



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ: ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ (Msc)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ”



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΤΣΕΛΕΠΙΔΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ : ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΚΑΛΑΡΑ (ΜΝ 06/008)

Μέλη Επιτροπής: Παπαδημητρίου Ευστράτιος, Τζαννάτος Ερνέστος, Τσελεπίδης Αναστάσιος

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2009

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Στην οικογένεια μου

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι, η παρούσα διπλωματική εργασία δεν έχει υποβληθεί για την απόκτηση άλλου μεταπτυχιακού τίτλου ειδίκευσης ή άλλου πτυχίου, πέραν αυτού, ολικά ή μερικά, στο Πανεπιστήμιο Πειραιά ή σε άλλο Πανεπιστήμιο του εσωτερικού ή εξωτερικού.

Η Δηλούσα

Αναστασία Καλαρά

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά, αρχικά τον καθηγητή μου κύριο **Ερνέστο Τζαννάτο** για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας, αλλά και νωρίτερα κατά τη διδασκαλία όλων των τεχνικών μαθημάτων της σχολής, όπως επίσης και τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο **Αναστάσιο Τσελεπίδη** για τις ιδιαίτερες συμβουλές του και την ανθρώπινη και φιλική του συνεργασία.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο **Παναγιώτη Αλούρδα**, Διευθυντή μου στο τμήμα Μελετών και Σχεδίασης των Ναυπηγείων Ελευσίνας, όπου εργάζομαι, για την πολύτιμη συμβολή του στην εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας, ως προς τη συλλογή του υλικού συγγραφής, αλλά και για τις πολύτιμες γνώσεις που υπομονετικά μας μεταδίδει συμβάλλοντας ουσιαστικά στον προβληματισμό μας.

Θα ήθελα επίσης, ιδιαιτέρως να ευχαριστήσω τον κύριο **Παναγιώτη Τετράδη**, Προϊστάμενο του τμήματος Μελετών και Σχεδίασης των Ναυπηγείων Ελευσίνας, καθώς και τη συνάδελφο κυρία **Ευγενία Μπουζαλά** (Ναυπηγό Μηχανικό) για τις πολύτιμες υποδείξεις, τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις και συμβουλές, ως προς την ορθότερη απόδοση ορισμένων Αγγλικών τεχνικών όρων στα Ελληνικά.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή	12
1. Ιστορικά στοιχεία των αρχικών δεξαμενοπλοίων	14
1.1 Η ιστορική διαδρομή των δεξαμενοπλοίων	14
1.2 Το πρώτο σύγχρονης μορφής δεξαμενόπλοιο	15
1.3 Η τεχνολογική εξέλιξη του πρώτου δεξαμενόπλοιου	15
2. Η πετρελαϊκή αγορά	18
2.1 Η προέλευση και χημική σύσταση του πετρελαίου	18
2.2 Περιοχές παραγωγής πετρελαίου	20
2.3 Περιοχές ζήτησης πετρελαίου	21
2.4 Η ιστορική εξέλιξη της μεταφοράς αργού πετρελαίου	24
2.5 Η ιστορική εξέλιξη της μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου (oil products)	26
2.6 Οι τιμές πετρελαίου.	27
3. Διάκριση δεξαμενοπλοίων και εμπορική δραστηριότητα	29
3.1 Προσδιορισμός της έννοιας των δεξαμενοπλοίων.	29
3.2 Η διάκριση των δεξαμενοπλοίων αναφορικά με τον τύπο του μεταφερόμενου φορτίου	30
3.3 Η διάκριση των δεξαμενοπλοίων αναφορικά με το μέγεθος	30
3.4 Παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος των δεξαμενοπλοίων	32
3.5 Εμπορική δραστηριότητα των δεξαμενοπλοίων	34

4. Δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος, ανάγκη αλλαγής, θεσμικό πλαίσιο που υπόκεινται τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια	35
4.1 Κατασκευαστικά στοιχεία των δεξαμενοπλοίων μονού τοιχώματος	35
4.2 Ανάγκη αλλαγής των δεξαμενοπλοίων μονού τοιχώματος σε διπλού τοιχώματος	37
4.3 Το θεσμικό πλαίσιο που υπόκεινται τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια	37
4.4 Ιστορική εξέλιξη των θεσμοθετημένων κανονισμών σχεδίασης των δεξαμενοπλοίων	39
5. Η τεχνική προσέγγιση των σύγχρονων δεξαμενοπλοίων, κατασκευαστικά στοιχεία.	44
5.1 Η λειτουργία των σύγχρονων δεξαμενοπλοίων	44
5.2 Η οικονομοτεχνική διαδικασία σχεδιασμού των πετρελαιοφόρων, οικονομικοί κίνδυνοι	47
5.3 Η διάταξη και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δεξαμενόπλοιου M/T ‘Murex’	50
5.4 Κριτική , απόψεις, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δεξαμενοπλοίων διπλού τοιχώματος	52
6. Διαμόρφωση διάταξης, μελέτη και υπολογιστικά στοιχεία	56
6.1 Διάταξη δεξαμενών έρματος και φορτίου	56
6.2 Καθορισμός των κύριων διαστάσεων	60
6.3 Ο υπολογισμός του Lightship	63
6.4 Ο υπολογισμός του Deadweight	65
6.5 Υπηρεσιακή ταχύτητα και γάστρα	65
6.6 Διαγωγή και ευστάθεια	66

7. Η μεταλλική κατασκευή δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων	68
7.1 Η μορφή της γάστρας	68
7.2 Πρόωση και απαιτήσεις ισχύος	70
7.3 Η μεταλλική κατασκευή	72
7.4 Ανάλυση κατασκευής και στοιχεία αντοχής	74
7.5 Υποδιαίρεση χώρων και ευστάθεια	76
7.6 Κατασκευαστικές απαιτήσεις των δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων (Υπολογιστικά στοιχεία, πως η επιλογή των διαστάσεων συμβάλει στο μέγεθος της εκροής)	76
7.7 Η εκτίμηση του ορίου κόπωσης	80
7.8 Η χρήση χάλυβα υψηλής αντοχής (Higher Strength Steel)	82
7.9 Η αντοχή σε σύγκρουση	83
8. Προωστήρια και ηλεκτρική εγκατάσταση, βοηθητικά συστήματα και εξοπλισμός	85
8.1 Διάταξη μηχανημάτων	85
8.2 Ντίτζελ-Μηχανικό σύστημα πρόωσης	86
8.3 Ντίτζελ -Ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης	89
8.4 Δίκτυο φορτίου	91
8.5 Δίκτυο έρματος	96
8.6 Καθαρισμός δεξαμενών	100
8.7 Συστήματα εξαερισμού δεξαμενών και αδρανούς αερίου	101
8.8 Σύστημα πρόσδεσης για τα δεξαμενόπλοια (Mooring System)	102
8.9 Ρυμούλκηση ανάγκης	104

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

8.10	Ικανότητα ελιγμών	104
8.11	Πυρασφάλεια	106
8.12	Γενικές θεωρήσεις για την εκροή πετρελαίου	108
9.	Η Ρύπανση που προκαλείται από τα δεξαμενόπλοια	109
9.1	Πετρελαϊκό ρυπαντικό περιστατικό	109
9.2	Ρύπανση λόγω ναυτικών ατυχημάτων στα δεξαμενόπλοια	109
9.3	Κύριες αιτίες διαρροών στα δεξαμενόπλοια	113
9.4	Περιβαλλοντικός κίνδυνος και ανθρώπινος παράγοντας, ποσοτικοποίηση του κινδύνου	119
	Συμπεράσματα- Επίλογος	121
	Βιβλιογραφία	124

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Proved Reserves at the end of 2007.....	21
Σχήμα 2.2: World Oil Movements.	22
Σχήμα 2.3 : Major Oil Trade Movements.....	23
Σχήμα 2.4: Consumption per capita 2007.	24
Σχήμα 4.1: Η μέση τομή ενός δεξαμενόπλοιου Single Hull σε τρισδιάστατη απεικόνιση.....	36
Σχήμα 4.2 : Τυπική διάταξη δεξαμενών τριών τύπων δεξαμενοπλοίων (Pre-Marpol Tanker, Marpol 78 Tanker, Double Hull Tanker).	43
Σχήμα 5.1: Τυπική λειτουργική διάταξη ενός δεξαμενόπλοιου.....	46
Σχήμα 5.2: Μέση τομή διάφορων κατηγοριών δεξαμενοπλοίων και τρισδιάστατη απεικόνιση.....	49
Σχήμα 5.3 : Η Γενική Διάταξη του M/T MUREX.	51
Σχήμα 5.4: Η Μέση τομή του M/T MUREX.	52
Σχήμα 6.1: Τυπική διάταξη δεξαμενών έρματος δεξαμενοπλοίων	57
Σχήμα 6.2 : Τυπική διάταξη δεξαμενών φορτίου δεξαμενοπλοίων.....	59
Σχήμα 7.1 : Κατασκευαστικό Σχέδιο Μέσης Τομής.....	73
Σχήμα 7.2 : Κατασκευαστικό Σχέδιο Στεγανής Φρακτής.....	75
Σχήμα 7.3 : Κρίσιμα σημεία άσκησης ισχυρών τάσεων.....	81
Σχήμα 7.4: Stress Analysis.....	82
Σχήμα 8.1 : Machinery Arrangement Polar Tankers Inc. ENDEAVOUR-Class Tanker (Diesel Mechanical Propulsion).	88
Σχήμα 8.2 : Machinery Arrangement BP Shipping TAPS Trade Cape Class Tanker (Diesel Electric Propulsion).	90

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 8.3: Διάγραμμα δικτύου πετρελαίου	95
Σχήμα 8.4 : Διάγραμμα δικτύου έρματος.....	99
Σχήμα 9.1 : Location of Selected Spills	113
Σχήμα 9.2 : Η πρόκληση άλλων μορφών Ρύπανσης από τα δεξαμενόπλοια	118

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 : Imports and Exports 2007.....	23
Πίνακας 6.1 : Κύριες διαστάσεις δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων.....	62
Πίνακας 6.2 : Υπολογισμός του Lightship για ένα δεξαμενόπλοιο μεταφοράς αργού πετρελαίου Suezmax	64
Πίνακας 9.1: Major Oil Spills Since 1967.....	112
Πίνακας 9.2 : Incidence of Spills by Cause, 1974- 2007	114

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1: Τα γεγονότα που έπαιξαν πρωταρχικό ρόλο στην εξέλιξη των δεξαμενοπλοίων.....	17
Διάγραμμα 2.1: Crude Oil Prices 1861-2007.....	28
Διάγραμμα 6.1: Ballast Capacity- Cargo Capacity	67
Διάγραμμα 7.1 : Installed Power (KW)	71
Διάγραμμα 7.2 : Probability density function for side damage penetration...	78
Διαγράμματα 7.3 και 7.4 : Wing tank width, double bottom depth.....	79

Διάγραμμα 8.1 :	Zig-Zag Test for an Aframax Tanker	105
Διάγραμμα 9.1 :	Quantities of Oil Spilt	112
Διάγραμμα 9.2 :	Tanker incidents 2007 by type and accidental pollution...	116
Διάγραμμα 9.3 :	Accidental oil pollution into the sea.....	118

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 9.1:	Incidence of Spills < 7 Tonnes by Cause, 1974-2007	115
Γράφημα 9.2:	Incidence of Spills 7-700 Tonnes by Cause, 1974-2007	115
Γράφημα 9.3 :	Incidence of Spills >700 Tonnes by Cause, 1974-2007	115
Γράφημα 9.4:	Tanker incidents 2007 by type.....	116
Γράφημα 9.5:	Tanker incidents 2007 by size.....	117
Γράφημα 9.6 :	Tanker incidents 2007 by age.....	117

Εισαγωγή

Από τα τέλη του 19ου αιώνα με την εισαγωγή του χάλυβα ως κατασκευαστικού υλικού και του ατμού ως κινητηρίου μέσου πρόωσης, η εξελικτική πορεία των δεξαμενοπλοίων και γενικότερα όλων των τύπων πλοίων θεωρείται αλματώδης. Δεδομένης μιας συνεχούς αναπτυσσόμενης τεχνογνωσίας και τεχνολογίας δεν υπάρχουν ορατά τεχνικά όρια για το μέγεθος των σύγχρονων δεξαμενοπλοίων.

Οι πιεστικές ανάγκες ενέργειας μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο και η σταδιακή αντικατάσταση του άνθρακα από το πετρέλαιο ως βασικό καύσιμο, αλλά και οι μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των χωρών πετρελαιοπαραγωγής, διύλισης και κατανάλωσης, δημιούργησαν έντονη και συνεχή ζήτηση μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων αργού πετρελαίου. Όμως, όπως και με τους άλλους τύπους πλοίων, μετά τον Αραβο-Ισραηλινό πόλεμο το 1973 και τη ραγδαία αύξηση της τιμής του πετρελαίου, ακολούθησε οικονομική ύφεση, που οδήγησε σε μείωση της ζήτησης, ενώ η προσφορά πλοίων είχε ήδη υπερκαλύψει την υπάρχουσα ζήτηση. Η ζήτηση επίσης μειώθηκε δεδομένου ότι οι βιομηχανικές χώρες, στην προσπάθειά τους να ανεξαρτητοποιηθούν από τις πετρελαιοπαραγωγές χώρες, προχώρησαν σε υψηλές επενδύσεις για την ανάπτυξη της τεχνολογίας θαλασσών (Ocean Engineering), που επέτρεψε την άντληση πετρελαίου από το υπέδαφος του θαλάσσιου χώρου τους. Η έντονη και συνεχή ζήτηση μεγάλων ποσοτήτων αργού πετρελαίου οδήγησε στη θεαματική αύξηση του μεγέθους των δεξαμενοπλοίων, δυστυχώς όμως οι γιγαντιαίες διαστάσεις των μεγάλων δεξαμενοπλοίων (βυθίσματα έως 25m) δημιούργησε προβλήματα πρόσβασης σε λιμένες, καθώς και λειτουργικές δυσκολίες χειρισμού των πλοίων αυτών. Τέλος, εξίσου σημαντικός και διαρκώς αυξανόμενης σημασίας παράγοντας είναι ο κίνδυνος καταστροφικών για το θαλάσσιο περιβάλλον ατυχημάτων. Σημαντικά ατυχήματα (με τελευταίο το PRESTIGE) οδήγησαν καταρχήν στην τροποποίηση της σχεδίασης των δεξαμενοπλοίων (διπλά τοιχώματα) και προσφάτως στη θέσπιση αυστηρών κανονισμών συνυπευθυνότητας των πλοιοκτητών, σε περίπτωση ατυχημάτων, έτσι ώστε η περαιτέρω ανάπτυξη του μεγέθους του τύπου περίπου 320.000 tonnes dwt να φαντάζει

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

αβέβαιη. Τα πλέον ζητούμενα μεγέθη είναι σήμερα τα SUEZMAX και AFRAMAX, με μεταφορικές ικανότητες σημαντικά μικρότερες των μεγίστων μεγεθών.

Ο βασικός τρόπος σχεδίασης και η γενικότερη τεχνογνωσία κατασκευής του τύπου των δεξαμενοπλοίων έχουν μείνει ουσιαστικά αναλλοίωτες για δεκαετίες. Πρέπει πάντως να σημειωθεί, ότι διαχρονικά ο τρόπος κατασκευής τους διαφοροποιήθηκε, αφομοιώνοντας τεχνολογικές εξελίξεις ως προς την βελτιστοποίηση της μεταλλικής κατασκευής (μείωση βάρους μεταλλικής κατασκευής με τη χρήση χάλυβα υψηλής αντοχής και την εφαρμογή σύγχρονων υπολογιστικών μεθόδων αντοχής), με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους κατασκευής, την αύξηση της μεταφορικής ικανότητας, αλλά και (αρνητικά για τους πλοιοκτήτες) περιορισμό της διάρκειας οικονομικής ζωής των πλοίων. Οι τελευταίες εξελίξεις του τύπου των δεξαμενοπλοίων επηρεάζονται από τους πρόσφατους διεθνείς κανονισμούς ασφαλείας (IMO), που οδήγησαν υποχρεωτικά τις νέες κατασκευές σε σχεδιάσεις διπλών τοιχωμάτων, με ποικίλα αποτελέσματα ως προς την λειτουργικότητα του νέου αυτού τύπου.

1. Ιστορικά στοιχεία των αρχικών δεξαμενοπλοίων

1.1 Η ιστορική διαδρομή των δεξαμενοπλοίων

Από την αρχαιότητα όλα τα υγρά και χύδην φορτία μεταφέρονταν συσκευασμένα σε μεγάλα δοχεία, τους λεγόμενους αμφορείς, οι οποίοι παρείχαν ιδιαίτερες ευκολίες τόσο στη μεταφορά όσο και στη στοιβασία τους. Μέχρι και ο ερματισμός των αρχαίων πλοίων γίνονταν με μόνιμους αμφορείς, (αντί δεξαμενών), που ανάλογα πληρούνταν με θαλασσινό νερό και που στοιβάζονταν όρθιοι κυρίως στα πλευρά των κυτών, σε ειδικές υποδοχές¹.

Επίσης και για τις ανάγκες των τότε πληρωμάτων σε πόσιμο νερό, χρησιμοποιούνταν ειδικά αγγεία τα λεγόμενα "τηγανόσχημα", που παρουσίαζαν μεγάλη ευκολία στη στοιβασία τους.

Αυτός ο τρόπος μεταφοράς υγρών φορτίων, όσο κι αν ακούγεται περίεργο διατηρήθηκε σχεδόν μέχρι την εποχή του Α' Παγκοσμίου Πολέμου, βέβαια οι αμφορείς αντικαταστάθηκαν με βαρέλια, στην αρχή ξύλινα και στη συνέχεια μεταλλικά. Με τη γενίκευση όμως της μηχανοκίνησης και της βιομηχανοποίησης, οι ανάγκες για μεταφορά πετρελαιοειδών αυξάνονταν με ταχύτατο ρυθμό σε βαθμό τέτοιο, που άρχισε η αναζήτηση νέων τρόπων μεταφοράς τους, ώστε να μπορεί να εκμεταλλευτεί και ο τελευταίος χώρος των κυτών των πλοίων. Έτσι στην αναζήτηση μιας τέτοιας λύσης ήρθε η ιδέα κάποιων πλοιοκτητών μεταξύ των οποίων και Ελλήνων: "γιατί να μεταφέρουμε καύσιμα σε βαρέλια, στα αμπάρια (κύτη) των πλοίων μας και δεν φτιάχνουμε "αμπάρια βαρέλια"; Η ιδέα αυτή γενικεύθηκε και οι ναυπηγοί δεν άργησαν

¹ www.intertanko.com/presentations

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

να σχεδιάσουν και να ναυπηγήσουν τα πρωτοποριακά για την εποχή τους πλοία βαρέλια, αυτά που σήμερα θαυμάζονται, ως προς τη μεγαλοπρέπεια του μεγέθους τους και ονομάζονται δεξαμενόπλοια.

1.2 Το πρώτο σύγχρονης μορφής δεξαμενόπλοιο

Το 1886 χτίστηκε στη Μεγάλη Βρετανία το παγκόσμιο πρώτο αληθινό πετρελαιοφόρο, με χωριστές δεξαμενές πετρελαίου, το Gluckauf² (2700 tonnes), το οποίο είχε μία κεντρική διαμήκη φρακτή και εγκάρσιες φρακτές, για να διαιρέσει την περιοχή του φορτίου του σε οκτώ δεξαμενές. Ένα αντλιοστάσιο χώριζε τις δεξαμενές του από το μηχανοστάσιο. Ήταν το πρώτο σκάφος, που είχε τοποθετήσει τις μηχανές του στην πρύμνη. Έτσι τώρα το πετρέλαιο θα μπορούσε να αντληθεί άμεσα από τις δεξαμενές.

Το καινούργιο αυτό δεξαμενόπλοιο ήταν μια Αμερικανική εφεύρεση. Οι ναυπηγοί δήλωσαν για χρόνια ότι κανένα σκάφος με ένα φορτίο μετατόπισης, όπως είναι το πετρέλαιο σε μεγάλη ποσότητα, δεν θα μπορούσε να μεταφερθεί ασφαλώς μέσω μιας θύελλας, αλλά ένας τολμηρός Αμερικανός κατέδειξε το γεγονός, ότι το πετρέλαιο θα μπορούσε να αντληθεί από μία γραμμή σωλήνων άμεσα και να μεταφερθεί πέρα από τον ωκεανό σε μεγάλες αποστάσεις με ασφάλεια.

1.3 Η τεχνολογική εξέλιξη του πρώτου δεξαμενόπλοιου

Η ανάγκη αναζήτησης πετρελαίου ενθαρρύνθηκε από την εφεύρεση της μηχανής Diesel το 1897, η οποία χρησιμοποίησε το πετρέλαιο ως καύσιμο³. Μέσα σε μερικά έτη, οι θαλάσσιες μηχανές Diesel ήταν ολοκληρωμένες και το 1911, το πρώτο με κινητήρα ντίζελ σκάφος διέσχισε τον Ατλαντικό. Μέχρι το 1927 περίπου το 28% του παγκόσμιου εμπορικού στόλου χρησιμοποιούσε το πετρέλαιο ως κινητήρια δύναμη.

² Noble 1996 by Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME).

³ Ημερίδα 170 χρόνια ΕΜΠ, Α. Παπανικολάου, Ιστορική εξέλιξη της Ναυπηγικής, 5/12/2007 σελ.6.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

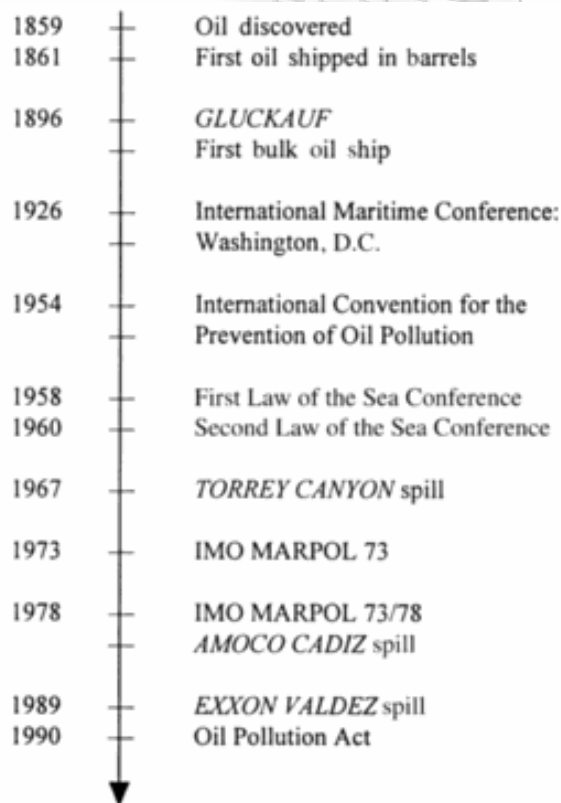
Κατά τη διάρκεια των επόμενων μερικών δεκαετιών, το πετρέλαιο αντικατέστησε τον άνθρακα, ως πηγή ενέργειας και τα δεξαμενόπλοια κατέκτησαν σύντομα μια σημαντική μερίδα στο παγκόσμιο στόλο. Έως το 1950, παρόλα αυτά, τα περισσότερα δεξαμενόπλοια προορίζονταν για να μεταφέρουν πετρέλαιο και άλλα προϊόντα πετρελαίου. Οι εγκαταστάσεις διυλιστηρίων δημιουργήθηκαν αρχικά κοντά στις περιοχές, που βρέθηκε το ακατέργαστο πετρέλαιο, όμως οι πολιτικές και οι τεχνολογικές εξελίξεις ενθάρρυναν τη βιομηχανία πετρελαίου να μετακινήσει τα διυλιστήρια πιο κοντά προς τις αγορές και αυτό οδήγησε σε μια αύξηση της ζήτησης για δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού πετρελαίου σε σχέση με τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου. Το 1950 το τυποποιημένο μέγεθος πετρελαιοφόρου ήταν το δεξαμενόπλοιο "T2", περίπου 620 τέτοιου τύπου δεξαμενόπλοια χτίστηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 1942 μέχρι και το 1946.

Από τη μέση του 20ού αιώνα, με την παραγωγή του πετρελαίου να αυξάνεται προκειμένου να συμβαδίσει με την πολύ υψηλή παραγωγή μηχανών αυτοκινήτων, ένα δεξαμενόπλοιο περίπου 25.000 τόνων θεωρείτο μεγάλο. Με τους κύριους παραγωγούς πετρελαίου να βρίσκονται στη Μέση Ανατολή και τους κύριους καταναλωτές να συγκεντρώνονται στη Δύση, το γενικό μέγεθος των δεξαμενοπλοίων περιορίστηκε γενικά από το μέγιστο, που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το κανάλι Σουέζ, περίπου σε 30.000 gross tonnes. Το μέγιστο μέγεθος των δεξαμενοπλοίων άλλαξε μετά από δύο περιόδους περάτωσης του καναλιού Σουέζ, η πρώτη το 1956 μετά από την κρίση του Σουέζ και η δεύτερη το 1967 μετά από τον έξι ημερών πόλεμο μεταξύ της Αιγύπτου και του Ισραήλ. Αφότου έκλεισαν το κανάλι, το πετρέλαιο που μεταφερόταν από τη Μέση Ανατολή στη Δύση έπρεπε να μεταφερθεί από τη μακρύτερη διαδρομή γύρω από τη Νότια Αφρική. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, τα μεγέθη των δεξαμενοπλοίων να αρχίσουν να αυξάνονται σημαντικά, μια διαδικασία που συνεχίστηκε έως το τέλος της δεκαετίας του 1960. Το 1959, το “Universe Apollo” (114.356 dwt) έγινε το πρώτο δεξαμενόπλοιο, που ξεπέρασε τον αριθμό των 100.000 tonnes. Μέσα σε μία δεκαετία χτίστηκαν δεξαμενόπλοια πέντε φορές μεγαλύτερα από το μέγεθος, που αναμενόταν. Κατά συνέπεια, μια καινούργια γενιά δεξαμενοπλοίων γεννήθηκε, το VLCC και το ULCC.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

⁴Άλλες καινοτομίες, συμπεριλαμβανομένου του ασφαλούς εξαερισμού δεξαμενών, των συστημάτων αδρανούς αερίου, της πλύσης με ακατέργαστο πετρέλαιο, των περίπλοκων συστημάτων ελέγχου των μηχανοστασίων και της δορυφορικής ναυσιπλοΐας, έχουν ασκήσει σημαντική επίδραση στην ασφάλεια και την αποδοτικότητα των διαδικασιών των δεξαμενοπλοίων. Μια από τις σημαντικότερες καινοτομίες τα τελευταία χρόνια είναι το δεξαμενόπλοιο διπλού τοιχώματος, το οποίο έγινε υποχρεωτικό από την πρόωρη δεκαετία του 1990, καθώς οι διεθνείς κανονισμοί απαιτούν τη σταδιακή κατάργηση των δεξαμενοπλοίων μονού τοιχώματος τα επόμενα έτη.

Διάγραμμα 1.1: Τα γεγονότα που έπαιξαν πρωταρχικό ρόλο στην εξέλιξη των δεξαμενοπλοίων



Πηγή: Noble by Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME).

⁴ www.sname.org/comities/tech

2. Η πετρελαϊκή αγορά

2.1 Η προέλευση και χημική σύσταση του πετρελαίου

⁵Τα πετρέλαια συχνά κατηγοριοποιούνται ως “μαύρα” ή “λευκά”. Τα “μαύρα” πετρέλαια περιλαμβάνουν τα ακατέργαστα πετρέλαια, τα μίγματα ακατέργαστου πετρελαίου, τα πετρέλαια καυσίμων και τα προϊόντα ασφάλτου.

Τα “λευκά” πετρέλαια περιλαμβάνουν τον αναπτήρα, τη βενζίνη, τα αεριοθούμενα καύσιμα και την κηροζίνη. Τα “μαύρα” πετρέλαια τείνουν να είναι πιο ιξώδη και πιο δύσκολα στην κατεργασία, κάνοντας τις προσπάθειες καθαρισμού του πετρελαίου δυσκολότερες μετά από τις διαρροές στη θάλασσα. Τα “λευκά” πετρέλαια είναι γενικά πιο πτητικά από τα “μαύρα” πετρέλαια, εκτός από τα ακατέργαστα πετρέλαια, που τείνουν να είναι ιδιαίτερα εύφλεκτα.

Τα ακατέργαστα πετρέλαια είναι υγρά μίγματα υδρογονανθράκων, που βρίσκονται φυσικά στο εσωτερικό της γης και οι φυσικές και χημικές ιδιότητές τους ποικίλλουν αρκετά ανάλογα με την περιοχή προέλευση τους. Τα συστατικά των ακατέργαστων πετρελαίων έχουν διαφορετικά σημεία ανάφλεξης και διαφορετική πίεση ατμού. Τα περισσότερα ακατέργαστα πετρέλαια έχουν ένα σημείο ανάφλεξης γύρω στους 27°C και μια πίεση ατμού μεταξύ 42 και 84 KPa. Η πυκνότητα για τα ακατέργαστα πετρέλαια ποικίλλει από περίπου 10 (ειδικό βάρος 1,00 στους 15°C) σε 40 (ειδικό βάρος 0,82 στους 15°C).

Ως συνέπεια του ευρέως φάσματος των ιδιοτήτων του ακατέργαστου πετρελαίου, οι εγκαταστάσεις διύλισης σχεδιάζονται για να χειριστούν συγκεκριμένα ακατέργαστα πετρέλαια. Τα ακατέργαστα πετρέλαια περιέχουν ποικίλα στοιχεία,

⁵ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), edition 2008. σελ29.1.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

μεταξύ των οποίων ενώσεις θείου και βαναδίου, οι οποίες τείνουν να επιταχύνουν τη διάβρωση και μπορούν να προξενήσουν μεγάλους περιβαλλοντικούς κινδύνους. Τα ακατέργαστα πετρέλαια με το υψηλό και χαμηλό ποσοστό περιεκτικότητας θείου αναφέρονται ως “ξινά” και “γλυκά” ακατέργαστα πετρέλαια αντίστοιχα. Άλλα συστατικά διαχωρίζονται, αφήνοντας το στερεό μέρος και τα υπολείμματα, που πρέπει να αφαιρεθούν. Οι παραφίνες και τα προϊόντα ασφάλτου προσκολλώνται στο εσωτερικό των δεξαμενών. Αν και το περισσότερο ακατέργαστο πετρέλαιο φορτώνεται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ορισμένα πιο ιξώδη ακατέργαστα πετρέλαια (παραδείγματος χάριν, εκείνα που βρίσκονται στην Ινδονησία, τη Δυτική Αφρική και τη Βενεζουέλα) μπορούν να απαιτήσουν τη θέρμανση των δεξαμενών.

Τα προϊόντα διύλισης τείνουν να έχουν ένα ευρύ φάσμα φυσικών ιδιοτήτων, που διαφέρουν μεταξύ τους . Για παράδειγμα, τα αεριοθούμενα καύσιμα μπορούν να είναι ιδιαίτερα πτητικά με σημεία ανάφλεξης έως και 20°C, ενώ τα πετρέλαια βαριών καυσίμων πρέπει χαρακτηριστικά να διατηρηθούν σε θερμοκρασία 70°C και τα προϊόντα ασφάλτου σε θερμοκρασία 150°C. Όταν μεταφέρονται αυτά τα προϊόντα, ο αποτελεσματικός διαχωρισμός είναι αναγκαίος και οι δεξαμενές και τα συστήματα του πλοίου πρέπει να σχεδιαστούν και να διατηρηθούν, έτσι ώστε να εξασφαλίσουν ότι η ποιότητα θα διατηρηθεί αναλλοίωτη .

⁶Με τον όρο "προϊόντα πετρελαίου" περιγράφονται όλα τα προϊόντα της επεξεργασίας του ακατέργαστου αργού πετρελαίου, τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες, τα καθαρά και τα ακάθαρτα προϊόντα. Τα καθαρά προϊόντα (clean products) περιλαμβάνουν τα ελαφρύτερα αποστάγματα της διύλισης του αργού πετρελαίου, κυρίως την κηροζίνη και τη βενζίνη, τα οποία μεταφέρονται συνήθως σε πλοία με ανοξείδωτες δεξαμενές (Coated Tanks). Τα ακάθαρτα προϊόντα (dirty products) περιλαμβάνουν τα χαμηλότερα και βαρύτερα αποστάγματα, που μπορούν να μεταφερθούν σε συμβατικά δεξαμενόπλοια.

⁶ Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος , Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006, κεφ.3^ο. σελ.128.

2.2 Περιοχές παραγωγής πετρελαίου

⁷Η Μέση Ανατολή χαρακτηρίζεται ως η μεγαλύτερη πετρελαιοπαραγωγή περιοχή στον κόσμο, αφού εκεί βρίσκεται περίπου το 60% των γνωστών αποθεμάτων του πλανήτη. Η δεύτερη ομάδα πετρελαιοπαραγωγών χωρών αποτελείται από το τμήμα των Η.Π.Α. που βρίσκεται στον Κόλπο του Μεξικού, το Μεξικό, τη Βενεζουέλα, τη Δ. Αφρική, τη Β. Αφρική και τη Βόρεια Θάλασσα. Ακόμη, υπάρχει ένας αριθμός από μικρότερες πετρελαιοπαραγωγούς χώρες στη Ν.Α. Ασία, κυρίως όμως η Ινδονησία και η Κίνα.

Η γεωγραφική κατανομή των κοιτασμάτων πετρελαίου παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του αριθμού των δεξαμενοπλοίων, που απαιτούνται για να ανταποκριθούν στη ζήτηση μεταφοράς πετρελαίου παγκοσμίως.

⁸Οι ανοδικές και οι καθοδικές μεταβολές στην αγορά πετρελαίου μεταφέρονται πάντα με μεγαλύτερο αντίκτυπο στην αγορά δεξαμενοπλοίων. Για να προβλεφθεί η ζήτηση δεξαμενοπλοίων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η δομή της προσφοράς πετρελαίου, καθώς και οι απαιτήσεις εισαγωγής πετρελαίου σε όλο τον κόσμο.

⁹Στη δεκαετία του 1960 η αγορά των δεξαμενοπλοίων χαρακτηρίστηκε από την κυριαρχία των επτά μεγάλων πετρελαϊκών εταιρειών (Oil Majors), που έγιναν γνωστές και ως οι "Επτά Αδελφές". Για αρκετά χρόνια οι εταιρείες αυτές κατείχαν το 1/3 του παγκόσμιου στόλου δεξαμενοπλοίων και ναύλωναν άλλο 1/3 με μακροχρόνιες ναυλώσεις 5-10 ετών, με αποτέλεσμα η αγορά να αποτελεί τυπικό παράδειγμα ολιγοψωνιακής δομής. Σήμερα, η δομή της αγοράς πλησιάζει το μοντέλο του τέλειου ανταγωνισμού.

