Διάγραμμα 8.
Καμπύλες
permissible και
floodable lengths
για βύθισμα
 $T_{\text{lastvoyage}}=4.612\text{m}$

SOLAS 60:

Ομοιόμορφη μέση διαχωρητικότητα σε όλη την έκταση του μηχανοστασίου:

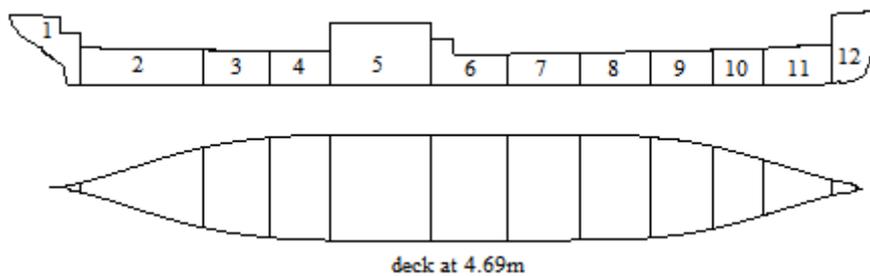
$$85 + 10 \left(\frac{a - c}{v} \right) \Rightarrow \text{Perm} = 84.52\%$$

Βλέπουμε λοιπόν πως οι κανονισμοί της SOLAS 60 για την υποδιαίρεση είναι πιο αυστηροί καθώς προϋποθέτουν μεγαλύτερη διαχωρητικότητα μηχανοστασίου σε σχέση με τους προηγούμενους της SOLAS 48.σ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΛΑΒΗ

Για την πραγματοποίηση υπολογισμών ευστάθειας μετά από βλάβη προχωρήσαμε αρχικά στο διαχωρισμό του «Ηράκλειο» σε 12 ζώνες ανάλογα με τη θέση των εγκάρσιων υδατοστεγών φρακτών. Οι φρακτές που έχουν ληφθεί υπ' όψιν, όπως αναφέρουμε και στον υπολογισμό των κατακλυσίμων μηκών, είναι τόσο αυτές που ξεκινούν από τη baseline αλλά και αυτές που ξεκινούν από το κατάστρωμα διπυθμένων.

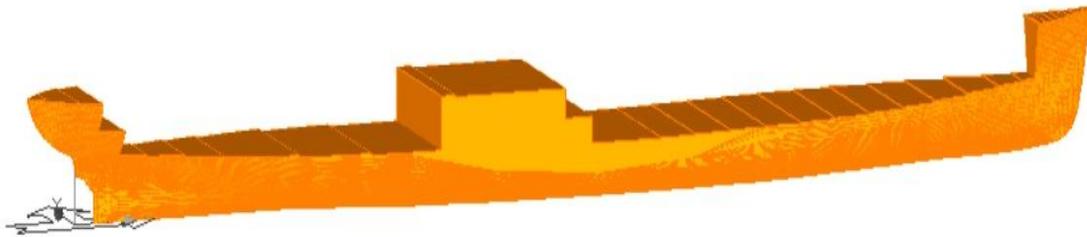


Εικόνα 11. Άποψη του πλοίου μέχρι το ανώτατο κατάστρωμα στεγανών φρακτών (car deck), όπου φαίνεται ο διαχωρισμός σε 12 ζώνες για τον έλεγχο ευστάθειας μετά από βλάβη

διαχωριστική φρακτή	x - συντεταγμένη	πρωραίο διαμέρισμα
1	5.486	void 9
2	26.822	void 8
3	38.252	void 7
4	48.920	eng. room
5	66.450	void 6
6	79.490	void 5
7	92.354	void 4
8	104.456	void 3
9	115.138	void 2
10	124.130	void 1
11	135.712	WB FP

Πίνακας 52. Λεπτομέρειες για τα ακριβή όρια των 12 ζωνών κατά το διάμηκες

Η εξέταση της ικανοποίησης των κανονισμών έγινε στο μοντέλο που χρησιμοποιούσαμε ως τώρα. Μια σημαντική διαφορά είναι ότι η μοντελοποίηση του πλοίου θεωρήθηκε ότι φτάνει ως το ύψος του ανώτατου καταστρώματος στεγανών φρακτών (car deck). Διαμορφώνεται λοιπόν η υπάρχουσα μέχρι στιγμής μοντελοποίηση και αφαιρούνται όλα τα στοιχεία του πλοίου πάνω από το κατάστρωμα οχημάτων ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν επηρεάζεται το αποτέλεσμα.



Εικόνα 12. Αποψη του μοντέλου του «Ηράκλειο» που χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς ευστάθειας μετά από βλάβη. Η μοντελοποίηση περιλαμβάνει μόνο τους υδατοστεγείς (watertight) χώρους του πλοίου ενώ επιπλέον δεν έχουν ληφθεί υπ' όψιν και τα δύο καταστρώματα οχημάτων που διέθετε

Παρακάτω παραθέτουμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν έπειτα από κατάκλυση της κάθε ζώνης. Χαρακτηριστικά αναφέρονται, μετά τη νέα κατάσταση ισορροπίας, το ποσοστό πλήρωσης της εκάστοτε ζώνης, η ακριβής θέση του κέντρου βάρους και η ροπή ελεύθερης επιφάνειας. Ως αρχική κατάσταση φόρτωσης (προ κατάκλυσης) έχει θεωρηθεί αυτή του πλήρους φόρτου (παράρτημα Α).

Fully flooded stage

1	Full	Weight	l _{cg}	t _{cg}	V _{cg}	fsm
Total displacement		7780.4	77.10	0	7.71	0
Buoyancy		7782.6	77.16	0	2.62	44172.5
Damaged	0.9%	-2.2	4.62	0	2.44	-0.1
Total buoyancy		7780.4	77.18	0	2.62	44172.5

2	Full	Weight	l _{cg}	t _{cg}	V _{cg}	fsm
Total displacement		7780.4	77.10	0	7.71	0
Buoyancy		8184.0	74.29	0	2.7	45297.9
Damaged	54.6%	-402.5	19.52	0	3.05	-1345.1
Total buoyancy		7781.5	77.12	0	2.68	43952.8

3	Full	Weight	l _{cg}	t _{cg}	V _{cg}	fsm
Total displacement		7780.4	77.1	0	7.71	0
Buoyancy		8376.4	73.97	0	2.75	45591.5
Damaged	70.9%	-596	32.95	0	2.9	-3685.1

Total buoyancy		7780.4	77.12	0	2.74	41906.3
4	Full	Weight	lcg	tcg	Vcg	fsm
Total displacement		7780.4	77.10	0	7.71	0
Buoyancy		8524.8	74.21	0	2.79	45707
Damaged	78.1%	-744.4	43.74	0	2.75	-4835.1
Total buoyancy		7780.4	77.12	0	2.8	40871.9

6	Full	Weight	lcg	tcg	Vcg	fsm
Total displacement		7780.4	77.10	0	7.71	0
Buoyancy		8899.9	76.65	0	2.92	45519.8
Damaged	80.9%	-1119.5	73.02	0	2.75	-6145.1
Total buoyancy		7780.4	77.17	0	2.94	39374.8

10	Full	Weight	lcg	tcg	Vcg	fsm
Total displacement		7780.4	77.10	0	7.71	0
Buoyancy		8295.2	79.85	0	2.82	44070.8
Damaged	92.5%	-514.8	119.37	0	3.56	-1455.4
Total buoyancy		7780.4	77.24	0	2.77	42615.4

11	Full	Weight	lcg	tcg	Vcg	fsm
Total displacement		7780.4	77.10	0	7.71	0
Buoyancy		8099.7	79.25	0	2.74	44018.1
Damaged	84.3%	-318.4	128.84	0	3.7	-336.9
Total buoyancy		7781.3	77.22	0	2.71	43681.1

12	Full	Weight	lcg	tcg	Vcg	fsm
Total displacement		7780.4	77.10	0	7.71	0
Buoyancy		7810.5	77.42	0	2.63	44143.4
Damaged	20.6%	-30.1	137.98	0	3.1	-3.2
Total buoyancy		7780.4	77.18	0	2.62	44140.2

Πίνακας 53.

	1	2	3	4	5	6	7, 8, 9	10	11	12
Heel	No heel	No heel	No heel	No heel	No equilibrium	No heel	No equilibrium	No heel	No heel	No heel
Trim by the stern	2.063	0.510	0.361	0.524		2.104		3.872	3.418	2.222
KG	7.711	7.711	7.711	7.711		7.711		7.711	7.711	7.711
FSC	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000		0.000	0.000	0.000
KGf	7.711	7.711	7.711	7.711		7.711		7.711	7.711	7.711
GMt	0.582	0.621	0.416	0.340		0.292		0.533	0.609	0.585
BMt	5.677	5.648	5.386	5.253		5.061		5.477	5.614	5.673
BMI	247.996	200.125	227.885	245.088		260.701		216.006	216.489	243.275
Waterplane area	1887.78	1772.15	1767.13	1761.91		1711.30		1779.81	1811.85	1878.87
LCG	77.104	77.104	77.104	77.104		77.104		77.104	77.104	77.104
LCB	77.177	77.122	77.116	77.122		77.174		77.237	77.223	77.183
TCB	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000		0.000	0.000	0.000
LCF	73.018	76.258	75.180	74.330		72.331		71.230	71.543	72.747
TCF	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000		0.000	0.000	0.000
TPC	19.350	18.165	18.113	18.060		17.541		18.243	18.571	19.258
MTC	134.689	108.706	123.767	133.110		141.590		117.316	117.591	132.126

Πίνακας 54.

	1	2	3	4	5	6	7, 8, 9	10	11	12
Draft at AP	3.687	4.676	4.848	4.841	No equilibrium	4.237	No equilibrium	3.026	3.158	3.620
Draft at FP	5.750	5.186	5.209	5.365		6.341		6.898	6.576	5.842
Mean draft at midships	4.718	4.931	5.028	5.103		5.289		4.962	4.867	4.731

Πίνακας 55.

Μοχλοβραχίονας επαναφοράς GZ [m]										
heel [deg]	1	2	3	4	5	6	7, 8, 9	10	11	12
0	0.0	0.0	0.0	0.0	No equilibrium	0.0	No equilibrium	0.0	0.0	0.0
5	0.0492	0.0474	0.0223	0.0056		-0.0694		-0.0592	-0.0025	0.0478
10	0.0037	0.0004	-0.0569	-0.0863						-0.0057
15	-0.1092	-0.1342								

Πίνακας 56.

Επιπρόσθετα ελέγξαμε την περίπτωση όπου ένα ακόμα κατάστρωμα, αυτό του χώρου οχημάτων, συμπεριλαμβάνεται στο υδατοστεγές τμήμα του πλοίου. Με το να θεωρήσουμε τους καταπέλτες του προραίου και πρυμναίου καταστρώματος οχημάτων στεγανούς, αυτομάτως τα κύρια διαμερίσματα του πλοίου γίνονται 5 (πέντε), με μεγαλύτερα και πιο κρίσιμα αυτά των χώρων οχημάτων. Όπως προηγουμένως, ούτε και σε αυτή την περίπτωση δεν ικανοποιείται η απαίτηση για μη τομή της ισάλου με τη margin line, όπως φάνηκε από τη μελέτη υποδιαίρεσης προηγουμένως. Για την περαιτέρω μελέτη θεωρήσαμε την τιμή 95% ως διαχωρητικότητα μετά από βλάβη των χώρων οχημάτων.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς η έκταση τους υποτιθέμενης βλάβης θα είναι $3m+0.03L$ ή 11m, οποιοδήποτε από τα δύο είναι μικρότερο. Επομένως για την περίπτωσή τους προκύπτει ένα ρήμα μήκους 7.3m με εγκάρσια έκταση $B/5=3.7m$ και κατακόρυφη έκταση χωρίς όριο.