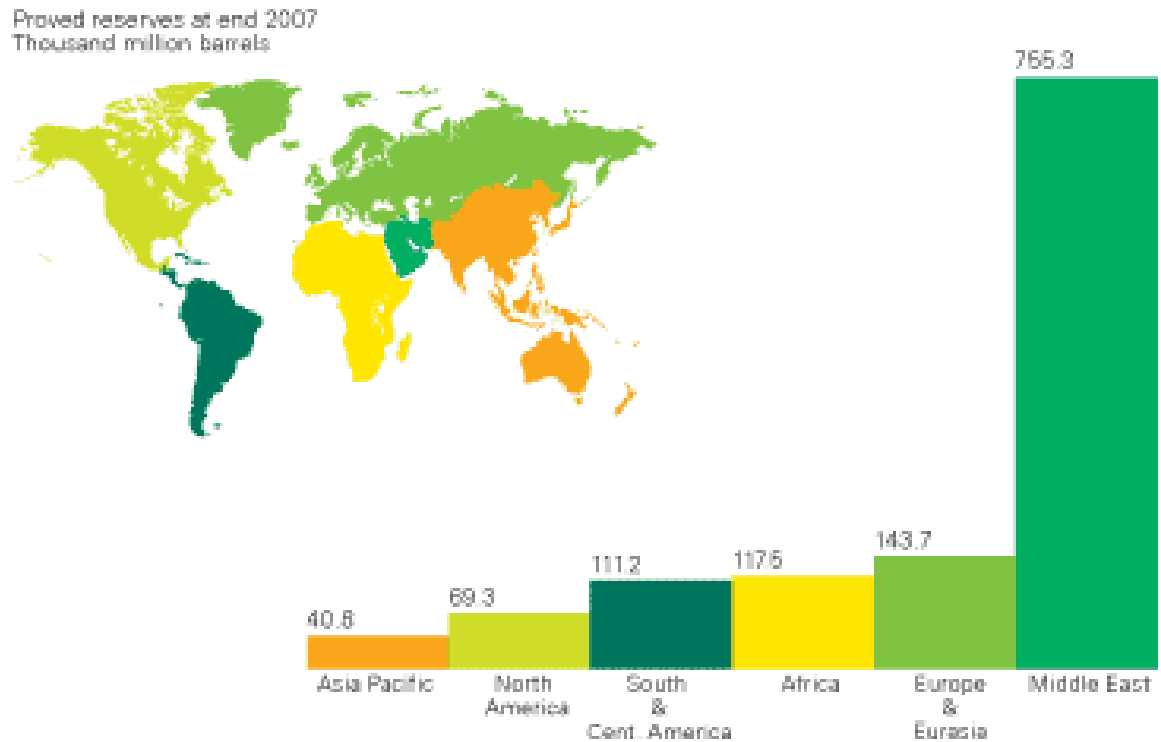
⁷ Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος, Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006, κεφ.3^ο.

σελ.122.

⁸BP Statistical Review of World Energy June 2008.

⁹ Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος, Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006, κεφ.3^ο σελ.126.

Σχήμα 2.1: Proved Reserves at the end of 2007



Πηγή: BP Statistical Review of World Energy June 2008 , σελ.7.

2.3 Περιοχές ζήτησης πετρελαίου

Η ζήτηση αργού πετρελαίου προέρχεται κυρίως από τις βιομηχανικά αναπτυγμένες περιοχές του πλανήτη, δηλαδή τη Δ. Ευρώπη, την Ιαπωνία και τη Β. Αμερική. Το θαλάσσιο εμπόριο αργού πετρελαίου παρουσιάζει σταδιακή αύξηση.

Εξαιτίας της απομακρυσμένης θέσης της Μέσης Ανατολής από τα κέντρα εισαγωγής, η ζήτηση δεξαμενοπλοίων εξαρτάται πάντα από το ποιες πηγές εξαγωγής πετρελαίου θα προτιμηθούν και ποιες διαδρομές θα ακολουθηθούν μέχρι να φθάσει το πετρέλαιο στους τόπους εισαγωγής.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

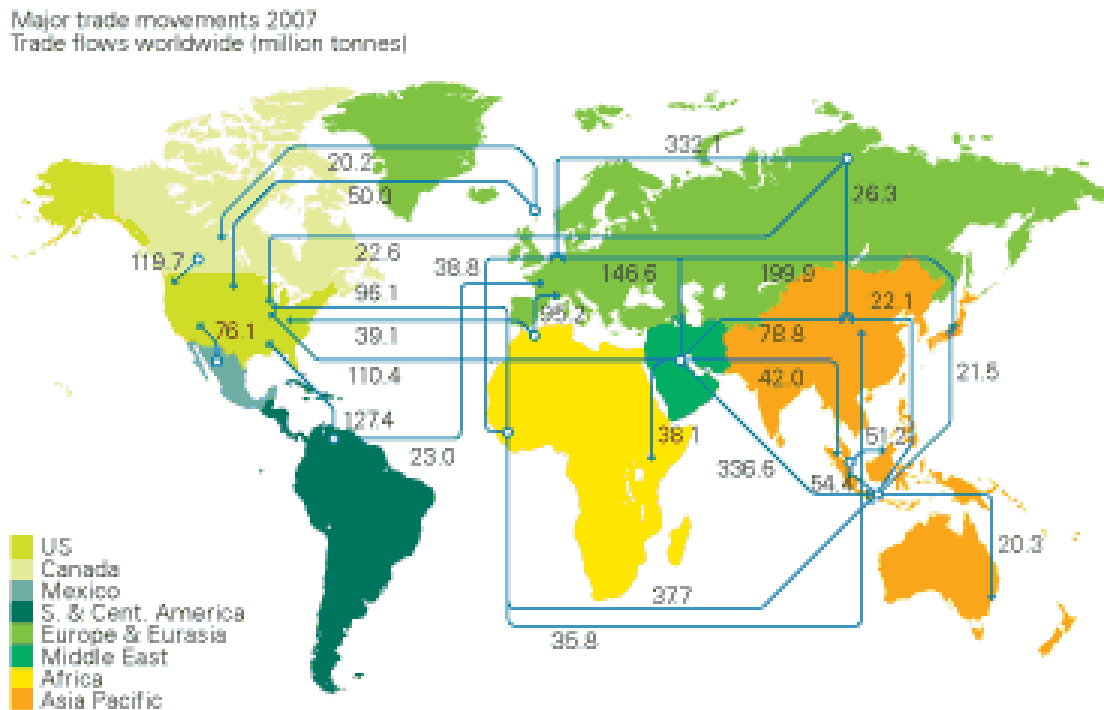
Σχήμα 2.2: World Oil Movements



Πηγή : Germanischer Lloyd- Design of double hull tankers, Presentation at National Technical University of Athens, May 2005 σελ.4.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 2.3 : Major Oil Trade Movements



Πηγή : BP Statistical Review of World Energy June 2008 σελ.21.

Πίνακας 2.1 : Imports and Exports 2007

	Million tonnes				Thousand barrels daily			
	Crude imports	Product imports	Crude exports	Product exports	Crude imports	Product imports	Crude exports	Product exports
US	501.6	170.3	6.1	63.0	10073	3560	123	1316
Canada	48.8	17.9	93.6	27.7	979	375	1879	579
Mexico	0.5	21.1	91.0	7.1	10	441	1828	148
S. & Cent. America	42.2	37.0	115.2	60.2	847	773	2313	1258
Europe	542.2	146.5	29.1	80.8	10690	3063	585	1688
Former Soviet Union	0.1	6.3	316.7	94.4	2	132	6360	1974
Middle East	5.8	9.9	859.5	115.7	117	206	17262	2419
North Africa	8.9	8.5	135.5	29.4	179	178	2721	615
West Africa	3.4	11.2	234.3	5.9	68	234	4706	123
East & Southern Africa	25.6	8.4	19.2	1.1	514	176	385	22
Australasia	27.3	13.5	15.4	11.2	548	282	310	233
China	163.2	39.9	3.6	15.6	3277	834	73	326
Japan	205.1	43.7	†	11.5	4118	914	†	240
Singapore	51.2	62.2	0.8	68.1	1028	1301	16	1424
Other Asia Pacific	357.9	120.5	44.1	96.0	7187	2518	885	2007
Unidentified*	-	-	19.5	29.5	-	-	392	616
TOTAL WORLD	1983.6	717.0	1983.6	717.0	39836	14988	39836	14988

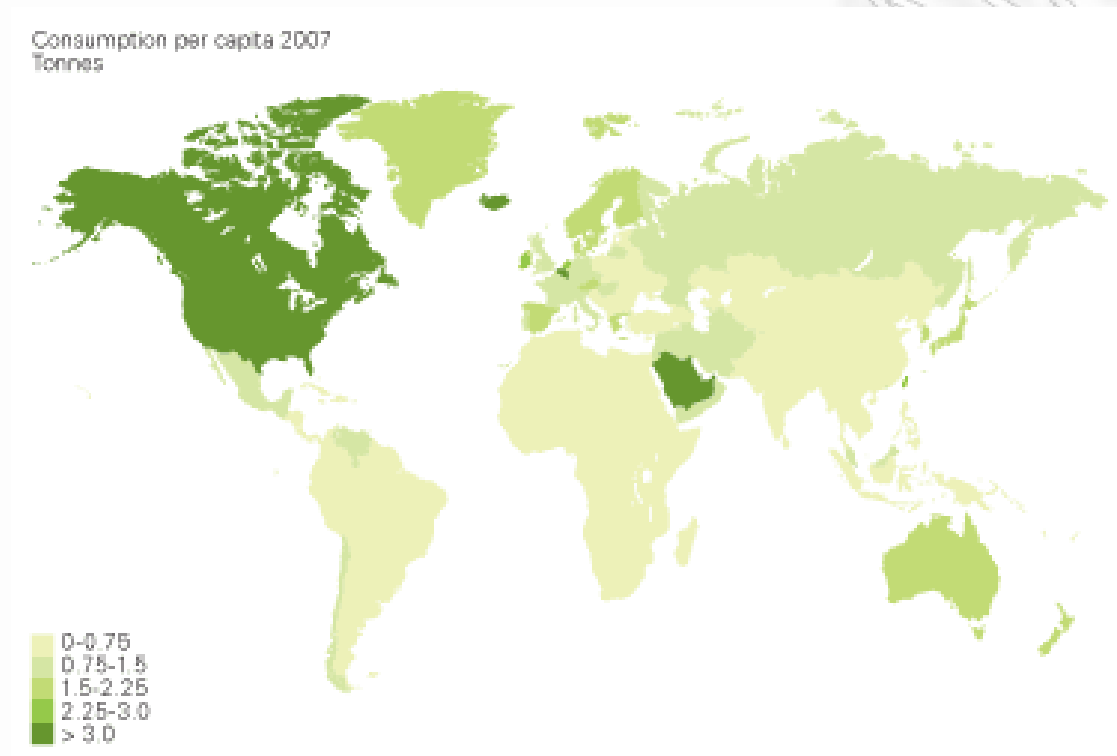
*Includes changes in the quantity of oil in transit, movements not otherwise shown, unidentified military use, etc.

†Less than 0.05.

Note: Bunkers are not included as exports. Intra-area movements (for example, between countries in Europe) are excluded.

Πηγή : BP Statistical Review of World Energy June 2008 σελ.21.

Σχήμα 2.4: Consumption per capita 2007



Πηγή: BP Statistical Review of World Energy June 2008 σελ.13.

2.4 Η ιστορική εξέλιξη της μεταφοράς αργού πετρελαίου

¹⁰Οι εξαγωγές πετρελαίου από τη Μέση Ανατολή, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, αυξήθηκαν κατακόρυφα και η μέση απόσταση (average haul) μεταφοράς αργού πετρελαίου αυξήθηκε από 4.500 μίλια στα 7.000 μίλια, δίνοντας τεράστια ώθηση στη ζήτηση δεξαμενοπλοίων. Από 7.000 μίλια στα μέσα του 1970, η μέση απόσταση έπεσε στα 4.450 μίλια το 1985. Αυτή η πτώση προήλθε εν μέρει από

¹⁰ Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος, Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006, κεφ.3^ο σελ.125.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

την αύξηση της εκμετάλλευσης των δευτερευόντων κοιτασμάτων του πλανήτη και επομένως τις μικρότερες θαλάσσιες διαδρομές, που έπρεπε να διανυθούν για να φθάσει το πετρέλαιο από τους τόπους παραγωγής στους τόπους κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή της Βόρειας Θάλασσας ξεκίνησε το 1975, ενώ περίπου την ίδια περίοδο άρχισαν να αξιοποιούνται τα κοιτάσματα της Αλάσκας περιορίζοντας στο ελάχιστο τις εισαγωγές της Β. Αμερικής. Επιπλέον, στη μείωση των μεταφερομένων τονομιλίων πετρελαίου συντέλεσε το άνοιγμα της Διώρυγας του Σουέζ το 1975, η οποία παρέμεινε κλειστή από το 1967 και η χρησιμοποίηση πετρελαιαγωγών αντί δεξαμενοπλοίων για τη μεταφορά αργού πετρελαίου σε όλα τα μήκη και πλάτη του κόσμου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αγορά πετρελαίου είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα βιομηχανίας, που λειτουργεί σε πολιτικό πλαίσιο και επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από αυτό.

Από το τέλος της δεκαετίας του 1970 οι οργανισμοί, που ελέγχουν τη θαλάσσια μεταφορά του πετρελαίου έχουν αλλάξει σημαντικά και ο ρόλος των 7 "μεγάλων εταιρειών" έχει εξασθενήσει. Οι παραγωγοί πετρελαίου, ειδικά στη Μέση Ανατολή, προωθούν το προϊόν τους στην αγορά διαμέσου εξειδικευμένων οργανισμών διανομής, ενώ ορισμένοι έχουν δημιουργήσει τους δικούς τους στόλους δεξαμενοπλοίων. Επιπλέον, νέες εταιρείες πετρελαίου έχουν εμφανισθεί στις ταχύτατα αναπτυσσόμενες Ασιατικές αγορές με δικές τους πολιτικές μεταφοράς.

Τέλος, καθώς η αγορά πετρελαίου έχει γίνει σήμερα περισσότερο ευμετάβλητη, η θέση των μεταφορέων, που ενεργούν ως μεσολαβητές ανάμεσα στον παραγωγό και το διυλιστήριο, έχει γίνει περισσότερο σημαντική από ότι στο παρελθόν. Καθώς το αργό πετρέλαιο είναι με διαφορά το πρώτο εμπόρευμα σε όγκο θαλάσσιας μεταφοράς, μία μεγάλη και εξελιγμένη βιομηχανία έχει αναπτυχθεί γύρω από τη μεταφορά του. Το αργό πετρέλαιο μεταφέρεται αρχικά από τους χώρους εξόρυξης σε εξειδικευμένους τερματικούς σταθμούς στην ακτή μέσω αγωγών (pipelines). Έπειτα φορτώνεται στα δεξαμενόπλοια μέσω αγωγών και μεταφέρεται στον προορισμό του, όπου εκφορτώνεται σε αντίστοιχους τερματικούς σταθμούς (oil terminals).

2.5 Η ιστορική εξέλιξη της μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου (oil products)

Οι βασικότεροι εισαγωγείς προϊόντων πετρελαίου είναι η Ιαπωνία, η Β. Αμερική και η Ευρώπη. Μέχρι τη δεκαετία του 1950 οι δύο κύριες θαλάσσιες διαδρομές ήταν από τα διυλιστήρια της Βενεζουέλας και της Καραϊβικής προς τις Η.Π.Α. και από τη Μέση Ανατολή προς τη Δ. Ευρώπη. Το θαλάσσιο εμπόριο Καραϊβικής - Η.Π.Α. έφθασε σ' ένα μέγιστο σημείο των 150 εκ. τόνων το χρόνο κατά τις αρχές του 1970¹¹, ενώ πολύ γρήγορα έπεσε στους 80 εκ. τόνους το χρόνο, όταν οι Η.Π.Α. εισήγαγαν την εγχώρια δυνατότητα επεξεργασίας πετρελαίου. Αντίθετα με τις Η.Π.Α., στην Ευρώπη το μεγαλύτερο ποσοστό των εισαγωγών πετρελαιοειδών κατείχε το αργό πετρέλαιο από τα προϊόντα πετρελαίου. Οι εισαγωγές προϊόντων έπεσαν στους 35 εκ. τόνους το 1971, ενώ ανέκαμψαν στους 80 εκ. τόνους στη δεκαετία του 1980, όταν αντίστοιχα οι εισαγωγές αργού πετρελαίου έφθαναν τους 400 εκ. τόνους το χρόνο. Η ερμηνεία της δομής του θαλάσσιου εμπορίου των προϊόντων πετρελαίου βασίζεται σ' ένα συνδυασμό τεχνικών, οικονομικών και πολιτικών παραγόντων.

¹²Από τεχνική σκοπιά, οι νέες μέθοδοι διύλισης, που εμφανίσθηκαν τη δεκαετία του 1950 επέφεραν την άμεση προώθηση των προϊόντων πετρελαίου από τα διυλιστήρια στις τοπικές αγορές κατανάλωσης και μείωσαν σε κάποιο βαθμό την εισαγωγή προϊόντων πετρελαίου από μακρινές πηγές παραγωγής. Έτσι, δημιουργήθηκε ενδιαφέρον για την ανάπτυξη διυλιστηρίων κοντά στις περιοχές κατανάλωσης και μέχρι το τέλος του 1950 η Δ. Ευρώπη είχε αναπτύξει επαρκή βιομηχανία επεξεργασίας πετρελαίου για να ικανοποιήσει τις ανάγκες της σε προϊόντα πετρελαίου. Οι αλλαγές, που επήλθαν συνολικά στο πολιτικό και οικονομικό πεδίο της βιομηχανίας πετρελαίου μετά την πετρελαϊκή κρίση του 1973, επέδρασαν επίσης στο θαλάσσιο εμπόριο των προϊόντων πετρελαίου. Ορισμένες χώρες-παραγωγοί επένδυσαν στη δημιουργία βιομηχανίας διύλισης πετρελαίου, ώστε να μπορούν να εξάγουν προϊόντα παράλληλα

¹¹ Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος, Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006, κεφ.3^ο σελ.126.

¹² R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), edition 2008. σελ29.1.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

με το ακατέργαστο πετρέλαιο, που ήδη εξήγαγαν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Σαουδική Αραβία, η οποία δημιούργησε στα τέλη του 1970 δύο τέτοια εργοστάσια διύλισης. Πρέπει να επισημανθεί ότι η κύρια πηγή ανάπτυξης του θαλάσσιου εμπορίου προϊόντων πετρελαίου ήλθε από την άνοδο των Ασιατικών οικονομιών, των οποίων οι εισαγωγές αυξήθηκαν ραγδαία κατά τη δεκαετία της εκβιομηχάνισης τους από το 1985 ως το 1995.

Η θαλάσσια μεταφορά των προϊόντων πετρελαίου είναι πιο πολύπλοκη λειτουργικά σε σχέση με αυτή του αργού πετρελαίου. Στο θαλάσσιο εμπόριο των πετρελαϊκών προϊόντων υψηλής αξίας, ο όγκος του μεταφερόμενου φορτίου δεν είναι επαρκής για να δικαιολογήσει τη χρήση πολύ μεγάλων δεξαμενοπλοίων. Τα προϊόντα πετρελαίου μεταφέρονται γενικά σε δεξαμενόπλοια χωρητικότητας 6.000-100.000 dwt, τα οποία συχνά διαθέτουν ανοξειδωτες επικαλυπτόμενες δεξαμενές (Epoxy Coated Tanks). Τα πλοία αυτά είναι σχεδιασμένα με συστήματα χειρισμού του φορτίου, που επιτρέπουν την ταυτόχρονη μεταφορά διαφορετικών προϊόντων πετρελαίου στο ίδιο ταξίδι.

2.6 Οι τιμές πετρελαίου.

Οι τιμές του ακατέργαστου πετρελαίου συμπεριφέρονται αρκετά, όπως οποιαδήποτε άλλο προϊόν με την ευρεία ταλάντευση τιμών σε περιόδους έλλειψης ή υπερβολικής παροχής. Ο κύκλος τιμών του ακατέργαστου πετρελαίου μπορεί να επεκταθεί κατά τη διάρκεια αρκετών ετών, που ανταποκρίνονται σε αλλαγές στη ζήτηση¹³.

Η παραγωγή πετρελαίου δεν συμβαδίζει πάντα με τη ζήτηση, υπάρχουν δηλαδή εποχές, που η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την προσφορά ή το αντίθετο. Η σημερινή τιμή συχνά επηρεάζεται από τη σημερινή εκτίμηση για την αυριανή τιμή. Μακροπρόθεσμα η κατανάλωση είναι αυτή, που διαμορφώνει το ύψος της παραγωγής. Παρόλα αυτά η διαμόρφωση της τιμής του αργού πετρελαίου εξαρτάται άμεσα από την πορεία των παγκόσμιων οικονομικών και πολιτικών

¹³ BP Statistical Review of World Energy June 2008 σελ.16

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

εξελίξεων και κατά συνέπεια από την ύπαρξη σταθερότητας ,αναταραχής ή ακόμα και εμπόλεμης κατάστασης μεταξύ των λαών .

Διάγραμμα 2.1: Crude Oil Prices 1861-2007



Πηγή : BP Statistical Review of World Energy June 2008 σελ.16.

3. Διάκριση δεξαμενοπλοίων και εμπορική δραστηριότητα

3.1 Προσδιορισμός της έννοιας των δεξαμενοπλοίων.

Ορισμός:

Ως δεξαμενόπλοιο ορίζεται κάθε πλοίο, που είναι κατασκευασμένο να μεταφέρει χύδην υγρά φορτία. Τα σπουδαιότερα φορτία αυτής της μορφής είναι το αργό ή ακάθαρτο πετρέλαιο (crude ή dirty oil) και τα προϊόντα πετρελαίου (oil products), τα υγροποιημένα αέρια σε φυσική και επεξεργασμένη μορφή, ενώ επίσης με δεξαμενόπλοια μπορούν να μεταφέρονται και άλλα χύδην υγρά φορτία, όπως χημικά, κρασί, φυτικά έλαια κ.α¹⁴.

Τα χύδην υγρά φορτία αποθηκεύονται σε δεξαμενές, ο χειρισμός τους γίνεται με αντλίες και η μεταφορά τους με δεξαμενόπλοια. Το αργό πετρέλαιο έχει μικρές απαιτήσεις ειδικού χειρισμού και μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλες ποσότητες. Αντίθετα πολλά χημικά φορτία είναι τοξικά και πρέπει να μεταφέρονται μέσα σε ειδικές δεξαμενές. Τα υγροποιημένα αέρια (liquefied gasses) απαιτούν πλοία με ψυκτικές δυνατότητες ή δεξαμενές πίεσης.

¹⁴ Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος, Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006, κεφ.3^ο σελ.71.

3.2 Η διάκριση των δεξαμενοπλοίων αναφορικά με τον τύπο του μεταφερόμενου φορτίου

Η αγορά των δεξαμενοπλοίων είναι ιδιαίτερα τμηματοποιημένη (highly segmented). Τα δύο βασικά κριτήρια τμηματοποίησης είναι ο τύπος του μεταφερόμενου φορτίου και το μέγεθος των πλοίων.

Με βάση τον τύπο του μεταφερόμενου φορτίου, διακρίνονται σε:

- α) δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού ή ακάθαρτου πετρελαίου.
- β) δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου.
- γ) εξειδικευμένα δεξαμενόπλοια, όπως είναι τα πλοία μεταφοράς υγρών χημικών, τα πλοία μεταφοράς υγραερίου και τα πλοία παράκτιας βιομηχανίας.

3.3 Η διάκριση των δεξαμενοπλοίων αναφορικά με το μέγεθος

Τα δεξαμενόπλοια ποικίλλουν σε μέγεθος. Ξεκινούν από μερικές εκατοντάδες τόνους, τα οποία εξυπηρετούν μικρά λιμάνια, ή ναύσταθμους και φτάνουν μέχρι μερικές εκατοντάδες χιλιάδες τόνους, τα οποία χρησιμοποιούνται για μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις.

Με βάση το μέγεθος τους διακρίνονται σε:

- α) Ultra Large Crude Carriers (ULCC): Το μέγεθος τους κυμαίνεται μεταξύ 320.000 - 550.000 dwt.

Τα δεξαμενόπλοια αυτής της κατηγορίας έχουν τη δυνατότητα μεταφοράς παραπάνω από τέσσερα εκατομμύρια βαρέλια. Το ωφέλιμο φορτίο των ULCC υπερβαίνει τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης των περισσότερων λιμένων, ενώ επίσης το μέγεθος αυτών των σκαφών περιορίζει τον αριθμό λιμένων που μπορούν αυτά να προσεγγίσουν. Οι αυξανόμενες λειτουργικές δαπάνες σχετικές με τις πολλαπλές φορτώσεις και εκφορτώσεις στους λιμένες, μειώνουν τις οικονομίες κλίμακας που

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

προσφέρονται με αυτά τα μεγάλα σκάφη¹⁵.

β) Very Large Crude Carriers (VLCC): Το μέγεθος τους κυμαίνεται μεταξύ 200.000 – 320.000 dwt.

Τα δεξαμενόπλοια τέτοιου τύπου σχεδιάζονται για τη μεταφορά των ακατέργαστων πετρελαίων στα μεγαλύτερα ταξίδια και εξασφαλίζουν ένα ωφέλιμο φορτίο περίπου δύο εκατομμυρίων βαρελιών. Τα σκάφη για το Ιαπωνικό εμπόριο τείνουν να είναι ελαφρώς μικρότερα (200.000 έως 250.000 dwt), εξαιτίας των περιορισμών ως προς το μέγεθος σε μερικά Ιαπωνικά τερματικά.

γ) Suezmax : Το μέγεθος τους κυμαίνεται μεταξύ 120.000 - 200.000 dwt.

Τα δεξαμενόπλοια αυτής της κατηγορίας προορίζονται κανονικά για τη διέλευση μέσω της διώρυγας του Σουέζ, στην περίπτωση φόρτωσης στην ίσαλο σχεδίασης και έχουν χαρακτηριστικά περίπου 150.000 tonnes deadweight και ένα ωφέλιμο φορτίο περίπου ενός εκατομμυρίου βαρελιών. Μπορούν να διευθετήσουν πολλούς διαφορετικούς βαθμούς (τρεις βαθμοί είναι το πιο σύνηθες) και μερικές φορές προορίζονται για τη μεταφορά των βαρύτερων ακατέργαστων πετρελαίων.

δ) Aframax : Το μέγεθος τους κυμαίνεται μεταξύ 80.000 - 120.000 dwt.

Τα δεξαμενόπλοια τύπου Aframax διαμορφώθηκαν αρχικά για να λάβουν τις καλύτερες τιμές από τις πετρελαϊκές εταιρείες , γεγονός που ωφέλησε ιδιαίτερα τα δεξαμενόπλοια που ήταν μικρότερα από 100.000 dwt.

ε) Panamax : Το μέγεθος τους κυμαίνεται μεταξύ 60.000 - 80.000 dwt.

Τα δεξαμενόπλοια αυτής της κατηγορίας προορίζονται κανονικά για τη διέλευση μέσω του καναλιού του Παναμά, στην περίπτωση φόρτωσης στην ίσαλο σχεδίασης και σχεδιάζονται για τη μεταφορά του αργού πετρελαίου ή των προϊόντων πετρελαίου στους κοντύτερους εμπορικούς δρόμους. Το μέγιστο νεκρό βάρος (deadweight) ενός δεξαμενόπλοιου Panamax μπορεί να είναι 80.000 tonnes,

¹⁵R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ29-3 .

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια από αυτό θα ήταν δύσκολο να διέλθουν από το κανάλι του Παναμά.

στ) Handysize : Το μέγεθος τους κυμαίνεται μεταξύ 10.000 - 60.000 dwt.

Αποτελούν τα μικρότερα πλοία της κατηγορίας και προορίζονται κατά κύριο λόγο για τη μεταφορά κατεργασμένων ή ημικατεργασμένων προϊόντων πετρελαίου.

Αν και οι αναλογίες των μεγεθών των δεξαμενοπλοίων διπλού τοιχώματος έχουν αλλάξει κάπως, το γενικό μέγεθος είναι συγκρίσιμο με τα δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος του τύπου SBT, δηλ. δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος (Segregated ballast tanks), που είναι χτισμένα σύμφωνα με τους κανονισμούς της σύμβασης MARPOL του 78, Regulation 13.

3.4 Παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος των δεξαμενοπλοίων

¹⁶Τα μεγέθη των σύγχρονων δεξαμενοπλοίων υπαγορεύονται κυρίως από τη βαθμιαία αύξηση της ζήτησης για θαλάσσια μεταφορά πετρελαίου αλλά επιπλέον και από τον τύπο πετρελαίου που μεταφέρουν, από το μήκος ταξιδιών, τα φυσικά όρια των λιμένων και των καναλιών και τα προτιμώμενα μεγέθη μεταφοράς.

¹⁷Μετά από τις έντονες ανόδους τιμών προς το τέλος της δεκαετίας του 1970, οι σημαντικότερες εταιρείες πετρελαίου έχασαν την κυρίαρχη θέση τους στη αγορά και δεν ήταν πλέον ικανές να στείλουν τα φορτία του ουσιαστικά απεριόριστου μεγέθους. Το ULCC έπρεπε, έτσι να περάσει από ένα μεγάλο αριθμό λιμένων για να καταφέρει να συγκεντρώσει ένα πλήρες φορτίο, οι δαπάνες του οποίου είχαν επιπτώσεις στα λειτουργικά έξοδα. Παρόλα αυτά, η αύξηση στο μέγεθος σκαφών που συνδέεται με τις γενικές βελτιώσεις στην αποδοτικότητα, έχει επιτρέψει στο κόστος μεταφοράς, του πετρελαίου να παραμείνει σταθερό σε περίπου \$1,00 ανά βαρέλι. Ενώ στις αρχές της

¹⁶ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29, edition 2008 σελ29-3.

¹⁷ David Glen, The tanker market: Current structure and economic analysis. David Glen* and Brendan Martin.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

δεκαετίας του 50 το κόστος της θαλάσσιας μεταφοράς αποτελούσε το 50% της παραδοθείσας τιμής πετρελαίου, οι σύγχρονες δαπάνες μεταφοράς κυμαίνονται μεταξύ 5 και 10% της παραδοθείσας τιμής.

Οι περιορισμοί λιμένων περιλαμβάνουν συχνά όρια στο βύθισμα, μερικές φορές στο μήκος, στο πλάτος αλλά και στο ύψος του πλοίου, παραδείγματος χάριν τα μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια δεν μπορούν να διέλθουν από τα ρηγά ύδατα των λιμένων του κόλπου του Μεξικού. Το ακατέργαστο πετρέλαιο από τη Μέση Ανατολή μεταφέρεται γενικά σε VLCC ή ULCC και έπειτα μοιράζεται σε μικρότερα δεξαμενόπλοια, ώστε να ικανοποιηθούν και περιοχές, που οι φυσικοί περιορισμοί δεν επιτρέπουν τη διέλευση των μεγάλων δεξαμενοπλοίων. Έτσι για παράδειγμα λιμένες ακτών της Αμερικής αλλά και του Περσικού Κόλπου περιορίζουν τα δεξαμενόπλοια (περίπου 80.000 dwt) στο μέγεθος Aframax ή μικρότερα. Οπότε πλοία σχεδιασμένα όσο το δυνατό με μικρότερο βύθισμα συγκεντρώνουν πολλά ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα, αφού ικανοποιούν μεγάλο μέρος των περιοχών ζήτησης.

Τα κανάλια μπορούν σημαντικά να μειώσουν τα μήκη των διαδρομών, αλλά συχνά οδηγούν σε περιορισμούς στο μέγεθος των σκαφών. Παραδείγματος χάριν, τα δεξαμενόπλοια Suezmax (περίπου 150.000 dwt) είναι τα μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια, που μπορούν να διέλθουν το κανάλι Σουέζ σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης (full load). Ένα VLCC, που κατευθύνεται δυτικά από τον Περσικό Κόλπο μπορεί να διέλθει το κανάλι Σουέζ μόνο αν ξεφορτώσει μέρος του φορτίου του για παράδειγμα, στον αγωγό πετρελαίου SUMED και να το παραλάβει το ίδιο ή κάποιο άλλο πλοίο σε κάποιο άλλο σημείο του αγωγού. Ένα VLCC όταν δεν είναι σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης, μπορεί να διέλθει κατευθυνόμενο Νότια μέσω του καναλιού Σουέζ, ενώ ένα ULCC δεν μπορεί. Ομοίως, το πλάτος και το βύθισμα αποτελούν περιοριστικό παράγοντα για τη διέλευση του καναλιού του Παναμά, αφού καθίσταται δυνατό μόνο σε δεξαμενόπλοια μεγέθους περίπου 60.000 με 65.000 dwt να διέλθουν το κανάλι.

3.5 Εμπορική δραστηριότητα των δεξαμενοπλοίων

Τα ULCC και τα VLCC χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τη μεταφορά αργού πετρελαίου , τα Suezmax, τα Aframax και τα Panamax απασχολούνται κυρίως για τη μεταφορά αργού πετρελαίου αλλά και τη μεταφορά προϊόντων πετρελαίου, εάν διαθέτουν κατάλληλες δεξαμενές και εξοπλισμό χειρισμού του φορτίου, ενώ τα Handysize μεταφέρουν κατά βάση κατεργασμένα ή ημικατεργασμένα προϊόντα πετρελαίου.

¹⁸Τα χύδην υγρά φορτία, που μεταφέρονται δια θαλάσσης, όπως το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου, τα υγροποιημένα αέρια σε φυσική μορφή (LNG) και σε επεξεργασμένη μορφή (LPG), τα υγρά χημικά, όπως η αμμωνία, το φωσφορικό οξύ κ.λ.π. αντιστοιχούν περίπου στο μισό του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου. Με το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου να καταλαμβάνουν τους μεγαλύτερους όγκους μεταφοράς και την πιο σημαντική θέση της αγοράς.

¹⁸ Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος, Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006, κεφ.3^ο σελ.72.

4. Δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος, ανάγκη αλλαγής, θεσμικό πλαίσιο που υπόκεινται τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια

4.1 Κατασκευαστικά στοιχεία των δεξαμενοπλοίων μονού τοιχώματος

Παραδοσιακά, τα πετρελαιοφόρα πλοία κατασκευάζονταν με μονό κέλυφος. Το κύριο κατασκευαστικό γνώρισμα αυτών των πλοίων είναι η ύπαρξη μονού ελάσματος (είτε στα ύφαλα, είτε στα πλευρικά τοιχώματα των δεξαμενών), το οποίο χωρίζει το φορτίο από το θαλάσσιο περιβάλλον¹⁹.