Με βάση τα παραπάνω οι ζώνες κατάκλυσης που προκύπτουν είναι:

Ζώνη	Διαμερίσματα
1	WBF, CHAIN, ROPE STORE, STORE, VOID1, CARDF
2	VOID1, CARDF
3	VOID1, VOID2, CARDF
4	VOID2, CARDF
5	VOID2, VOID3, CARDF
6	VOID3, CARDF
7	VOID3, VOID4, CARDF
8	VOID4, CARDF
9	VOID4, VOID5, CARDF
10	VOID5, CARDF
11	VOID5, VOID6, CARDF
12	VOID6, CARDF
13	VOID6, COF93, BOILSTB, CARDF
14	ENGR, ENGWR
15	DEEPSTB, VOID7, CARDA, TOUR
16	CARDA, VOID7, VOID8, TOUR
17	CARDA, VOID8, TOUR
18	AUTO, VOID8, VOID9, CARDA, TOUR
19	VOID9, AUTO, TOUR
20	WBA, TOUR, STEER, GLAND

Πίνακας 57. Οι πιθανές ζώνες κατάκλυσης θεωρώντας στεγανά τα car-decks

	Draft AP	Draft FP	Draft midships	heel	KG	FSC	GM	BMt	BMI	Waterplane area	LCG
1	NO EQUILIBRIUM										
2	9.719	1.507	5.613	17.86	7.729	0.039	0.497	5.266	168.452	1528.14	69.302
3	4.199	6.324	5.262	5.41	8.171	0.081	0.177	5.581	241.207	1700.03	70.798
				LCB	TCB	LCF	TCF	TPC	MTC		
	NO EQUILIBRIUM										
	69.041	1.467	79.223	1.675	15.663	90.935					
	70.878	0.508	68.154	1.051	17.425	122.569					

Πίνακας 58

	Περίπτωση 1	Περίπτωση 2	Περίπτωση 3
ϕ	GZ [m]		
0	0	0,0037	0
5	-0,0885	-0,0223	-0,0013
10	-0,1659	-0,0362	0,0175
15	-0,2357	-0,0202	0,053
20	-0,2952	0,0216	0,1115
25	-0,3363	0,0895	0,1894
30	-0,349	0,1498	0,28
35	-0,3733	0,1713	0,3807
40	-0,4378	0,1344	0,4376
45	-0,5431	0,0358	0,4038
50	-0,6841	-0,1169	0,2934
55	-0,8549	-0,3112	0,1281
60	-1,0494	-0,5359	-0,076

Πίνακας 59

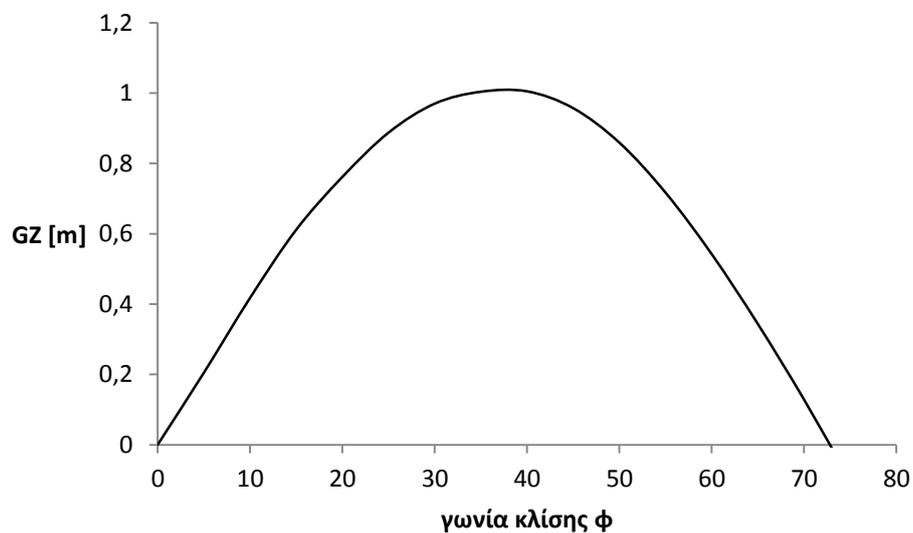
Αρκεί μία μόνο από τις περιπτώσεις κατάκλυσης όπου να μην ικανοποιούνται τα κριτήρια των κανονισμών, ώστε το πλοίο να βγει ακτάλληλο. Το «Ηράκλειο» όπως φάνηκε στις παραπάνω τρεις περιπτώσεις αποτυγχάνει να ικανοποιήσει αυτά τα κριτήρια. Στην 3^η περίπτωση εμφανίζεται μη ικανοποίηση του κριτηρίου ζητούμενου εμβαδού της καμπύλης GZ-φ μέχρι τις 22° (0.014). Το ίδιο και στη 2^η περίπτωση όπου το ζητούμενο εμβαδόν είναι 0.002 έναντι του απαιτούμενου 0.015. Σύμφωνα με τη SOLAS 48 βέβαια οι μόνες απαιτήσεις ήταν να έχει προβλεφθεί επαρκής ευστάθεια ώστε το πλοίο να μπορεί να ανταπεξέλθει έπειτα από κατάκλυση οποιουδήποτε κύριου διαμερίσματος και να εμφανίζεται θετικό μετακεντρικό ύψος (GM) στο σημείο ισοροπίας. Φαίνεται όμως πως στην περίπτωση ταυτόχρονης

κατάκλισης των κενών (void) χώρων 3,4 και του προραίου χώρου οχημάτων (1^η περίπτωση), το πλοίο δεν κατορθώνει να ισορροπήσει και ανατρέπεται.

Ιδιαίτερα εντυπωσιακό είναι το γεγονός πως στην περίπτωση του υποθετικού ρήγματος, έκτασης ικανής ώστε να συμπεριλάβει και τους 6 (εξι) προραίους κενούς χώρους, το πλοίο δείχνει να έχει ιδιαίτερα καλή συμπεριφορά όσον αφορά την ευστάθεια, καλύτερη ακόμα και από αυτή σε άθικτη κατάσταση!

Title	Cargo	% full	SG (t/m ³)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
Total Displacement				7734.2	69.30	0.00	7.69	305.7
Buoyancy				11914.8	79.72	0.00	3.82	47387.9
Damaged	% perm							
void1	95.0	95.0	1.025	-341.6	128.89	0.00	4.32	0.0
void2	95.0	95.0	1.025	-491.9	119.41	0.00	3.98	0.0
void3	95.0	95.0	1.025	-760.4	109.74	0.00	3.76	0.0
void4	95.0	95.0	1.025	-938.4	98.45	0.00	3.55	0.0
void5	95.0	95.0	1.025	-973.9	85.92	0.00	3.39	0.0
void6	95.0	95.0	1.025	-674.4	74.83	0.00	3.33	0.0
Total Damaged				-4180.7	98.73	0.00	3.63	0.0
Total Buoyancy				7734.2	69.44	0.00	3.93	47387.9

Πίνακας 60



Διάγραμμα 9. Καμπύλη μοχλοβραχίονα επαναφοράς σε περίπτωση ταυτόχρονης κατάκλισης των έξι προραίων κενών χώρων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΑΠΑΓΟΡΕΥΤΙΚΟ ΑΠΟΠΛΟΥ

Μια από τις σημαντικότερες αλλαγές που έφερε στην ελληνική ακτοπλοΐα το ναυάγιο του «Ηράκλειο» ήταν η θεσμοθέτηση της απαγόρευσης απόπλου λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών. Παλαιότερα η απαγόρευση του απόπλου, των υπό ελληνική σημαία φορτηγών και επιβατηγών πλοίων, λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών, από τα ελληνικά λιμάνια, ήταν στην προσωπική κρίση του Λιμενάρχη. Το τραγικό ναυάγιο του Ε/Γ-Ο/Γ «ΗΡΑΚΛΕΙΟ», το Δεκέμβριο του 1966, ανάγκασε το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας, να εκδώσει, ένα χρόνο μετά, την αριθ. 106771/8-12-1967 Εγκύκλιο με συγκεκριμένες οδηγίες για την ομοιόμορφη εφαρμογή του μέτρου από όλες τις Λιμενικές Αρχές .

Η πλήρης νομοθετική ρύθμιση του θέματος ήρθε το 1976 με το ΠΔ 852/1976 «Περί απαγορεύσεως απόπλου εν περιπτώσει δυσμενών καιρικών συνθηκών » (ΦΕΚ 312 Α/23-11-1976). Σύμφωνα με το συγκεκριμένο προεδρικό διάταγμα ο απόπλους των πλοίων αναστέλλεται μέσω διαταγής της Λιμενικής Αρχής έπειτα από δελτίο καιρού της Εθνικής Μετεωρολογικής υπηρεσίας για δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

- Άρθρο 42 Κ.Δ.Ν.Δ. (Ν.Δ. 187/73-ΦΕΚ 261Α)
- ΠΔ 852/76 (ΦΕΚ 312 Α)
- ΠΔ 284/94 (ΦΕΚ 148 Α)
- Άρθρο 7 ΠΔ 103/99 (ΦΕΚ 110 Α)
- Άρθρο 12 ΠΔ 177/00 (ΦΕΚ 136 Α)
- Άρθρο 3 Ν. 2932/2001
- Άρθρο 18 ΠΔ 49/2005 (ΦΕΚ 66 Α)

Ειδικότερα το Υπουργείο εμπορικής ναυτιλίας με συγκεκριμένες οδηγίες γνωστοποιεί στην εκάστοτε Λιμενική Αρχή τις όποιες ειδικές συνθήκες και προϋποθέσεις για την αναστολή του απόπλου. Σύμφωνα με το παραπάνω προεδρικό διάταγμα, οι συνθήκες αυτές διαμορφώνονται ξεχωριστά για κάθε περίπτωση και εκτός από τα μετεωρολογικά στοιχεία κάθε περιοχής λαμβάνουν υπ' όψιν τους και την κατηγορία, τον τύπο, τη χωρητικότητα, τα στοιχεία ευστάθειας και την αντοχή του πλοίου καθώς επίσης και τη διαδρομή την οποία πρόκειται να ακολουθήσει.

Έκτοτε λοιπόν, όλες οι προϋποθέσεις και λεπτομέρειες, για την εφαρμογή της απαγόρευσης, αποτυπώνονται στο Εγχειρίδιο Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας (Ε.Α.Ν αριθ. 09) του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας(ΥΕΝ). Το Εγχειρίδιο αυτό έχει συνταχθεί με τη συνεργασία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) και της Υδρογραφικής Υπηρεσίας (ΥΥ).

Ειδικότερα, για Ε/Γ-Ο/Γ ανοιχτού τύπου, αναστολή απόπλου επιβάλλεται σύμφωνα με τα ανεμολογικά δεδομένα για σημαντικό ύψος κύματος μεγαλύτερο από 1.5m και για συγκεκριμένη προστατευμένη ή ειδικά προστατευμένη διαδρομή. Για Φ/Γ-Ο/Γ ανοιχτού τύπου η αναστολή επιβάλλεται υπό τις ίδιες συνθήκες και επιπλέον εφόσον ο πλους διενεργείται εκτός προστατευμένης ή ειδικά προστατευμένης διαδρομής σύμφωνα με τις προϋποθέσεις που αναγράφονται στο ΠΓΕ του πλοίου. Τέλος για εντάσεις ανέμου μέχρι και 7 BF, ο απόπλους δεν αναστέλλεται ποτέ για τα Φ/Γ-Ο/Γ ανοιχτού τύπου που έχουν την δυνατότητα εκτελέσεως πλόων εσωτερικού, εφόσον το πλοίο εκτελεί πλόες εντός προστατευμένης ή ειδικά προστατευμένης διαδρομής.

Όσον αφορά τα Ε/Γ και Φ/Γ πλοία κλασικού τύπου ισχύουν τα κάτωθι για την αναστολή απόπλου:

Πίνακας 61

Ολικό μήκος πλοίου σε μέτρα	Ε/Γ-Ο/Γ*	Φ/Γ κλασικού τύπου, Δ/Ξ, Φ/Γ-Ο/Γ κλειστού τύπου και αλιευτικά**	Πλοία ανεξαρτήτως μήκους και κατηγορίας Διεθνών Πλόων (περιλαμβάνονται τα Ε/Γ κλασικού τύπου και τα Ε/Γ-Ο/Γ κλειστού τύπου, που εκτελούν πλου εσωτερικού ως Φ/Γ, δηλαδή δεν μεταφέρουν περισσότερους από 12 επιβάτες)***
Μέχρι και 25 m	6 BF & άνω	7 BF & άνω	Κατά κρίση Πλοίαρχου
Άνω των 25 m έως και 40 m	7 BF & άνω	8 BF & άνω	Κατά κρίση Πλοίαρχου
Άνω των 40 m έως και 75 m	8 BF & άνω	Κατά κρίση Πλοίαρχου	Κατά κρίση Πλοίαρχου
Άνω των 75 m	9 BF & άνω	Κατά κρίση Πλοίαρχου	Κατά κρίση Πλοίαρχου

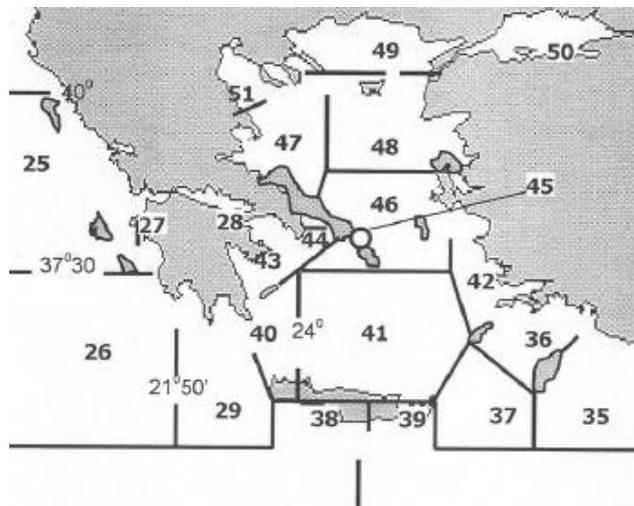
*Όταν Ε/Γ-Ο/Γ κλειστού τύπου εκτελεί πλου μέσα σε προστατευμένη ή ειδικά προστατευμένη διαδρομή τότε ως κριτήριο αναστολής απόπλου εφαρμόζεται είτε αυτό του ολικού μήκους είτε των ανεμολογικών δεδομένων της διαδρομής για σημαντικό ύψος κύματος μεγαλύτερο 1.5 m, ανάλογα με το πιο από τα δύο δίνει την μεγαλύτερη κλίμακα.

**Όταν οποιοδήποτε Φ/Γ κλειστού τύπου εκτελεί πλόες μέσα σε προστατευμένη ή ειδικά προστατευμένη περιοχή, τότε το αν θα αποπλεύσει ή όχι λόγω καιρού, επαφίεται στην απόλυτη κρίση και ευθύνη του πλοίαρχου του.

***Απόπλους ιστιοφόρων επαγγελματικών που διαθέτουν ιστιοφορία ως κύριο μέσο πρόωσης, Ε/Γ αναψυχής, ρυμουλκών και ναυαγοσωστικών επαφίεται στην απόλυτη κρίση και ευθύνη των πλοίαρχων τους.

Το μέτρο αυτό της απαγόρευσης απόπλου λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών που πήραν τότε οι αρχές έχει έρθει αντιμέτωπο με την έντονη κριτική τόσο επιστημόνων όσο και γενικότερα ανθρώπων της ναυτιλίας. Παρά την προφανή γενικά χρησιμότητα του, στην πράξη αποδείχθηκε ότι συχνά η εφαρμογή του θα έπρεπε, σε ό,τι αφορά τη κατάσταση θάλασσας, να βασίζεται α) σε πιο αξιόπιστη και λεπτομερή προγνωστική πληροφορία τόσο σε επίπεδο μετεωρολογίας όσο και σε αυτό καθεαυτό το επίπεδο πρόγνωσης της κατάστασης θάλασσας από κυματική άποψη και β) σε μετρημένα κυματολογικά δεδομένα που αντικατοπτρίζουν απολύτως αξιόπιστα την επικρατούσα κατάσταση θάλασσας ενώ βελτιώνουν επίσης τις παραγόμενες προγνώσεις.

Είναι γεγονός πως τα ποσοτικά μεγέθη του σχετικού Εγχειριδίου Ασφαλείας Ναυσιπλοΐας καθορίστηκαν βάσει των δεδομένων της δεκαετίας του '60 και χρήζουν



Εικόνα 13. Περιοχές πρόγνωσης καιρού για τη ναυτιλία σύμφωνα με την ΕΜΥ (Εγκύκλιος 4311.2/01/06)

αναθεώρησης καθώς καμία σχέση δεν έχουν με τα σημερινά δεδομένα, ούτε σχετικά με το μέγεθος επιβατηγών πλοίων, ούτε σχετικά με τις δυνατότητες της επιστήμης να προβλέπει τις καταστάσεις θάλασσας. Ο στόλος έχει ανανεωθεί με νέα, μεγαλύτερα πλοία με πολύ καλύτερα στοιχεία ευστάθειας ενώ παράλληλα η μετεωρολογική υπηρεσία χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες και εργαλεία κατορθώνει να δίνει προβλέψεις που ελάχιστες φορές δεν επαληθεύονται.

Το διαθέσιμο κατά τις τελευταίες δεκαετίες επιστημονικό υπόβαθρο σε θέματα λειτουργησιμότητας (operability) πλοίων, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη συστημάτων πρόβλεψης της κατάστασης θάλασσας με τη βοήθεια αριθμητικών μεθόδων, και συμπληρωματική χρήση δικτύου πλωτών μετρητικών ωκεανογραφικών σταθμών, επιτρέπει την τοποθέτηση του θέματος σε ορθολογικότερη βάση. Με την επέκταση του διαθέσιμου σήμερα συστήματος για την παρακολούθηση, πληροφόρηση και πρόγνωση της κατάστασης θάλασσας, μπορεί να είναι γνωστές και οι καταστάσεις θάλασσας που θα συναντήσει το πλοίο στη διαδρομή του. Έτσι, θα είναι δυνατή και η πρόβλεψη των δυναμικών αποκρίσεων του πλοίου κατά την πλεύση του προς τον προορισμό του. Με σύγκριση των τιμών των αποκρίσεων αυτών ως προς τις διεθνώς αποδεκτές οριακές τιμές (κριτήρια) μπορεί να αποφασίζεται εάν και κατά πόσον το πλοίο μπορεί να εκτελέσει το συγκεκριμένο ταξίδι υπό τις υφιστάμενες συνθήκες.

Επιπλέον η θεώρηση της έντασης του ανέμου ως κριτήριο απαγόρευσης αποτελεί λανθασμένη πρακτική. Σίγουρα ο άνεμος επηρεάζει ως ένα βαθμό την ευστάθεια του πλοίου δίνοντάς του μια αρχική κλίση αλλά το ουσιώδες βρίσκεται στο ύψος και το μήκος κύματος που προκύπτει λόγω του ανέμου. Βέβαια και το ύψος κύματος από μόνο του δεν επαρκεί. Μια ορθή θεώρηση του ζητήματος θα αντιμετώπιζε κάθε πλοίο σαν ξεχωριστή περίπτωση καθώς κάλλιστα ένα μικρό πλοίο μπορεί να παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά σε κυματισμούς από ένα μεγαλύτερο. Σε κάθε περίπτωση οι περιορισμοί απόπλου για όλα τα πλοία, με μήκος κυμαινόμενο από 75 μέχρι 200 μέτρα, όπου τα μεγάλα πλοία μπορούν έχουν εκτόπισμα 20 φορές μεγαλύτερο από τα μικρά, δεν μπορούν να ενταχθούν σε ενιαία κατηγορία όσον αφορά στο επίπεδο ασφαλείας.

Ένα μεγάλο βήμα έγινε με το ερευνητικό έργο ΕΣΠΙΕΝ (Επιχειρησιακό Σύστημα Παρακολούθησης και Πρόγνωσης κυματισμών με Εφαρμογές στην Ελληνική Ναυσιπλοΐα) κάτω από το συντονισμό του ΕΛΚΕΘΕ (Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών). Το έργο είχε προϋπολογισμό 2,6 εκατ. ευρώ (1,7 εκατ. ευρώ από το κράτος), μοιρασμένο εξίσου μεταξύ του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα, και κύριο αντικείμενο «τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την υλοποίηση και τη διάθεση προς τους αρμόδιους εθνικούς φορείς των επιστημονικών μέσων και τεχνολογικών εργαλείων που απαιτούνται για τον εξορθολογισμό των αποφάσεων σχετικά με την απαγόρευση απόπλου των επιβατηγών πλοίων».

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ

INVESTIGATION INTO THE SINKING OF OF THE RO-RO PASSENGER FERRY S.S. HERAKLION (*Papanikolaou Ap., Boulougouris Ev., Sklavenitis Al.*)

ABSTRACT

On December 8, 1966 the Ro-Pax ferry S.S. Heraklion capsized and sank in the Aegean Sea, resulting in the death of over 200 people. The present paper tries to shed some light into the various events that led to the largest tragedy of modern Greek maritime history. It re-constructs the accidental data based on a variety of original investigation reports, ship files and legal evidence. Ship's loading and damage stability behavior was re-investigated and the flooding/sinking of the ship was simulated by use of a time simulation method. Results of our investigation are compared with available testimonies of survivors.

1. INTRODUCTION

In the night of December 8, 1966 the Ro-Pax ferry S.S. Heraklion capsized and sank in the Aegean Sea, resulting in the death of over 200 people.

SS Heraklion was originally built at Fairfield Shipbuilding and Engineering Company in Glasgow in 1949. Her first name was *SS Leicestershire* and she was owned by Bibby Line. She initially operated the UK to Burma route. She was also chartered to the British India Line for some time to supplement its London to East Africa service. Aegean Steam Navigation Co bought the ship in 1964 to operate her under their Typaldos Line. It was then renamed to *SS Heraklion*. In order to fit her new duties Typaldos Line converted the ship to a passenger/car ferry.

The ship sailed out from Souda Bay, Chania-Crete in the evening of December 7, 1966, under extreme weather conditions, for the port of Piraeus. While sailing south of

the rocky island of *Falkonera* a non-secured refrigerator truck moved transversely and hit the side loading door violently. The door opened and the truck plummeted into the sea. As result of that the car deck was flooded through the side door opening and this caused the capsizing/sinking of the ship sometime after 2:00am on December 8, 1966.

Considering the significance of this accident for the modern Greek maritime history, the authors using state of the art methods and tools are revisiting this accident in order to assess the main reasons for this maritime tragedy, causing the lives to more than 200 people. The subject of the paper is part of the diploma thesis work of the 3rd author (Sklavenitis, 2012).

2. THE ACCIDENT

In the night of December 7, 1966, at about 7.30pm local time, the *S.S Heraklion* left Souda Bay in North-West Crete

heading for the port of Piraeus in mainland Greece. The ship was in regular service on the route Chania/Crete-Piraeus. There was a delay of about half an hour with the departure from Chania port due to the late arrival of an expected 34-ton reefer truck loaded with oranges. Upon arrival the truck entered in hurry the forward car deck of the ship from a side ramp/door. It was already late with ship's departure and the crew was under pressure to quickly load the truck so that the ship could leave; in view of this, the truck was unconventionally loaded *transversely* and without being lashed, noting that all other trucks and cars on the same deck were loaded longitudinally according to loading plan, but with no special means of lashing either.

At about midnight the already rough weather conditions worsened (winds of 8+ Beaufort scale and SW stern-quartering waves of 5 to 6m wave height) and the ship started to roll heavily, next to strong heave and pitch motions. According to testimonies of survivors, several trucks started moving and crashing against each other due to the extreme motions of the ship; at about 01:10am, a truck carrying soap and oil turned over; the released oily cargo made the car deck extremely slippery and dangerous to move on it.

Several minutes later, as the rolling motion was getting stronger, the heavy 34tons reefer truck started also moving transversely over the slippery deck and crashed against the side door of the garage, from which it entered the ship, several times. According to testimonies, this phase seems to have lasted for about fifteen minutes (01:30am-01:45am) and ended with the starboard side door giving in and getting open, with the truck plummeting into the sea (first, the trailer was disconnected from the tractor and did fall to the sea; shortly after the tractor followed).

With the ship moving heavily in strong seas, water started flooding the car deck, resulting in a heavy list. Despite the captain's efforts to restore the ship to her vertical position, the list progressively increased and additional water entered ship's car deck from the open side door until the point of no return. The ship finally sank near the island of Milos (Fig.1, *Falkonera's Waters*), shortly after 2:00am on December 8, 1966.

An SOS signal from *Heraklion* was received at 02:06am from various stations and ships around the Aegean Sea. The SOS signal was repeated twice. The Greek Ministry of Mercantile Marine was underequipped to handle the necessary communications and SAR actions, while the port authorities of Piraeus, Syros and of other neighboring islands reported also unable to offer assistance due to lack of equipment. Unfortunately the ferry *Minos*, which was on the same route and some 15 miles away from the scene, did not receive the SOS.

At 4.30am the naval ship *RHS Syros* was ordered to get under way, while an hour later the Greek Air force was alerted. A C-47 sky-train took off from Elefsis airport followed shortly by two more. The first aircraft arrived at around 10:00am at the same time with the British *HMS Ashton*, which started picking up survivors aided from the three aircraft. This was about 8 hrs after ship's sinking!

Officially, out of 73 officers and crew and 191 passengers only 46 were rescued, (16 crew and 30 passengers), while 217 perished. The exact number remains however unknown (some speak of 247 lost lives), since at the time it was customary to board the ship without a ticket, which would be issued upon sailing.

The Greek government's investigation found the Typaldos Line guilty of negligence for several reasons; the company was also charged with manslaughter and

faking documents. The owner of the company, the general manager and two officers were sentenced to jail in 1968 (5 to 7 years prison). In the aftermath, it was found that twelve of the company's fifteen ships failed inspections under international law. The company's remaining ships were taken over and sold either for scrap or sold off for other uses. The Typaldos line was dissolved. Following the *S.S Heraklion* disaster, the Greek government released for all passenger ships leaving Greek ports the so-called 'suspension of sail-out in bad weather' decree. Based on this, passenger ships operating in Greek waters are prohibited from sailing out with winds blowing at 8 Beaufort scale or higher, depending on their size. At the time of accident, it was up to the captain to decide whether to sail out or not. The 'suspension of sail-out in bad weather' decree remains in force until today in Greece.