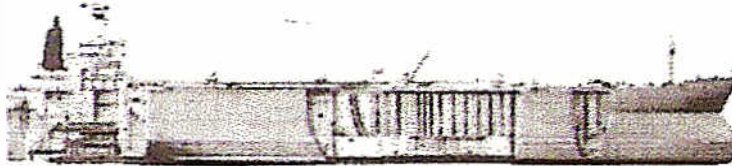
Το “design” των δεξαμενοπλοίων αυτών βασίζεται σ' ένα απλό και δοκιμασμένο σύστημα, σύμφωνα με το οποίο κατά μήκος του πλοίου κατασκευάζονται οι κεντρικές δεξαμενές (center tanks) για την υποδοχή του φορτίου, καθώς και οι πλευρικές σ' αυτές δεξαμενές (wing tanks) για ερματισμό (segregated ballast tanks - SBT)²⁰. Τα δεξαμενόπλοια διαθέτουν το δικό τους εξοπλισμό φορτοεκφόρτωσης, ο οποίος περιλαμβάνει τουλάχιστον τέσσερις αντλίες με μεγάλη ταχύτητα λειτουργίας και ένα γερανό χειρισμού των παραπάνω αντλιών. Ωστόσο, ο ρυθμός φορτοεκφόρτωσης εξαρτάται επίσης από τις ευκολίες υποδοχής του λιμανιού, τις κλιματολογικές συνθήκες κ.α. Ακόμη τα δεξαμενόπλοια διαθέτουν σύγχρονο εξοπλισμό καθαρισμού των δεξαμενών φορτίου (crude oil wash system-cow) και σε αντίθεση με τον καθαρισμό των αμπαριών στα πλοία ξηρού φορτίου, ο καθαρισμός των δεξαμενών στα δεξαμενόπλοια είναι πιο πολύπλοκος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεξαμενόπλοια

¹⁹ Ε. Γεωργαντόπουλος – Γ. Βλάχος, Ναυτιλιακή Οικονομική εκδόσεις Τζέι & Τζέι Ελλάς –Πειραιάς 2003 , κεφ.6^ο σελ.338.

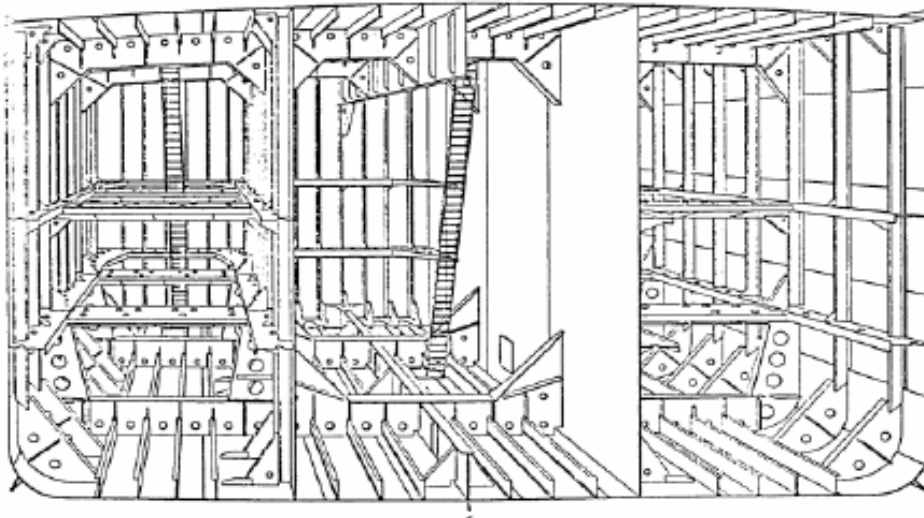
²⁰ Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος , Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006, κεφ.3^ο σελ.72.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

διαθέτουν επίσης σπείρες θέρμανσης του φορτίου για τις περιπτώσεις, που το φορτίο έχει γίνει παχύρρευστο και δεν μπορεί να φορτοεκφορτωθεί από τις αντλίες.



Σχήμα 4.1: Η μέση τομή ενός δεξαμενόπλοιου Single Hull σε τρισδιάστατη απεικόνιση



Πηγή : Germanischer Lloyd- Design of double hull tankers, Presentation at National Technical University of Athens, May 2005 σελ.10.

4.2 Ανάγκη αλλαγής των δεξαμενοπλοίων μονού τοιχώματος σε διπλού τοιχώματος

Τα τελευταία έτη, είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη η αντίληψη ότι τα περισσότερα ναυτικά ατυχήματα με δεξαμενόπλοια, τα οποία είχαν ως αποτέλεσμα τη διαρροή μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου και κατά επέκταση τη δημιουργία πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα οφείλονται στην κατασκευαστική ανεπάρκεια των ελασμάτων του πλοίου. Ωστόσο, υποστηρίχθηκε ότι ένα αποτελεσματικό μέσο για την αποτροπή του κινδύνου της διαρροής πετρελαίου, ως αποτέλεσμα σύγκρουσης ή προσάραξης ενός δεξαμενόπλοιου είναι να περιληφθούν οι δεξαμενές του φορτίου από ένα δεύτερο εσωτερικό έλασμα. Έτσι λοιπόν, δημιουργήθηκαν νέα πρότυπα και προδιαγραφές στη μεταλλική κατασκευή των δεξαμενοπλοίων, τα οποία συνεπάγονται το σχεδιασμό διπλού περιβλήματος, ο οποίος μειώνει τον κίνδυνο της θαλάσσιας ρύπανσης²¹.

Ωστόσο, τα τελευταία, έτη, οι διεθνείς οργανισμοί έχουν προχωρήσει στην υιοθέτηση κανονισμών, έτσι ώστε να επιτευχθεί η σταδιακή απομάκρυνση των δεξαμενοπλοίων "μονού κελύφους" και η αντικατάσταση αυτών από δεξαμενόπλοια "διπλού περιβλήματος". Μάλιστα, σύμφωνα με τα στοιχεία του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού IMO, το έτος 2015 έχει οριστεί ως καταληκτική ημερομηνία για την απόσυρση των "Single Hull" δεξαμενοπλοίων.

4.3 Το θεσμικό πλαίσιο που υπόκεινται τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια

Η υφιστάμενη δομή της αγοράς δεξαμενοπλοίων έχει επηρεαστεί καθοριστικά από τις θεσμικές μεταβολές, που επιβλήθηκαν από την Αμερικανική κυβέρνηση και το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (International Maritime Organization, IMO), έπειτα από ορισμένα μεγάλα θαλάσσια ατυχήματα, που έλαβαν χώρα στο παρελθόν.²² Η θέσπιση

²¹ Ε. Γεωργαντόπουλος – Γ. Βλάχος, Ναυτιλιακή Οικονομική εκδόσεις Τζέι & Τζέι Ελλάς –Πειραιάς 2003 ,κεφ.6^ο σελ.339-340.

²² Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος, Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006, κεφ.3^ο σελ.76.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

της Αμερικανικής νομοθεσίας Oil Pollution Act του 1990, έπειτα από το ατύχημα του Exxon Valdez, επέφερε τις ακόλουθες συνέπειες στην αγορά των δεξαμενοπλοίων :

α) Όλα τα νέα δεξαμενόπλοια άνω των 20.000 dwt πρέπει πλέον να κατασκευάζονται με διπλά τοιχώματα και διπλούς πυθμένες (double hull & double bottom) με βάση τον Κανονισμό 13F του IMO , που τέθηκε σε ισχύ το 1992.

β) Ο IMO υιοθέτησε ένα πρόγραμμα απόσυρσης των υφιστάμενων μονοπύθμενων δεξαμενοπλοίων με βάση τον κανονισμό 13G.

γ) Όλα τα δεξαμενόπλοια, που προσεγγίζουν σε λιμάνια των Η.Π.Α. πρέπει να διαθέτουν πιστοποιητικό οικονομικής ευθύνης (certificate of financial responsibility) παρέχοντας εγγύηση ότι μπορούν να καλύψουν το κόστος οποιουδήποτε ατυχήματος για το οποίο πιθανόν να κριθούν υπεύθυνα.

δ) Εάν αποδειχθεί ότι ένα ατύχημα οφείλεται σε αμέλεια του πλοιοκτήτη, η ευθύνη του είναι πλέον απεριόριστη.

Το 1999 το ατύχημα του μονοπύθμενου Erika και η ρύπανση που προκάλεσε στις ακτές της Γαλλίας και στη συνέχεια το ατύχημα του μονοπύθμενου Prestige και η ρύπανση που προκάλεσε στις ακτές της Ισπανίας το 2002, επέφεραν στην αγορά τις ακόλουθες συνέπειες:

α) Έπειτα από πιέσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο IMO υιοθέτησε το Δεκέμβριο του 2003 επιταχυνόμενο πρόγραμμα απόσυρσης των υφιστάμενων μονοπύθμενων δεξαμενοπλοίων (τροποποιώντας τον κανονισμό 13G της σύμβασης MARPOL 73/78) με βάση το οποίο μέχρι το 2010 ή 2015 θα πρέπει να αποσυρθούν από την αγορά όλα τα εν λόγω πλοία.

β) Υπεύθυνος για ατυχηματική θαλάσσια ρύπανση μπορεί να κριθεί όχι μόνο ο πλοιοκτήτης, αλλά και ο ναυλωτής του δεξαμενόπλοιο.

γ) Τα δεξαμενόπλοια διπλού τοιχώματος αποκομίζουν υψηλότερους ναύλους από τα μονοπύθμενα δεξαμενόπλοια.

4.4 Ιστορική εξέλιξη των θεσμοθετημένων κανονισμών σχεδίασης των δεξαμενοπλοίων

Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες για την ασφάλεια σχετικά με τη μεταφορά του πετρελαίου έχουν οδηγήσει στην υιοθέτηση πολυάριθμων κανονισμών και οδηγιών. Υπάρχουν καταστατικά, διεθνείς συμβάσεις, ενώ παράλληλα λιμενικές αρχές και Νηογνώμονες διαθέτουν κανονισμούς, που καλύπτουν τη σχεδίαση, την κατασκευή και τα πρότυπα επιθεώρησης. Οργανισμοί, όπως το διεθνές θαλάσσιο φόρουμ επιχειρήσεων πετρελαίου (Oil Companies International Maritime Forum), το συνεταιριστικό φόρουμ κατασκευής δεξαμενοπλοίων (Tanker Structure Co-operative Forum) και η διεθνής ένωση των ανεξάρτητων ιδιοκτητών δεξαμενοπλοίων (INTERTANKO) έχουν δημοσιεύσει επίσης οδηγίες για ποικίλα θέματα σχετικά με τα δεξαμενόπλοια²³.

Λόγω της παγκόσμιας φύσης του εμπορίου των δεξαμενοπλοίων, οι περισσότεροι κανονισμοί, που αφορούν τη σχεδίαση και την κατασκευή των δεξαμενοπλοίων είναι διεθνείς, ενώ οι τοπικοί κανονισμοί αναφέρονται μόνο σε εσωτερικούς εμπορικούς δρόμους ή περιορίζονται στις λειτουργικές απαιτήσεις. Οι διεθνείς κανονισμοί αναπτύσσονται υπό την αιγίδα του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού IMO, ο οποίος είναι αρμόδιος για την ασφάλεια και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Οι κανονισμοί του IMO, που εξετάζουν την πρόληψη της ρύπανσης από τα δεξαμενόπλοια περιλαμβάνονται πρωτίστως στη διεθνή σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία του 1973 και το πρωτόκολλο του 1978 (MARPOL 73/78). Όπως φαίνεται στο ακόλουθο κείμενο η σύμβαση MARPOL 73/78 και οι τροποποιήσεις της εφαρμόστηκαν αμέσως μετά από διάφορα σοβαρά ατυχήματα δεξαμενοπλοίων με ύπαρξη θυμάτων .

Το TORREY CANYON προσάραξε σε νότια ακτή της Αγγλίας το 1967, που είχε ως αποτέλεσμα τη διαρροή στη θάλασσα περίπου 900.000 βαρελιών ακατέργαστου πετρελαίου σε μια περιοχή εξαρτώμενη από την αλιεία και τον τουρισμό

²³ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ29-4 έως29-6.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

και προκάλεσε το παγκόσμιο ενδιαφέρον γύρω από τα ενδεχομένως καταστρεπτικά αποτελέσματα της ρύπανσης από τα δεξαμενόπλοια. Το γεγονός αυτό, οδήγησε στην υιοθέτηση της σύμβασης MARPOL. Για να μειωθούν τα λειτουργικά έξοδα, οι απαιτήσεις για τις δεξαμενές καταλοίπων (Slop Tanks) , τις δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος (SBT, segregated ballast tank) και το σύστημα πλύσης των δεξαμενών φορτίου με αργό πετρέλαιο (Crude Oil Washing , Cow) εισήχθησαν. Η ρύπανση από τα ατυχήματα εξετάζεται μέσω των απαιτήσεων για τη σταθεροποίηση της ζημιάς, την υποθετική εκροή και τους περιορισμούς στα μεγέθη των δεξαμενών. Οι απαιτήσεις αδρανούς αερίου (Inert Gas) εισήχθησαν επίσης, σε απάντηση μιας σειράς εκρήξεων σε VLCC κατά τη διάρκεια της πρόσφατης δεκαετίας του 1960.

²⁴Τα δεξαμενόπλοια , που κατασκευάζονται πριν από τη σύμβαση MARPOL του 1973, ονομάζονται δεξαμενόπλοια προ MARPOL σύμβασης και διαθέτουν μερικές δεξαμενές που αλλάζουν χρήση, δηλαδή μετατρέπονται σε δεξαμενές φορτίου στην κατάσταση πλήρους φόρτωσης και όταν δεν μεταφέρουν φορτίο μετατρέπονται σε δεξαμενές έρματος.

Κατά την αναχώρηση από το λιμένα, έρμα τίθεται στις αποκαλούμενες “βρώμικες” δεξαμενές έρματος (dirty ballast tanks), ενώ κατά τη διάρκεια του ταξιδιού κάποιες δεξαμενές φορτίου, οι καθαρές δεξαμενές έρματος (clean ballast tanks) καθαρίζονται με νερό και γεμίζονται με καθαρό έρμα, έτσι ώστε να μπορεί να αποβληθεί στο λιμένα φόρτωσης. Στο μεταξύ, το έρμα από τις “βρώμικες” δεξαμενές έρματος (dirty ballast tanks) , μετά από τη φόρτωση του πλοίου ρίχνεται στη θάλασσα. Αναπόφευκτα, μικρές ποσότητες πετρελαίου παρασύρονται μερικές φορές με το έρμα. Μόνιμες δεξαμενές έρματος παρέχονται επίσης, οι οποίες δεν φέρουν ποτέ πετρέλαιο, αλλά χρησιμοποιούνται για το έρμα στην κατάσταση Ballast, για λόγους ευστάθειας και αντοχής .

²⁵Η σύμβαση MARPOL 73 απαίτησε τα νέα δεξαμενόπλοια μεγαλύτερα από 20.000 dwt να έχουν πλήρως διαχωρισμένα τα συστήματα φορτίου και έρματος (αποκαλούμενα δεξαμενόπλοια με διαχωρισμένη δεξαμενή έρματος SBT), ώστε να

²⁴ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ29-4 έως29-6.

²⁵ A revised schedule for the phasing out by IMO

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

περιοριστεί η απαλλαγή των ελαιούχων υπολειμμάτων στο έρμα .

Για να ικανοποιηθεί η επιπρόσθετη ποσότητα έρματος, που απαιτείται σε ένα δεξαμενόπλοιο SBT οδηγήθηκαμε στην αύξηση του μεγέθους των συγκεκριμένων πλοίων, χωρίς μια αντίστοιχη αύξηση στην ποσότητα των μεταφερόμενων φορτίων. Εκτιμώντας ότι τα δεξαμενόπλοια της προ MARPOL σύμβασης έχουν περιορισμούς ως προς το dwt, τα δεξαμενόπλοια SBT έχουν περιορισμούς στον όγκο. Η πιο συμφέρουσα λύση επιτεύχθηκε μέσω της αύξησης του ύψους, γεγονός το οποίο μείωνε την αναλογία βυθίσματος ύψους, έτσι η αναμενόμενη εκροή σε περίπτωση κάποιας ενδεχόμενης ζημιάς στον πυθμένα αυξήθηκε κατά 30% ή και περισσότερο.

Μια σειρά ατυχημάτων δεξαμενοπλοίων στη δεκαετία του 1970 ανανέωσε το δημόσιο ενδιαφέρον για τη μείωση της ρύπανσης από τα δεξαμενόπλοια. Δεδομένου της προσάραξης του AMOCO CADIZ το 1978, εισήχθησαν νέες απαιτήσεις Solas για το εφεδρικό σύστημα πηδαλιούχησης, έτσι ώστε να παρέχεται ένα επιπλέον μέτρο προστασίας, ενάντια στην εκροή του πετρελαίου στη θάλασσα σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης. Η σύμβαση Solas εισήγαγε την έννοια των προστατευτικά τοποθετημένων διαστημάτων (PL). Ο συγκεκριμένος κανονισμός απαιτεί τις δεξαμενές έρματος να είναι τοποθετημένες σε συγκεκριμένες θέσεις. Δυστυχώς όμως αυτό δεν βελτίωσε την εκροή πετρελαίου σε περίπτωση κάποιας ενδεχόμενης προσάραξης ή σύγκρουσης σε δεξαμενόπλοια SBT.²⁶

Το Μάρτιο του 1989, το EXXON VALDEZ προσάραξε στο βράχο Bligh στο Prince William Sound, στην Αλάσκα. Η έκχυση πάνω από 260.000 βαρελιών του ακατέργαστου πετρελαίου σε αυτό το θαλάσσιο περιβάλλον άλλη μια φορά έφερε τα δεξαμενόπλοια στην πρώτη γραμμή της δημόσιας προσοχής και ώθησε το Αμερικανικό Κογκρέσο στο να λάβει γρήγορα μέτρα. Μέσα σε έξι μήνες, το συνέδριο είχε περάσει τη νομοθεσία : Oil Pollution Act του 1990 (OPA 90). Η πρόθεση της OPA 90 ήταν να μετριάσει τη ρύπανση μέσω βελτιώσεων στο σχεδιασμό των δεξαμενοπλοίων, βελτιώσεων στη λειτουργία και την ετοιμότητα αντιμετώπισης διαρροών . Η OPA 90 υποχρεώνει όλα τα νέα δεξαμενόπλοια, που κάνουν εμπόριο σε Αμερικανικά ύδατα είτε να έχουν διπλά τοιχώματα, είτε μια εναλλακτική ισοδύναμη διάταξη. Από τον

²⁶ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ29-4 έως29-6.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

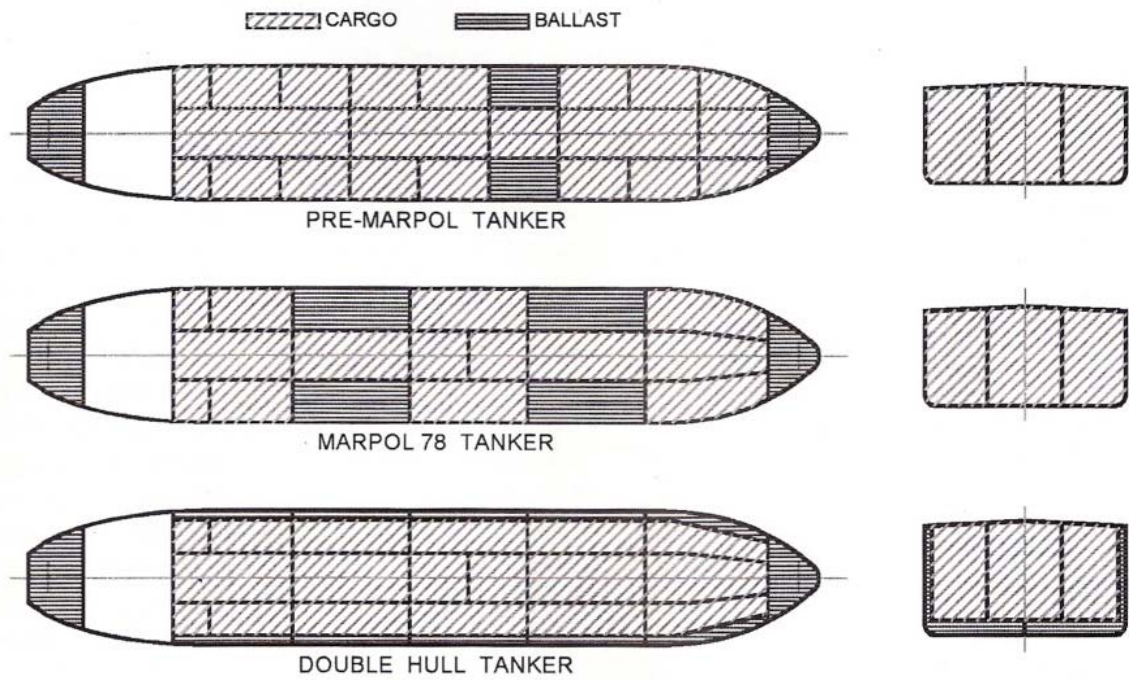
Αύγουστο του 2003, η ακτοφυλακή των Ηνωμένων Πολιτειών (USCG) δεν είχε δεχτεί οποιαδήποτε άλλα σχέδια ως ισοδύναμα με τα πρότυπα των διπλών τοιχωμάτων. Μετά από την εντατική μελέτη από τον IMO για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των διπλών τοιχωμάτων και των εναλλακτικών ρυθμίσεων, εισήχθησαν οι τροποποιήσεις του 1992 της σύμβασης MARPOL 73/78.

²⁷Ο κανονισμός 13F της σύμβασης MARPOL καθιέρωσε τα διπλά τοιχώματα ή τα ισοδύναμα τους ως διεθνή πρότυπα. Ο συγκεκριμένος κανονισμός θέτει τις ελάχιστες διαστάσεις για τα διπλά τοιχώματα, καθώς επίσης και τις απαιτήσεις για τη διανομή έρματος, που διοχετεύεται με σωληνώσεις μέσα στις δεξαμενές φορτίου και την εκτίμηση ζημιάς του πυθμένα. Σύμφωνα με τους κανονισμούς της σύμβασης MARPOL, ο σχεδιασμός του τύπου των ενδιάμεσων καταστρωμάτων δεξαμενοπλοίων θεωρείται αποδεκτή λύση, σε αντίθεση δε με τη λύση των διπύθμενων, η λύση των ενδιάμεσων καταστρωμάτων διαθέτει ένα ενδιάμεσο κατάστρωμα, που διαιρεί το διάστημα του φορτίου σε ανώτερες και χαμηλότερες δεξαμενές. Το επίπεδο του ενδιάμεσου καταστρώματος επιλέγεται, έτσι ώστε η εσωτερική πίεση που ασκείται από το φορτίο στον πυθμένα να είναι μικρότερη από την εξωτερική, που ασκείται από τη θάλασσα. Αυτή η ρύθμιση μειώνει την αναμενόμενη εκροή πετρελαίου σε μια ισχυρή σύγκρουση.

²⁷ www.imo.org/

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 4.2 : Τυπική διάταξη δεξαμενών τριών τύπων δεξαμενοπλοίων (Pre-Marpol Tanker, Marpol 78 Tanker, Double Hull Tanker)



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-5.

5. Η τεχνική προσέγγιση των σύγχρονων δεξαμενοπλοίων, κατασκευαστικά στοιχεία.

5.1 Η λειτουργία των σύγχρονων δεξαμενοπλοίων

Πολλά συστήματα συμβάλλουν στη γενικότερη λειτουργία ενός δεξαμενόπλοιου και στην εκπλήρωση της αποστολής του, για να μεταφέρει το πετρέλαιο ακίνδυνα και οικονομικά. Η αναποτελεσματικότητα ή η αποτυχία κάποιου από αυτά τα συστήματα μπορεί να υποβαθμίσει σοβαρά ολόκληρη τη λειτουργία. Οι διάφορες λειτουργίες και τα συστήματα συσχετίζονται και επομένως μια αποτελεσματική προσέγγιση όλων των συστημάτων απαιτείται για την ανάπτυξη ενός επιτυχούς σχεδιασμού .

²⁸Τα συστήματα, που αφορούν στην αποθήκευση και τη μεταφορά του φορτίου περιλαμβάνουν τις δεξαμενές φορτίου, τους καταμετρητές δεξαμενών, τις σωληνώσεις του φορτίου, τη θέρμανση, τον καθαρισμό, τη χρήση αδρανούς αερίου και τον εξαερισμό των δεξαμενών φορτίου. Οι δεξαμενές εκτείνονται από την πρυμναία δεξαμενή φορτίου ή Slop tank (δεξαμενή καταλοίπων) έως την προραία Φρακτή σύγκρουσης (Collision Bulkhead). Σύμφωνα με τους κανονισμούς, η περιοχή του φορτίου πρέπει να περιβάλλεται πλήρως από διπλά τοιχώματα ή από άλλα ισοδύναμα μέσα προστασίας ενάντια στην έκχυση πετρελαίου από πιθανές συγκρούσεις ή προσαράξεις. Στα συμβατικά δεξαμενόπλοια, το αντλιοστάσιο βρίσκεται μεταξύ των δεξαμενών φορτίου και της προραίας Φρακτής μηχανοστασίου . Η πρόσβαση στο χώρο αυτό παρέχεται από το κύριο κατάστρωμα. Η τάση για τη μείωση του ανθρώπινου

²⁸ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-6.

δυναμικού σε συνδυασμό με τη Διεθνή Συνθήκη σχετικά με τα πρότυπα της κατάρτισης, πιστοποίησης και επιτήρησης για τους ναυτικούς (Standards for Training Certification and Watchkeeping STCW) και άλλα πρότυπα εργασίας ενθαρρύνουν έναν υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης στα συστήματα φορτίου και έρματος. Τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια διαθέτουν τηλεχειρισμούς των συχνά χρησιμοποιημένων βαλβίδων και του εξοπλισμού. Ο έλεγχος και η παρακολούθηση των συστημάτων φορτίου και έρματος παρέχονται χαρακτηριστικά από το δωμάτιο ελέγχου φορτίου. Το δωμάτιο ελέγχου φορτίου πρέπει να διαθέτει ανεμπόδιστο οπτικό πεδίο προς το σημείο του συλλέκτη των πολλαπλών σωληνώσεων (manifold) και πρέπει να βρίσκεται συνήθως στο μπροστινό μέρος των υπερκατασκευών στο κύριο κατάστρωμα ή ένα κατάστρωμα υψηλότερα από αυτό.

Το αντλιοστάσιο περιλαμβάνει επίσης αντλίες φορτίου και έρματος, αντλίες αποστράγγισης, αντλία πλύσης αργού πετρελαίου, σπείρες θέρμανσης και εξαγωγές. Το δωμάτιο αντλιών αποτελεί ένα επικίνδυνο περιβάλλον και ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να ληφθεί για να μετριαστεί ο κίνδυνος πυρκαγιάς και έκρηξης.

Το πετρέλαιο φορτώνεται από τη ξηρά μέσω βραχιόνων και μανικών φόρτωσης σε ένα συλλέκτη πολλαπλών σωληνώσεων (manifold) στο μέσον του πλοίου και από εκεί με τη βοήθεια της βαρύτητας στις δεξαμενές φορτίου. Για την εκφόρτωση του φορτίου, αντλίες αναρροφούν το πετρέλαιο από τις δεξαμενές φορτίου και το φέρουν στο συλλέκτη. Ο αριθμός αντλιών και η διάταξη των σωληνώσεων επηρεάζονται κυρίως από τον αριθμό βαθμών του φορτίου, που πρέπει να μεταφερθεί ταυτόχρονα. Κάθε διαχωρισμός είναι αυτόνομος, εξοπλισμένος με ανεξάρτητες σωληνώσεις, καθώς και με ανεξάρτητη αντλία φορτίου για να αποτρέψει τη νόθευση ή την πρόσμιξη μεταξύ των βαθμών.

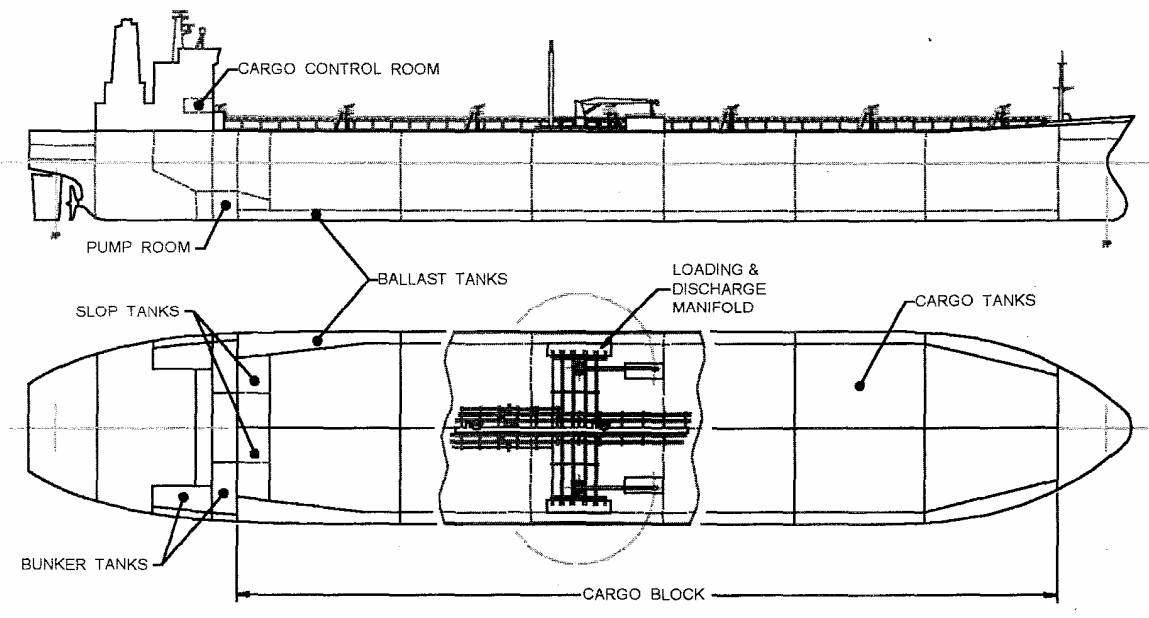
Τα δεξαμενόπλοια είναι εξοπλισμένα με σύστημα καθαρισμού των δεξαμενών φορτίου, το οποίο χρησιμοποιεί τη φυσική δράση της διάλυσης του ακατέργαστου πετρελαίου για να μειώσει προσκολληθέντα υπολείμματα. Η ζεστή και κρύα πλύση με νερό, επίσης παρέχεται για τον καθαρισμό των δεξαμενών φορτίου πριν από κάποια επιθεώρηση ή κάποιο ελλιμενισμό. Οι δεξαμενές καταλοίπων (Slop Tanks) που χρησιμοποιούνται για τη φύλαξη κατά τη διάρκεια του ταξιδιού υπολειμμάτων πετρελαίου, καθώς και των βρώμικων υδάτων που προκύπτουν από τον καθαρισμό των

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

δεξαμενών, βρίσκονται στο πρύμνηθεν τμήμα της περιοχής του φορτίου και κοντά στο αντλιοστάσιο. Όλα τα απόβλητα, που διέρχονται από το σύστημα φορτίου περνάνε μέσω ενός συστήματος ελέγχου εκκένωσης, το οποίο διακόπτει αυτόματα τη λειτουργία στην περίπτωση, που η περιεκτικότητα σε πετρέλαιο στα απόβλητα αποχέτευσης υπερβαίνει τις 15 μονάδες ανά εκατομμύριο.

Ένας κύριος κίνδυνος, που συνδέεται με το πετρέλαιο είναι ο κίνδυνος της πυρκαγιάς και έκρηξης. Όλα τα δεξαμενόπλοια πρέπει να διαθέτουν ένα σύστημα αδρανούς αερίου (Inert Gas System), το οποίο διατηρεί πολύ χαμηλά την περιεκτικότητα σε οξυγόνο στο φορτίο και στις δεξαμενές καταλοίπων (Slop Tanks), έτσι ώστε η ανάφλεξη των ατμοποιημένων αερίων υδρογονανθράκων να καθίσταται αδύνατη. Το αέριο αυτό δημιουργείται κυρίως από βοηθητικούς λέβητες, γεννήτριες αδρανούς αερίου, ή άλλες πηγές και διανέμεται χαρακτηριστικά στις δεξαμενές φορτίου μέσω ενός κοινού συστήματος αδρανοποίησης αερίων και ενός συστήματος αεραγωγών.

Σχήμα 5.1: Τυπική λειτουργική διάταξη ενός δεξαμενόπλοιου



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-6.

5.2 Η οικονομοτεχνική διαδικασία σχεδιασμού των πετρελαιοφόρων, οικονομικοί κίνδυνοι

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη του “design”. Μία από αυτές είναι το μοντέλο προσομοίωσης ταξιδίων, ένα πρότυπο υπολογιστών της αναμενόμενης δραστηριότητας του σκάφους πέρα από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του. Οι διάφοροι κύκλοι ταξιδίων μπορούν να μοντελοποιηθούν. Το πρότυπο θα χρησιμοποιεί την πρώτη εκτίμηση των διαστάσεων του σκάφους, τροφοδοτώντας ένα πρόγραμμα με καιρικά στοιχεία για τις διαδρομές που το σκάφος αναμένεται να κάνει, εκτιμήσεις φθορών στη μεταλλική κατασκευή και την προωστήρια εγκατάσταση, εκτίμηση των διαστημάτων δεξαμενισμών, καθώς και όλων των δαπανών (συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών εξόδων) και της διακύμανσης αυτών κατά τη διάρκεια ζωής του σκάφους. Η εκτίμηση των εσόδων πρέπει επίσης να συμπεριληφθεί, έτσι ώστε η κατάλληλη τιμή να δίνεται για τις υψηλότερες ταχύτητες και τις μεγαλύτερες ποσότητες φορτίου. Με το τρέξιμο του προγράμματος με διαφορετικές διαστάσεις και υπηρεσιακές ταχύτητες μπορεί να προσδιοριστεί ένας σχεδιασμός, που να παρέχει την καλύτερη οικονομική απολαβή από μια μεγάλη σειρά σεναρίων²⁹.

Εάν επιδιώκεται να βελτιστοποιηθεί μόνο μια ενιαία παράμετρος σχεδιασμού, όπως η ταχύτητα ή η χωρητικότητα, μια απλή απαραίτητη ανάλυση του ποσοστού του ναύλου (RFR, required freight rate) μπορεί να πραγματοποιηθεί. Το RFR είναι το καθημερινό κέρδος, που απαιτείται να έχει το σκάφος για να καλύψει τις δαπάνες του και υπολογίζεται με το άθροισμα όλων των ετήσιων λειτουργικών δαπανών και τη διαίρεση με τον αναμενόμενο αριθμό ημερών σε υπηρεσία. Γενικά, όσο χαμηλότερο το RFR για μία συγκεκριμένη λειτουργική παράμετρο τόσο καλύτερο το “design”.

Η βελτιστοποίηση ενός σχεδιασμού (design) δεξαμενοπλοίων είναι πραγματικά δυνατή μόνο εάν πρόκειται να λειτουργήσει κάτω από προβλέψιμες συνθήκες. Στην πράξη, η πλειοψηφία των δεξαμενοπλοίων λειτουργεί σε ‘Spot’ αγορές, ή με

²⁹ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-8.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

χρονοναύλωση. Μερικές από τις επιχειρήσεις πετρελαίου είναι σε θέση να λειτουργούν μερικά από τα σκάφη τους σε συγκεκριμένες διαδρομές, αλλά αυτό αποτελεί μια εξαίρεση. Η αγορά LNG αποτελεί ένα καλό παράδειγμα χρησιμοποίησης συγκεκριμένων σκαφών για την εξυπηρέτηση μιας ορισμένης αγοράς, αλλά υπάρχουν ήδη σημάδια ότι αυτές οι αγορές αρχίζουν να αποκτούν ένα περισσότερο ‘Spot’ χαρακτήρα. Ένα σκάφος που βελτιστοποιείται για συγκεκριμένες συνθήκες μιας αγοράς μπορεί να γίνει πολύ ακριβό, εάν οι συνθήκες αυτές διαφοροποιηθούν. Ένα καλό παράδειγμα αυτού είναι το στρόβιλοκινητήριο VLCC της δεκαετίας του 1970. Αυτά τα σκάφη ήταν πολύ επιτυχή και κερδοφόρα όταν οι ναύλοι ήταν υψηλοί και το κόστος καυσίμων χαμηλό. Όταν αυτή η αναλογία αντιστράφηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 πολλά από αυτά τα δεξαμενόπλοια έγιναν ασύμφορα να λειτουργήσουν και έτσι οδηγήθηκαν σε διαλυτήρια ή παροπλίστηκαν. Δεξαμενόπλοια μισού εκατομμυρίου τόνων της ίδιας περιόδου, που σχεδιάστηκαν για λόγους οικονομία κλίμακας τέθηκαν εκτός αγοράς, εξαιτίας εμπορικών αλλαγών που πραγματοποιήθηκαν στην πετρελαϊκή αγορά. Τα δεξαμενόπλοια αναμένονται να έχουν διάρκεια λειτουργικής ζωής 20 ετών, κατά τη διάρκεια αυτών των ετών θα υπάρξουν πολλές απρόβλεπτες πολιτικές και εμπορικές αλλαγές, οι οποίες θα έχουν επιπτώσεις στα λειτουργικά έξοδα³⁰. Ένας επιτυχής σχεδιασμός δεξαμενοπλοίων είναι επομένως, αυτός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί οικονομικά πέρα από ένα ευρύ φάσμα σεναρίων.

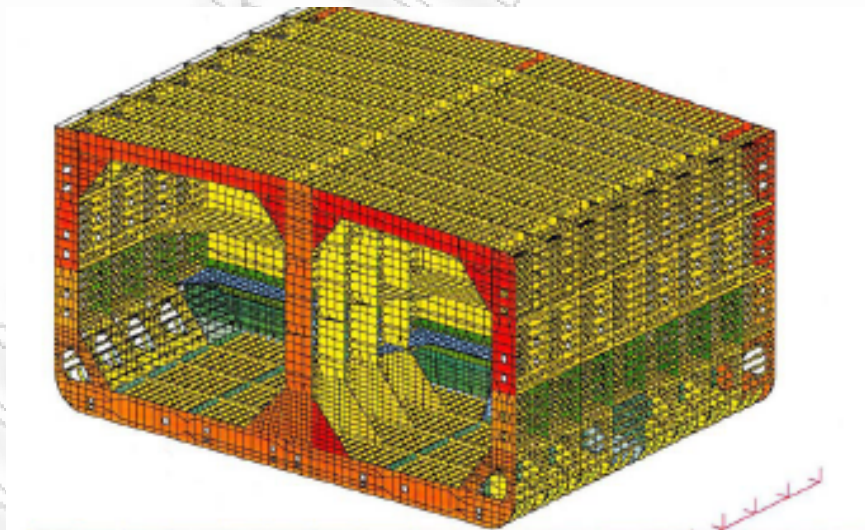
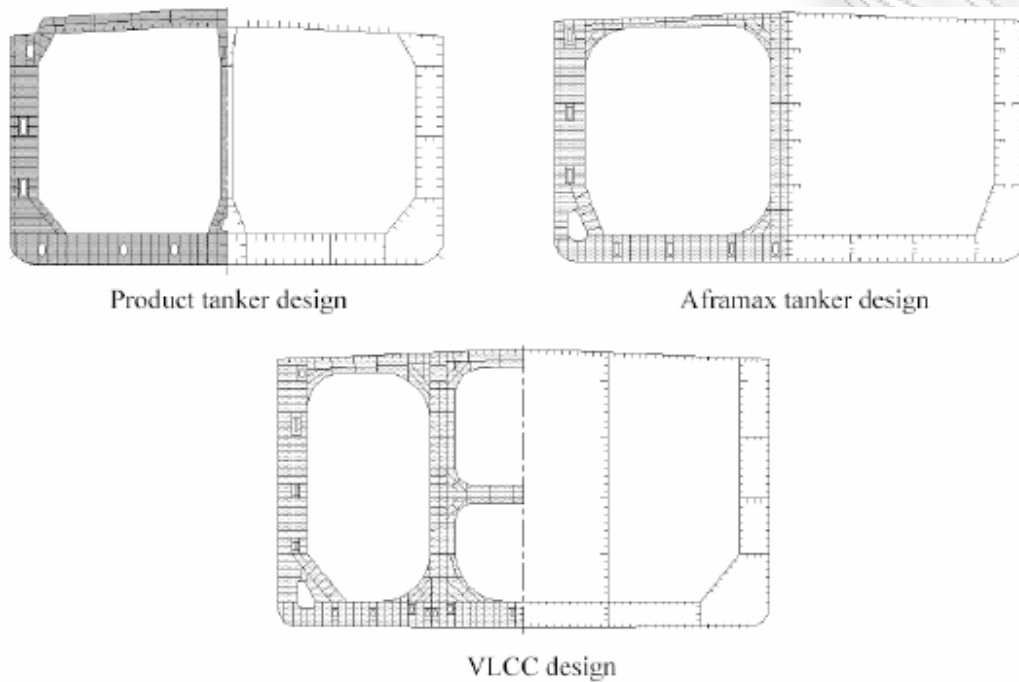
Η έκθεση σε οικονομικό κίνδυνο ενός ιδιοκτήτη δεξαμενόπλοιου είναι υψηλή και εξαρτάται από την αβεβαιότητα της αγοράς, την αστάθεια των ναύλων δεξαμενοπλοίων, ως την υποτιθέμενη ευθύνη σχετική με τα περιστατικά ρύπανσης. Πολλοί πλοιοκτήτες είναι φυσικά απρόθυμοι στην περαιτέρω έκθεσή τους σε κίνδυνο και οδηγούνται στο να παρεκκλίνουν ουσιαστικά από την αγορά αυτή. Η μόνη οικονομική λύση μπορεί να αναζητηθεί στην κατασκευή σειράς παραγωγής δεξαμενοπλοίων, πράγμα που δυστυχώς ενθαρρύνει την τυποποίηση. Επομένως, είναι πιθανό τα περισσότερα από τα New-buildings τα ερχόμενα έτη να είναι συμβατικοί σχεδιασμοί ναυπηγείων. Εξαίρεση αποτελούν εξειδικευμένα σκάφη, όπως τα δεξαμενόπλοια δρομολογίων και τα παράκτια δεξαμενόπλοια, τα οποία είτε ανήκουν στους παραγωγούς πετρελαίου, είτε προστατεύονται από μακροπρόθεσμα

³⁰ The tanker focus by Lloyds Register 2007

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

ναυλοσύμφωνα .

Σχήμα 5.2: Μέση τομή διάφορων κατηγοριών δεξαμενοπλοίων και τρισδιάστατη απεικόνιση



Πηγή : Germanischer Lloyd- Design of double hull tankers, Presentation at National Technical University of Athens, May 2005 σελ.17 και 22.

5.3 Η διάταξη και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δεξαμενόπλοιου M/T ‘Murex’

³¹Το δεξαμενόπλοιο M/T ‘Murex’ (Σχήματα 5.3 και 5.4) είναι ένα VLCC, το οποίο χτίστηκε στο Ναυπηγείο της Daewoo για λογαριασμό της Ναυτιλιακής Εταιρίας Shell International Trading and Shipping.

Το σκάφος έχει μια διάταξη δεξαμενών φορτίου τυπική για ένα σύγχρονο VLCC διπλών τοιχωμάτων. Οι δεξαμενές φορτίου είναι διαταγμένες ως εξής : 5 κατά το διάμηκες και 3 κατά το εγκάρσιο (δηλ. συνολικά 15 δεξαμενές φορτίου) με δύο δεξαμενές καταλοίπων (Slop Tanks) . Οι δεξαμενές έρματος είναι διαταγμένες σε 5 ζεύγη των δεξαμενών τύπου “L” και απαρτίζονται επιπλέον από την προραία δεξαμενή ζυγοστάθμισης (Fore Peak Tank) και την πρυμαία δεξαμενή ζυγοστάθμισης (After Peak Tank) .

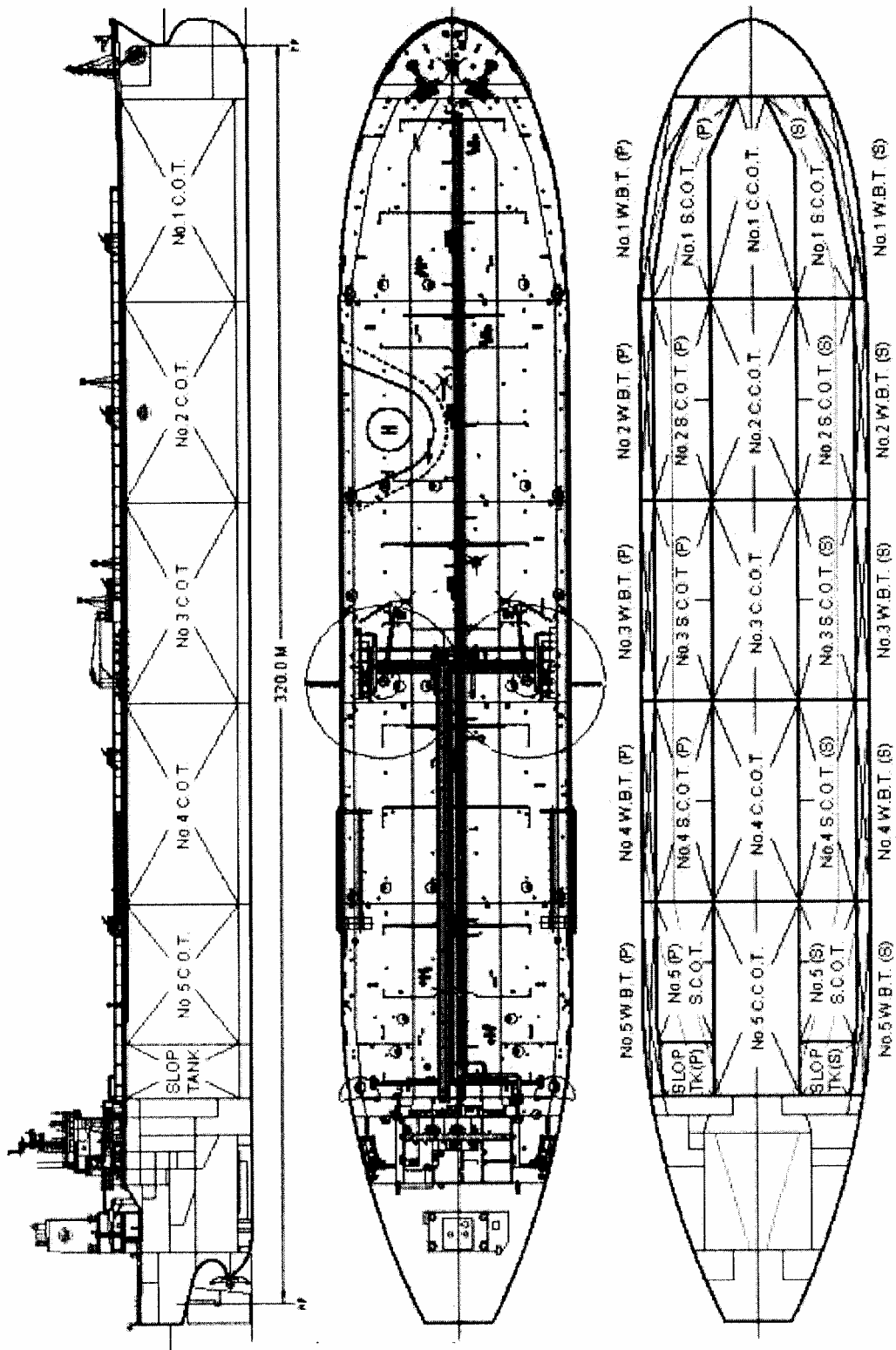
Το σκάφος έχει μια μεταφορική ικανότητα 345.000 m³ (περίπου 2,2 εκατομμύρια βαρέλια) και μια ποσότητα έρματος 102.300 τόνων. Επιπλέον διαθέτει σύστημα σωληνώσεων φορτίου και τρεις φυγοκεντρικές αντλίες των 5.000 m³/h , που επιτρέπουν τη μεταφορά τριών βαθμών φορτίου.

Το σκάφος σχεδιάζεται για να έχει λειτουργική διάρκεια ζωής 25 ετών. Ο χάλυβας υψηλής αντοχής (Higher Strength Steel) χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της γάστρας σε ένα ποσοστό 26% . Ο τύπος χάλυβα HT32 περιορίστηκε στα ανώτερα και χαμηλότερα ελάσματα σταθμίδων . Συμμετρικές κατασκευές χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς στα διπλά τοιχώματα και τις εγκάρσιες Φρακτές .

Διαθέτει μια μηχανή diesel Sulzer 7RTA84T αργόστροφη , μειωτήρα στροφών MCR ισχύος 26.478 KW και μία έλικα σταθερού βήματος .Το Deadweight του είναι 277.800 τόνοι με βύθισμα σχεδίασης 20.8 m . Η υπηρεσιακή του ταχύτητα ανέρχεται στους 15.5 Knots (Κόμβους) στο βύθισμα σχεδίασης. Ενώ η ηλεκτροδότηση του πλοίου γίνεται μέσω τριών γεννητριών Diesel , ισχύος 940 KW και ένα εναλλάκτη κύριας μηχανής ισχύος 940 KW .

³¹ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-15.

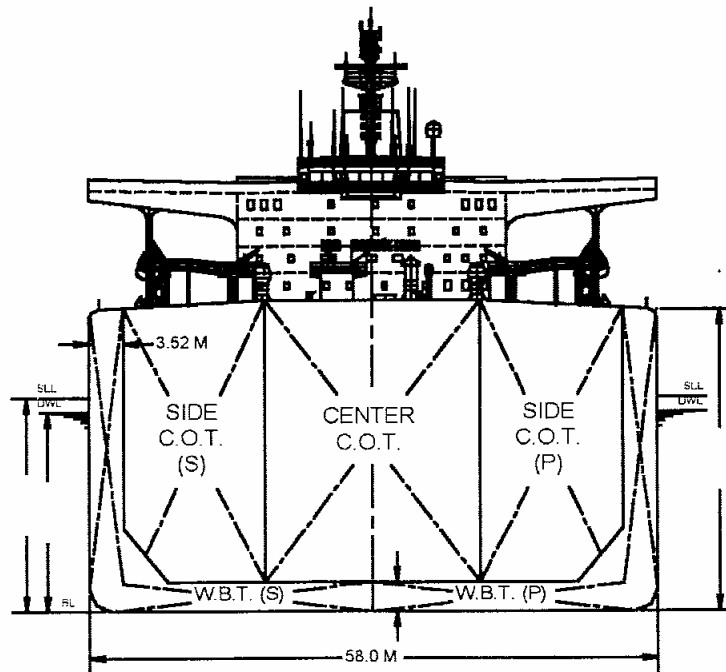
Σχήμα 5.3 : Η Γενική Διάταξη του M/T MUREX



“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29.16.

Σχήμα 5.4: Η Μέση τομή του M/T MUREX.



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008, σελ.29.15.

5.4 Κριτική , απόψεις, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δεξαμενοπλοίων διπλού τοιχώματος

Όσον αφορά στα πλεονεκτήματα της υιοθέτησης του εν λόγω κατασκευαστικού προτύπου, καθίσταται κατανοητό ότι η απομάκρυνση του φορτίου από το εξωτερικό κέλυφος του πλοίου, μειώνει τις πιθανότητες διαρροής πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Επιπρόσθετα, οι δεξαμενές, που προορίζονται αποκλειστικά για τη μεταφορά πετρελαίου, διαχωρίζονται από το έρμα, με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των απορρίψεων θαλασσίου έρματος με υπολείμματα φορτίου, γεγονός που

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

συνεπάγεται τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Εκτός των πλεονεκτημάτων, που προκύπτουν λόγω της προστασίας του θαλασσιού χώρου, η υιοθέτηση του διπλού περιβλήματος στα δεξαμενόπλοια συντελεί στην αύξηση της δομικής τους συνοχής. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα τακτικής επιθεώρησης της κατάστασης του πλοίου, δεδομένου ότι υφίσταται ευχέρεια κυκλοφορίας μέσα στο διπλό κέλυφος, το οποίο αφενός μεν είναι προσβάσιμο, λόγω των διαστάσεων του, αφετέρου είναι κενό κατά την κατάσταση πλήρους φόρτωσης του πλοίου, αφού ο συγκεκριμένος χώρος προορίζεται αποκλειστικά για την μεταφορά έρματος, όταν το πλοίο ταξιδεύει χωρίς φορτίο .

³²Μάλιστα, αξίζει να σημειωθεί ότι προκειμένου για την εξέταση των πλεονεκτημάτων, που προκύπτουν από την κατασκευή του διπλού περιβλήματος σε σχέση με το θαλάσσιο περιβάλλον, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός έχει διεξάγει μελέτη για την ενδεχόμενη υπεροχή των δεξαμενοπλοίων διπλού περιβλήματος έναντι των δεξαμενοπλοίων ενδιάμεσου καταστρώματος. Η εν λόγω μελέτη, η οποία στηρίχθηκε στη χρησιμοποίηση μοντέλων πλοίων, έδειξε ότι και οι δύο τύποι πλοίων προσφέρουν την ίδια προστασία, ενώ η απόδοση της κάθε κατασκευής ξεχωριστά διαφοροποιείται ελάχιστα συναρτήσει των συνθηκών, κάτω από τις οποίες πραγματοποιείται ένα ατύχημα.

Αρχικά, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός διαπίστωσε ότι στην περίπτωση προσάραξης, η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη ρήγματος στο εξωτερικό έλασμα του πυθμένα, το δεξαμενόπλοιο διπλού περιβλήματος δεν θα παρουσιάσει καμία διαρροή. Ακολούθως, σε περίπτωση ατυχήματος, το οποίο θα δημιουργήσει ρήγμα στο εξωτερικό έλασμα διαπιστώθηκε ότι στο δεξαμενόπλοιο διπλού περιβλήματος θα διαρρεύσει μικρότερη ποσότητα πετρελαίου. Στην περίπτωση σύγκρουσης, στην οποία όμως δεν υπάρχει ρήγμα στο εσωτερικό πλευρικό έλασμα, παρατηρήθηκε ότι η πιθανότητα διαρροής είναι μηδαμινή.

Τέλος, σε περίπτωση σύγκρουσης του πλοίου, η οποία πιθανόν να συνεπάγεται ύπαρξη ρήγματος στο εσωτερικό πλευρικό έλασμα θα υπάρξει διαρροή πετρελαίου στην θάλασσα, το μέγεθος της οποίας εξαρτάται από τις ρυθμίσεις των δεξαμενών του εκάστοτε πλοίου. Εκτός, όμως των πλεονεκτημάτων, τα οποία συνεπάγεται η

³² Ε. Γεωργαντόπουλος – Γ. Βλάχος, Ναυτιλιακή Οικονομική εκδόσεις Τζέι & Τζέι Ελλάς –Πειραιάς 2003 ,κεφ.6^ο σελ.340-341.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

κατασκευή του διπλού περιβλήματος, υπάρχουν και ορισμένοι παράγοντες, οι οποίοι θα πρέπει να συνεκτιμηθούν σοβαρά δεδομένου ότι, κατά τον σχεδιασμό της εν λόγω κατασκευής είναι δυνατόν να παρουσιαστούν ορισμένα προβλήματα, τα σημαντικότερα εκ των οποίων, είναι τα κάτωθι:

Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα, που δημιουργούνται κατά την κατασκευή διπλού περιβλήματος είναι η μετατόπιση του εγκάρσιου μετακεντρικού ύψους, που έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα ευστάθειας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ανάλογα με τον σχεδιασμό, τον τύπο, καθώς επίσης και την μεταφορική ικανότητα του δεξαμενόπλοιου, η μείωση του μετακεντρικού ύψους και κατ' επέκταση ανύψωση του κέντρου βάρους του πλοίου μπορεί να είναι αρκετά σημαντική και τελικά, να προκαλέσει κλίση ή ακόμη και απώλεια της εγκάρσιας ευστάθειας του πλοίου, με αποτέλεσμα την ανατροπή αυτού.

Επιπρόσθετα, είναι δυνατόν να προκληθούν κυματισμοί στο εσωτερικό των δεξαμενών, στην περίπτωση δε που είναι μεγάλης εντάσεως μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές στα τοιχώματα των δεξαμενών και των σωληνώσεων, που βρίσκονται στο εσωτερικό των δεξαμενών.

Επίσης, θα πρέπει να πραγματοποιούνται συνεχείς έλεγχοι τόσο στεγανότητας, όσο και εξαερισμού και αδρανοποίησης των δεξαμενών φορτίου σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές και απαιτήσεις ασφαλείας. Ωστόσο, τα συστήματα αυτά, τα οποία θα πρέπει να τοποθετηθούν στο διπλό περίβλημα, απαιτούν υψηλές επενδύσεις κεφαλαίου για την κατασκευή, την τοποθέτηση, αλλά και την τακτική συντήρησή τους, λόγω της δυσκολίας πρόσβασης προς τους χώρους, όπου τοποθετούνται.

Σημειώνεται ότι η κατασκευή διπλού περιβλήματος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του βάρους του πλοίου, λόγω της πρόσθετης ποσότητας χάλυβα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του. Μάλιστα, ο χάλυβας, που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του είναι υψηλής αντοχής, αφού θα πρέπει να αντέχει τις υψηλές στατικές δυνάμεις. Ωστόσο, η ποιότητα του χάλυβα υπόκειται στις στατικές δυνάμεις (κυκλική φόρτωση) και υφίσταται κίνδυνος ταχείας κοπώσεως του μετάλλου, με αποτέλεσμα ακόμα και την αποκόλλησή του. Παρόλα αυτά, οι υποστηρικτές της εν λόγω άποψης, τονίζουν ότι προκύπτουν πλεονεκτήματα από την χρήση του συγκεκριμένου συστήματος, δεδομένου ότι καθίσταται δυνατή η βέλτιστη διαχείριση

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

τόσο του φορτίου , όσο και του θαλάσσιου έρματος, καθώς επίσης επιτυγχάνονται ταχύτερες διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης.

6. Διαμόρφωση διάταξης, μελέτη και υπολογιστικά στοιχεία

6.1 Διάταξη δεξαμενών έρματος και φορτίου

Οι τυπικές δεξαμενές έρματος δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων παριστάνονται στο παρακάτω σχήμα. Οι δεξαμενές της μορφής “L” αποτελούν την πιο κοινή ρύθμιση για τις δεξαμενές έρματος, αφού εμφανίζονται σε ποσοστό μεγαλύτερο από 90%. Οι δεξαμενές της μορφής “U” μειώνουν την ασύμμετρη κατάκλιση και γενικά χρησιμοποιούνται όταν αποτυγχάνουν οι δεξαμενές της μορφής “L” να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις ευστάθειας κατόπιν βλάβης (**Damage Stability**)

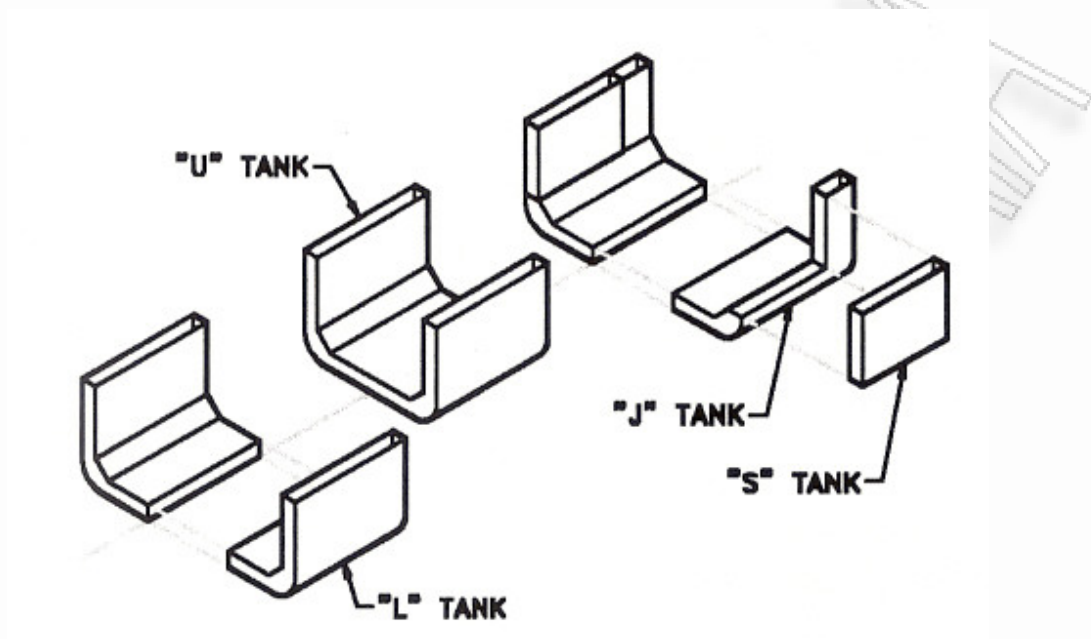
Παρόλα αυτά, υπάρχουν διάφορα μειονεκτήματα στις δεξαμενές της μορφής “U”. ³³Scantlings απαιτούνται συχνά, λόγω των μεγαλύτερων εσωτερικών πιέσεων, που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια εμφάνισης κλίσεων του πλοίου. Επίσης, έχουμε την εμφάνιση σε μεγαλύτερη έκταση του φαινομένου των ελεύθερων επιφανειών. Οι δεξαμενές της μορφής “S” ή πλευρικές δεξαμενές βρίσκονται επάνω από τα διπύθμενα. Αυτές οι δεξαμενές βελτιώνουν την ικανότητα επιβίωσης του σκάφους ακόμη και στην περίπτωση, που υπάρχει σημαντική φθορά στον πυθμένα.

³³ IACS Common structural Rules for Double Hull Oil Tankers, July 2008, Consolidated edition.

Σελ.7.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 6.1: Τυπική διάταξη δεξαμενών έρματος δεξαμενοπλοίων



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-8.

Η διάταξη των δεξαμενών φορτίου, που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα είναι αντιπροσωπευτική των δεξαμενοπλοίων, που χτίζονταν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990. Για να ελεγχθούν τα κόστη κατασκευής και να διευκολυνθεί ο καθαρισμός των δεξαμενών, ελαχιστοποιήθηκε ο αριθμός των δεξαμενών στους μεγαλύτερους μεταφορείς αργού πετρελαίου. Τα δεξαμενόπλοια που είναι μικρότερα από 120.000 dwt, έχουν γενικά μια κεντρική δεξαμενή φορτίου ή δύο (εγκαρσίως) . Τα περισσότερα δεξαμενόπλοια της κατηγορίας Suezmax έχουν δύο δεξαμενές φορτίου (εγκαρσίως) και τα περισσότερα δεξαμενόπλοια της κατηγορίας VLCC έχουν τρεις δεξαμενές φορτίου (εγκαρσίως). Ο κανονισμός περί άθικτης ευστάθειας (**Intact Stability**), που υιοθετήθηκε το 1997 και οι κανονισμοί περί ατυχηματικής εκροής πετρελαίου του IMO θα περιορίσουν πιθανόν την ύπαρξη μιας κεντρικής δεξαμενής

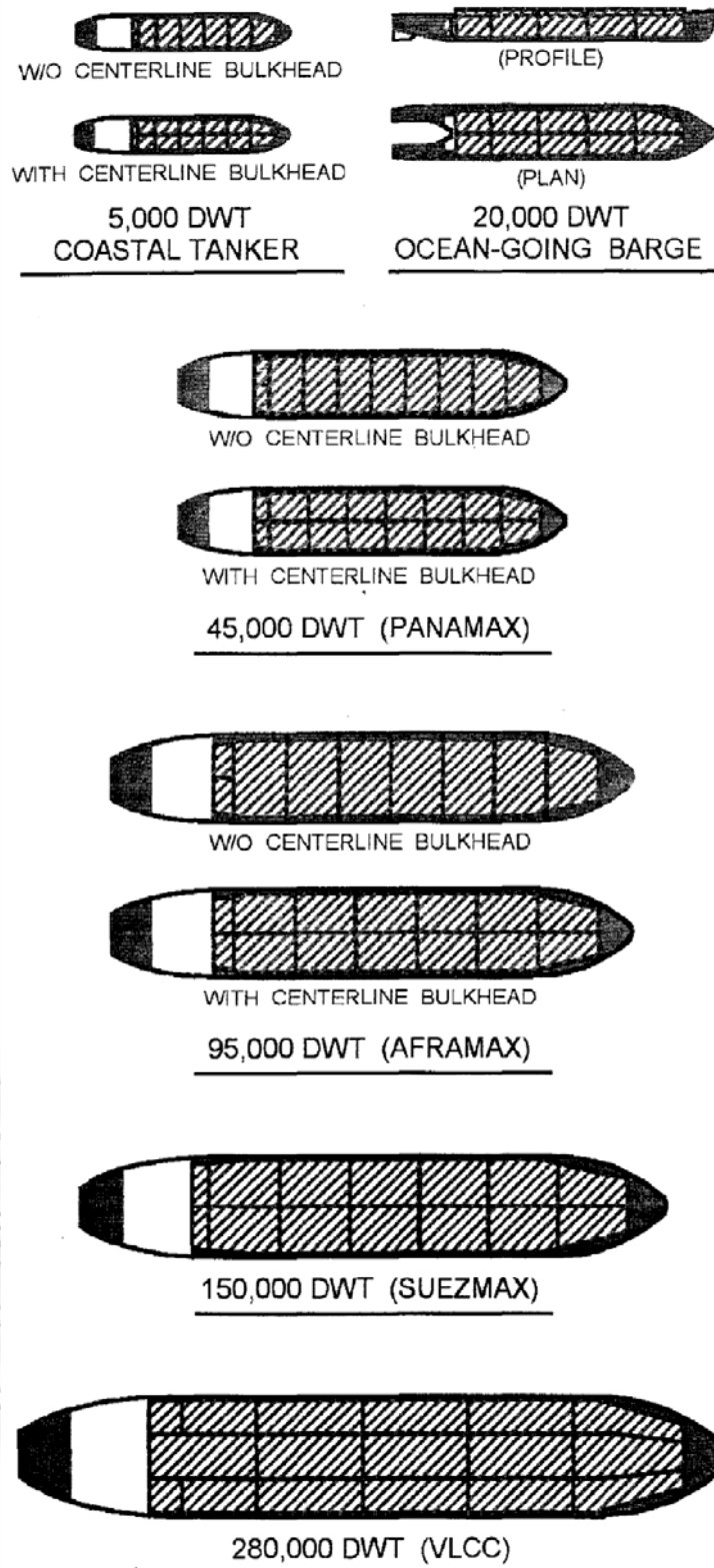
“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

φορτίου (εγκαρσίως) στο μέλλον³⁴.

³⁴ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-8.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 6.2 : Τυπική διάταξη δεξαμενών φορτίου δεξαμενοπλοίων



“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-9.

6.2 Καθορισμός των κύριων διαστάσεων

Μόλις καθιερωθούν οι απαιτήσεις των διαδρομών που ενδέχεται το πλοίο να ακολουθήσει , οι κύριες διαστάσεις μπορούν να αναπτυχθούν. Τα στατιστικά στοιχεία από παλαιότερα δεξαμενόπλοια παρέχουν μια καλή αφετηρία για την ανάπτυξη των λεπτομερειών της μορφής της γάστρας και τις διαστάσεις των διπλών τοιχωμάτων. Η λεπτομερής σχεδίαση είναι βασισμένη σε δεδομένα από περίπου 100 δεξαμενόπλοια διπλού τοιχώματος ,τα οποία κατασκευάστηκαν από το 1990 και μετά.

³⁵Σε μεγάλο βαθμό, η απαιτούμενη ποσότητα φορτίου καθορίζει το μέγεθος του δεξαμενόπλοιου. Το μήκος, το πλάτος και το ύψος μπορούν να υπολογιστούν από τα στατιστικά δεδομένα και κατόπιν, αυτές οι τιμές μπορούν να συγκριθούν με την αρχική εκτίμηση του cubic number και να ρυθμιστούν ανάλογα με την περίπτωση.

$$CN = (L_{BP} \times B \times D)/100 .$$

Όπου :

CN = cubic number,

L_{BP} = Length between perpendiculars in meters (μήκος μεταξύ καθέτων σε μέτρα),

B = Beam in meters (μέγιστο πλάτος σε μέτρα),

D = Depth in meters (κοίλο σε μέτρα).

Κατόπιν αυτών το Lightship και το Deadweight του πλοίου μπορούν να υπολογισθούν, τα οποία θα οδηγήσουν στον αρχικό εντοπισμό του εκτοπίσματος, του βυθίσματος και της γενικότερης υποδιαίρεσης των χώρων.

Το μήκος του μηχανοστασίου και το μήκος της προωραίας και της πρυμναίας δεξαμενής ζυγοστάθμισης (Fore Peak Tank και After Peak Tank) μπορούν να υπολογιστούν από παρόμοια σχέδια και να βελτιωθούν αργότερα. Η μορφή της

³⁵ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-9.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

διάταξης της περιοχής του φορτίου πρέπει να σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις των διαδρομών, που θα ακολουθήσει το πλοίο , τις κατασκευαστικές εκτιμήσεις και τις απαιτήσεις των κανονισμών. Πάλι, μια αναδρομή στα προηγούμενα σχέδια είναι αρκετά χρήσιμη κατά την παραγωγή των αρχικών συμπερασμάτων. Το επόμενο βήμα είναι να παραχθεί ένα μεγάλο σύνολο γραμμών, να επιβεβαιωθούν οι ποσότητες του φορτίου και του έρματος και να εκτιμηθούν η διαγωγή, η ευστάθεια και η αντοχή.