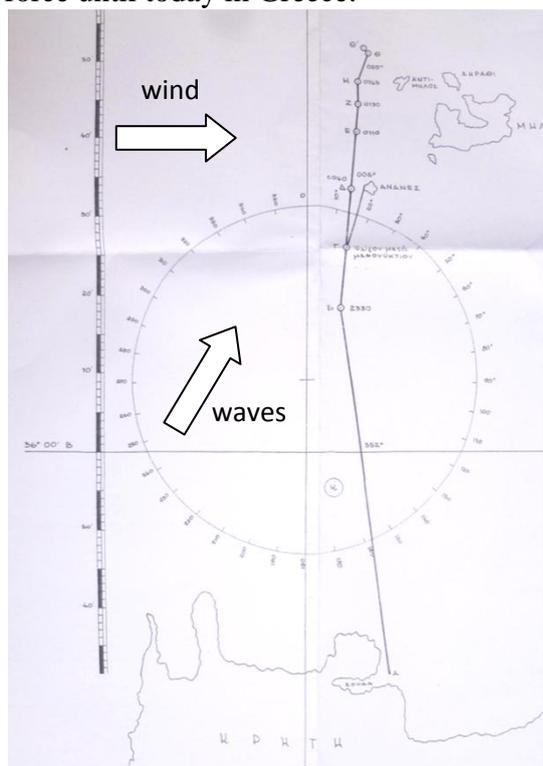


Figure 1: Ship's course

3. HISTORICAL BACKGROUND

The owner and operator of the tragic ship was the *Aegean Steam Navigation Co* of Typaldos brothers. The company was founded after WWII and started offering passenger transport and cruising services in the Greek coastal market. The company was quite successful and kept steadily growing, operating with more and more ships in the sixties. In 1964, *S.S Heraklion* was acquired by Typaldos brothers to provide passenger liner services between Piraeus and Chania-Crete. Once the ship arrived in Greece, the former *SS Leicestershire* originally built by Fairfield Shipbuilding & Eng. Co. in Glasgow in 1949 for the UK Bibby line, was refitted as a passenger/car ferry. The ship had an overall length of 498 ft (152 m), a beam of 60 ft (18 m), gross tonnage of 8.922 tons, fitted with a single propeller and reaching a speed of close to 18 knots.

At that time, the Greek shipping industry was on the way to recover from the damages of WW II. Most ship-owners were looking for second hand and often unsuitable vessels that were converted to passenger ferries and completely refitted. Conversions took place at small Greek yards without experience in this type of work. Naval architects, in charge of the conversions, did also have little experience in the assigned work.

Next to them, the coast-guard authorities had also little experience in safety inspections of passenger ferries, thus could not properly monitor the condition of the growing fleet. Without appropriate staffing, the authorities were simply unable to meet the demands of their assigned tasks.

Even more, the political situation in Greece was at the time of the accident very unstable, if not chaotic, what was reflected in the performance of Greece's administration. In expectation of general elections, temporary governments were

being appointed by the King of Greece, to be replaced by others within very short time. Notably, few months after the accident (April 21st, 1967) a military junta came into power in Greece.

According to a report of the chief of the coast guard's naval architecture department of December 12, 1966 (this report was released only 4 days after the accident...), only few passenger ships complied with the safety regulations in force. This is not surprising if we consider the following.

The naval architects in charge of the shipbuilding work rarely submitted any plans for approval to the authorities, though it was required; even more, when they submitted plans, these plans and calculations usually did not correspond to the actual ship's condition. Incorrect gross & net tonnage calculations were often approved by incompetent authorities, as were freeboard and subdivision length calculations; inclining experiments were often not conducted, or accomplished incorrectly. Captains used to operate their ships without having proper instructions for the ballasting of the ship and vessels often disposed insufficient watertight subdivision after their conversion ("watertight" bulkheads were not truly watertight due to various non-watertight openings/ways in between subdivided spaces).

In this state of affairs of Greek coastal shipping business at the time of the accident, a fatal accident as that of *S.S Heraklion* could be expected to come.

Next to *S.S. Heraklion*, several other Typaldos Line's vessels, like *Lemnos*, *Ydra* and *Elli*, were often reported as operating without proper safety certificates, incorrect or no data at all in their files. According to the documentary files of the authorities, the *S.S. Heraklion* in particular encountered several problems during the period after her conversion and the commencement of operations in summer 1965 and up to December 1966, when she sank. This

includes: improper fitting of watertight transverse bulkheads, with alleged 15 times 15cm holes, untrained crew in the proper use of the auxiliary systems of the ship (ballast pumps, etc), incorrect freeboard and subdivision studies submitted to the authorities, lack of inclining experiment and of related assessments of ship's stability, improper fitting of side ramp doors, with repeatedly broken mounting/hinges, etc. Given the additional fact that the ship had no proper class certificate as passenger ship, it is a miracle how the ship continued operating under temporary permit by the coast guard authorities for about 1.5 years!

It would be however improper to examine that time's state of affairs of Greece's Coast Guard by today's standards and rush to simple conclusions. Damage stability regulations for passenger ships were at the time of accident insufficient, even at international level. SOLAS 48 came into force only in September 1961 (!) and its provisions were relevant strictly only for newbuildings. Only several years later, in October 1969, SOLAS 60 came into force, that more or less led the foundations for the later deterministic stability criteria of SOLAS 74 and SOLAS 90, which remained in use until quite recently.

4. "SS HERAKLION" - THE SHIP AFTER THE CONVERSION

SS Heraklion was originally built as a cargo liner by Fairfield in Glasgow in 1949 and named *SS Leicestershire*. After some years liner service between UK and Burma and later to East Africa, she was sold in 1964 to the *Aegean Steam Navigation Co - Typaldos Line*; she was then converted to a passenger/car ferry and renamed *SS Heraklion*.

She was equipped with a 4-cylinder steam turbine placed in an engine room amidships, like in most ships of that period. Powered by 7000HP and with a capacity of 1000 passengers and 400t of trucks & cars, she was one of the largest, fastest and most competitive ships operating in the Aegean at that time, achieving a speed of 18kn.

The main conversion works refer to the following:

- Four (4) additional transverse bulkheads were fitted, subdividing the existing holds of the ship and generating nine (9) new *void spaces* as shown in Figure 2 (encircled with blue colour).
- The original hatch coamings were covered in such a way so as to generate two car decks, namely one extending from the engine room to the forepeak ballast tank and another one extending from the engine room to the afterpeak ballast tank.
- The front part of the intermediate deck was totally removed (marked in red color in Fig. 2) in order to provide space for high trucks loaded on the forward car deck.
- Several compartments were refurbished as tourist class accommodation spaces (marked in grey color) while existing accommodation spaces on the main deck were extended/refitted.
- The original ship's winches, cranes and other equipment concerning the loading/unloading procedure were totally removed from the main deck while the hatch coamings were covered in such a way to form a continuous deck.
- The ship was equipped with four (4) side ramp-doors, two for the forward, larger car deck and two for the smaller car deck on the ship's stern.

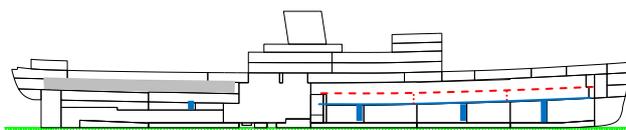


Figure 2: Main conversion's alterations

As shown in the side profile (Fig.2), the ship's watertight part, extending from the baseline to the car deck, was subdivided by eleven (11) transverse bulkheads. However, the four additional bulkheads fitted during the conversion works did not go through to the base of the double bottom, but reached only the double bottom's ceiling.

Table 1: SS HERAKLION main particulars

SHIP PARTICULARS	
Ship Name	SS HERAKLION
Ship Type	Passenger / Car Ferry
Builders	Fairfield Shipbuilding and Engineering Company
Year of built	1949
Area of Operation (last)	Aegean Sea
Service Speed, [kn]	18.0
Gross Register Tonnes	4407
Deadweight, in tonnes	1089
Passengers acc. to summer certificate	1375
Passengers acc. to winter certificate	625
Number of crew	95
SHIP DIMENSIONS	
Length over all, [m]	146.46
Breadth extreme, [m]	18.38
Depth to the main deck, [m]	5.334

It was definitely a major conversion in all respect that had a great impact on the ship's safety. It is notable that most of the conversion works were carried out at a local yard without experience in this type of conversion work and were completed without being supervised by the Greek Authorities and other authorities, as required. This may explain the numerous irregularities that were revealed later on, while the ship was in operation for a prolonged time without properly approved safety certificates.

5. SHIP MODEL RECONSTRUCTION

In an attempt to shed some light in this tragic accident, a reconstruction of the ship's hull has been attempted using various historical documents (Georgiadis and Antoniou 1967, Frangoulis 1967, AEENA

1967), the close cooperation with TUHH which provided us with an initial hullform data (Dankowski, 2011) and the available ship drawings. Based on the above, the geometry file of the hull was developed in NAPA (see Figure 3). The hydrostatics were verified at various loading conditions with those referred in the investigations reports. The ship model coloured according to the purpose of each room is shown in Figure 4.

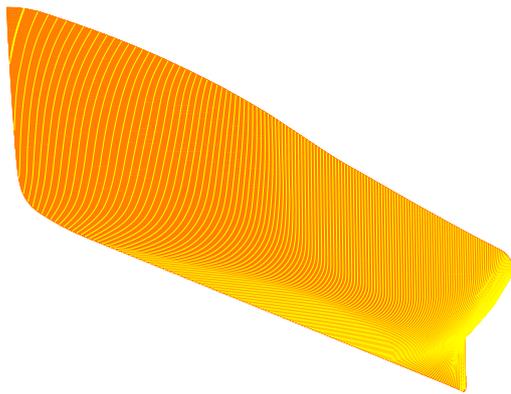


Figure 3: Hull lines in NAPA

A key issue in our study, but also in all the conducted investigations in relation to the accident, was the determination of ship's actual lightship weight and centroid's location. An inclining experiment was never properly conducted after ship's conversion and delivery, thus the data of her sister vessel, namely SS CHANIA were used for extracting the SS HERAKLION's lightweight. Using the recorded data, the case was reconstructed in NAPA and the results are shown in Table 2. Both the lightship weight and VCG are in good agreement with the study of Georgiadis and Antoniou (1967). The displacement at the inclining test conditions was calculated to be 7444.5 tons, compared to 7447.62 given by the comparative study report. The VCG at the inclining experiment was estimated to have been 7.753 m, compared to 7.516 m in the comparative report.

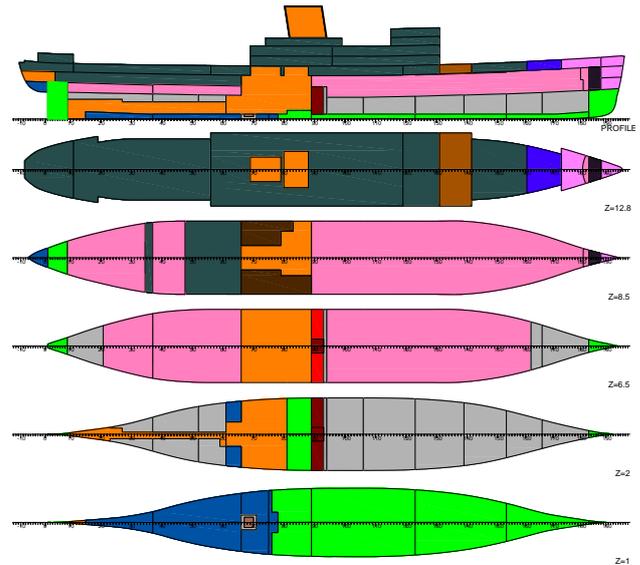


Figure 4: Napa model colours with room purposes

Table 2: SS HANIA inclining experiment results

Mean draught moulded	4.521	[m]
Trim (+fwd trim)	-3.687	[m]
Displacement	7444.5	[tons]
KM	8.771	[m]
GM	0.935	[m]
Free surface correction	0.083	[m]
GM ₀	1.018	[m]
KG	7.753	[m]
Lightweight	5722.3	[tons]
Lightweight-LCG	63.78	[m]
Lightweight-VCG	9.70	[m]

The geometric model gives a lightship of 5722.3 tons for SS CHANIA, 79.1 tons (1.3%) less than the lightship referred to in the accident investigation report. The main reason for the increased difference between the inclining experiment and lightship weight data is the difference in the tank capacities used in the investigation report and those calculated by the model. Considering the lighter superstructure of SS HERAKLION due to the removal of the aft superstructure, her lightship was estimated as given in Table 3.

Table 3: Extracted SS HERAKLION lightship

Lightweight	5659.41	[tons]
Lightweight-LCG	64.19	[m]
Lightweight-VCG	9.641	[m]

In order to check the stability of the vessel, the reconstruction of the full load condition was made using the available data from Georgiadis and Antoniou (1967). The resulting floating conditions are shown in Figure 5 and the numerical results in Table 4..

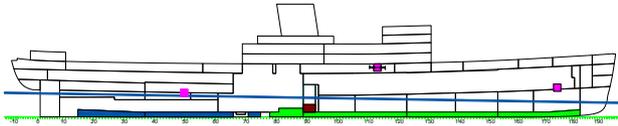


Figure 5: Full load floating condition

Table 4: Full load condition

Deadweight	2120.8	[tons]
Displacement-Full load	7780.2	[tons]
Full load-LCG	69.20	[m]
Full load -VCG	7.69	[m]
GM _{corr}	0.82	[m]

Table 5: Intact stability in full load condition

Criterion	REQ	ATTV	UNIT	STAT
AREA30	0.055	0.139	mrad	OK
AREA40	0.090	0.257	mrad	OK
AREA3040	0.030	0.118	mrad	OK
GZ0.2	0.200	0.731	m	OK
MAXGZ25	25.000	40.331	deg	OK
GM0.15	0.150	0.822	m	OK

The results are in good agreement with those calculated in the Georgiadis and Antoniou (1967) report. The calculated displacement is 55.8 tons less (-0.7%) and the metacentric height 0.09 m less than the reported values. Surprisingly, the vessel fulfilled modern intact stability criteria as shown in Table 5 (IMO Resolution A.749 (ES.IV)). The righting level at this loading condition is shown in Figure 6 and is in good agreement with comparative figures of other researchers (Dankowski, 2011).