Ο λόγος μήκους πλάτους (L/B) κυμαίνεται μεταξύ 5,0 και 6,0 για τα μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια και αυξάνει μέχρι 7,0 για τα δεξαμενόπλοια που είναι μικρότερα από 20.000 τόνους dwt. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, ο λόγος πλάτους, κοίλου (B/D) βρίσκεται χαρακτηριστικά μεταξύ 1,8 και 2,2, με τα δεξαμενόπλοια Aframax να διατηρούν τις υψηλότερες τιμές και τα δεξαμενόπλοια Panamax τις χαμηλότερες.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Πίνακας 6.1 : Κύριες διαστάσεις δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων

Panamax Tankers	Minimum	Maximum	Average
DWT, Design (tonnes)	36000	47000	41000
LBP(m)	168.6	198.7	174.4
Beam (m)	27.4	32.3	31.4
Depth (m)	14.9	19.5	17.5
Draft, Design (m)	10.9	12.7	11.3
Cargo Capacity (m ³)	51000	56000	54000
LBP/Beam	5.24	7.24	5.57
Beam/ Depth	1.65	2.15	1.81
Draft / Depth	0.57	0.76	0.65
Aframax Tankers	Minimum	Maximum	Average
DWT, Design (tonnes)	80000	105000	89000
LBP(m)	210.0	242.0	229.7
Beam (m)	36.8	45.6	41.9
Depth (m)	17.2	23.2	20.3
Draft, Design (m)	11.2	14.9	13.1
Cargo Capacity (m ³)	92000	125000	113000
LBP/Beam	5.15	5.78	5.48
Beam/ Depth	1.75	2.48	2.08
Draft / Depth	0.57	0.72	0.65
Suezmax Tankers	Minimum	Maximum	Average
DWT, Design (tonnes)	127000	144000	137000
LBP(m)	245.4	267.0	260.8
Beam (m)	41.5	50.0	45.8
Depth (m)	21.8	25.2	23.6
Draft, Design (m)	15.2	16.9	15.9
Cargo Capacity (m ³)	138000	173000	164000
LBP/Beam	5.08	6.13	5.71
Beam/ Depth	1.80	2.11	1.94
Draft / Depth	0.65	0.69	0.67
VLCC's	Minimum	Maximum	Average
DWT, Design (tonnes)	269000	310000	288000
LBP(m)	314.0	327.0	318.6
Beam (m)	56.0	68.0	58.4
Depth (m)	28.0	31.8	30.9
Draft, Design (m)	19.1	22.7	21.1
Cargo Capacity (m ³)	328000	358000	345000
LBP/Beam	4.66	5.82	5.46
Beam/ Depth	1.76	2.17	1.89
Draft / Depth	0.65	0.73	0.68

Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-10.

Επεξεργασία: Αναστασία Καλαρά

6.3 Ο υπολογισμός του Lightship

Η πρώτη εκτίμηση του Lightship μπορεί να ληφθεί από τον ακόλουθο τύπο:

$$LS = 25.8 (CN)^{0.853} + 1.9 (1.36 P)^{0.62}$$

Όπου :

LS = lightship in tonnes,

CN = (L)(B)(D)/100 (cubic number),

P = installed power in KW (ισχύς σε KW),

L = LBP in meters (μήκος μεταξύ καθέτων σε μέτρα),

B = Beam in meters (μέγιστο πλάτος σε μέτρα),

D = Depth in meters (κοίλο σε μέτρα).

Το Lightship θα ποικίλει αφού εξαρτάται από πλήθος παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου του αριθμού των δεξαμενών, τη διάταξη της προωστήριας εγκατάστασης, το βαθμό του χάλυβα (ποιότητα χάλυβα) και τον τύπο του μεταφερόμενου φορτίου.

Καθώς το προκαταρκτικό σχέδιο προχωρεί, η εκτίμηση βάρους πρέπει να προσδιορίζεται συνεχώς. Επίσης υπάρχουν επαρκή στοιχεία για να παραχθεί μια καμπύλη κατανομής βάρους για το Lightship, η οποία θα χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό των ροπών κάμψης για όλα τα στοιχεία του πλοίου. Στην περίπτωση, που το σχέδιο είναι συμβατικό είναι γενικά αρκετό να υπολογιστούν το KG και το LCG (κέντρα βάρους κατά το εγκάρσιο και το διάμηκες) βασισμένα στη σύγκριση με παρόμοια σκάφη κατά τη διάρκεια του αρχικού σταδίου του σχεδιασμού, τα οποία θα ελεγχθούν αργότερα από πιο λεπτομερείς υπολογισμούς³⁶. Στον πίνακα 6.2 παρατίθεται ο υπολογισμός του Lightship για ένα δεξαμενόπλοιο μεταφοράς αργού πετρελαίου Suezmax.

³⁶ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-10.

Πίνακας 6.2 :Υπολογισμός του Lightship για ένα δεξαμενόπλοιο μεταφοράς αργού πετρελαίου Suezmax

Weight Groups	Weight (Tonnes)
Hull Steel - Aft Engineroom	600
Hull Steel - Engineroom	2200
Hull Steel - Deck House	500
Hull Steel - Cargo Block	16500
Hull Steel - Forward Part	1050
Hull Steel - Forecastle	200
Foundations	90
Welding & Tolerances	300
Hull Steel	21440
Rudder/Propeller/St. Gear	275
Thrusters	50
Anchor & Mooring Fwd	250
Mooring Equip. Amidships	50
Mooring Equip. Aft	50
Other Deck Equipment	100
Paint	190
Hull Outfit	965
Accommodation Outfit	350
Lifesaving Outfit	40
Crew Outfit	390
Cargo System	350
Ballast System	200
Heating/Cleaning/IGS	200
Other Hull Piping	100
Fluids in Piping	100
Cargo/Hull Systems	950
Main Engine	500
Aux. Engines	150
Other Machin. Equipment	200
Machin. Outfit	150
Electrical	120
Machinery	1120
Margin (3%)	746
TOTAL LIGHTSHIP	25611

Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-11.

Επεξεργασία: Αναστασία Καλαρά

6.4 Ο υπολογισμός του Deadweight

Μια ονομαστική ποσότητα του φορτίου πετρελαίου αντιπροσωπευτική του τύπου πετρελαίου, που μεταφέρεται, χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί το deadweight του πλοίου.³⁷ Οι απαιτήσεις της ακολουθούμενης διαδρομής θα υπαγορεύσουν τις ποσότητες και το βάρος των αναλωσίμων αναχώρησης. Η εκτίμηση του νεκρού βάρους πρέπει επίσης να περιλάβει μια σταθερά για να καλύψει στοιχεία, όπως το πλήρωμα, τα πράγματα του και διάφορες δεξαμενές ποικίλων χρήσεων. Χαρακτηριστικές τιμές για τη σταθερά κυμαίνονται από 100 σε 400 τόνους, ανάλογα με το μέγεθος σκαφών.

Τα καύσιμα τακτοποιούνται γενικά σε δεξαμενές μέσα στο μηχανοστάσιο. Αν και οι κανονισμοί δεν απαιτούν οι δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμου, που βρίσκονται πρύμνηθεν της μπροστινής Φρακτής του μηχανοστασίου να είναι διπλού τοιχώματος, ένας αυξανόμενος αριθμός ιδιοκτητών παρέχει προστασία διπλού τοιχώματος για όλες τις δεξαμενές πετρελαίου.

6.5 Υπηρεσιακή ταχύτητα και γάστρα

Η οικονομική προσέγγιση υπαγορεύει σχετικά μικρές ταχύτητες και σωστά διαμορφωμένες γάστρες για τα δεξαμενόπλοια. Τα περισσότερα σύγχρονα δεξαμενόπλοια έχουν υπηρεσιακές ταχύτητες μεταξύ 14 και 16 Κόμβους με τους συντελεστές γάστρας (Cb) μεταξύ 0,81 και 0,84. Μερικά σκάφη κοντύτερων διαδρομών, όπως τα δεξαμενόπλοια δρομολογίων μπορούν να έχουν τους συντελεστές γάστρας μεταξύ 0,85 και 0,88, ενώ παράκτια δεξαμενόπλοια που είναι γενικά μικρότερα από 20.000 τόνους dwt τείνουν να είναι λεπτότερα (Cb = 0,70 έως 0,80) και χαρακτηρίζονται από μικρότερες ταχύτητες από τα μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού πετρελαίου και προϊόντων πετρελαίου.

³⁷R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29, edition 2008 σελ.29-11.

6.6 Διαγωγή και ευστάθεια

Αντίθετα με τα δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος, που έχουν περιορισμούς ως προς το ύψος εξάλων, αυτό δεν ισχύει συνήθως για την περίπτωση των δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων μεγαλύτερων από 40.000 τόνους dwt. Το καταλληλότερο αρχικό βύθισμα επιλέγεται παίρνοντας προσεκτικά υπόψη το ωφέλιμο φορτίο και τα αναλώσιμα που απαιτούνται, τα χαρακτηριστικά της ταχύτητας και της ιπποδύναμης της μηχανής και οποιοδήποτε άλλο στοιχείο της διαδρομής, που σχετίζεται με περιορισμούς στο βύθισμα.³⁸ Το υπολογισμένο βύθισμα είναι χαρακτηριστικά μεταξύ 0,5 m και 1,5 m μεγαλύτερο από το βύθισμα σχεδίασης. Αυτό επιτρέπει τη μεταφορά των φορτίων βαρύτερων από την ονομαστική τιμή του φορτίου σχεδίασης.

Για τα μικρά σκάφη, οι απαιτήσεις σχετικά με το ύψος εξάλων μπορούν να περιορίσουν το υπολογισμένο βύθισμα. Για τα μεγαλύτερα σκάφη, ο κανονισμός του IMO σχετικά με την ύπαρξη ζημιάς στον πυθμένα (Raking Bottom Damage Requirement) αποτελεί συχνά ένα περιοριστικό παράγοντα.

Τα δεξαμενόπλοια τείνουν να έχουν έμπλορη διαγωγή σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης (full load) και έμπρυσμη διαγωγή σε κατάσταση Ballast (κενό φορτίο). Επομένως, είναι προς όφελος μας να μεγιστοποιηθεί η ποσότητα φορτίου των πρύμνηθεν δεξαμενών φορτίου και των δεξαμενών καταλοίπων (Slop Tanks), μειώνοντας τις ποσότητες των πλαϊνών δεξαμενών ‘wing tanks’, όσο το δυνατόν περισσότερο. Μερικά πλοία έχουν τις δεξαμενές κυτών (Deer Tanks) μεταξύ της προωραίας Φρακτής σύγκρουσης (Collision Bulkhead) και της προωραίας δεξαμενής φορτίου μετατοπίζοντας το κέντρο βάρους του φορτίου προς τα πίσω με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η διαγωγή και στις δύο καταστάσεις φόρτωσης (full load, ballast). Η ποσότητα έρματος των δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων δυσχεραίνει την κατάσταση ως προς τη διαγωγή. Η ποσότητα έρματος πρέπει να είναι επαρκής για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των κανονισμών του διεθνή ναυτιλιακού οργανισμού

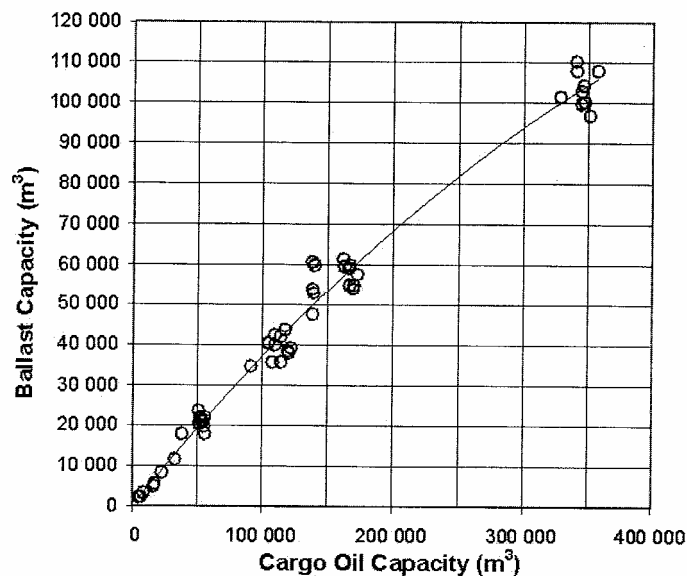
³⁸R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29, edition 2008 29-12.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

ΙΜΟ και της σύμβασης MARPOL . Δεν είναι ασυνήθιστο οι απαιτήσεις έρματος να είναι πιο αυστηρές, ιδιαίτερα για τα σκάφη, που κινούνται σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως στον Κόλπο της Αλάσκας και στη Βόρεια Θάλασσα. Η σχεδίαση πρέπει επίσης συμμορφωθεί με ποικίλους κανονισμούς σχετικά με την άθικτη ευστάθεια (intact stability), την ευστάθεια κατόπιν βλάβης (damage stability), τις απαιτούμενες διαστάσεις δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων και την ατυχηματική εκροή πετρελαίου.

Οι ροπές κάμψης , που θα εφαρμοστούν στο πλοίο επηρεάζονται από τη διάταξη των δεξαμενών φορτίου και έρματος. Η κατάσταση πλήρους φόρτωσης οδηγεί σε κατάσταση “Sagging” (κάμψη με το κοίλο προς τα άνω), ενώ η κατάσταση έρματος συμβάλλει στην εμφάνιση της κατάστασης “hogging” (κάμψη με το κυρτό προς τα άνω). Ως αποτέλεσμα κάποιοι σχεδιασμοί έχουν τις δεξαμενές Deep tanks τοποθετημένες στο μέσον του πλοίου. Στο διάγραμμα 6.1 παριστάνεται η αναλογία της χωρητικότητας έρματος και φορτίου .

Διάγραμμα 6.1 : Ballast Capacity- Cargo Capacity



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-13.

7. Η μεταλλική κατασκευή δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων

7.1 Η μορφή της γάστρας

Η βελτιστοποίηση της μορφής της γάστρας προκύπτει από ένα συνδυασμό μεταξύ της αποδοτικότητας της γάστρας, της ικανότητας ελιγμών, της διατήρησης της πορείας και της δυνατότητας κατασκευής. Οι σχετικά κοντές και πλατιές γάστρες, χαρακτηριστικές στα δεξαμενόπλοια, δίνουν τη δυνατότητα παραγωγής μιας γάστρας με χαμηλές απαιτήσεις σε ταχύτητα αλλά με καλή ικανότητα ελιγμών και ικανότητα διατήρησης πορείας. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι η αντίσταση κύματος είναι ανάλογη του κύβου του πλάτους του πλοίου, έτσι όσο μεγαλύτερο το πλάτος, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η απώλεια ταχύτητας κατά την πλεύση στις κύριες θάλασσες³⁹.

⁴⁰Η ακτίνα του κυρτού της γάστρας (Bilge) κρατιέται μικρή, συνήθως 2 m ή και πιο κάτω, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί το εκτόπισμα και να παρασχεθεί ικανοποιητική συνοχή της κατασκευής στις συνδέσεις της περιοχής του Hopper. Το παράλληλο τμήμα του πλοίου συνεχίζει από το μέσον του, όσο είναι δυνατό προς πρύμα και προς πλώρα.

Η μορφή της πλώρης για τα δεξαμενόπλοια είναι κυρίως τριών ειδών:

- 1) Cylindrical Bow,
- 2) Spoon-Formed Bow,
- 3) Bulbous Bow (η βολβοειδής πλώρη).

³⁹Germanischer Lloyd- Design of double hull tankers, Presentation at National Technical University of Athens, May 2005 σελ.11-13.

⁴⁰ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-13.

Η κυλινδρική πλώρη είναι λιγότερο αποδοτική και σπάνια χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια. Η “spoon-formed” πλώρη είναι μια εναλλακτική λύση χαμηλότερου κόστους, δεδομένου ότι απαιτεί μικρότερη διαμόρφωση του ελάσματος. Η βολβοειδής πλώρη παρέχει την καλύτερη απόδοση, αν και η “spoon-formed” πλώρη μπορεί να παρέχει ευνοϊκή απόδοση σε ρηγά και ήρεμα νερά. Μια βολβοειδής πλώρη αποδίδει σαφώς καλύτερα απ’ ό τι η “spoon-formed” πλώρη στις κύριες θάλασσες. Για να εξασφαλιστεί η ορθή εκτίμηση της ολικής αποδοτικότητας, πρέπει να πραγματοποιηθούν συμπληρωματικά, εκτός από δοκιμές αντίστασης και δοκιμές πρόωσης σε κατάσταση πραγματικού κυματισμού.

Η συνήθης πρακτική είναι να εγκατασταθεί ένας σχετικά στενός βολβός σε μια έντονη γωνία εισόδου. Αυτό είναι το παραδοσιακό πλεονέκτημα, που έχει η βολβοειδής πλώρη στη μείωση της αντίστασης κύματος, το οποίο την κάνει να είναι αποτελεσματική στο σπάσιμο κυμάτων στις κύριες θάλασσες και διευρύνει την ίσαλο γραμμή σε κατάσταση Ballast (κενό φορτίο), παρέχοντας βελτιωμένη αποδοτικότητα. Για τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια η ταχύτητα σε κατάσταση Ballast είναι χαρακτηριστικά 0,8 με 1,5 Κόμβους μεγαλύτερη από την ταχύτητα σχεδίασης.

Τα σύγχρονα μονοέλικα δεξαμενόπλοια έχουν συνήθως μια τραπεζοειδή αυστηρή μορφή πρύμνης (transom). Μια διάταξη “Bulbous Gondola” κοντά στην ευθεία του άξονα μειώνει την αντίσταση του νερού αλλά μειώνει την αποδοτικότητα της γάστρας με τη μείωση του συντελεστή ομόρους. Η μεγαλύτερη έλικα συμβατή με τις στροφές/λεπτό (rpm) του κινητήρα θα δώσει την υψηλότερη απόδοση της έλικας και το σχήμα της “Gondola” πρέπει να διαμορφωθεί προσεκτικά, ώστε να δώσει τον καλύτερο συνδυασμό υψηλής τιμής του συντελεστή ομόρους, μικρής απώλειας ώσης και χαμηλής αντίστασης.

Τα διπλόελικα σκάφη με τους εκτεθειμένους άξονες και τα μπρακέτα στήριξης είναι συνήθως λιγότερο αποδοτικά από τα μονοέλικα, λόγω της χαμηλότερης απόδοσης γάστρας (χαμηλό συντελεστή ομόρους), εξαιτίας της μικρότερης διαμέτρου τους. Μια λύση που έχει κερδίσει ιδιαίτερη προτίμηση τα τελευταία χρόνια είναι η πρύμνη “Twin Gondola” Αυτή η διαμόρφωση παρέχει άριστη απόδοση, αν και η πολυπλοκότητα της μορφής αυτής ασκεί σημαντική επίδραση στο κόστος κατασκευής.

7.2 Πρόωση και απαιτήσεις ισχύος

Τα δεξαμενόπλοια απαιτούν ισχύ για την πρόωση, το χειρισμό φορτίου και έρματος και διάφορα άλλα συστήματα του σκάφους. Τα περισσότερα δεξαμενόπλοια είναι μονοέλικα και τροφοδοτούνται ενεργειακά από μια κύρια μηχανή Diesel αργόστροφη, η οποία συνδέεται μέσω ενός άξονα με έλικα σταθερού βήματος.

Περισσότερο από το 30% των περιπτώσεων ύπαρξης δυσλειτουργιών από δεξαμενόπλοια αποδίδονται στην απώλεια πρόωσης ή πηδαλιούχησης. Επομένως, τα δεξαμενόπλοια, που λειτουργούν σε ιδιαίτερα ευαίσθητες περιοχές απαιτούν έναν υψηλό βαθμό εφεδρικότητας και ικανότητας μανουβραρισμού και σχεδιάζονται συνήθως με διπλοέλικα συστήματα πρόωσης.

Οι σημαντικότεροι Νηογνώμονες προσφέρουν στοιχεία για τον εφεδρικό αριθμό μηχανημάτων πρόωσης και πηδαλιούχησης.

Οι χαρακτηριστικές απαιτήσεις είναι οι ακόλουθες:

- Κατά τη διάρκεια μιας δυσλειτουργίας, τα συστήματα πρόωσης και πηδαλιούχησης πρέπει να συνεχίσουν τη λειτουργία τους ή να είναι δυνατό να αποκατασταθεί η βλάβη, προτού χάσει το σκάφος την πορεία του.
- Μετά την εμφάνιση μιας αποτυχίας στη λειτουργία πρέπει να υπάρχει ικανοποιητική ισχύς για να διατηρήσει το σκάφος την πορεία σε καιρικές συνθήκες 8 Beaufort.
- Ξεχωριστά δωμάτια ελέγχου (Control Room) πρέπει να παρέχονται, διαχωρισμένα από μια πυρίμαχη ζώνη ή σε περίπτωση πιο αυστηρής απαίτησης τα συστήματα πηδαλιούχησης και πρόωσης να βρίσκονται σε ξεχωριστά διαμερίσματα, έτσι ώστε η πυρκαγιά ή η κατάκλιση σε ένα διαμέρισμα να μην επηρεάσει τη λειτουργία στο άλλο.

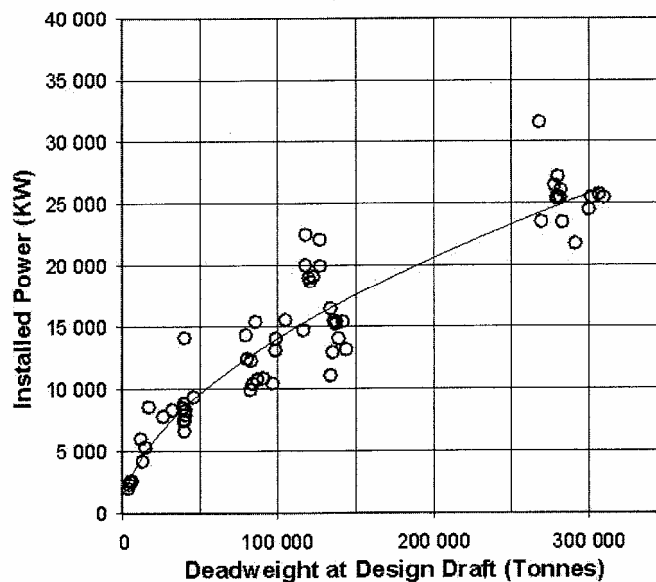
Εναλλακτικές ρυθμίσεις ισχύος για τα διπλοέλικα δεξαμενόπλοια περιλαμβάνουν :

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

- μηχανές Diesel απευθείας συνδεδεμένες με τις έλικες, που λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια παρεχόμενη μέσω νηζελογεννητριών.
- μηχανές Diesel απευθείας συνδεδεμένες με τις έλικες με ηλεκτρική ενέργεια παρεχόμενη μέσω μεγάλων γεννητριών αξόνων
- Diesel - ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης.

Στο παρακάτω διάγραμμα παριστάνεται η απαιτούμενη ισχύς για ένα New-building

Διάγραμμα 7.1 : Installed Power (KW)



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-20.

7.3 Η μεταλλική κατασκευή

⁴¹Τα δεξαμενόπλοια, που είναι μεγαλύτερα από 20.000 τόνους dwt είναι γενικά, ενισχυμένα κατά το διάμηκες καθ’ όλο το μήκος της περιοχής του φορτίου. Όπως φαίνεται στο σχήμα 7.1 , μια κεκλιμένη κατασκευή (Hopper) διαμορφώνεται για να παρέχει αντοχή και ομαλή σύνδεση των πλευρικών δεξαμενών (Wing Tanks) με τα διπύθμενα (Double Bottom Tanks). Οι σταθμίδες των διπυθμένων είναι διατεταγμένες γύρω από την κεντρική σταθμίδα (Centerline Vertical Keel) και τρέχουν κατά μήκος των διαμηκών Φρακτών και των ενώσεων των διπυθμένων με το κεκλιμένο έλασμα (Hopper Plate) . Οι οριζόντιες διαμήκεις ενισχύσεις ελασμάτων στις πλευρικές δεξαμενές (Wing Tanks) ορίζονται να απέχουν μεταξύ τους διάστημα από 5m έως 8m για να παρέχουν επαρκή κατασκευαστική αντοχή και πρόσβαση για επιθεώρηση. Η απόσταση μεταξύ των ενισχυμένων Νομέων κυμαίνεται από 3,5 m σε 4,5 m για τα δεξαμενόπλοια μεγέθους Aframax και από 5 m έως 6m για τα VLCC. Κάθε ενισχυμένος Νομέας περιλαμβάνει Έδρες (Floors) , κατακόρυφους Νομείς στις πλευρικές δεξαμενές (Wing Tanks) και εγκάρσιους Νομείς καταστρώματος (Deck Transverse).

Για τα δεξαμενόπλοια μεγέθους VLCC , Suezmax και τα δεξαμενόπλοια πυκνών δρομολογίων, δύο διαμήκεις Φρακτές τρέχουν κατά μήκος σε κάθε ενισχυμένου νομέα. Στην κεντρική δεξαμενή συνήθως υπάρχουν τα δομικά στοιχεία σύνδεσης (Cross Ties), αλλά μερικές φορές μπορούν να βρίσκονται εναλλακτικά στις αριστερές και τις δεξιές πλευρικές δεξαμενές. Για τα δεξαμενόπλοια μεγέθους Suezmax ή και μικρότερα, η πιο κοινή διάταξη διαθέτει μια κεντρική διαμήκη Φρακτή (στη Centerline ακριβώς) ενισχυμένη από κατακόρυφους Νομείς χωρίς τη χρήση των Cross Ties.

Για τα δεξαμενόπλοια, που είναι μεγαλύτερα από 60.000 τόνους dwt, οι εγκάρσιες Φρακτές με κατακόρυφα ενισχυτικά συνοδευόμενες από οριζόντια Stringers , αποτελούν την πιο απλή μορφή κατασκευής . Το σχήμα 7.2 παρουσιάζει ένα

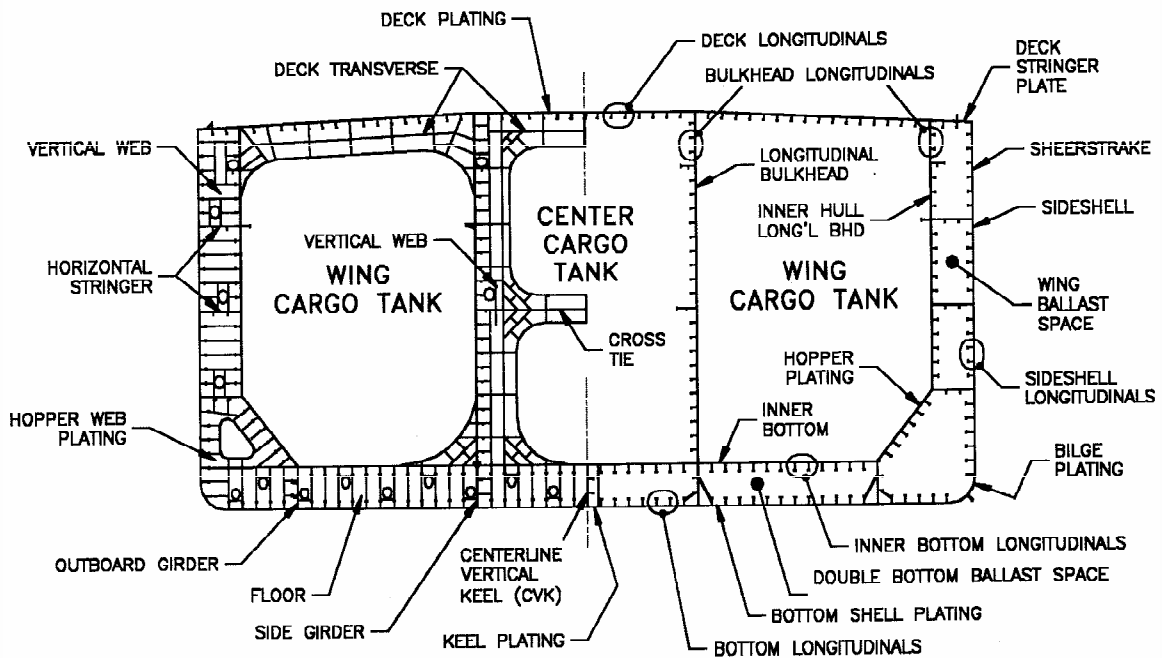
⁴¹ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-26.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

χαρακτηριστικό δείγμα στεγανής Φρακτής (Oil tight).

Στα δεξαμενόπλοια Panamax, οι εγκάρσιες Φρακτές μπορούν είτε να είναι απλού τύπου, είτε “αυλακωτής” μορφής (Corrugated Bhd) με ειδική στήριξη άνω και κάτω (Upper και Lower Stool). Για τα δεξαμενόπλοια μεγέθους κάτω από 20.000 τόνους dwt, είναι σύνηθες οι εγκάρσιες και οι διαμήκεις Φρακτές να είναι Corrugated και όχι απλές .

Σχήμα 7.1 : Κατασκευαστικό Σχέδιο Μέσης Τομής



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-26.

7.4 Ανάλυση κατασκευής και στοιχεία αντοχής

Οι κανονισμοί των Νηογνώμωνων παρέχουν μια καλή βάση για τους αρχικούς υπολογισμούς Scantlings. Μια πλήρης ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων του σκάφους πρέπει να εκτελεστεί για να αξιολογηθεί η γενικότερη συμπεριφορά του σκάφους και έπειτα, τοπικές αναλύσεις πρέπει να πραγματοποιηθούν για τα Web Frames, τα Horizontal Girders, για τις Φρακτές ή για άλλες περιοχές υψηλών τάσεων. Η κάμψη, η κόπωση και η στρέβλωση πρέπει να εκτιμηθούν⁴².

Η στρέβλωση είναι μια κοινή κατάσταση αστοχίας και πρέπει υπολογιστεί προσεκτικά, ιδιαίτερα για τις εγκάρσιες Φρακτές και τα ελάσματα του πυθμένα και της οροφής (Tank Top) των διπυθμένων .

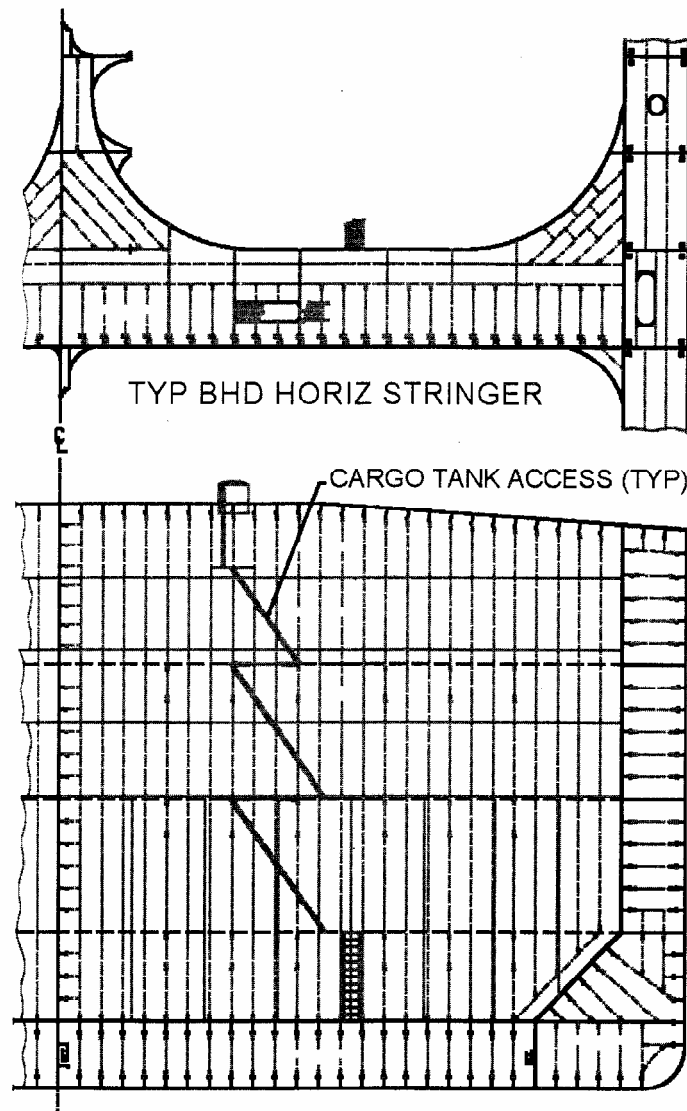
⁴³Για μεγαλύτερες δεξαμενές το φαινόμενο “sloshing” (που εμφανίζεται σε δεξαμενές υγρών, λόγω της δυναμικής κίνησης των ρευστών) πρέπει να υπολογισθεί. Παρόλο που η άμεση ανάλυση του sloshing , χρησιμοποιώντας τον “CFD code ” είναι μια σύνθετη διαδικασία, οι Νηογνώμονες έχουν αναπτύξει απλουστευμένες προσεγγίσεις. Οι προσεγγίσεις αυτές έχουν δοκιμαστεί και αξιολογήθηκαν ότι υπερτερούν έναντι της αριθμητικής ανάλυσης και των δοκιμών μοντέλου. Για να επιτραπεί μια ευελιξία στις καταστάσεις φόρτωσης είναι προτιμότερο να σχεδιάζονται οι δεξαμενές , έτσι ώστε να επιτρέπουν οποιοδήποτε επίπεδο φόρτωσης.

⁴² R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-27.

⁴³ IACS Common structural Rules for Double Hull Oil Tankers, July 2008, Consolidated edition, σελ.8.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 7.2 : Κατασκευαστικό Σχέδιο Στεγανής Φρακτής



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-27.

7.5 Υποδιαίρεση χώρων και ευστάθεια

Οι απαιτήσεις κατασκευής, οι κανονισμοί που εφαρμόζονται, οι προτιμήσεις του ιδιοκτήτη και το κόστος κατασκευής είναι παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν αναλυτικά κατά τη διαμόρφωση της διάταξης της περιοχής φορτίου ενός δεξαμενόπλοιου. Η βελτιστοποίηση της διάταξης περιλαμβάνει συχνές τροποποιήσεις. Ο πλοιοκτήτης παραδείγματος χάριν, μπορεί να επιθυμήσει να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό δεξαμενών προκειμένου να μειωθούν οι δαπάνες κατασκευής, να διευκολυνθεί ο καθαρισμός δεξαμενών και να απλοποιηθούν οι διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης. Όμως, μεγαλύτερες δεξαμενές μπορεί να σημαίνει υψηλότερες αναμενόμενες εκροές σε περίπτωση συγκρούσεων ή προσαράξεων και αρκετά υψηλότερες πιέσεις, λόγω της εμφάνισης του φαινομένου Sloshing των δεξαμενών.

7.6 Κατασκευαστικές απαιτήσεις των δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων (Υπολογιστικά στοιχεία, πως η επιλογή των διαστάσεων συμβάλει στο μέγεθος της εκροής)

⁴⁴Ο κανονισμός 13F της MARPOL καθορίζει τις διαμορφωμένες απαιτήσεις για τα δεξαμενόπλοια που κατασκευάστηκαν από τις 6 Ιουλίου του 1993 και μετά. Σύμφωνα με αυτόν όλα τα δεξαμενόπλοια μεταξύ 600 και 5.000 τόνων dwt πρέπει να διαθέτουν διπύθμενα (Double Bottom). Εάν οι πλευρικές δεξαμενές Wing Tanks δεν προβλέπονται, το μέγεθος των δεξαμενών φορτίου περιορίζεται σε 700m³. Τα δεξαμενόπλοια που είναι μεγαλύτερα από 5.000 τόνους dwt πρέπει είτε να έχουν διπύθμενα (Double Bottom) σε όλη την έκταση της περιοχής φορτίου, είτε ενδιάμεσο κατάστρωμα με διπλά πλευρικά τοιχώματα, είτε μια εναλλακτική ρύθμιση, που εγκρίνεται συγκεκριμένα από τον IMO ως ισοδύναμη με τη λύση των διπλών τοιχωμάτων.

⁴⁴ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29, edition 2008 29-12.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Το μήκος των δεξαμενών φορτίου, καλούμενο ως Length of the cargo block, θεωρητικά επεκτείνεται (από πίσω προς τα εμπρός) από το πιο ακραίο σημείο της πρύμνηθεν δεξαμενής φορτίου, έως τη Φρακτή σύγκρουσης (Collision Bulkhead). Το ελάχιστο καθαρό πλάτος των πλευρικών δεξαμενών (Wing Tanks) ορίζεται ως :

$$W = 0,5 + dwt/20000 \text{ ή } 2,0 \text{ m, οποιοδήποτε από τα δύο είναι μικρότερο .}$$

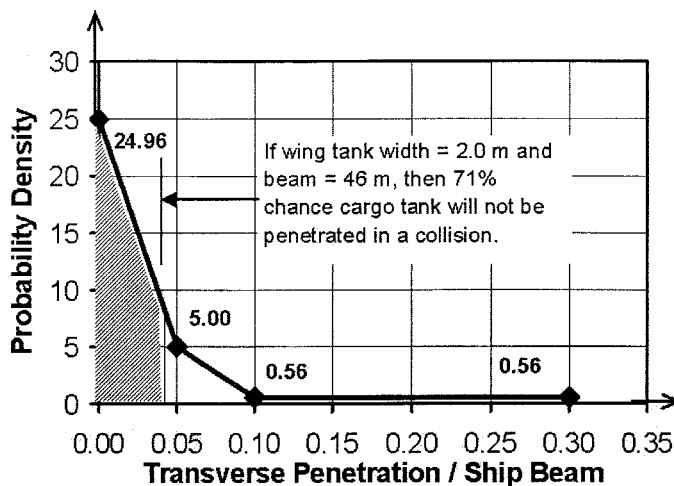
Το ελάχιστο καθαρό ύψος των διπυθμένων (Double Bottom) διευκρινίζεται όπως:

$$h = B/15 \text{ ή } 2.0 \text{ m, ο οποιοδήποτε από τα δύο είναι μικρότερο.}$$

Το διπλό τοίχωμα μειώνει την πιθανότητα μια σύγκρουση, ή μια προσάραξη να διαπεράσει τις δεξαμενές φορτίου και να προκαλέσει μια διαρροή πετρελαίου. Μέρος της συγκριτικής μελέτης του IMO Comparative Study on Tanker Design, που διεξήχθη αμέσως μετά το περιστατικό προσάραξης του EXXON VALDEZ . Ο IMO συγκέντρωσε στοιχεία όσον αφορά την έκταση της ζημιάς των δεξαμενοπλοίων που έχουν υποστεί συγκρούσεις και προσαράξεις . Για τους σκοπούς της ανάπτυξης μιας πιθανολογικής προσέγγισης ανάλυσης εκροής, αυτές οι στατιστικές χρησιμοποιήθηκαν για να δημιουργήσουν τις λειτουργίες του πιθανολογικού πάχους περιγράφοντας την έκταση της ζημιάς σε σχέση με το μήκος, το πλάτος και το ύψος του σκάφους . Η λειτουργία του πιθανολογικού πάχους για την εγκάρσια διείσδυση από πλευρική ζημιά παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7.2.

Η περιοχή κάτω από την καμπύλη είναι ίση με 1,0 και η περιοχή μέχρι μια δεδομένη διείσδυση ζημιάς αντιπροσωπεύει την πιθανότητα ότι η ζημιά από μια σύγκρουση δεν θα επεκταθεί πέρα από εκείνη την απόσταση. Για ένα χαρακτηριστικό δεξαμενόπλοιο Suezmax με 2,0 m δεξαμενές Wing Tanks και διπύθμενα (Double Bottom), υπάρχει μια πιθανότητα 80% μια σύγκρουση εντός της περιοχής φορτίου να μην διαπεράσει τις δεξαμενές πετρελαίου και μια πιθανότητα 70% η προσάραξη να μην διαπεράσει το εσωτερικό έλασμα του πυθμένα. Εάν οι αποστάσεις των διπλών τοιχωμάτων αυξηθούν σε 2,5 m, το ενδεχόμενο η ζημιά να μην διαπεράσει τις δεξαμενές πετρελαίου και το εσωτερικό έλασμα του πυθμένα αυξάνεται σε 85% και 75% αντίστοιχα.

Διάγραμμα 7.2 : Probability density function for side damage penetration



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-34.

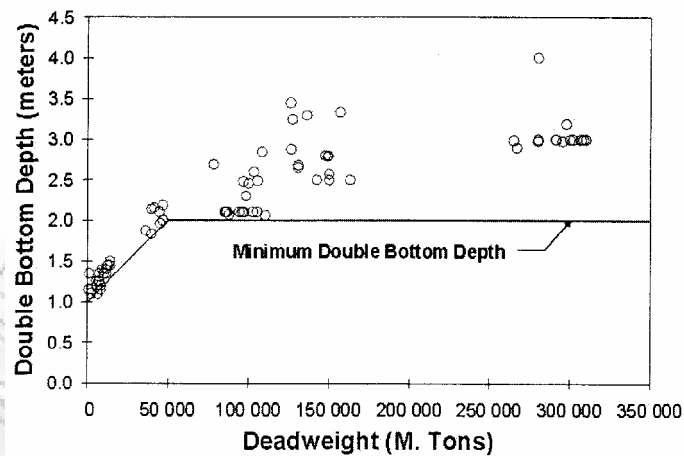
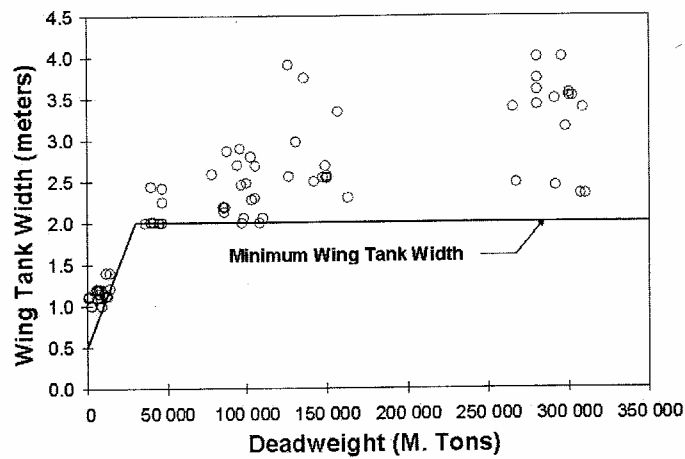
Τα περισσότερα δεξαμενόπλοια που κατασκευάζονται από το 1990 έχουν διπύθμενα (Double Bottom) και πλευρικές δεξαμενές (Wing Tanks) σε αποστάσεις τέτοιες ώστε, να πληρούν με το παραπάνω τις ελάχιστες απαιτήσεις των κανονισμών (διαγράμματα 7.3 και 7.4). Μερικοί από τους λόγους για την αύξηση αυτών των διαστάσεων είναι:

- α) Η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του IMO σχετικά με το Ballast Draft ,
- β) Λήψη βαθύτερων βυθισμάτων έρματος και μείωση της συχνότητας εμφάνισης του φαινομένου του προνευστασμού (Slamming),
- γ) Η εξασφάλιση επαρκούς χώρου για την κατασκευή διατηρώντας τις κατάλληλες αποστάσεις για την πρόσβαση, την επιθεώρηση αλλά και για κάποια ενδεχόμενη συντήρηση,
- δ) Η μείωση της πιθανότητας σύγκρουσης ή προσάραξης και διαπέρασης του εσωτερικού τοιχώματος και
- ε) Η απλοποίηση της κατασκευής με το να επιτρέψει στο “Prismatic portion” του

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

εσωτερικού τοιχώματος να εκτείνεται μπροστά και πίσω πέρα από το παράλληλο τμήμα στο μέσον του πλοίου.

Διαγράμματα 7.3 και 7.4 : Wing tank width, double bottom depth



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-34.

7.7 Η εκτίμηση του ορίου κόπωσης

⁴⁵Η εκτίμηση του ορίου κόπωσης είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα δεξαμενόπλοια, αφού ακόμα και μικρές ρωγμές οδηγούν στη διαρροή του πετρελαίου στη θάλασσα με σοβαρές συνέπειες για το περιβάλλον. Μια φασματική ανάλυση κόπωσης πρέπει να πραγματοποιηθεί, λαμβάνοντας υπόψη τις αναμενόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και τα στοιχεία φόρτωσης. Το σχήμα 7.3 παρουσιάζει τα σημεία που είναι πιο επιρρεπή σε θραύση από κόπωση.

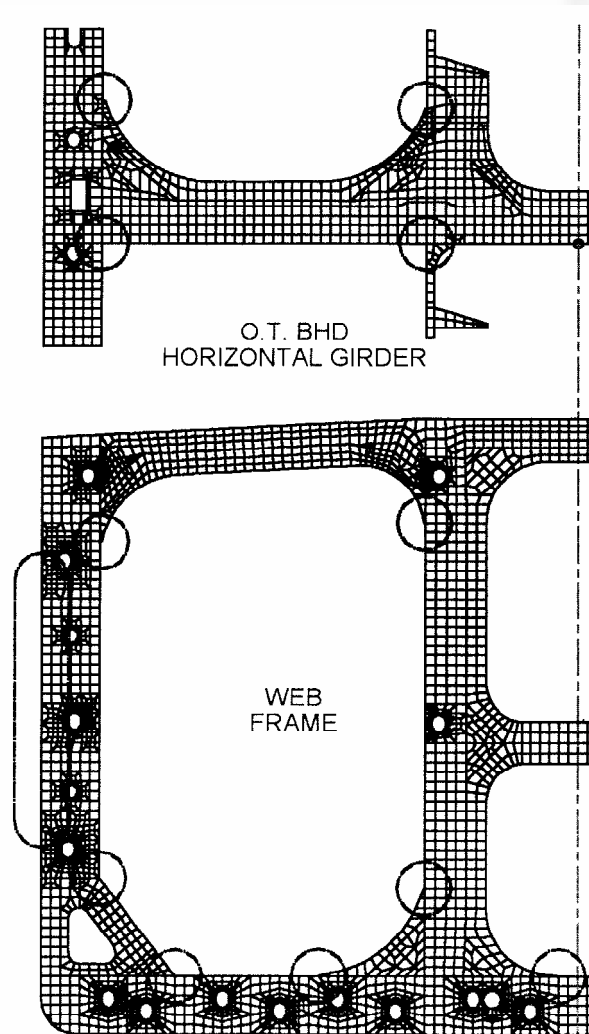
⁴⁶Στις περιοχές που εφαρμόζονται μεγάλες τάσεις, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη λεπτομέρεια. Η χρήση των συμμετρικών μορφών, κατάλληλων συγκολλήσεων μεταξύ των ελασμάτων και των ενισχυτικών και η χρήση κατάλληλου υλικού στα σημεία ενώσεων, όπου επικρατούν υψηλές τάσεις, μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση της διάρκειας ζωής του πλοίου.

Στα δεξαμενόπλοια, που δραστηριοποιούνται σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή. Για παράδειγμα, το όριο κόπωσης των διαμηκών στοιχείων στα σημεία ένωσης για τα δεξαμενόπλοια, που δραστηριοποιούνται στη Βόρεια Θάλασσα ή γενικότερα στο Βόρειο Ατλαντικό είναι μικρότερο από το μισό εάν αυτά λειτουργούσαν σε διεθνή ύδατα.

⁴⁵ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29, edition 2008 29-27.

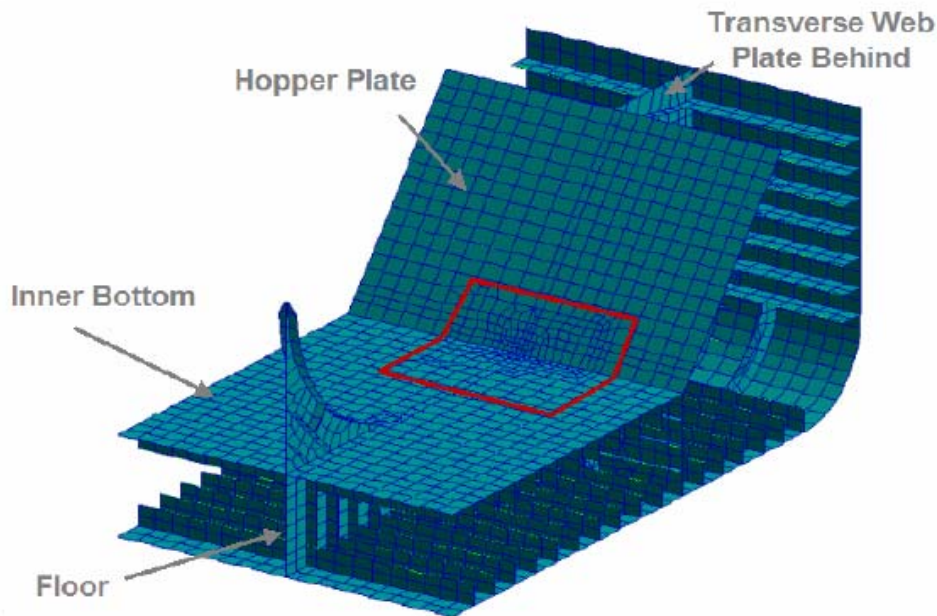
⁴⁶ Germanischer Lloyd –Design of double Hull Tanker Presentation at National Technical University of Athens σελ.29.

Σχήμα 7.3 : Κρίσιμα σημεία άσκησης ισχυρών τάσεων



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-27.

Σχήμα 7.4: Stress Analysis



Πηγή : Germanischer Lloyd –Design of double Hull Tanker Presentation at National Technical University of Athens σελ.29.

7.8 Η χρήση χάλυβα υψηλής αντοχής (Higher Strength Steel)

⁴⁷Το ποσοστό χρήσης χάλυβα υψηλής αντοχής ως προς τον κοινό χάλυβα ποικίλλει ανάλογα με το αν τα δεξαμενόπλοια είναι χτισμένα με μαλακό χάλυβα καθ'ολοκληρίαν ή σε κάποιο ποσοστό. Τα δεξαμενόπλοια, για παράδειγμα με 80% χάλυβα HT, χρησιμοποιούν χάλυβα υψηλής αντοχής σε όλα τα διαμήκη στοιχεία και τις εγκάρσιες Φρακτές, ως λύση στις ανησυχίες του ιδιοκτήτη, όσον αφορά τη διάβρωση και την κόπωση κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, θεωρήθηκε μείωση της περιεκτικότητας του χάλυβα υψηλής αντοχής. Έτσι έγινε κοινή πρακτική να χτιστούν δεξαμενόπλοια από 25% έως 35% χάλυβα HT32, με το HT32 χάλυβα να

⁴⁷ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29, edition 2008 29-28.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

περιορίζεται αποκλειστικά στο ανώτερο τμήμα των σταθμίδων.

Η κύρια ανησυχία σχετικά με τον υψηλής αντοχής χάλυβα είναι ότι έχει σχεδόν το ίδιο όριο κόπωσης με το μαλακό χάλυβα. Επομένως, όταν ταξινομούνται σύμφωνα με τις minimum απαιτήσεις των κανονισμών, οι υψηλής αντοχής χάλυβες θα έχουν μικρότερα όρια κόπωσης από τα συγκρίσιμα μεγέθη του μαλακού χάλυβα. Παραδείγματος χάριν, οι αναμενόμενες τιμές για το όριο κόπωσης των side shell longitudinals με χάλυβα HT32 και HT36 μπορεί να κυμαίνονται από 1/3 έως 1/2 από αυτές των side shell longitudinals με μαλακό χάλυβα. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η συνετή χρήση του υψηλής αντοχής χάλυβα αποτελεί ένα καλό τρόπο για τη μείωση του βάρους και του κόστους, αλλά η ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό των λεπτομερειών και η καλή ποιότητα της εργασίας είναι ιδιαίτερα σημαντικές.

Τα δεξαμενόπλοια, που χτίστηκαν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και της δεκαετίας του 1980 δοκιμάστηκαν ως προς το πόσο ευπαθή είναι σε θραύση από κόπωση στο κατάστρωμα στα πλευρικά ελάσματα της γάστρας και στα ελάσματα του πυθμένα. Οι κανόνες των Νηογνομόνων απαιτούν γενικά D ή E βαθμό χάλυβα (Grade) για το παρατροπίδιο (Bilge Keel), το έλασμα υδροροής (Stringer Plate) και τη σειρά ζωστήρος (Sheerstrake). Παρόλα αυτά μερικοί ιδιοκτήτες έχουν διευρύνει την εφαρμογή του βαθμού χάλυβα (Grade) D ή E σε όλα τα ελάσματα του πυθμένα, των πλευρών και των καταστρωμάτων.

7.9 Η αντοχή σε σύγκρουση

Η ικανότητα των δεξαμενοπλοίων να αντέχουν σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης είναι προφανούς σπουδαιότητας. Έρευνες και οργανωμένες προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί στη βελτίωση της κατανόησης των μηχανισμών της σύγκρουσης και των προσαράξεων των ατυχημάτων, δημιουργώντας εργαλεία για να εκτιμηθεί η επίδραση των διαφορετικών κατασκευαστικών στοιχείων δεξαμενοπλοίων στην έκταση της ζημιάς, αναπτύσσοντας όλες τις λογικές διαδικασίες για την ενσωμάτωση της αντοχής σε σύγκρουση στη διαδικασία σχεδιασμού.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

⁴⁸Η παραμένουσα αντοχή μετά από σύγκρουση ή προσάραξη αναγνωρίζεται τώρα ως σημαντική κατασκευαστική λεπτομέρεια και έχει ενσωματωθεί σε διάφορους κανονισμούς.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

⁴⁸ IACS Common structural Rules for Double Hull Oil Tankers, July 2008, Consolidated edition
σελ.14.

8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

8. Προωστήρια και ηλεκτρική εγκατάσταση, βοηθητικά συστήματα και εξοπλισμός

8.1 Διάταξη μηχανημάτων

⁴⁹Η πλειοψηφία των πετρελαιοφόρων, που χτίζονται από το 1990 είναι κατά κύριο λόγο μονοέλικα και διαθέτουν μηχανή Diesel αργόστροφη με έλικα σταθερού βήματος. Αυτά τα σκάφη έχουν γενικά τρεις και μερικές φορές και τέσσερις γεννήτριες Diesel για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο. Οι αντλίες φορτίου και έρματος μπορούν να είναι ηλεκτρικές ή ατμοκινούμενες . Εκτός από το αντλιοστάσιο η διάταξη μηχανημάτων στους υπόλοιπους χώρους είναι παρόμοια με οποιαδήποτε άλλα μεγάλα εμπορικά σκάφη.

Η εναλλακτική ενεργειακή διάταξη για τα διπλοέλικα δεξαμενόπλοια περιλαμβάνει τα εξής:

- Μηχανές Diesel απευθείας συνδεδεμένες με τις έλικες με μεγάλες γεννήτριες Diesel .
- Μηχανές Diesel απευθείας συνδεδεμένες με τις έλικες με κύριο μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας γεννήτριες με άξονα.
- Diesel-Electric σύστημα πρόωσης.

Δύο ολοκληρωμένα συστήματα, που χρησιμοποιούν τις τελευταίες δύο προσεγγίσεις περιγράφονται στις επόμενες ενότητες.

⁴⁹R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-30.

8.2 Ντιζελ-Μηχανικό σύστημα πρόωσης

Η εταιρεία Polar Tankers Inc. για το δεξαμενόπλοιο της ENDEAVOUR-Class Tanker διπλών τοιχωμάτων επέλεξε τις απευθείας συνδεδεμένες μηχανές Diesel, αργόστροφες με μεγάλη ιπποδύναμη. Η διάταξη των μηχανημάτων παρουσιάζεται στο σχήμα 8.1.

Το μηχανοστάσιο και το δωμάτιο πηδαλίου υποδιαιρούνται στη Centerline από στεγανές Φρακτές, οι οποίες φέρουν πυροπροστασία. Κάθε μηχανοστάσιο είναι ανεξάρτητο και καλύπτεται από τις ίδιες ρυθμιστικές απαιτήσεις που ισχύουν για ένα μηχανοστάσιο. Το εφεδρικό σύστημα διαθέτει δύο έλικες, δύο πηδάλια και δύο μηχανισμούς κίνησης του πηδαλίου.

Μια μηχανή B&W 7S50 MC-C Diesel αργόστροφη παρέχεται σε κάθε μηχανοστάσιο, καθώς και από ένας μειωτήρας στροφών. Σε κάθε μηχανοστάσιο εγκαθίσταται από μια γεννήτρια ισχύος 8600 KW, η οποία παράγει ρεύμα συχνότητας μεταξύ 50 και 60 HZ. Σε κάθε μηχανοστάσιο υπάρχουν μονάδες μετατροπής τάσεως, που λαμβάνουν από τη γεννήτρια εναλλασσόμενο ρεύμα και παρέχουν συνεχές ρεύμα τάσεως 660V. Ο μετατροπέας τάσεως παρέχει ρεύμα συχνότητας 60 HZ.

Κάθε σειρά ή η αλληλουχία της σύνδεσης απαρτίζεται από μια μηχανή diesel, αργόστροφη προοριζόμενη για έλικα ρυθμιζόμενου βήματος. Ο άξονας της έλικας περνά μέσω του τούνελ του άξονα χωρίς την παραμικρή επαφή. Ο ωστικός τριβέας και το φρένο του άξονα παρέχεται σε κάθε άξονα. Κάθε μηχανοστάσιο εγκαθίσταται με όλο τον εξοπλισμό που απαιτείται για να το καταστήσει πλήρως ανεξάρτητο από το άλλο. Τα βοηθητικά συστήματα, όπως το δίκτυο καυσίμου, η λίπανση, το σύστημα ψύξης με θαλασσινό νερό, ο συμπιεσμένος αέρας τακτοποιούνται ανεξάρτητα σε κάθε μηχανοστάσιο. Κάθε μηχανοστάσιο έχει τα απαραίτητα καύσιμα για 72 ώρες συνεχούς λειτουργίας.

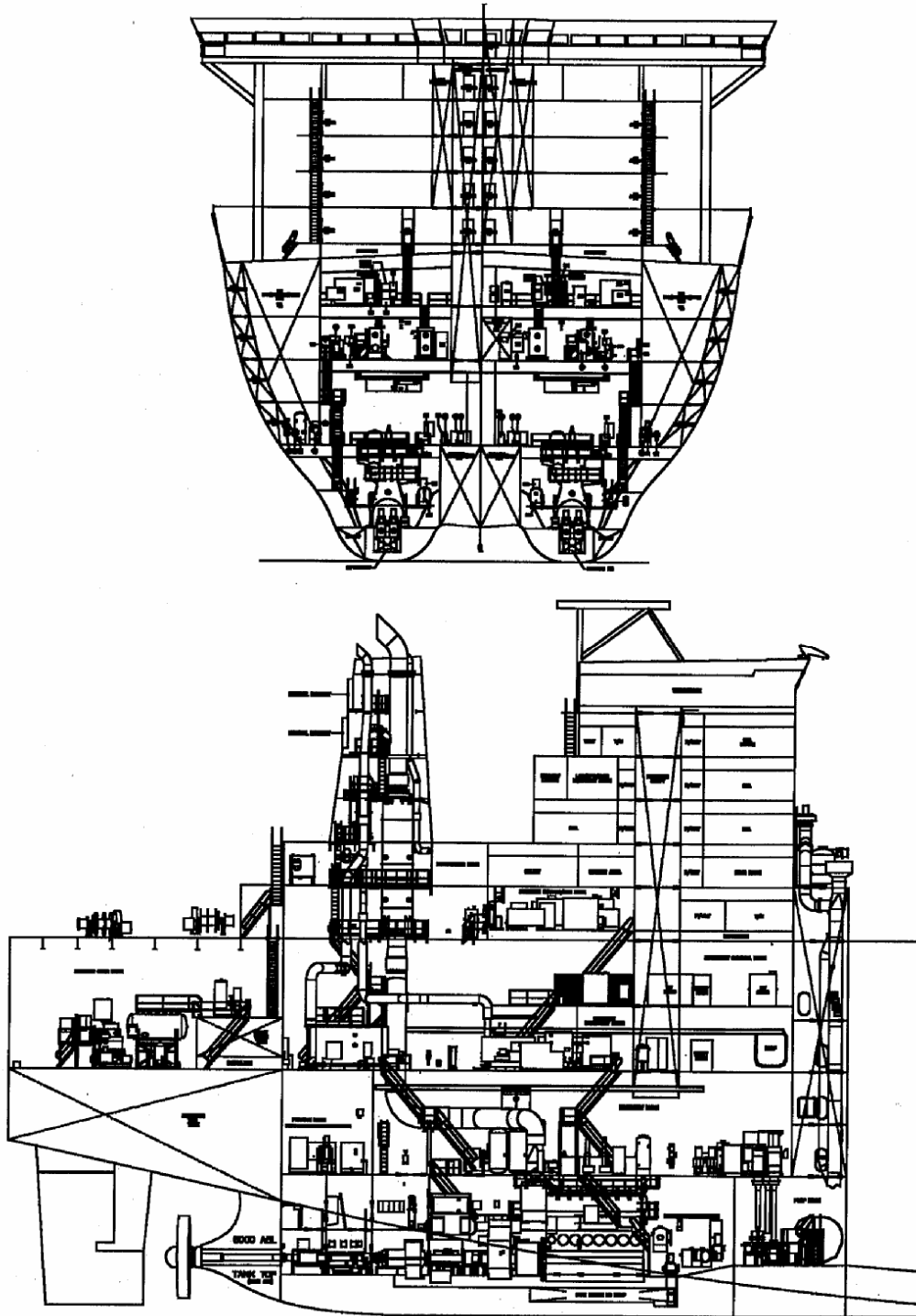
Το δεξί μηχανοστάσιο μπορεί να ελεγχθεί από το δεξιό Control Room των μηχανημάτων και το αριστερό μηχανοστάσιο μπορεί να ελεγχθεί από το αριστερό Control Room των μηχανημάτων. Οι ηλεκτρικοί πίνακες των διπλών μηχανοστασίων αλληλοσυνδέονται μέσω ομάδας ηλεκτρικών αγωγών συνδεδεμένων μαζί, παρέχοντας

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

πλεονασμό και ευελιξία στη λειτουργία. Κατά τη μεταφορά, τα μηχανοστάσια λειτουργούν ηλεκτρικά και μηχανικά ως ανεξάρτητες οντότητες.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 8.1 : Machinery Arrangement Polar Tankers Inc. ENDEAVOUR-Class Tanker (Diesel Mechanical Propulsion)



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-32.

8.3 Ντίτζελ -Ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης

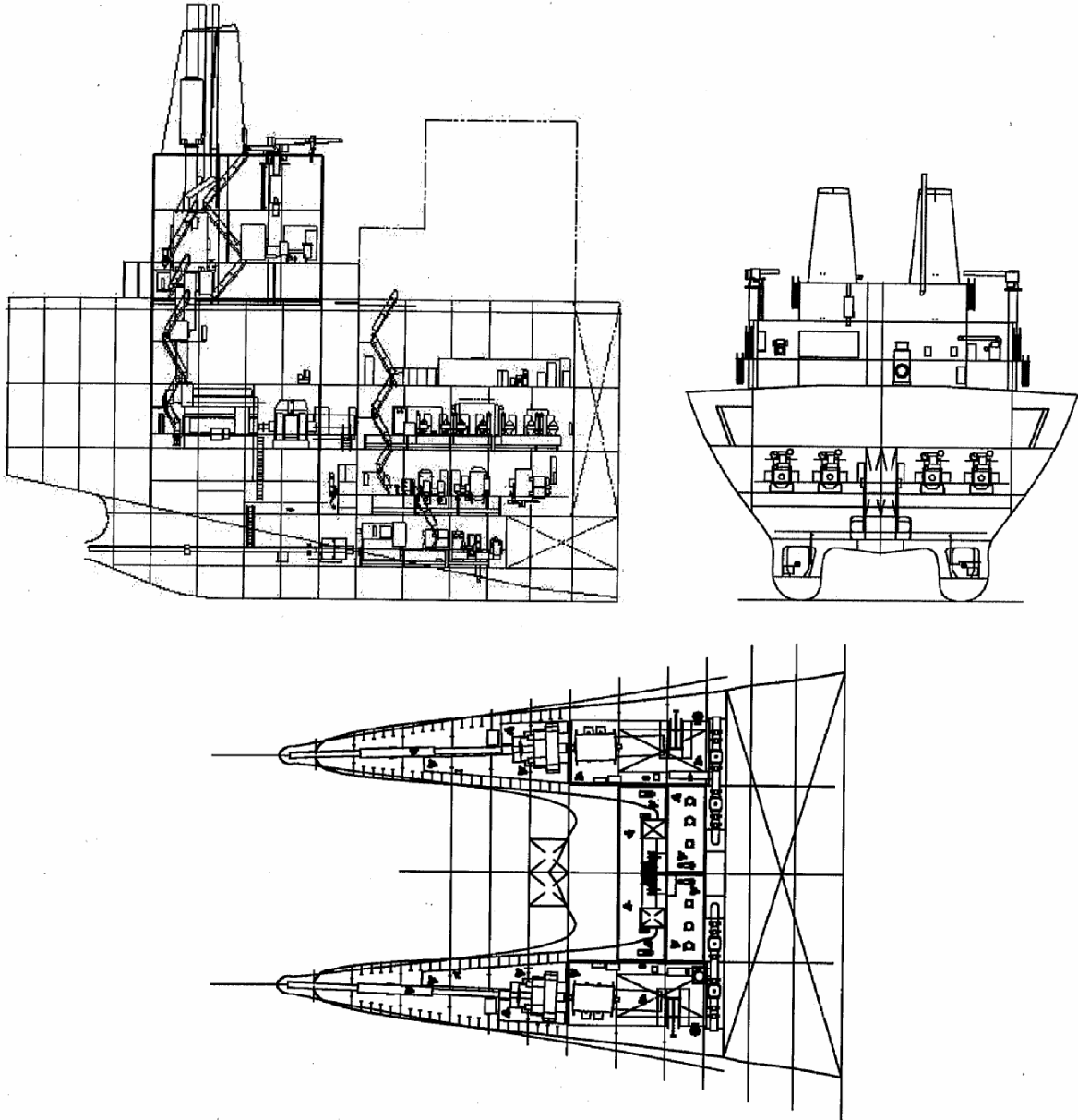
⁵⁰Η εταιρία BP Shipping επέλεξε για το TAPS Trade Cape Class δεξαμενόπλοιο της διπλών τοιχωμάτων μια ντίτζελ-ηλεκτρική εγκατάσταση . Ομοίως και σε αυτή την εκδοχή κάθε μηχανοστάσιο είναι πλήρως ανεξάρτητο από το άλλο, διαχωρισμένο από Φρακτές, οι οποίες φέρουν πυροπροστασία. Ξεχωριστά συστήματα πρόωσης, μηχανισμοί κίνησης πηδαλίου, καύσιμα και συστήματα ελέγχου υπάρχουν για κάθε μηχανοστάσιο.

Παρέχονται τέσσερις κύριες γεννήτριες Diesel, δύο για κάθε μηχανοστάσιο. Η κάθε μία τροφοδοτεί με 6,6 KV υψηλής τάσης τους ηλεκτρικούς πίνακες. Οι ηλεκτρικοί πίνακες τοποθετούνται σε ξεχωριστά Control Rooms αλλά συνδέονται για να εξυπηρετήσουν κοινά συστήματα. Οι υψηλής τάσης ηλεκτρικοί πίνακες τροφοδοτούν με ρεύμα τις μηχανές πρόωσης , τις αντλίες φορτίου και με 6600/480 V ρεύματος υπηρεσίας τους μετασχηματιστές. Κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας οι ηλεκτρικοί πίνακες των 480 V δεν αλληλοσυνδέονται. Ξεχωριστοί μηχανισμοί κίνησης του πηδαλίου καθώς επίσης και ξεχωριστά πηδάλια διατίθενται.

⁵⁰R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-31.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 8.2 : Machinery Arrangement BP Shipping TAPS Trade Cape Class Tanker (Diesel Electric Propulsion)



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-32.

8.4 Δίκτυο φορτίου

⁵¹Ένα τυποποιημένο δεξαμενόπλοιο είναι σε θέση να φορτώσει, να διαχωρίσει και να εκφορτώσει τρεις βαθμούς φορτίου. Ο διαχωρισμός του κάθε βαθμού εξασφαλίζεται από δύο κλειστές βαλβίδες. Οι χαρακτηριστικές απαιτήσεις αφορούν τη φόρτωση ενός ενιαίου ομοιογενούς φορτίου, μέσα σε 10 ώρες και εκφόρτωση ενός πλήρους ομοιογενούς φορτίου, συμπεριλαμβανομένης οποιασδήποτε πλύσης δεξαμενών μέσα σε 24 ώρες. Μία κεφαλή εκφόρτωσης των 10 bar στο “manifold” πρέπει να διατηρηθεί κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης (Η δημοσίευση OCIMF, αφορά τα πρότυπα για manifold πετρελαιοφόρων και το σχετικό εξοπλισμό, δηλαδή περιέχει τα βιομηχανικά πρότυπα για τα manifolds) . Ένα δίκτυο αποστράγγισης φορτίου πρέπει επίσης να παρασχεθεί. Γενικά, οι σωληνώσεις πρέπει να είναι ως προς το μέγεθος τέτοιες, ώστε η παροχή να μην ξεπερνά τα 4m/sec. Αυτό το μέγιστο ποσό μπορεί να διαφοροποιηθεί ελαφρώς ανάλογα με την περίπτωση .