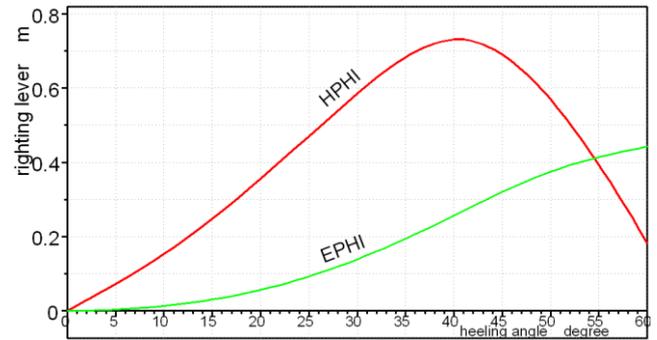


Figure 6: Stability in Full load condition

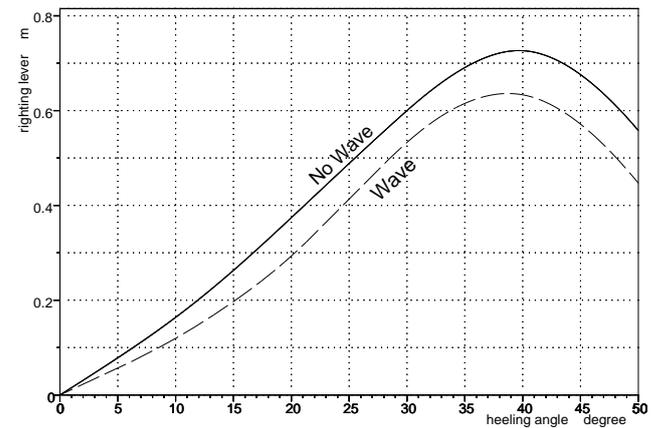


Figure 7: Ship's Stability in waves (hogging)

Based on the data from the official investigation, the loading condition at the time of the tragic accident was modeled. The vessel satisfied also at this condition the IMO intact stability standards. Additionally, the effect of the stern waves on stability was investigated, calculating the righting arm in waves. As can be seen in Figure 7 there is a reduction of the righting arm in the hogging condition ($h=4\text{m}$, $l=L_{wl}$) but not substantial.

6. FLOODING INVESTIGATION

The accident investigation has shown that the main cause of the accident was the shift of an unsecured reefer truck that struck several times against the starboard side door. This ended with the starboard side door giving in, with the truck plummeting into the sea (first, the trailer was disconnected from the tractor and did fall to the sea; shortly after the tractor followed). The movement of the truck to the side created a significant

heeling moment for the ship. The lower edge of the opened side door came closer to the wavy sea surface and considering ship's severe roll and heave motions the flooding of the vehicle deck was the due consequence. This resulted in loss of stability due to the significant free surface formed in the car deck space, while the floodwater account caused a reduction of freeboard and the additional increase of the water quantities entering the ship. Simultaneously, due to down-flooding openings on the car deck, amounts of water flooded the lower void spaces, rendering the capsizing of the vessel unavoidable.

The identified events that caused the rapid heeling of the ship at her starboard side were:

- The transverse shift of the reefer truck from the center line to the edge of the opened side door
- The flooding of the car deck
- The transverse shift of the rest of the cars
- The presence of following waves
- The beam winds blowing from the port side of the vessel

The heeling caused by the beam winds was calculated using the IMO weather criterion where the wind heeling moment that is generated when a pressure of 0.1 t/m^2 is applied on ship's profile area. This pressure would cause the heeling of the ship by 12.5 degrees in still water and more than 16 degrees at the hollow of the wave (hogging).

It should be mentioned here that due to the small freeboard the lower edge of the side door is submerged at an angle of about 10 degrees. The location of the side door at the middle of the forward car space combined with the sheer of the car deck and the large trim of the vessel permitted the

accumulation of large quantities of water in case of flooding and the developing of a large free surface. The calculation has shown that in its intact loading condition only 17 tons would be sufficient to diminish metacentric height of the vessel in still water condition and only 6 tons at hogging condition. For reference, the forward car deck space had a capacity according our NAPA model of more than 95 tons for a reference height of 0.5 meters at its lower aft end when the trim of the ship was 3 m (aft).

With the reefer truck hanging at the end of the opened side door, a significant heeling moment was imposed on the vessel. In still water the ship would heel about 4 degrees, reaching 15 degrees with the wind force. At hogging condition these values increase to 5 and 19 degrees respectively. Assuming a quantity of 50 tons of flood water on the car deck the static heel reaches 9 degrees and the wind heeling surpasses 21 degrees.

According to the testimonies, at the next stage the reefer plummeted into the sea removing its heeling moment, but at the same time the rest of the trucks in the car deck had shifted to the starboard side. Assuming a shift of 2 meters to the center of their weight and removing the reefer truck's weight creates a new loading condition with a static heel of 5 degrees and wind heeling of 19 degrees. It is obvious that at this condition significant quantities of water may enter the car deck. A quantity of 100 tons is sufficient to increase the static heel to 12 degrees and the wind heeling to 23 degrees. Increase of the flood volume would degrade further the stability of the ship.

6.1 Flooding simulation

In order to investigate more thoroughly the progressive flooding sequence a full geometric model was created in NAPA, modelling all spaces above the main deck as shown in *Figure 8*. A number of internal and external openings were modeled in order to

create a full hydraulic model for the progressive flooding of the ship (Dankowski, 2011).

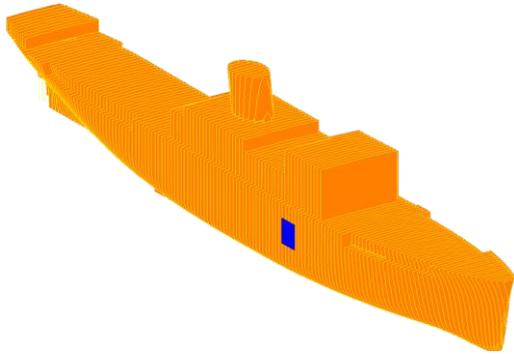


Figure 8: Geometric model with superstructure

6.2 The pressure-correction method

The NAPA dynamic flooding simulation tool was used for simulating the progressive flooding. The principles of the method were presented in Ruponen (2007). At each time step the conservation of mass is satisfied in each flooded room, both for water and air. The equation of continuity stipulates:

$$\int_{\Omega} \frac{\partial \rho}{\partial t} d\Omega = - \int_S \rho \mathbf{v} \cdot d\mathbf{S} \quad (1)$$

where ρ is the density of the fluid, \mathbf{v} the velocity vector and S the surface that bounds the control volume Ω . The velocities in the openings are calculated using Bernoulli's equation for a streamline from a point in the middle of a flooded room A to a point in the opening B :

$$\int_A^B \frac{dp}{\rho} + \frac{1}{2} (u_B^2 - u_A^2) + g(h_B - h_A) = 0 \quad (2)$$

where p is the air pressure, u the flow velocity and h the height for a reference level. The velocity at the center of the room is assumed zero. The flow is considered inviscid and irrotational, but semi-empirical discharge coefficients are used for the pressure losses in flooding openings and

pipes. For the latter, the discharge coefficient is calculated according to the MSC.245(83) (IMO, 2007).

The flooding simulation uses the pressure-correction method. The ship is considered as an unstructured and staggered grid of volumes (cells). Each room is a single computational cell. The flux through a cell face is possible only with an opening that connects the room with another one or the sea (environment). The water is level in the room, thus sloshing effects are not taken into account. The volume in each room is calculated using the water depth in it and the heel and trim angles. Thus, the progress of floodwater is solved implicitly on the basis of the pressures in the rooms and the velocities in the openings (Metsa et. al., 2008). The underlying concept is that the equation of continuity and the linearization of the momentum equation (Bernoulli) are used for the correction of the pressures until the iteration is converged and both are satisfied at the same time.

The tool allows also the estimation of the dynamic roll motion of the ship. However, in contrast to the more accurate time domain simulation tools – e.g. CAPSIM (Papanikolaou et.al., 2000; Spanos, 2002), FREDYN (de Kat and Peters, 2002) or PROTEUS (Jiasionowski, 2002) - that allow the consideration of 6 degrees of freedom motions in seaways, the NAPA flooding simulation tool does account only in an approximate way for the roll motion and ship dynamics, whereas trim and draught are treated in a quasi-static way. Note that the simulated roll motion is also an approximation of the true response and is based on specified values for the natural roll period and roll damping, whereas incident wave's height and period are also restricted to moderate values (Metsa et. al., 2008).

The main advantage offered by this tool is its fast execution, allowing the assessment of many damage scenarios within reasonable time. Also, the impact of the intermediate

stages of flooding can be systematically explored, while taking into account moderate motions of the ship in beam waves.

6.3 Simulation results

Given the uncertainties surrounding the condition of watertightness fitted bulkheads and of ship's outfitting during the conversion of the ship, a variety of different scenarios were examined.

In an initial scenario it was considered that after the refer truck was gone overboard, the remaining vehicles were also shifted transversely due to the severe rolling motions of the ship. This scenario results to a steady list of 3.7 degrees to starboard side (in still water and without considering wind heeling moment). For the simulation of ship's flooding and motion using NAPA's flooding module, we assumed for the natural roll period of the ship 14.9 seconds (corresponding to a $GM=0.902$) and a roll damping coefficient of 0.05. For the incident wave spectrum a typical JONSWAP spectrum was used with a period of 7.6 seconds, corresponding to wave lengths of 90 meters. It should be noted that the used NAPA model did not allow evaluating large incident wave heights, what would have probably accelerated the flooding of the internal spaces.

The simulations have shown that for the ultimate capsize of the ship, the downflooding of the void spaces below the car deck proved essential. In those simulation cases in which the void spaces were kept dry, the ship was listing but it remained finally stable at a higher heeling angle. When downflooding occurred, the ship capsized. This is shown in the following figures. The rate of increase of heeling was proportional to the size of the openings connecting the forward car deck and the down-flooding rate. This is elaborated in the following.

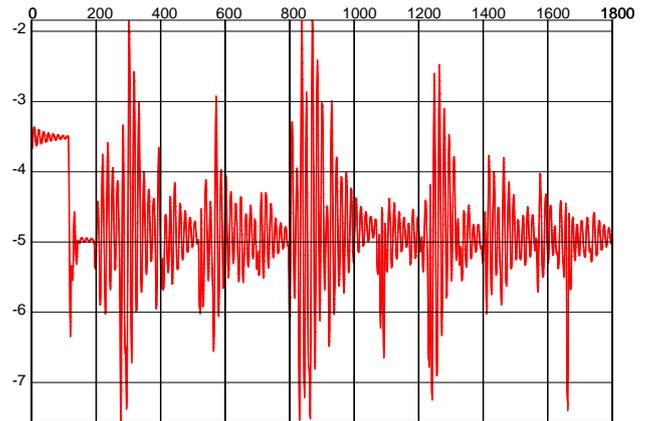


Figure 9: Heeling angle vs time [sec] for watertight cardeck

Initially the forward car deck was considered watertight with no downflooding points. In this case the ship would not capsize as can be seen in the Figure 9. As shown in Figure 10, an average quantity of about 30 tons of floodwater is entering the forward car-deck space though the side door opening. Ship's heeling increases from 3.7 degrees in still water due to the loading asymmetry to an average of about 5 degrees, rolling at times to more than 7 degrees; however, the ship is generally stable.

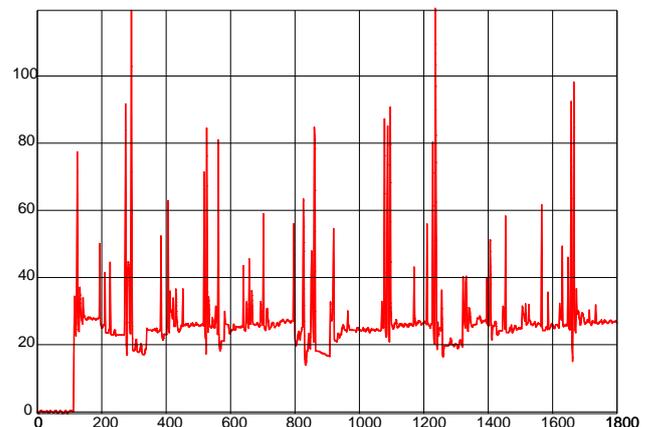


Figure 10: Floodwater versus time [sec] for watertight cardeck

Assuming that there are 6 down flooding openings on the car deck (for which there is evidence that it was not watertight), with an effective area of merely 0.1 sq.m., each connecting the cardeck space with the void spaces below, the situation changes dramatically. Now the list of the ship

increases continuously and the ship capsizes after 340 seconds as can be seen in Figure 11. The floodwater is following the same trend as it is shown in Figure 12. The position of the ship just before capsizing is shown in Figure 13.

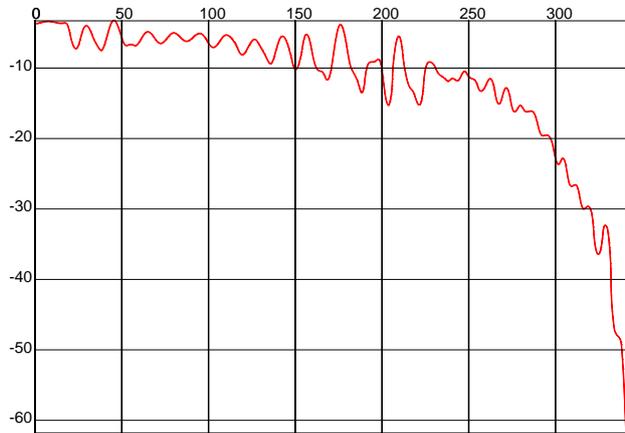


Figure 11: Heeling angle vs time [sec] for 0.1 sq.m. cardeck downflooding opening area each

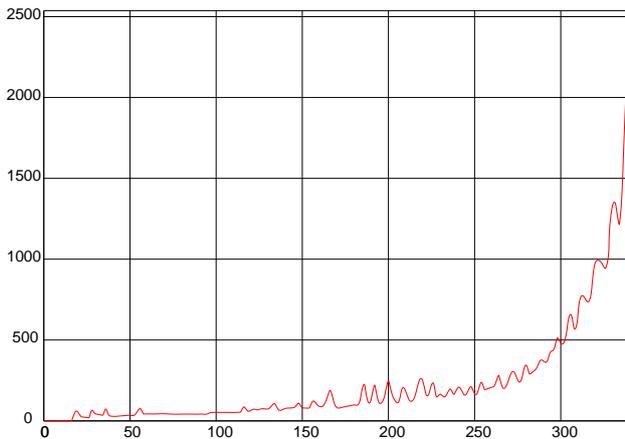


Figure 12: Floodwater versus time [sec] for 0.1 sq.m. cardeck downflooding opening area each

Doubling the size of the downflooding openings results in the capsize of the ship in almost half the time, from 340 seconds to 185 seconds. It is interesting to note that the floodwater quantity is about the same (around 2500 tons). The heeling angle time history for this case is illustrated in Figure 14 while the floodwater time history is depicted in Figure 15.

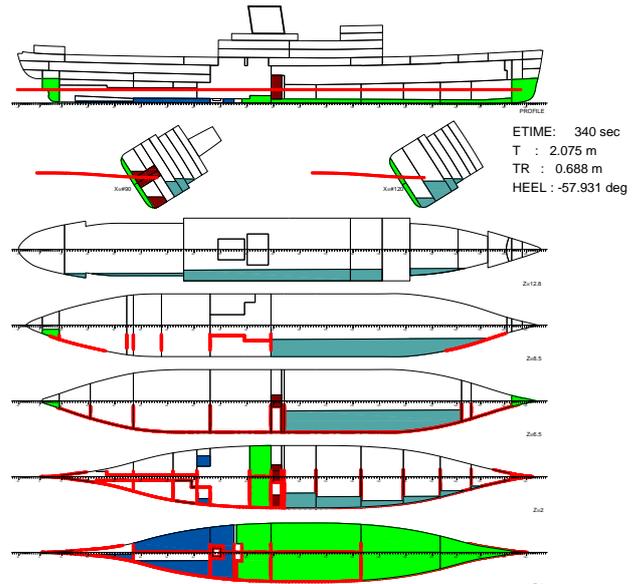


Figure 13: Intermediate stage of flooding just before capsizing for 0.1 sq.m. cardeck downflooding opening area each.

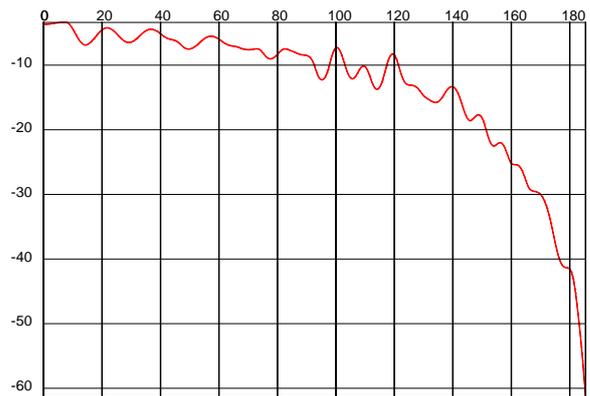


Figure 14: Heeling angle versus time [sec] for 0.2 sq.m. cardeck downflooding opening area each.

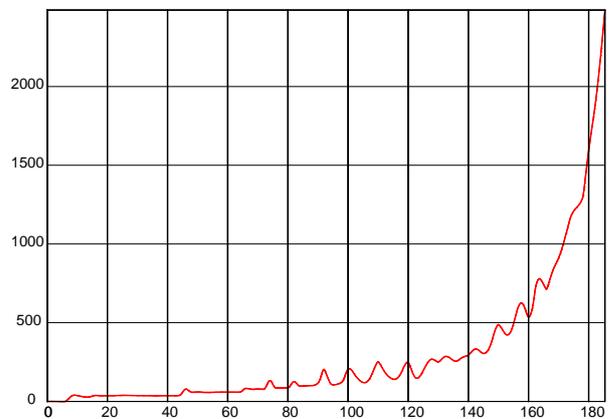


Figure 15: Floodwater versus time [sec] for 0.2 sq.m. cardeck downflooding opening area each

7. CONCLUSIONS

The results of the present stability analysis of SS HERAKLION using today's state-of-the-art tools support the findings of the original investigation report and agree with the eye witnesses. The capsizing of this ship was a typical RoRo ship accident with reduced freeboard, allowing the flooding of her car deck. Flooding of a RoRo ship's car deck was the cause of major marine accidents even in more recent years in Europe (e.g., *M/V Estonia* capsized in 1994 in a similar way almost 30 years after the SS HERAKLION). The risk of water-on-deck is considerable still today, even though current damage stability requirements are considerably more stringent. The present investigation suggests that the downflooding of large void spaces below the flooded car deck and the effect of multiple free surfaces was eventually the reason for ship's capsizing. Dynamic flooding simulation tools can provide significant insight and assist the work of both ship designers and the accident investigators.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Prof. S. Kruger and Dr. cand. H. Dankowski of TU Hamburg-Harburg for the excellent collaboration with NTUA-SDL in the collection of data and the analysis of this tragic marine disaster.

9. REFERENCES

- AEENA (Hellenic Maritime Accident Investigation Board) 1967, "Official Report HERAKLION", (in Greek), 1967, Athens.
- Dankowski H., "SS HERAKLION-Reconstruction of ship data model", TUHH report, December 5, 2011.
- deKat, J. O. and Peters, A.J., "Model Experiments and simulations of a damaged frigate", Proceedings of the IMAM 2002 Congress, No. 129, Crete, May 2002.
- Fragoulis, 1967, "Expertise on the Sinking of SS HERAKLION", (in Greek), AEENA, Official Investigation Report, Athens 1967, Addendum No. 2.
- Georgiadis, S. and Antoniou .A, "Expertise on the Sinking of SS HERAKLION", (in Greek), AEENA, Official Investigation Report, Athens 1967, Addendum No. 5.
- IMO, "Resolution MSC.245(83) Recommendation on a Standard Method for Evaluating Cross-Flooding Arrangements", adopted on 12 October, 2007.
- Jasionowski, A., "An Integrated Approach to Limit State Performance Assessment", PhD thesis, University of Strathclyde, Glasgow, U.K, 2002.
- Metsä, A., Ruponen, P., Ridgewell, C. and Mustonen, P., "Flooding Simulation as a Practical Design Tool", Computer and IT Applications in the Maritime Industries (COMPIT), Liege, 21-23 April, 2008, pp. 135-147.
- NAPA OY, Simulation tool, NAPA 2011, <http://www.napa.fi>.
- Papanikolaou A., Zaraphonitis G., Spanos D., Boulougouris E. and Eliopoulou E., "Investigation into the capsizing of damaged Ro-Ro passenger Ships in Waves", Proceedings of the 7th Inter. Conf. On Stability of Ships & Ocean Vehicles, STAB2000, Australia, Tasmania, 2000.
- Ruponen, P., "Progressive Flooding of a Damaged Passenger Ship, Doctoral Dissertation", Helsinki University of Technology, TKK Dissertations 94, 2007.

Sklavenitis, A., “Investigation into the sinking of SS Heraklion”, National Technical University of Athens, Ship Design Laboratory, Diploma Thesis, 2012.

Spanos, D., “Numerical Simulation of Flooded Ship Motions in Seaways and Investigation of the Behaviour of Passenger/Ro-Ro Ferries”, Doctoral thesis, National Technical University of Athens, Greece, 2002.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ/ΑΡΧΕΙΑΚΟ ΥΛΙΚΟ



Εικόνα 14. Το "Ηράκλειο" λίγο πριν δέσει στο λιμάνι



Εικόνες 15, 16, 17. Απόψεις από το εσωτερικό του «Ηράκλειο»



Εικόνα 18. Οι αδερφοί Σπύρος και Χαράλαμπος Τυπάλδος



Εικόνα 19. Φανέλα ναύτου, από το αρχείο επιζώντα του ναυαγίου

**ΤΟ ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΟΝ
ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ**

19.000 τόννων και ταχύτητος 19 μιλίων

Έκάστην ΔΕΥΤΕΡΑΝ και ΠΕΜΠΤΗΝ
10πν πρωινήν διὰ ΧΑΝΙΑ

Έκάστην ΤΡΙΤΗΝ 7 μ. μ., ΠΑΡΑΣΚΕΥ-
ΗΝ 10πν πρωινήν και ΣΑΒΒΑΤΟΝ 7 μ.
μ. διὰ ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ

ΚΑΜΠΙΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑ ΤΟΥΣ ΕΠΙΒΑΤΕΣ Γ' ΘΕΣΕΩΣ

ΔΕΚΤΑ ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΚΑΙ ΦΟΡΤΗΓΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Εικόνα 20. Διαφήμιση του πλοίου από εφημερίδα της εποχής

Σελ. 30	ἀνήκουσα εἰς τὸ ὄπ' ἀριθ.	7818 21	βι μ. ὄ.
ΝΑΥΤΟΛΟΓΙΑ - ENLISTMENT			
Εἶδος πλοίου Ship's type	A/D	Κόρουσ' Ὀλικῆς χωρητικ.	gross reg ton.
Ὄνομα Name	ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ		
Νηολογίου: Λιμὴν Register: Port	ΛΟΚΑΔΙΟΝ	Ἀριθ. No	1032
Λιμὴν ἐκδόσ. Ship's articles port	ΠΕΡΑΙΕΤΕ	Ἀριθ. No	555 19 65
Ἐναυτολογήθη ὡς Signed on as	ΝΑΥΤΟΠΛΑΙΕ		
Μισθός Wages	M/χίου		
Ἐν ΗΡΑΚΛΕΙῳ		17 ΟΚΤ. 1965	the 19
ΑΠΟΛΥΣΙΣ - DISCHARGE			
Ἀπολύθη ἐν		τὴν	19
Signed off at		the	
Λόγος Reason		ΑΜΟΙΒΑΙΑ, ΣΥΝΑΙΝΕΣΕΙ	
17 ΔΕΚ. 1965			

Εικόνα 21. Ναυτικό φυλλάδιο μέλους του πληρώματος (17/10/1965-11/12/1965) του «Ηράκλειο»



Εικόνες 22, 23, 24. Εξώφυλα εφημερίδων της εποχής την επομένη του ναυαγίου



Εικόνα 25. Διασωθέντες ναυαγοί



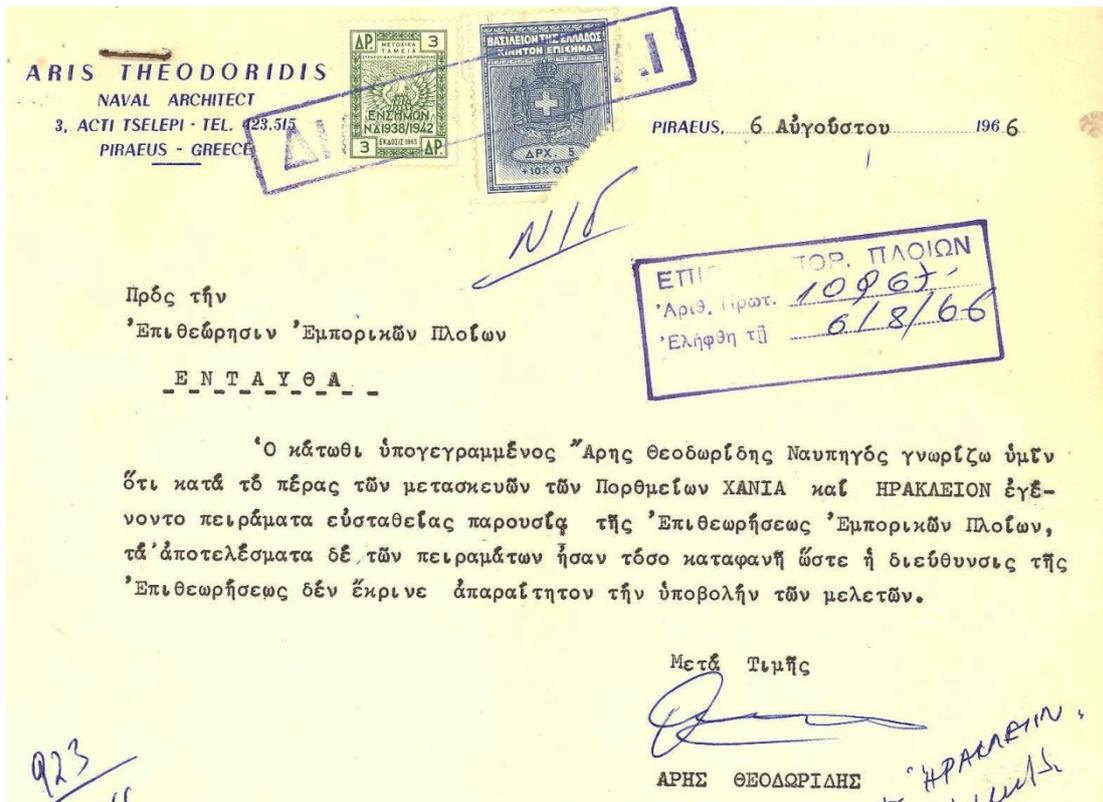
Εικόνα 26. Συγγενείς, φίλοι αλλά και πλήθος κόσμου έχει μαζευτεί στον Πειραιά όπου μεταφέρονται οι σωροί των νεκρών. Από τα θύματα, μόλις 25 σωροί περισυλλέχτηκαν για να κηδευτούν.