Τα δεξαμενόπλοια, όπως έχουμε ήδη αναφέρει διαθέτουν ένα αντλιοστάσιο ακριβώς μπροστά από το μηχανοστάσιο. Το αντλιοστάσιο στεγάζει τις αντλίες, που είναι συνήθως ηλεκτρικές ή ατμοκινούμενες . Λόγω της επικίνδυνης ατμόσφαιρας του αντλιοστασίου, οι ηλεκτρικές μηχανές βρίσκονται μέσα στο μηχανοστάσιο και συνδέονται με τις αντίστοιχες αντλίες τους στο αντλιοστάσιο μέσω των ενδιάμεσων αξόνων και κιβωτίων σύνδεσης . Ο φωτισμός επιβάλλεται να είναι αντιεκρηκτικού τύπου. Τα αντλιοστάσια πρέπει να αερίζονται επαρκώς (χαρακτηριστικά 20 έως 30 εναλλαγές αέρα ανά ώρα) και να διαθέτουν σύστημα πυρόσβεσης CO₂ ή κάποιο ισοδύναμο. Πρακτικά, η εξάλειψη του αντλιοστασίου πρέπει να εξεταστεί μέσω της χρήσης καταδυόμενων αντλιών εσωτερικά της κάθε δεξαμενής. Αυτή η προσέγγιση έχει το επιπρόσθετο πλεονέκτημα μεγαλύτερου όγκου μεταφοράς φορτίου αλλά δεν είναι δυνατή αυτή η λειτουργία στα μεγαλύτερα σκάφη λόγω του υπερβολικού ύψους ανύψωσης, που απαιτείται από τις αντλίες.

Τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου είναι συνήθως ικανά να

⁵¹ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-21.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

φορτώσουν, να διαχωρίσουν και να εκφορτώσουν τουλάχιστον τέσσερις βαθμούς φορτίου μέσω του διαχωρισμού δύο βαλβίδων. Τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς διυλισμένων προϊόντων πετρελαίου, στα οποία είναι συνήθως απαραίτητο να αποτραπεί η άμεση ανάμιξη των βαθμών μέσω της (Inert Gas) γραμμής αδρανούς αερίου, δύο ανεξάρτητοι I.G. κεντρικοί αγωγοί πρέπει να εγκατασταθούν. Τα χαρακτηριστικά ποσοστά φόρτωσης είναι επίσης 10 ώρες για πλήρες φορτίο και εκφόρτωση σε περίπου 18 ώρες ταυτόχρονα διατηρώντας πίεση 10 bar στο manifold. Ένα δίκτυο αποστράγγισης φορτίου είναι απαραίτητο.

Μια καταδύομενη αντλία ανά δεξαμενή ευνοείται βεβαίως για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου για λόγους διασφάλισης της ποιότητας του φορτίου. Το ίδιο σύστημα πρέπει να ισχύει και για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού πετρελαίου, προκειμένου να καταργηθεί το αντλιοστάσιο. Η λειτουργία των καταδύομενων αντλιών είναι συνήθως υδραυλική και οι μηχανές και οι αντλίες τοποθετούνται στο μηχανοστάσιο. Προφυλάξεις για τα υδραυλικά συστήματα πρέπει να ληφθούν, ώστε να εξασφαλιστεί η καθαριότητα του συστήματος από οποιοδήποτε εξωγενές στοιχείο.

⁵²Οι σωληνώσεις φορτίου δεν επιτρέπεται να διέρχονται μέσω των δεξαμενών έρματος, έτσι ώστε τα συστήματα φορτίου και έρματος να είναι εντελώς διαχωρισμένα και να μην υπάρχει καμία πιθανότητα ανάμιξης του υγρού ballast με το πετρέλαιο. Δεν είναι δυνατό να γίνει αυτό όταν μεταξύ των δεξαμενών φορτίου μεσολαβούν εγκάρσιες φρακτές και το κατώτερο τμήμα της φρακτής αποτελεί τμήμα της δεξαμενής έρματος των διπύθμενων. Βαρύτερος χάλυβας πλήρως συγκολλημένος, χωρίς φλάντζες καθώς και ένα καλό σύστημα επίστρωσης για εκείνο το τμήμα του σωλήνα που είναι εκτεθειμένο θεωρείται αναγκαίο.

Ο χάλυβας χρησιμοποιείται για τις σωληνώσεις φορτίου. Οι σωληνώσεις αυτές μπορεί επίσης να είναι ενισχυμένες από εποξική ρητίνη γυαλιού (GRP Glass-reinforced plastic). Η φόρτωση μπορεί να πραγματοποιηθεί, είτε με τη ροή πετρελαίου προς τα πίσω στις σωληνώσεις εκφόρτωσης με μια by-pass ρύθμιση πριν την αντλία, είτε μέσω των γραμμών πτώσης απευθείας, μέσω manifold στους κεντρικούς αγωγούς, που

⁵² R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29, edition 2008 29-22.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

βρίσκονται εσωτερικά των δεξαμενών διαμέσου του καταστρώματος. Αυτή η προσέγγιση μειώνει την παραγωγή των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) κατά τη διάρκεια της φόρτωσης.

Σε γενικές γραμμές, επαρκείς σωληνώσεις και βαλβίδες πρέπει να παρασχεθούν για να επιτρέψουν σε οποιαδήποτε αυτόνομη αντλία φορτίου να εξυπηρετήσει οποιαδήποτε δεξαμενή φορτίου. Μια by-pass σωλήνωση πρέπει να τακτοποιηθεί έτσι ώστε, κατά τη διάρκεια της φόρτωσης, εισερχόμενη ροή πετρελαίου να μπορεί να διέλθει άμεσα από το manifold στις δεξαμενές φορτίου. Επίσης απαιτείται να υπάρχουν ύψος ανώτερης στάθμης και συναγερμός υπερχειλίσης . Ο συναγερμός υπερχειλίσης (για ύψος στάθμης στο 98%) πρέπει να ενεργοποιείται ,έτσι ώστε ο εργαζόμενος, που ελέγχει τη λειτουργία να έχει αρκετό χρόνο (συνήθως 1 λεπτό) για να αποτρέψει την υπερχειλίση της δεξαμενής. Οι βαλβίδες συνήθως λειτουργούν υδραυλικά και ελέγχονται από το Control Room του φορτίου. Αντλίες αποστράγγισης πρέπει να τοποθετηθούν στο κατώτερο σημείο της δεξαμενής. Η αποστράγγιση των δεξαμενών φορτίου πραγματοποιείται μέσω κανονικών γραμμών αναρρόφησης με μιας μικρότερης διαμέτρου αναρρόφηση από μία εξαγωγή, που βρίσκεται στο δωμάτιο αντλιών. Η παραγωγή φορτίου καταγράφεται προσεκτικά και είναι μέτρο αξιολόγησης της σωστής λειτουργίας ενός δεξαμενόπλοιου . Το δίκτυο του φορτίου, επομένως πρέπει να σχεδιαστεί προσεκτικά και οι αντλίες πρέπει να τοποθετηθούν έτσι, ώστε να εξασφαλιστεί μέγιστη ποσότητα παραγωγής .

Η θέρμανση του φορτίου δεν είναι συνήθως απαραίτητη για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού πετρελαίου (εκτός από τις δεξαμενές καταλοίπων). Οι απαιτήσεις για τη θέρμανση δεξαμενών καταλοίπων (Slop Tanks) έχουν χαρακτηριστικά ως εξής: πρέπει να αυξηθεί η θερμοκρασία του περιεχόμενου της δεξαμενής από 44°C σε 66°C σε 24 ώρες σε θερμοκρασία νερού θαλάσσης 5°C και αέρα 2°C. Ατμός χρησιμοποιείται επίσης για τη θέρμανση της δεξαμενής καταλοίπων, αλλά πρέπει να επιστρέφει πίσω σε μια ειδική δεξαμενή για να ελεγχθεί ότι δεν υπάρχει καμία διαρροή πετρελαίου στον ατμό.

Η θέρμανση του φορτίου απαιτείται στα δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου. Οι χαρακτηριστικές απαιτήσεις αφορούν την αύξηση της θερμοκρασίας του φορτίου από 44°C σε 66°C μέσα σε 96 ώρες σε θερμοκρασία νερού θαλάσσης 5°C

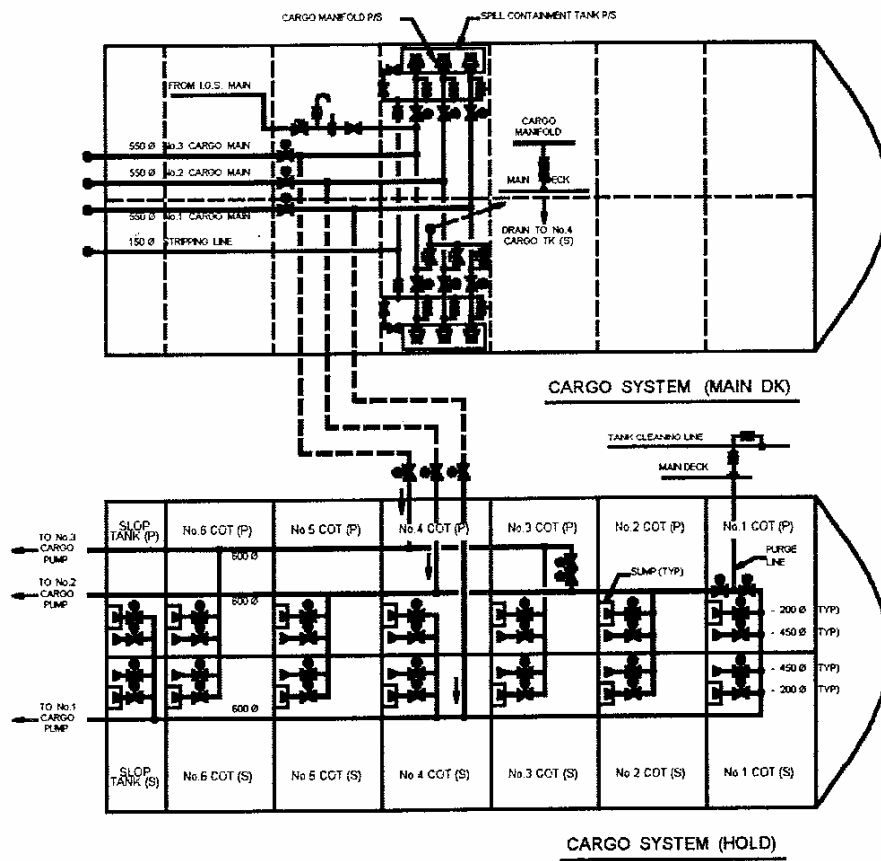
“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

και θερμοκρασία αέρα 2°C. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ύπαρξη σπειρών θέρμανσης στο κατώτατο τμήμα των δεξαμενών ή με θερμαντήρες ειδικά στηριγμένους στο κατάστρωμα. Το τελευταίο σύστημα, που περιγράψαμε μπορεί μόνο να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με μια καταδυόμενη αντλία σε κάθε δεξαμενή, ώστε η παροχή στο θερμαντήρα να είναι συγκεκριμένη.

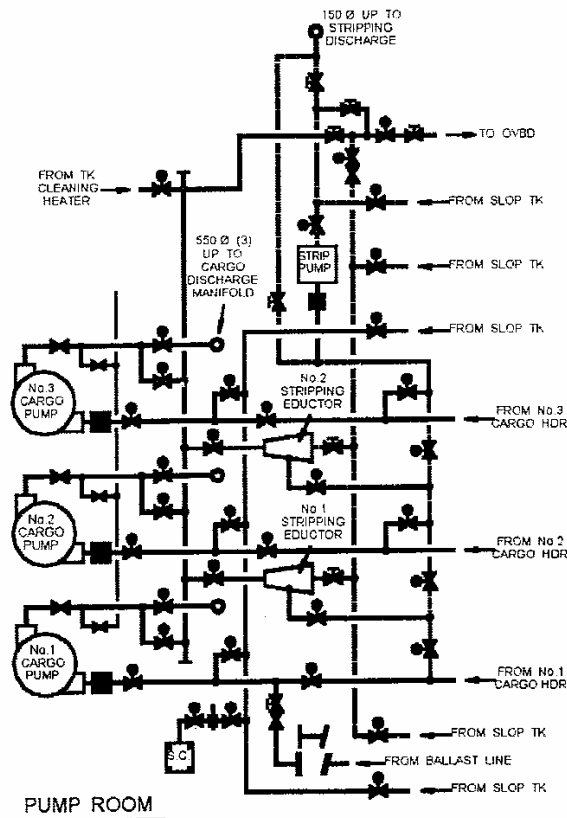
Ο ατμός είναι το συνηθέστερο χρησιμοποιημένο μέσο θέρμανσης και συνήθως το καταλληλότερο όταν υπάρχουν εγκαταστάσεις ατμού, που παρέχονται για άλλους λόγους. Το θερμικό πετρέλαιο είναι ένα εναλλακτικό σύστημα, το οποίο είναι λιγότερο διαβρωτικό και πιο ανθεκτικό. Αυτά τα συστήματα εξυπηρετούνται από δύο λέβητες και ο κάθε λέβητας από δύο αντλίες κυκλοφορίας. Η εξάτμιση από τις κύριες μηχανές παρέχει μια άλλη πηγή θερμότητας για το σύστημα, το οποίο είναι διαθέσιμο εν πλω. Σε περιπτώσεις μερικής φόρτωσης και τη λεπτή ρύθμιση της θερμότητας ενδείκνυται ηλεκτρικός θερμαντήρας. Η εξάτμιση από τους λέβητες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή αδρανοποίησης αερίου, αλλά πρέπει απαραίτητως να υπάρχει και διέξοδος απόρριψης καυσαερίων για καταστάσεις που δεν απαιτείται η θέρμανση φορτίου, ενώ παράγεται αδρανές αέριο.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 8.3: Διαγραμματικό σχέδιο δικτύου πετρελαίου



“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-22.

8.5 Δίκτυο έρματος

⁵³Οι αντλίες έρματος είναι συνήθως τοποθετημένες στο αντλιοστάσιο, αλλά όπου δεν υπάρχει αντλιοστάσιο καταδύόμενες αντλίες τοποθετούνται συνήθως σε μια από τις δεξαμενές έρματος. Αυτές οι αντλίες μπορούν έπειτα να εξυπηρετήσουν όλες τις δεξαμενές έρματος εκτός από τη πρυμναία δεξαμενή ζυγοστάθμισης (After Peak Tank) , η οποία εξυπηρετείται από μια ξεχωριστή αντλία, που βρίσκεται εντός του μηχανοστασίου .

⁵³R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-25.

Ένα σύστημα αποστράγγισης πρέπει επίσης να παρασχεθεί. Η αποστράγγιση μπορεί απλούστερα να γίνει παρέχοντας μία μικρότερης διαμέτρου αναρρόφηση στη δεξαμενή, η οποία πρέπει να συνδέεται με τον κεντρικό αγωγό. Η συγκέντρωση υπολειμμάτων μπορεί να είναι ένα πρόβλημα, ειδικά στα πλοία, που διαθέτουν διπύθμενα, τα οποία παίρνουν τακτικά μη θαλασσινό έρμα. Μια λύση είναι να εγκατασταθούν γραμμές ψεκασμού μέσα στις δεξαμενές έρματος για την πλύση των υπολειμμάτων, ώστε αυτά να μη σταθεροποιηθούν. Η συνολική ισχύς των αντλιών έρματος (συνήθως δύο) είναι επαρκής για να απαλλάξει τον στερεό όγκο από το έρμα σε περίπου 15 ώρες. Ο χρόνος που απαιτείται για την άντληση και την αποστράγγιση των δεξαμενών έρματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 ώρες μικρότερος από το χρόνο φόρτωσης. Ένα χαρακτηριστικό κύριο δίκτυο έρματος για το μπροστινό τμήμα του πλοίου παρουσιάζεται στο σχήμα 8.4.

Όπως και με τις αντλίες φορτίου, σε κάθε αντλία έρματος πρέπει να παρασχεθεί η ευελιξία, ώστε να μπορεί να εξυπηρετηθεί κάθε δεξαμενή έρματος. Για να βελτιωθεί περαιτέρω η ευελιξία πρέπει να είναι δυνατό, σε περίπτωση ανάγκης, να συνδεθούν οι αντλίες φορτίου με το δίκτυο έρματος. Αυτή η σύνδεση παρέχεται συνήθως και επιτρέπει την απαλλαγή του έρματος σε περίπτωση αποτυχίας λειτουργίας των αντλιών έρματος.

Οι σωληνώσεις έρματος είναι εκτεθειμένες στη διάβρωση και από τις δύο πλευρές. Η επίστρωση χάλυβα μπορεί να αποτελεί μια καλή λύση γι' αυτό το πρόβλημα αλλά το επίστρωμα διαβρώνεται λόγω των συχνών καταπονήσεων σε κάμψη. Το υλικό GRP (Glass-reinforced plastic δηλ. από εποξική ρητίνη γυαλιού) είναι μια καλύτερη επιλογή αλλά είναι σημαντικό οι σωληνώσεις να είναι καλά στηριγμένες, προκειμένου να αντέξουν τα ισχυρά φορτία, που μπορεί να εφαρμοστούν.

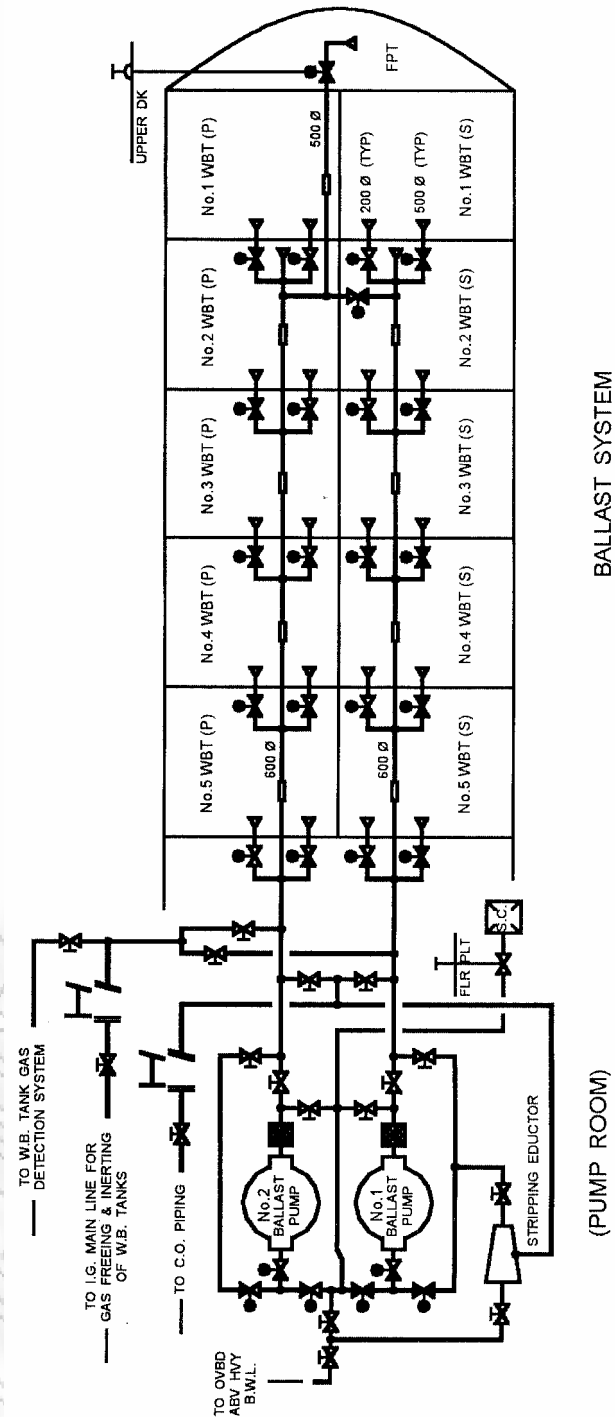
Οι σωληνώσεις έρματος παρέχουν επίσης μέσα για την ανίχνευση αερίου, αδρανοποίηση και τον εξαερισμό των δεξαμενών έρματος. Όταν οι δεξαμενές είναι κενές, οι σωληνώσεις μπορούν να συνδεθούν με το σύστημα ανίχνευσης αερίου και όταν ανιχνεύεται υδρογονάνθρακας η γραμμή μεταπηδάει στο δίκτυο αδρανούς αερίου (I.G.) και οι δεξαμενές γεμίζουν με Inert Gas. Το μειονέκτημα, που προκύπτει είναι ότι το σύστημα ανίχνευσης δεν μπορεί αμέσως να εντοπίσει ποια δεξαμενή έχει πρόβλημα. Προκειμένου να αεριστεί ο χώρος των δεξαμενών έρματος, ο αέρας

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

εισάγεται μέσω του κεντρικού αγωγού από τον ανεμιστήρα I.G. και τα ανοίγματα δεξαμενών στο κατάστρωμα ανοίγουν. Δεδομένου ότι ο αέρας είναι ελαφρύτερος από το I.G. δεν είναι τόσο αποτελεσματική μέθοδος, όπως είναι η διοχέτευση αέρα μέσω σωληνώσεων στην οροφή της δεξαμενής μέσω του κεντρικού αγωγού I.G. Εναλλακτικά, ένας ανεμιστήρας μπορεί να συνδεθεί με τον κεντρικό αγωγό του δικτύου έρματος. Προσοχή πρέπει να ληφθεί στον έλεγχο της περιεκτικότητας αέρα των δεξαμενών πριν από την είσοδο σε αυτές.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Σχήμα 8.4 : Διαγραμματικό σχέδιο δικτύου έρματος



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-25.

8.6 Καθαρισμός δεξαμενών

⁵⁴Τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού πετρελαίου πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν επαρκή συστήματα καθαρισμού των δεξαμενών φορτίου τους με την κυκλοφορία του φορτίου πετρελαίου πίσω στις δεξαμενές φορτίου μέσω των περιστρεφόμενων συστημάτων ψεκασμού, τα οποία ξεκινούν από τα ανώτερα τμήματα και συνεχίζουν έως τα κατώτερα σημεία των δεξαμενών. Η λειτουργία αυτή καλείται πλύση των δεξαμενών με ακατέργαστο πετρέλαιο (COW). Είκοσι πέντε τοις εκατό των δεξαμενών φορτίου καθαρίζονται συνήθως κατά τη διάρκεια κάθε εκφόρτωσης. Αυτό βοηθά στο να αποτραπεί η συσσώρευση υπολειμμάτων στο κατώτερο τμήμα και βελτιώνει το επίπεδο παραγωγής μέσω της μείωσης της προσκόλλησης περιττών στοιχείων. Μία αντλία χρησιμοποιείται γενικά για τον καθαρισμό των δεξαμενών φορτίου αλλά επιπλέον πρέπει να είναι διαθέσιμη οποιαδήποτε από τις αντλίες φορτίου. Η ιπποδύναμη της αντλίας καθαρισμού των δεξαμενών φορτίου πρέπει κανονικά να είναι περίπου στο 25% - 35% μιας αντλίας φορτίου. Το δίκτυο αποστράγγισης δεν πρέπει να είναι μικρότερο ως προς το μέγεθος από το 1,25 της ποσότητας του ακατέργαστου πετρελαίου που θα χρησιμοποιηθεί για την πλύση.

Ένα σύστημα καυτού ή κρύου νερού για την πλύση των δεξαμενών φορτίου πρέπει επίσης να παρασχεθεί. Αυτό το σύστημα απαιτείται μόνο όταν πρέπει οι δεξαμενές να καθαριστούν πριν από την επιθεώρηση ή κάποιον δεξαμενισμό ή στην περίπτωση των δεξαμενοπλοίων μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου, που αλλάζουν από έναν βαθμό στον άλλο. Η αντλία καθαρισμού των δεξαμενών φορτίου μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για αυτό το σκοπό. Η εκφόρτωση πρέπει να γίνεται μέσω ενός θερμαντήρα, ο οποίος πρέπει να είναι σε θέση να αυξήσει τη θερμοκρασία του νερού της θάλασσας από 20°C σε 80°C.

⁵⁴ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29, edition 2008 29-23.

8.7 Συστήματα εξαερισμού δεξαμενών και αδρανούς αερίου

⁵⁵Αναμφισβήτητα, πρέπει να παρέχονται τα κατάλληλα μέσα για να επιτρέπεται στο αέριο πετρέλαιο, που βρίσκεται στη δεξαμενή φορτίου (το οποίο έχει προκύψει από εξάτμιση) να διαφύγει κατά τη διάρκεια φόρτωσης της δεξαμενή και "να αναπνεύσει" όταν η δεξαμενή είναι πλήρης και ο όγκος ποικίλλει εξαιτίας της διαφορετικής θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Εάν, κατά τη διάρκεια της φόρτωσης, το αέριο πετρέλαιο δεν διαφεύγει στο περιβάλλον από ένα σύστημα αποκατάστασης, πρέπει υποχρεωτικά να αερίζεται είτε φυσικά μέσω κατακόρυφων αγωγών τουλάχιστον 6m πάνω από το κατάστρωμα, είτε σε περιπτώσεις υψηλής ταχύτητας (30 m/sec) μέσω ακροφυσίων που χρειάζεται να είναι μόνο 2 m πάνω από το κατάστρωμα. Στη δίοδο πάνω στο κατάστρωμα, οι δεξαμενές φορτίου είναι ανοικτές στον κεντρικό αγωγό αδρανοποίησης αερίου, ο οποίος διατηρείται σε χαμηλή πίεση (0,5 μέτρο στήλης ύδατος) ,ώστε να αποτραπεί η διοχέτευση αέρα μέσα στις δεξαμενές από ανοίγματα από θραύση που θα δημιουργούσε η υψηλή πίεση του αγωγού.

Το σύστημα αδρανούς αερίου (I.G.) πρέπει επίσης να είναι σε θέση να παρέχει μεγάλες ποσότητες αερίου στις δεξαμενές φορτίου κατά τη διάρκεια φόρτωσης και να εφοδιάζει ξανά με ποσότητες αερίου όταν χρειαστεί . Πιο συγκεκριμένα πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει περισσότερο από το 25% του μέγιστου ογκομετρικού ποσοστού άντλησης φορτίου, χρησιμοποιώντας όλες τις αντλίες φορτίου, αλλά χωρίς να γίνει υπέρβαση της πίεσης περισσότερο από 0,2 bar. Το αέριο κατά την πλύση πρέπει να έχει περιεκτικότητα σε οξυγόνο όχι περισσότερο από 5% του όγκου. Τα σκάφη, που διαθέτουν ατμοστρόβιλους έχουν λέβητες για την δημιουργία του ατμού , το αδρανές αέριο μπορεί να παραχθεί σε αυτά με τη χρησιμοποίηση του αερίου των σωληνώσεων των λεβήτων και τη διάβαση του μέσω μιας συσκευής καθαρισμού αερίου.

⁵⁶Το αέριο πρέπει να αντληθεί στις δεξαμενές φορτίου μέσω ανεμιστήρων, που μπορούν να διατηρήσουν μια θετική πίεση . Το αέριο πρέπει να περάσει μέσω μιας

⁵⁵ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-23.

⁵⁶ IMO Inert gas systems

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

υδατοπαγίδας στο κατάστρωμα της οποίας η λειτουργία είναι να εξασφαλιστεί ότι ο ατμός των υδρογονανθράκων από τις δεξαμενές φορτίου δεν θα περάσει στο μηχανοστάσιο . Στην υδατοπαγίδα πρέπει να παρασχεθούν οι σπείρες θέρμανσης για να αποτραπεί το πάγωμα σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Ένα σιφόνι πρέπει να παρασχεθεί έτσι ώστε το αέριο μπορεί να επιστραφεί στην συσκευή καθαρισμού αερίου όταν μειώνεται η απαίτηση. Το αέριο μπορεί επίσης να διοχετευθεί στο περιβάλλον. Οι εκδόσεις του οργανισμού IMO Inert gas systems δίνουν λεπτομερείς οδηγίες για τη σχεδίαση και τη λειτουργία του συστήματος.

8.8 Σύστημα πρόσδεσης για τα δεξαμενόπλοια (Mooring System)

⁵⁷Η διαδικασία πρόσδεσης είναι μια από τις πιο επικίνδυνες και επίπονες εργασίες για ένα δεξαμενόπλοιο. Ο αριθμός ατόμων που απαιτείται για μια ασφαλή διαδικασία πρόσδεσης καθορίζει συχνά το μέγεθος του πληρώματος ενός δεξαμενόπλοιου. Είναι επομένως ουσιαστικό ότι ο εξοπλισμός και η διάταξη επιλέγονται και σχεδιάζονται με έναν τρόπο τέτοιο, ώστε να παρέχεται ασφάλεια και αποτελεσματικότητα στη λειτουργία του από το πλήρωμα. Μια λεπτομερής πραγματεία στο θέμα μπορεί να βρεθεί στις οδηγίες πρόσδεσης, που εκδίδονται από τον OCIMF.

Το σύστημα πρόσδεσης πρέπει να επιτρέψει στο δεξαμενόπλοιο να προσδέσει ακίνδυνα σε ποικίλα τερματικά, όπως σε ένα SBM (Single Buoyancy Mooring), CBM (Conventional Buoyancy Mooring) σε προβλήτες και σε λιμένες νησιών. Η κανονική διάταξη του συστήματος περιλαμβάνει έναν συνδυασμό πλαγιοδετών για τον έλεγχο της εγκάρσιας κίνησης και σκοιινιών για τον έλεγχο της διαμήκου κίνησης. Σε ένα SBM όλο το φορτίο λαμβάνεται σε ένα (ή εάν το dwt είναι μεγαλύτερο από 200.000 τόνους) σε δύο “stoppers” που είναι σχεδιασμένοι να δεχτούν την τυποποιημένη αλυσίδα των 76 mm.

Ο εξοπλισμός πρόσδεσης πρέπει να είναι τοποθετημένος όσο πιο κοντά είναι δυνατό στα άκρα του δεξαμενόπλοιου. Αυτό θα επιτρέψει να διατηρηθούν ελεύθεροι

⁵⁷ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-29.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

οι χώροι για το χειρισμό του φορτίου και αυξάνει την αποτελεσματικότητά. Παρόλα αυτά στα μεγάλα δεξαμενόπλοια είναι συχνά απαραίτητο να τοποθετηθούν μερικά βαρούλκα πάνω στην περιοχή δεξαμενών φορτίου του καταστρώματος. Υπάρχει και η άποψη ότι τα αυτόματα βαρούλκα ενός VLCC δεν ευνοούνται γενικά. Στην πραγματικότητα, πολλά τερματικά τα απαγορεύουν λόγω της τάσης τους να προεξέχουν όταν χρησιμοποιούνται. Το ISO 3730 και 7825 δίνει τις γενικές απαιτήσεις για τα βαρούλκα πρόσδεσης των σκαφών. Αν και οι οδηγοί των κυλίνδρων περιελίξεως (Rollers) θα προκαλέσουν συνήθως τη λιγότερη φθορά στα μεταλλικά μέρη και τα σχοινιά, χρειάζεται ιδιαίτερη συντήρηση και απαιτείται η ύπαρξη δεσμών στο πλοίο.

Η κινητήρια δύναμη για τα μηχανήματα πρόσδεσης μπορεί να είναι ηλεκτρική ή συχνότερα, υδραυλική. Είναι ορθή πρακτική να διαχωριστεί το υδραυλικό σύστημα του εξοπλισμού πρόσδεσης από τα υπόλοιπα υδραυλικά συστήματα του σκάφους, όπως είναι οι γερανοί του καταστρώματος ή οι αντλίες φορτίου. Αυτό θα διασφαλίσει ότι μια ενδεχόμενη δυσλειτουργία δεν θα επηρεάσει και τα υπόλοιπα υδραυλικά συστήματα και επιτρέπει τη χρήση χαμηλής πίεσης για το μηχανισμό πρόσδεσης.

8.9 Ρυμούλκηση ανάγκης

⁵⁸Όλα τα νέα δεξαμενόπλοια μεγαλύτερα των 20.000 τόνων dwt απαιτείται να διαθέτουν μηχανισμό ρυμούλκησης ανάγκης και στην πλώρη και στην πρύμνη. Η πρόθεση της απαίτησης είναι να μπορεί εύκολα να ενεργοποιηθεί το σύστημα ρυμούλκησης από ένα άτομο σε περίπτωση συνολικής απώλειας πρόωσης . Δεκαπέντε λεπτά απαιτείται για το πρύμνηθεν τμήμα του πλοίου και μία ώρα για μπροστινό τμήμα του πλοίου . Οι οδηγίες για τη λειτουργία αυτών των συσκευών μπορούν να βρεθούν στον IMO Resolution MSC 35.

⁵⁹Η στήριξη του μηχανισμού ρυμούλκησης και των δεσμών πρέπει να γίνεται σε ισχυρά σημεία πάνω στο κατάστρωμα αλλά να είναι κατάλληλα κατασκευασμένα να αντέξουν ένα τράβηγμα 90° από τη Centerline του σκάφους. Προσβάσιμοι διάδρομοι πρέπει να παρέχονται στο μηχανισμό ρυμούλκησης στην πλώρη ,ώστε να είναι εφικτή η πρόσβαση του προσωπικού ακόμη και σε δύσκολες καιρικές συνθήκες.

Τα δεξαμενόπλοια πρέπει επίσης να είναι σε θέση να δεχτούν τους κάβους ρυμούλκησης από τα ρυμουλκά, γι' αυτό πρέπει να διαθέτουν μικρές και μεγάλες δέστρες πάνω σε βάσεις περιμετρικά στην άκρη του καταστρώματος.

8.10 Ικανότητα ελιγμών

⁶⁰Το μανουβράρισμα είναι ένα απαραίτητο χαρακτηριστικό, που όλα τα πετρελαιοφόρα οφείλουν να έχουν. Τα περισσότερα δεξαμενόπλοια είναι ασταθή στην πορεία. Με άλλα λόγια, το κέντρο της πλευρικής αντίστασης είναι πιο μπροστά από το κέντρο της ακτίνας περιστροφής από την παρέκκλιση της πορείας και χρειάζονται τις ενεργές κινήσεις των πηδαλίων για να διατηρήσουν την πορεία τους. Αυτό είναι μια συνέπεια των σχετικά χαμηλών αναλογιών τους μήκους , πλάτους . Αυτό το

⁵⁸R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-28.

⁵⁹ IMO Resolution MSC 35.