Εικόνα 27. Η είδηση του ναυαγίου αμέσως έγινε γνωστή στα Χανιά, όπου κηρύσσεται 8ήμερο πένθος. Τα καταστήματα μένουν κλειστά, ενώ οι σημαίες κυματίζουν μεσίστιες. Σε ολόκληρη την Κρήτη και την Ελλάδα η συμμετοχή στο πένθος είναι πάνδημη.



Εικόνα 28. Ανακοίνωση μνημόσυνου για τα θύματα του ναυαγίου από εφημερίδα της εποχής



Εικόνα 29. 06/08/1966 επιστολή του υπεύθυνου για τη μετασκευή, ναυπηγού Άρη Θεοδορίδη όπου δηλώνει πως η ΕΕΠ δεν έκρινε απαραίτητο να υποβληθεί η μελέτη πειράματος ευστάθειας

ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΣ Α΄

1) ΑΛΩΝΙΣ	20) ΕΛΛΗ (ΤΥΠΗΛΑΔΟΥ)	41) ΜΑΡΙΑΝΝΑ	61) ΣΤΕΛΛΑ ΟΚΕΑΝΙΣ
2) ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ	21) ΕΛΛΗ (ΦΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗ)	42) ΜΑΡΙΩ	62) ΣΑΜΘΡΑΚΗ
3) ΑΙΓΙΝΑ	22) ΕΛΛΗΝΙΣ	43) ΜΙΑΟΥΛΗΣ	63) ΣΟΦΙΑ
4) ΑΘΗΝΑΙ	23) ΕΛΕΝΑ Π.	44) ΜΕΓΑΛΟΚΑΡΗ	64) ΥΔΡΑ
5) ΑΚΡΟΠΟΛΙΣ	24) ΕΡΙΕΤΤΑ	45) ΜΙΝΩΣ	65) ΦΙΛΙΠΠΙΟΣ
6) ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΤΑΡΙΟΣ	25) ΕΡΜΗΣ	46) ΜΥΡΤΙΑΙΩΤΙΣΣΑ	66) ΦΑΝΤΑΣΙΑ
7) ΑΡΓΟΝΑΥΤΗΣ	26) ΕΣΠΕΡΟΣ	47) ΜΥΚΟΝΟΣ	67) ΦΑΙΣΤΟΣ
8) ΑΠΟΛΛΩΝΙΑ	27) ΕΣΠΕΡΕΣ	48) ΝΕΡΑΤΙΑ	68) ΦΙΒΕΤΑ
9) ΑΤΛΑΝΤΙΚΑ	28) ΗΙΕΡΡΟΣ	49) ΠΑΝΤΕΛΗΣ	69) ΧΑΝΙΑ
10) ΑΠΟΛΛΩΝ	29) ΙΑΣΩΝ	50) ΠΑΤΡΙΣ	70) ΧΑΡΑ
11) ΑΓΙΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ	30) ΚΑΛΥΜΝΟΣ	51) ΠΗΓΑΣΟΣ	
12) ΒΕΝΟΥΣ	31) ΚΕΦΑΛΛΑΗΝΙΑ	52) ΠΟΛΙΚΟΣ	
13) ΒΑΣΙΛΙΣΣΑ ΑΝΝΑ-ΜΑΡΙΑ	32) ΚΑΝΑΡΗΣ	53) ΠΟΡΤΟΚΑΛΗΣ ΗΑΙΟΣ	
14) ΒΑΣΙΛΙΣΣΑ ΦΡΕΙΔΕΡΙΚΗ	33) ΚΑΡΑΓΕΚΑΚΗΣ	54) ΡΕΡΓΙΝΑ	
15) ΔΕΣΠΟΙΝΑ	34) ΚΑΜΕΛΙΑ	55) ΡΗΓΑΣ	
16) ΔΗΟΣ	35) ΚΑΡΙΝΑ	56) ΡΟΜΑΝΤΙΚΑ	
17) ΕΓΝΑΤΙΑ	36) ΚΕΝΤΑΥΡΟΣ	57) ΡΟΔΟΣ	
18) ΕΒΕΛΛΗΝΑ	37) ΚΟΔΟΚΟΥΡΩΝΗΣ	58) ΣΑΡΩΝΙΣ	
19) ΕΛΕΚΤΡΑ	38) ΚΥΚΛΟΣ	59) ΣΤΕΛΛΑ ΣΟΦΑΡΙΣ	
20) ΕΛΛΗ (ΤΥΠΗΛΑΔΟΥ)	39) ΛΗΤΩ	60) ΣΤΕΛΛΑ ΜΑΡΙΣ	
	40) ΛΙΝΑ		

Εικόνα 30. Απόσπασμα επιστολής προς το ΥΕΝ όπου αναφέρονται συν τοις άλλοις τα εν ενεργεία ελληνικά πλοία για τα οποία μέχρι την 08/08/1967 δεν έχουν παραδοθεί στην ΕΕΠ μελέτες αρχικής ευστάθειας, μελέτες κατακλύσης και μελέτες ευστάθειας έναντι κατάκλυσης



ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΙΣ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ
ΓΡΑΦΕΙΟΝ _____

Αριθ. πρωτ. 424-064 Α. ΑΝΔΡΙΤΣΟΠΟΥ-ΛΟΣ ΒΝ.
Αριθ. τηλ. _____
Εν Πειραιεί τη 11/8/66 195

Δα εξημέρο
πρωθυμίας

ΠΕΡΙΛΗΨΙΣ : "Επιτακτον συμβάν Ε/Γ Ο/Γ "ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ"

ΠΡΟΣ : **ΥΕΝ/ΔΕΝ 2ον**

ΣΧΕΤΙΚΑ : α) Σήμα ΥΕΝ/ΔΕΝ2ον Ω.Π. 081326/ΑΥΓ/1966
β) Σήμα ΚΑΠ/Αν. Ω.Π. 091700/ΑΥΓ/1966
γ) Έγγραφον Ε.Ε.Π. 11329/9-8-1966

Έπί σχετικοῦ (α), ἔχομεν τήν τιμήν νά ἀναφέρωμεν τά
κάτωθι :

- 1.- Ἡ παρουσιασθεῖσα τῶ ἑσπέρας τοῦ ΣΑΒΒΑΤΟΥ 6 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ ἔγκαρσα κλιθείς τοῦ Ε/Γ Ο/Γ "ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ" ἀποδίδεται εἰς τήν εἴσοδον θαλασσοῦ ὕδατος εἰς τῶ κύτος Νο 6 τοῦ πλοῦ, ἥτις προφανῶς ἐγένετο λόγω ἐσφαλμένου χειρισμοῦ τοῦ δικτύου ἐξαντλήσεως κυτῶν. Ἐκ τοῦ κύτους Νο 6 τῶ ὕδωρ εἰσῆλθεν καί εἰς τῶ κύτος Νο 5 λόγω πλημμελοῦς στεγανότητος τῆς φρακτῆς μεταξὺ τῶν δύο κυτῶν.
- 2.- Ἡ βραδύτης ἥτις παρατηρήθη διὰ τήν ἀποκατάστασιν τῆς ἀνωμαλίας ἀποδίδεται εἰς τήν ἔλλειψιν ἐνημερότητος τοῦ προσωπικοῦ τοῦ πλοῦ ἐπὶ τῶν λεπτομερειῶν τοῦ δικτύου ἐξαντλήσεως κυτῶν.
- 3.- Δέν δύναται νά ἐξασφαλισθῆ ὑπὸ τῆς Ε.Ε.Π. ἡ ἀποφυγή παρομοίων περιστατικῶν εἰς τῶ μέλλον, καθότι οὔδεῖς δύναται νά προεξοφλήσῃ τήν πιθανότητα ἐκτελέσεως ἐσφαλμένου τινος χειρισμοῦ ὑπὸ τοῦ προσωπικοῦ τῶν Ἑλληνικῶν Ἐπιβατηγῶν Πλοῶν.

Εικόνα 31. 11/08/1966 Απόσπασμα από επιστολή του Ναυπηγικού τμήματος της ΕΕΠ προς το ΥΕΝ μετά το περιστατικό εμφάνισης απότομης κλίσης στο λιμάνι του Πειραιά

ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΝ-ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΝ-ΚΑΤΕΠΕΙΓΟΝ

ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΙΣ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Αριθ. Πρωτ. Ε.127

Ελήφθη τῆ 12/12/66

Ο

Αντ/ρχος(Τ) Β.Ν.Δ, ΑΝΔΡΙΤΣΟΠΟΥΛΟΣ

ΠΕΙΡΑΙΕΥΣ 11ῆ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1966

Π Ρ Ο Σ

Τόν κ. Διευθυντήν Ε. Ε. Π.

Ἐχω τὴν τιμὴν ν' ἀναφέρω τὰ κάτωθι :

2. Ἐκ τῆς μέχρι τοῦδε ἐπανεξετάσεως τῶν στοιχείων ἰκανοῦ ἀριθμοῦ Ε/Γ πλοίων ἐν συνδυασμῷ καὶ μὲ τὰς γενομένας ἐπιθεωρήσεις, ἐξήχθη τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ μέγιστη πλειονότης τῶν ἐν λόγῳ πλοίων δέν συμμορφοῦνται ἢ τοῦλάχιστον δέν ἀποδεικνύεται ἡ συμμόρφωσις τοῦτων πρὸς τοὺς Κανονισμοὺς ἀσφαλείας.-

3. Συμπεραίνεται οὕτω, ὅτι εἰς περίπτωσιν σοβαροῦ ἀτυχήματος εἰς Ἑλληνικὸν Ε/Γ πλοῖον, αἱ πιθανότητες ἐπιτυχοῦς ἀντιμετωπίσεως τῆς καταστάσεως ἐκτιμῶνται εἰς λίαν περιωρισμένα, καθότι αὐταὶ θά ἐξαρτηθοῦν περισσότερο ἀπὸ τὸν αὐτοσχεδιασμὸν τῆς στιγμῆς παρὰ ἀπὸ τὴν προετοιμασίαν τοῦ πλοίου πρὸς ἀντιμετώπισιν βλάβης.-

4. Πρὸς ἀντιμετώπισιν τοῦ προβλήματος διαγράφονται αἱ κάτωθι δύο λύσεις :

- α) Ἀναστολή τῶν πλοίων τῶν Ε/Γ πλοίων ἅτινα δέν συμμορφοῦνται πρὸς τοὺς Κανονισμοὺς ἀσφαλείας, ἢ
- β) Σταδιακὴ συμμόρφωσις τῶν Ε/Γ πλοίων πρὸς τοὺς Κανονισμοὺς ἀσφαλείας, ἥτις ὅμως, λόγω τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἐλαττωματικῶν πλοίων καὶ τῆς ἐκτάσεως τῶν ὑπαρχουσῶν ἐλλείψεων, θά εἶναι μακροχρόνιος.

5. Ἡ ἐφαρμογὴ τῆς λύσεως παραγράφου 4(α), ἔχουσα ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀκίνησιν τοῦ μεγίστου ἀριθμοῦ τῶν Ἑλληνικῶν Ε/Γ θά δημιουργήσῃ δεύτατον συγκοινωνιακὸν πρόβλημα μὲ ἀνυπολογίστους κοινωνικὰς καὶ οἰκονομικὰς ἐπιπτώσεις.-

6. Παραδοχὴ τῆς λύσεως παραγράφου 4 (β) προϋποθέτει τὴν, ἐπὶ μακρὸν εἰσέτι χρονικὸν διάστημα, ἐπισηπῆ μεταφορὰν ἐπιβατῶν ὑπὸ τῶν Ἑλληνικῶν Ε/Γ.

7. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταφανῶς ἐμφαίνεται ὅτι, ἡ ἐκτασις καὶ ἡ σοβαρότης τῶν ὑπαρχόντων προβλημάτων ἅτινα ἔχουν ἄμεσον σχέδιον μὲ τὴν ἀσφάλειαν τῶν Ἑλληνικῶν Ε/Γ, εἶναι τοιαύτη ὥστε νά θεωρηταὶ ὡς ἀπολύτως ἀναγκαία ἡ κατεπίγουσα καὶ υπεύθυνος ἐνημέρωσις ἀπάντων τῶν κλιμακίων τῆς Διοικήσεως πρὸς λήψιν ἀποφάσεων.-

Αντ/ρχος(Τ) ΑΝΔΡΙΤΣΟΠΟΥΛΟΣ Δ. (Β.Ν.)



ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΝ-ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΝ-ΚΑΤΕΠΕΙΓΟΝ

ΕΥΘΥΜΙΟΣ Δ. ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ
ΑΡΧΙΚΕΛΕΥΣΤΗΣ - ΛΙΜΕΝΙΚΟΣ

Εικόνα 32. 12/12/1966 Επιστολή του τμηματάρχη Ναυπηγικού προς τον διευθυντή της ΕΕΠ, λίγες μέρες μετά το ναυάγιο, όπου σχολιάζεται η μη συμμόρφωση με τους κανονισμούς της πλειοψηφίας των ελληνικών Ε/Γ πλοίων

1. Αί μετά τό ναύάγιον τοῦ Α/Π "ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ" δημιουργηθεῖσαι συνθήκαι, ἀλλά καί ἡ παρά τῆς παρούσης Κυβερνήσεως ἀνάληψις τῆς Ἀρχῆς, καθιστοῦν ἐπιβεβλημένην τήν ἐν συντομίᾳ ἐνημέρωσιν αὐτῆς ἐπί τοῦ ὅλου θέματος τῆς καταστάσεως τῶν ἐπιβατηγῶν πλοίων πρὸς λῆψιν τῶν δεουσῶν ἀποφάσεων.

7. Ἐν τῷ μεταξύ αἱ ἀνάγκαι ἠύξανοντο ταχύτατα μέ συνέπειαν ὅτι ἡ ἐπί τά χεῖρω ἐξέλιξις ἔλαβεν σὺν τῷ χρόνῳ μαρφήν χιονοστιβάδος.

Χαρακτηριστικοί εἶναι οἱ κάτωθι ἀριθμοί:

	1955	1965
Ἵπερωκεάνεια	2	11
<u>Λοιπά ἐπιβατηγά</u>	<u>37</u>	<u>135</u>

φου Υ.Ε.Ν. ἐπονίζετο πρὸς τό Ἵπουργεῖον Οἰκονομικῶν ὅτι "ἐπεκρέματο, πάντοτε, ὁ κίνδυνος ἀτυχήματος ὀφειλομένου εἰς τήν ἀναποτρέπτως ἀτελῆ ἐπιθεώρησιν τῶν πλοίων" καί περαιτέρω ὅτι "ἀρνούμεθα τοῦ λοιποῦ τόσον ἡμεῖς προσωπικῶς ὅσον καί αἱ ὑφ' ἡμᾶς ὑπηρεσίαι νά φέρωμεν τά σχετικᾶς εὐθύνας".

ρεσιακῶν παραγόντων τοῦ Ἵπουργείου ἢ Κυβέρνησις νά ἀποφασίσῃ ὡς κάτωθι:

α) Τά Ἑλληνικά ἐπιβατηγά πλοῖα θά ἐξακολουθήσουν τοὺς πρὸς τῶν παρακολουθούμενα ὡς μέχρι τοῦδε ὑπό τῆς Ἵπιθεωρήσεως Ἑμπορικῶν Πλοίων (ΕΕΠ) μέχρι ἐπιτεύξεως δεκαμενισμοῦ αὐτῶν, ὑπό συνθήκας ἐπιπρεπύσας τόν πλήρη ἔλεγχον τῆς καταστάσεως τοῦ σκάφους καί συμπλήσεως τῆς συνθέσεως τοῦ προσωπικοῦ τῆς Ε.Ε.Π. κατὰ τά κατωτέρω (ἐδάφ. ε, στ, ζ καί η) τῆς παρούσης παραγράφου) ὁριζόμενα.

β) Παρέχεται προθεσμία ἕξ μηνῶν ἀπὸ τῆς λήξεως τῆς ἀποφάσεως τοῦ Ἑπιχειρηματικοῦ Συμβουλίου διὰ τὴν ὑποβολὴν εἰς τὴν Β.Ε.Π., ἐκ μέρους τῶν πλοιοκτητῶν, μελετῶν καταλύσεως καὶ εὐσταθείας ἔναντι βλάβης καὶ ἑτέρων ἕξ μηνῶν διὰ τὸν ἔλεγχον αὐτὸν ὑπὸ τῆς Ἑπιχειρήσεως.

γ) Ἐγκρίνεται ἡ μισθωσις προσθέτου χώρου ἐπιφανείας ἴσης πρὸς τὴν ἤδη διατεθειμένην πρὸς ἐγκατάστασιν τῶν ὑπηρεσιῶν τῆς Β.Ε.Π. ἔναντι μισθώματος μέχρι δραχμῶν 10.000 μηνιαίως εἰς τὸ ἤδη παρ' αὐτῆς χρησιμοποιούμενον μίσθιον ἀνήκον εἰς τὸ Ταμεῖον Προνοίας Κατωτέρων Ἀξιωματικῶν Β.Ν. Ἡ μισθωσις θά γίνῃ ἄνευ τηρήσεως τῆς κανονισμένης διαδικασίας.

δ) Ἐγκρίνεται ἡ ἄμεσος διάθεσις πιστώσεως δραχ. 100.000 διὰ τὴν προμήθειαν ἐπίπλων πρὸς ἐγκατάστασιν τοῦ ὑπὸ πρόσληψιν προσωπικοῦ τῆς ΒΕΠ καὶ ἐκπληροποιήσιν ἄλλων ὑφισταμένων συναφῶν ἀναγκῶν ὡς καὶ πιστώσεως ἐκ δραχ. 1.000.000 διὰ τὴν ἐκ τοῦ ἐσωτερικοῦ καὶ ἐξωτερικοῦ προμήθειαν ἐπιστημονικῶν καὶ λοιπῶν ὀργάνων καὶ ἐργαλείων ἀπαραιτήτων διὰ τὴν ἐπιτέλεσιν τοῦ προορισμοῦ τῆς ΒΕΠ καὶ τὴν ὁμαλὴν λειτουργίαν αὐτῆς.

ε) Ἀποφασίζεται τὴν ἐκ τοῦ Β.Ν. ἐπὶ ἓν ἔτος ἀπόσπασιν παρὰ τῆς Β.Ε.Π. ἐνός εἰσέτι πεπειραμένου ναυπηγοῦ ἀξιωματικοῦ καὶ δύο εἰσέτι ἐμπείρων ὑπαξιωματικῶν λεβητοποιῶν, τὴν πλήρη δὲ ἀπαλλαγὴν ἀπὸ πάσης ἑτέρας ἀπασχολήσεως παρὰ τῆς Β.Ε.Π. ἀποσπασμένων ἐκάστοτε στελεχῶν Β.Ν.

στ) Ἐγκρίνεται ἡ ἄμεσος σύστασις παρὰ τῆς Β.Ε.Π.:

ι) μίας εἰσέτι θέσεως Διπλωματούχου Ναυπηγοῦ.

ιι) μίας θέσεως ἠλεκτρολόγου μηχανολόγου διπλωματούχου Β.Μ.Π. ἢ ἀντιστοίχου καὶ ἰσοτίμου Σχολῆς τοῦ Ἐξωτερικοῦ.

ιιι) τριῶν θέσεων ἠλεκτρολόγων κατόχων ἀντιστοίχου ἀδείας ἀσκήσεως ἐπαγγέλματος κατὰ προτίμησιν ἐκ τῶν παρεχουσῶν τὸ δικαίωμα ἐκτελέσεως χερσαίων ἐγκαταστά-

./.

σεων ἄνευ περιορισμοῦ ἰσχύος.

ιV) δύο θέσεων σχεδιαστῶν, ἐνός μηχανολογικοῦ καὶ ἐνός ναυπηγικοῦ σχεδίου ὧν τὰ εἰδικώτερα προσόντα ἤθελον καθορισθῆ δι' ἀποφάσεως τοῦ Ὑπουργοῦ.

ζ) Ἀποφάσεται ὅπως αἱ δύο ὑφιστάμεναι ἐν λειτουργίᾳ ἐν εἰραιεῖ δεξαμεναὶ τοῦ Ο.Α.Π. διατίθενται κατ' ἀπόλυτον προτεραιότητα διὰ τὸν δεξαμενισμόν Ἑλληνικῶν ἐπιβατηγῶν πλοίων καὶ εἰς ἐκάστην περίπτωσιν ἐπὶ χρόνον ὃ ὁποῖος θὰ καθορίζεται ὑπὸ τῆς Ε.Ε.Π. καὶ μόνον ὅταν δέν θὰ ἀπασχολοῦνται διὰ τὰς ὡς ἄνω αἰτίας θὰ διατίθενται διὰ ἐτέρας ἀνάγκας.

η) Ἐγκρίνεται ἢ εἰς Ἀγγλίαν μετεκπαίδευσις ἐνός ἀνά ἑξάμηνον ἀξιωματικοῦ Α.Σ. εἰς τὰ θέματα καὶ ἔργα ἐπιθεωρήσεως τῶν πλοίων εἴτε παρὰ τῷ BOARD OF TRADE, εἴτε παρὰ τῷ LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING συμφώνως πρὸς ὑφισταμένην σχετικήν πρότασιν τοῦ τελευταίου τούτου. Ὁ ἀξιωματικός θὰ τοποθετῆται παρὰ τῷ Προξενικῷ Λιμεναρχεῖῳ τοῦ Λονδίνου καταλαμβάνων τὴν τρίτην παρ' αὐτῷ προβλεπομένην μέχρι τοῦδε ἐκ τῷ προϋπολογισμῷ ΨΕΝ θέσιν ἀξιωματικοῦ, ἐπανερχόμενος δέ, θὰ χρησιμοποιῆται ὑποχρεωτικῶς ἐπὶ μίαν πενταετίαν εἰς ὑπηρεσίας ἀσχολουμένας εἰς καθήκοντα σχετικὰ μὲ τὴν ἀσφάλειαν τῆς ναυσιπλοΐας ἐν γένει.

Ἡ ἀνά ἑξάμηνον μετακίνησις τοῦ ἀξιωματικοῦ εἶναι ὑποχρεωτικὴ διάστας Ὑπηρεσίας τῶν Ὑπουργείων Οἰκονομικῶν καὶ Ἐμπορικῆς Ναυτιλίας.

θ) Έγκρίνεται η διάθεσις εις τήν Ε.Ε.Π. ενός επιβατη-
γοῦ αυτοκινήτου διά τήν κίνησιν τοῦ προσωπικοῦ αὐτῆς πρὸς
ἐκτέλεσιν ἐπιθεωρήσεων πλοίων εὐρισκομένων εἰς τήν περιοχὴν
τοῦ λιμένος Πειραιῶς ἢ τῶν γειτονικῶν τούτου λιμένων.

ι) Παρέχεται εἰς τήν Ε.Ε.Π. ἡ εὐχέρεια ὅπως ἐπὶ διάστη-
μα ἑνὸς ἔτους ἀπὸ τῆς ἐκδόσεως τῆς ἀποφάσεως τοῦ Ὑπουργικοῦ
Συμβουλίου :

ι) ἐξουσιοδοτῆ τοὺς νηογνώμονας LLOYD'S REGISTER OF
SHIPPING AMERICAN BUREAU OF SHIPPING καὶ BUREAU VERITAS νά
ἐνεργοῦν διὰ λογαριασμόν τῆς οἰσδήποτε ἐργασίας συναφεῖς πρὸς
ἀξιόπλοια κατόπιν ἐκτελέσεως τῶν ὑποδειχθησομένων ἐργασιῶν καὶ
γ) πλοίων τὰ ὅποια κρίνονται ὡς μὴ δυνάμενα νά ἀντα-
ποκριθοῦν εἰς τὰς ἀπαιτήσεις ἀσφαλείας ἄνευ μεγάλης ἐκτάσεως
ἐργασιῶν.-

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΚΩΣΤΗΡΗΣ

Εικόνα 33. Απόσπασμα από επιστολή του υπουργού εμπορικής ναυτιλίας προς τον τότε πρωθυπουργό, όπου με αφορμή σχετική αναφορά του τμηματάρχη ναυπηγικού της ΕΕΠ προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα για τη ποιοτική αναβάθμιση της ΕΕΠ και της παρεχόμενης ασφάλειας των επιβατηγών πλοίων



Εικόνα 34. Μνημείο στην Κρήτη για τα θύματα του ναυαγίου