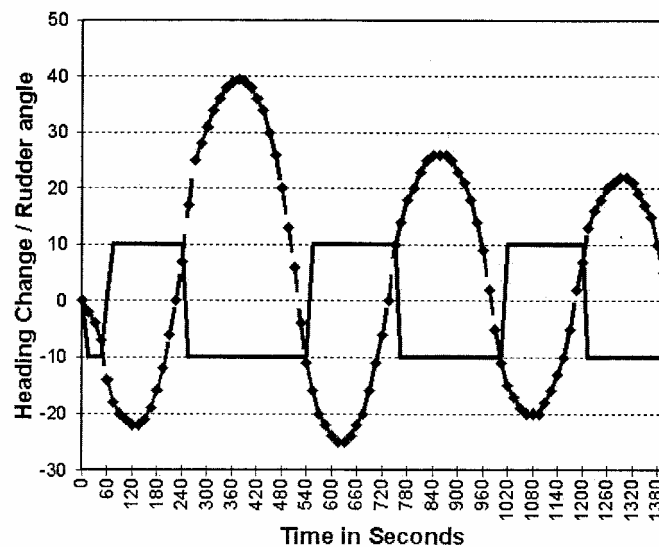
⁶⁰ SOLAS Chapter II-2 Part D ,Regulations 55-63.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

χαρακτηριστικό επηρεάζεται από τη μορφή του πρυμναίου τμημάτος του πλοίου.

Η ικανότητα να στρίψει το πλοίο λειτουργεί αντίστροφα δηλαδή, όσο πιο ασταθές είναι στην πορεία τόσο καλύτερη ικανότητα στροφής έχει. Η τακτική διάμετρος (στροφής) των περισσότερων δεξαμενοπλοίων είναι μεταξύ 2,5 και 3,5 φορές το μήκος τους. (το κριτήριο του IMO είναι 5 φορές το μήκος τους). Στο παρακάτω διάγραμμα παριστάνεται ένα 10/10 Zig-Zag τεστ ενός δεξαμενόπλοιου Aframax.

Διάγραμμα 8.1 : Zig-Zag Test for an Aframax Tanker



Πηγή : R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 σελ.29-21.

8.11 Πυρασφάλεια

Λόγω της ενδεχομένως επικίνδυνης φύσης των φορτίων τους, τα δεξαμενόπλοια απαιτείται να έχουν πιο σύνθετα συστήματα πυρασφάλειας από εκείνα για πλοία ξηρού φορτίου. Οι κανονισμοί για αυτά μπορούν να βρεθούν στη SOLAS στο κεφάλαιο II-2 μέρος D κανονισμοί 55-63 (SOLAS Chapter II-2 Part D, Regulations 55-63) . Οι χώροι ενδιαίτησης πρέπει να είναι τοποθετημένοι πίσω από τις δεξαμενές φορτίου και να είναι διατεταγμένοι έτσι, ώστε μια μεμονωμένη αποτυχία στο κατάστρωμα ή σε κάποια Φρακτή να μην οδηγήσει στην είσοδο αερίου. Δεν πρέπει να υπάρχουν ανοίγματα για τις πόρτες ή παράθυρα στο μπροστινό τμήμα των χώρων ενδιαίτησης, ούτε για τουλάχιστον 3m κάτω από την πλευρά.

Το αντλιοστάσιο βρίσκεται συνήθως μεταξύ του μηχανοστασίου και των δεξαμενών φορτίου ή των δεξαμενών καταλοίπων και θεωρείται ως ιδιαίτερα επικίνδυνος χώρος, πιθανό να περιέχει αέριο υδρογονανθράκων, που προέρχεται από την εξάτμιση του φορτίου, λόγω των διαρροών στις αντλίες, τις βαλβίδες και τις ενώσεις των σωληνώσεων. Για το λόγο αυτό, οι κινητήριες μηχανές των αντλιών δεν μπορούν να βρίσκονται στα αντλιοστάσια και τοποθετούνται συνήθως στο πιο μπροστινό τμήμα του μηχανοστασίου με τον κινητήριο άξονα να διαπερνά από σημείο της Φρακτής, που είναι σφραγισμένο αεροστεγώς κατευθυνόμενο προς τις αντλίες. Είναι επίσης ουσιαστικό ότι δεν υπάρχει τίποτα στο αντλιοστάσιο, το οποίο θα μπορούσε να προκαλέσει έναν σπινθήρα. Ο ηλεκτρικός φωτισμός πρέπει να είναι είτε εσωτερικά ασφαλής, κατά προτίμηση με σταθερά διατηρημένη εσωτερική πίεση, ώστε να αποτρέπεται η παραμικρή είσοδος αερίου, είτε να παρέχεται από το μηχανοστάσιο μέσω ενός γυάλινου παραθύρου στη Φρακτή. Οι αντλίες φορτίου πρέπει να διαθέτουν αισθητήρες θερμοκρασίας και σύστημα alarm ενσωματωμένο σε αυτές. Ένα σύστημα ανίχνευσης αερίου απαιτείται επίσης στο αντλιοστάσιο. Ένα αποτελεσματικό σύστημα εξαερισμού πρέπει να παρασχεθεί έτσι ώστε οποιαδήποτε αέρια να μπορούν να αποβ⁶¹ληθούν πριν από την είσοδο του προσωπικού για τις απαραίτητες εργασίες.

⁶¹ SOLAS Chapter II-2 Part D ,Regulations 55-63

⁶²Οι απαιτήσεις πυρόσβεσης των μηχανοστασίων για τα δεξαμενόπλοια είναι παρόμοιες με εκείνες για πλοία ξηρού φορτίου. Το Halon χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς για πολλά έτη, γιατί είναι μη τοξικό και αποδεδειγμένα ένα πολύ αποτελεσματικό μέσο πυρόσβεσης. Οι ανησυχίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απελευθέρωσης του Halon έχουν οδηγήσει σε μια απαγόρευση στην κατασκευή και επομένως καταφεύγουμε σε άλλες εναλλακτικές λύσεις. Άλλες επιλογές περιλαμβάνουν Intergen και διάφορα συστήματα αφρού (ζεστό /κρύο), υδατονεφώσεις και το CO₂. Το CO₂ είναι λιγότερο επιβλαβές στις εγκαταστάσεις όταν απελευθερώνεται αλλά είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο και έχει προκαλέσει αρκετούς θανάτους σε περιπτώσεις τυχαίας απελευθέρωσης. Τα συστήματα αφρού φαίνονται να προσφέρουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Εκτός από την κανονική δυνατότητα πυρόσβεσης (δίκτυο πυρκαγιάς), τα δεξαμενόπλοια απαιτείται να έχουν ένα σύστημα αφρού για πυρόσβεση στο κατάστρωμα. Η ποσότητα αφρού κρατιέται σε μια δεξαμενή αποθήκευσης και αντλείται σε περίπτωση ανάγκης μέσω ενεργοποίησης από τα όργανα ελέγχου που βρίσκονται κατά διαστήματα κατά μήκος του καταστρώματος. Ο αφρός αναμιγνύεται με νερό και διογκώνεται όπως εξέρχεται από το ακροφύσιο του οργάνου ελέγχου. Η σύνθεση του αφρού πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά για να εξασφαλίσει ότι δεν θα υπάρχει καμία δυσμενής αντίδραση με το πιθανό φορτίο. Η πρόσβαση στα όργανα ελέγχου του συστήματος πυρόσβεσης αφρού γίνεται συνήθως από τους διαδρόμους, που απαιτείται τα δεξαμενόπλοια να έχουν για την πρόσβαση στην πλώρη για την ενεργοποίηση του μηχανισμού ρυμούλκησης ανάγκης.

Η απελευθέρωση του αερίου υδρογονανθράκων επάνω στο κατάστρωμα μειώνεται με την απαίτηση ύπαρξης κλειστών δεξαμενών κατά τη διάρκεια της φόρτωσης. Αυτό σημαίνει ότι ο έλεγχος του ανώτερου ύψους στάθμης του φορτίου κατά το γέμισμα πρέπει να είναι δυνατός με κλειστές δεξαμενές, εκτός από το δίκτυο αερισμού IG. Ο πιο κοινός τύπος του συστήματος φόρτωσης με κλειστές δεξαμενές είναι βασισμένος στην αρχή του ραντάρ.

⁶² R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29, edition 2008 29-21.

8.12 Γενικές θεωρήσεις για την εκροή πετρελαίου

⁶³Πολλές από τις απαιτήσεις της σύμβασης MARPOL 73/78 για τα δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος έχουν διατηρηθεί και εφαρμόζονται και στα δεξαμενόπλοια διπλών τοιχωμάτων. Σ’ αυτές τις απαιτήσεις περιέχεται και ο κανονισμός MARPOL 73/78 Regulation 23 ‘Hypothetical Outflow of Oil’ . Απλοποιώντας το όριο εκροής καθορίζονται οι ανώτεροι περιορισμοί στο μήκος των δεξαμενών και περιγράφονται ως προς τον αριθμό και τις θέσεις των διαμηκών Φρακτών με ένα γενικό ανώτερο όριο για το μήκος δεξαμενών στο 0,2L.

⁶⁴Οι παραμετρικές μελέτες, που συνεπάγονται την πιθανολογική ανάλυση εκροής διαφορετικών διατάξεων δεξαμενών έχουν δείξει ότι αυτοί οι ισχύοντες κανονισμοί δεν αποτελούν σωστά κριτήρια της εσωτερικής υποδιαίρεσης όσον αφορά την εκροή. Ειδικότερα, τα δεξαμενόπλοια με μια ενιαία κεντρική δεξαμενή έχουν χειρότερη συμπεριφορά σε περίπτωση εκροής αλλά ικανοποιούν τους τρέχοντες κανονισμούς. Τα δεξαμενόπλοια με τις εσωτερικές διαμήκεις Φρακτές παρουσιάζουν την καλύτερη συμπεριφορά εκροής. Ακόμα και όταν τοποθετούνται επιπρόσθετα εγκάρσιες Φρακτές σε μία διάταξη δεξαμενών φορτίου με κεντρική δεξαμενή η προβαλλόμενη εκροή παραμένει πολύ υψηλότερη σε σύγκριση με τα δεξαμενόπλοια με ένα ή δύο εσωτερικές διαμήκεις Φρακτές.

Κατά συνέπεια, ο IMO έχει αρχίσει εργασίες για τον κανονισμό ατυχηματικής εκροής Regulation, που προορίζεται να αντικαταστήσει τις υπάρχουσες υποθετικές απαιτήσεις εκροής και καθορισμού μεγέθους των δεξαμενών. Μέχρι να τεθεί σε ισχύ ο κανονισμός ακυρώνονται οι τρέχοντες υποθετικοί περιορισμοί εκροής και μεγέθους των δεξαμενών, οι Ναυπηγοί πρέπει να συνυπολογίσουν και τους προτεινόμενους και τους ισχύοντες κανονισμούς προκειμένου να εξασφαλιστεί η ορθή λειτουργία .

⁶³ MARPOL 73/78 Regulation 29 ‘Hypothetical Outflow of Oil’

⁶⁴ R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-35.

9. Η Ρύπανση που προκαλείται από τα δεξαμενόπλοια

9.1 Πετρελαϊκό ρυπαντικό περιστατικό

Η πετρελαϊκή ρύπανση από τα εμπορικά πλοία οφείλεται στις εξής βασικές αιτίες:

- α) στα ναυτικά ατυχήματα και
- β) στις λειτουργικές διαδικασίες.

⁶⁵Πετρελαϊκό ρυπαντικό περιστατικό θεωρείται ένα συμβάν ή μια ακολουθία συμβάντων που έχουν την ίδια αρχή και μπορούν να οδηγήσουν σε εκροή πετρελαίου που πιθανώς αποτελεί ή μπορεί να αποτελέσει απειλή για το θαλάσσιο περιβάλλον, τις ακτές και τα πιθανά συσχετιζόμενα συμφέροντα ενός ή πολλών χωρών και απαιτεί άμεση κινητοποίηση ή οποιαδήποτε άλλη επείγουσα αντίδραση. Οι κινητοποιήσεις αυτές μπορεί να είναι είτε μικρής κλίμακας αντιδράσεις, είτε οργανωμένες γιγάντιες επιχειρήσεις διάσωσης και αποκατάστασης της ζημιάς.

9.2 Ρύπανση λόγω ναυτικών ατυχημάτων στα δεξαμενόπλοια

Συγκεκριμένα οι περιπτώσεις απωλειών πλοίων ή και φορτίων, που συνήθως οδηγούν σε ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

⁶⁵ ΚΑΘ. Γ. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ - Μ. ΒΕΡΓΕΤΗΣ ΔΙΠΛ. Ν.Μ.Μ., Περιβάλλον και ανάπτυξη ,ενότητα: πετρελαιοκηλίδες, τμήμα ναυπηγών μηχανολόγων μηχανικών, Αθήνα 2004 ,σελ.6.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

α) Βύθιση πλοίου (Foundering or Sinking) κυρίως στην ανοιχτή θάλασσα λόγω δυσμενών κλιματολογικών συνθηκών ή μετατόπισης φορτίου.

β) Δυναμική προσάραξη πλοίου (Power Grounding), ή όταν το πλοίο εξοκείλει (Drift Grounding), συνήθως σε παράκτιες περιοχές με πυκνή κυκλοφορία εξαιτίας μηχανικής βλάβης, κακοκαιρίας ή και λανθασμένης πλοήγησης. Τα μεγάλα πλοία συχνά πέφτουν θύματα προσάραξης όταν βρίσκονται κοντά σε διεθνή στενά, κανάλια, κ.λ.π. επειδή υπάρχει ελάχιστος χώρος για ελιγμούς.

γ) Σύγκρουση ή επαφή του πλοίου (Collision/Ramming). Στην πρώτη περίπτωση της σύγκρουσης με άλλο ή με αλλιά πλοία κυρίως στις θαλάσσιες περιοχές με συχνή κυκλοφορία (εσωτερικά ύδατα, αιγιαλίτιδες ζώνες, διεθνή στενά). Οι συγκρούσεις τις περισσότερες φορές είναι αποτέλεσμα ανθρώπινου λάθους. Στη δεύτερη περίπτωση της επαφής του πλοίου με μια μόνιμη εγκατάσταση π.χ. προβλήτες λιμένων ή πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου.

δ) Πυρκαγιά ή Έκρηξη (Fire or Explosion) ειδικά στις περιπτώσεις εκείνες που μεταφέρονται επικίνδυνα φορτία και το πλοίο δεν έχει άμεση βοήθεια από την πλησιέστερη ακτή.

ε) Απώλειες λόγω πολεμικών εχθροπραξιών (War Loss), ιδιαίτερα όταν τα εμπορικά πλοία έχουν επιταχθεί από την κυβέρνηση ενός κράτους για πολεμικούς σκοπούς και εμπλέκονται σε τέτοιου είδους γεγονότα.

στ) Ζημιές στη δομή του πλοίου (Structural Failure) ιδιαίτερα στο εξωτερικό περίβλημα ή στα τοιχώματα των δεξαμενών λόγω κλιματολογικών συνθηκών, μετατόπισης φορτίου, κακής συντήρησης με προφανή συνέπεια τη μη αντοχή των υλικών.

ζ) Διάφορα ατυχήματα (Miscellaneous) τα οποία περιλαμβάνουν:

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

- μικτές μορφές των παραπάνω, π.χ. πυρκαγιά και βύθιση ή πρόσκρουση και βύθιση ,
- εσκεμμένη βύθιση πλοίου με τη μέθοδο του ανοίγματος οπών στα ύφαλα του πλοίου πιθανότατα για να μην περιέλθει το πλοίο στον έλεγχο του εχθρού η την εξοικονόμηση χρημάτων, π.χ. από την ασφάλεια του
- εξαφάνιση του πλοίου χωρίς αιτιολόγηση και
- εγκατάλειψη του πλοίου.

Είναι ευνόητο ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες του φορτίου που μεταφέρονται, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η προκαλούμενη ζημία στο θαλάσσιο περιβάλλον με όλες τις σχετικές συνέπειες. Ωστόσο δεν είναι μόνο τα ατυχήματα δεξαμενοπλοίων, που προκαλούν θαλάσσια ρύπανση. Πολλά αλλά είδη πλοίων ,όπως containers, bulk carriers είναι πιθανό να μεταφέρουν μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου στις αποθήκες καύσιμου σε σχέση με μικρά tanker, που το μεταφέρουν ως φορτίο. Παρόλο που ατυχήματα και εκχύσεις πετρελαίου (bunker spills) από τέτοιου είδους πλοία είναι σχετικά μικρότερου μεγέθους, τελικά προκαλούν μεγαλύτερα προβλήματα, (συμπεριλαμβανομένου τις μεγαλύτερες διεκδικήσεις αποζημιώσεων) σε σχέση με ανάλογοι μεγέθους πετρελαιοκηλίδων από tankers. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία το 28% των πετρελαιοκηλίδων τα τελευταία 15 χρόνια, οφείλονται σε “bunker spills” από τα προαναφερθέντα πλοία και όχι από tankers , ενώ τα τελευταία 2 χρόνια το ποσοστό αυτό έφτασε το 50%⁶⁶. Στις επόμενες σελίδες παρατίθενται τα μεγαλύτερα περιστατικά ατυχηματικής εκροής πετρελαίου στη θάλασσα από το 1967, οι ποσότητες εκροής καθώς και οι γεωγραφικές περιοχές εμφάνισης των περιστατικών αυτών .

⁶⁶ Oil Tanker Spill Statistics: 2007, The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd © 2008, σελ.5.

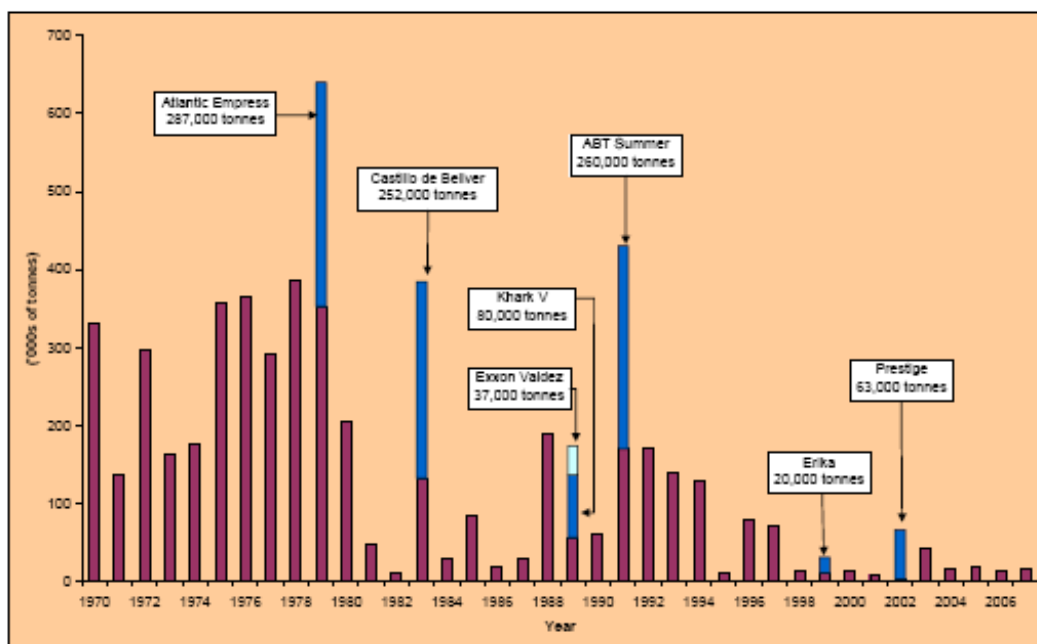
“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Πίνακας 9.1 : Major Oil Spills Since 1967

Position	Shipname	Year	location	Spill Size (tonnes)
1	<i>Atlantic Empress</i>	1979	Off Tobago, West Indies	287.000
2	<i>ABT Summer</i>	1991	700 nautical miles off Angola	260.000
3	<i>Castillo de Bellver</i>	1983	Off Saldanha Bay, South Africa	252.000
4	<i>Amoco Cadiz</i>	1978	Off Brittany, France	223.000
5	<i>Haven</i>	1991	Genoa, Italy	144.000
6	<i>Odyssey</i>	1988	700 nautical miles off Nova Scotia, Canada	132.000
7	<i>Torrey Canyon</i>	1967	Scilly Isles, UK	119.000
8	<i>Sea Star</i>	1972	Gulf of Oman	115.000
9	<i>Irenes Serenade</i>	1980	Navarino Bay, Greece	100.000
10	<i>Urquiola</i>	1976	La Coruna, Spain	100.000
11	<i>Hawaiian Patriot</i>	1977	300 nautical miles off Honolulu	95.000
12	<i>Independenta</i>	1979	Bosphorus Turkey	95.000
13	<i>Jakob Maersk</i>	1975	Oporto, Portugal	88.000
14	<i>Braer</i>	1993	Shetland Islands, UK	85.000
15	<i>Khark 5</i>	1989	120 nautical miles off Atlantic coast of Morocco	80.000
16	<i>Aegean Sea</i>	1992	La Coruna, Spain	74.000
17	<i>Sea Empress</i>	1996	Milford Haven, UK	72.000
18	<i>Katina P</i>	1992	Off Maputo, Mozambique	72.000
19	<i>Nova</i>	1985	Off Kharg Island ,Gulf of Iran	70.000
20	<i>Prestige</i>	2002	Off the Spanish coast	63.000
35	<i>Exxon Valdez</i>	1989	Prince William Sound, Alaska, USA	37.000

Πηγή : Oil Tanker Spill Statistics: 2007, The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd © 2008, σελ.5. **Επεξεργασία:** Αναστασία Καλαρά

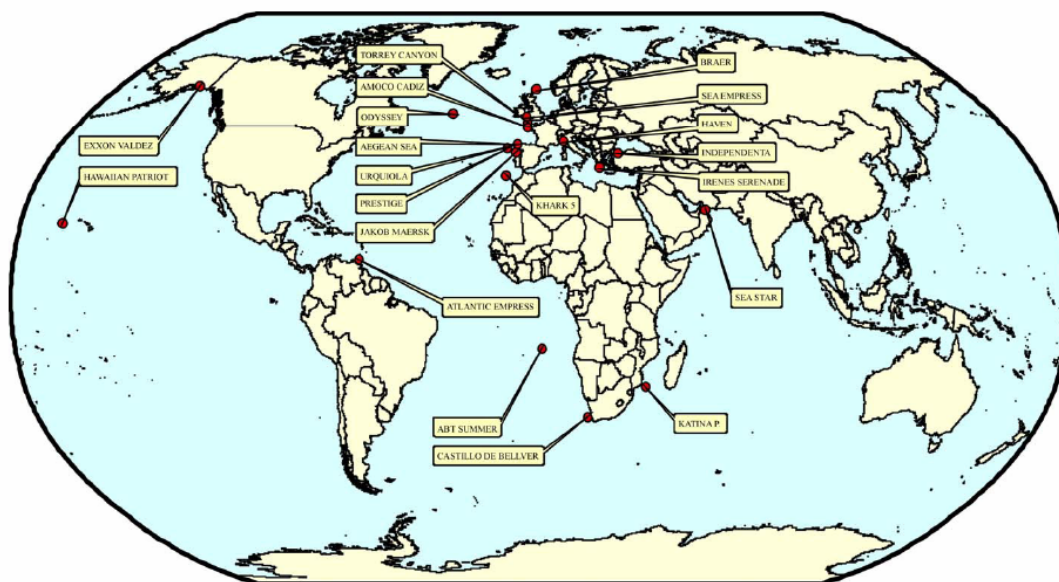
Διάγραμμα 9.1 : Quantities Of Oil Spilt



“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Πηγή : Oil Tanker Spill Statistics: 2007, The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd © 2008 σελ.4.

Σχήμα 9.1 : Location Of Selected Spills



Πηγή : Oil Tanker Spill Statistics: 2007, The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd © 2008 σελ.4.

9.3 Κύριες αιτίες διαρροών στα δεξαμενόπλοια

⁶⁷Τα περισσότερα περιστατικά οφείλονται σε μια αλληλουχία αιτιών και συγκυριών, που όλες μαζί συντελούν στο τελικό αποτέλεσμα, που είναι διαρροή πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η ανάλυση που ακολουθεί μελετά τα περιστατικά ανάλογα με το μέγεθος της κηλίδας, που προκύπτει και με βάση το πρωταρχικό αίτιο, που προκάλεσε τη διαρροή. Οι αιτίες ομαδοποιούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες σύμφωνα με τις προηγούμενες ενότητες σε ατυχηματικές (Accidents) και λειτουργικές (Operations). Οι διαρροές για τις οποίες σχετικές

⁶⁷ Oil Tanker Spill Statistics: 2007, The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd © 2008 σελ.4.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

πληροφορίες δεν είναι διαθέσιμες χαρακτηρίζονται ως 'άλλες/άγνωστες' (Other / Unknown).

- Οι περισσότερες διαρροές στα δεξαμενόπλοια είναι αποτέλεσμα λειτουργικών διαδικασιών, όπως φορτώσεις/εκφορτώσεις (loading), απορρίψεις (discharging), ανθράκευσης (bunkering), που συνήθως λαμβάνουν χώρα σε λιμάνια ή διωλιστήρια.
- Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των διαρροών είναι μικρές διαρροές, με 92% περίπου διαρροές <7 τόνων.
- Τα ατυχήματα, που οφείλονται σε συγκρούσεις (Collision) και προσαράξεις (Groundings) γενικά προκαλούν μεγαλύτερες διαρροές με το ένα πέμπτο των περιστατικών να πρόκειται για διαρροές >700 τόνων.

Πίνακας 9.2 : Incidence of Spills by Cause, 1974- 2007

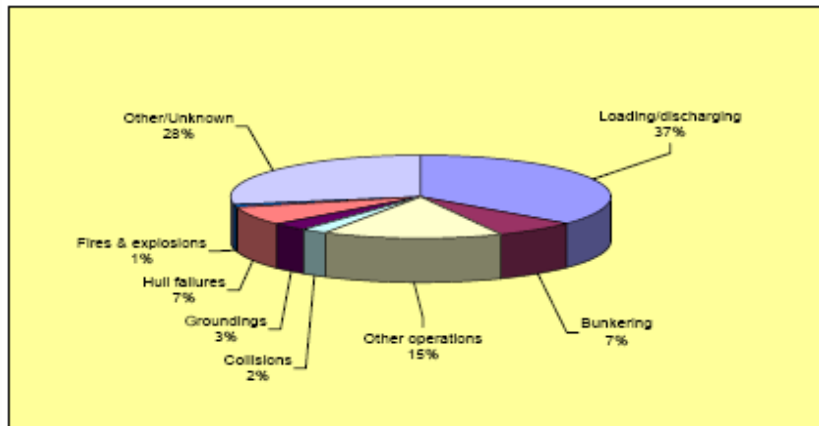
	<7Tonnes	7-700Tonnes	>700Tonnes	Total
OPERATIONS				
Loading / Discharging	2823	333	30	3186
Bunkering	548	26	0	574
Other Operations	1178	56	1	1235
ACCIDENTS				
Collisions.	175	300	98	573
Groundings	235	226	119	580
Hull Failures	576	90	43	709
Fire & Explosions	88	15	30	133
Other/ Unknown	2186	150	25	2361
TOTAL	7809	1196	346	9351

Πηγή : Oil Tanker Spill Statistics: 2007,The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd © 2008 σελ.7.

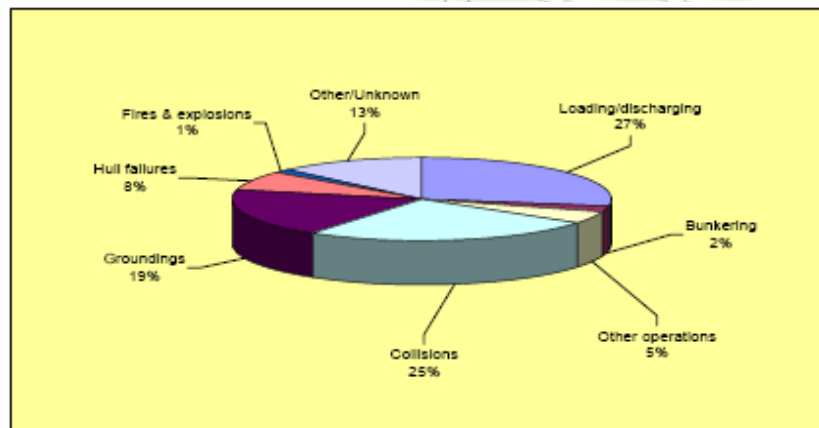
Επεξεργασία: Αναστασία Καλαρά

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

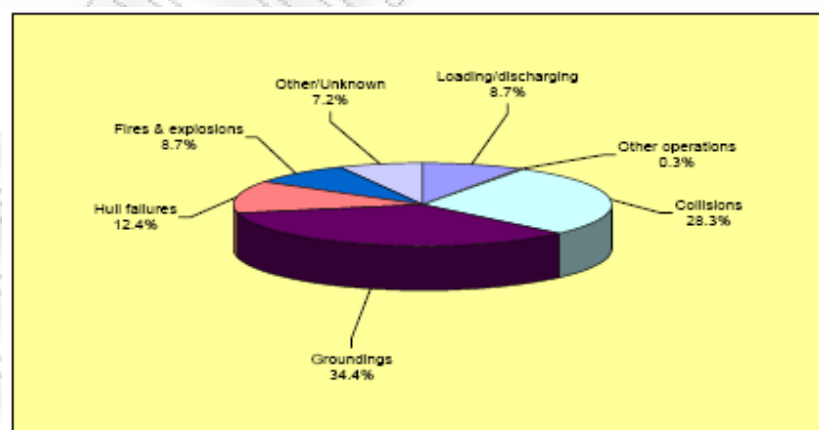
Γράφημα 9.1: Incidence of Spills < 7 Tonnes by Cause, 1974-2007



Γράφημα 9.2: Incidence of Spills 7-700 Tonnes by Cause, 1974-2007



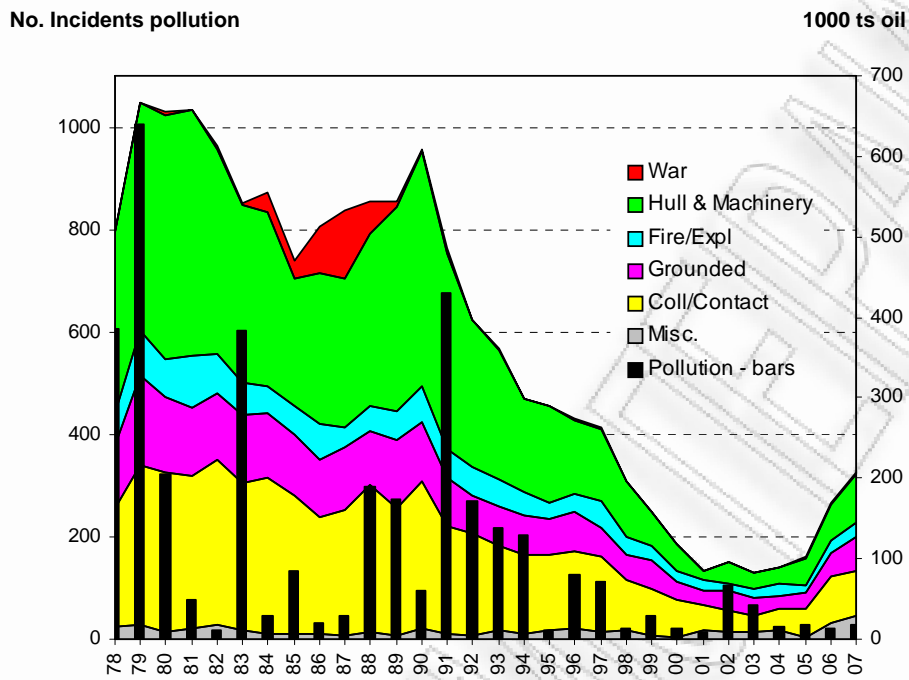
Γράφημα 9.3 : Incidence of Spills >700 Tonnes by Cause, 1974-2007



Πηγή : Oil Tanker Spill Statistics: 2007, The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd © 2008 σελ.8.

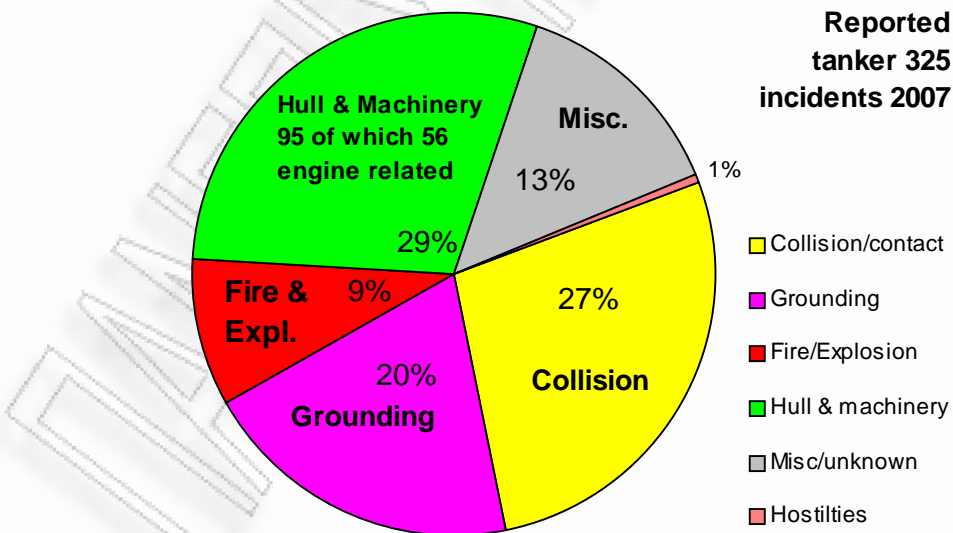
“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

Διάγραμμα 9.2 : Tanker incidents 2007 by type and accidental pollution



Πηγή : Peter M. Swift, Hellenic Forum, 27 March 2008, INTERTANKO

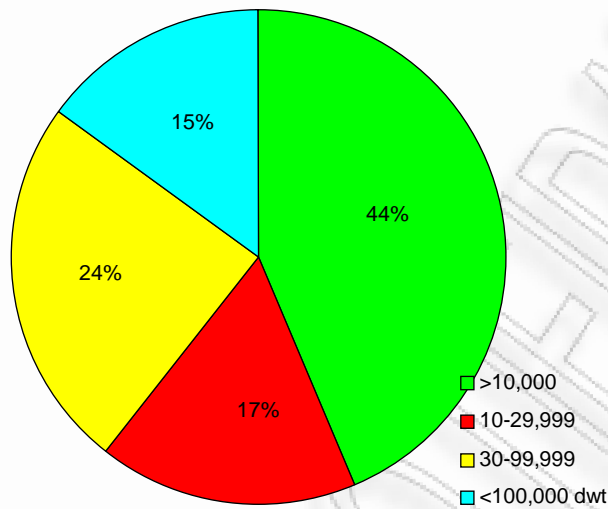
Γράφημα 9.4: Tanker incidents 2007 by type



Πηγή : Peter M. Swift, Hellenic Forum, 27 March 2008, INTERTANKO

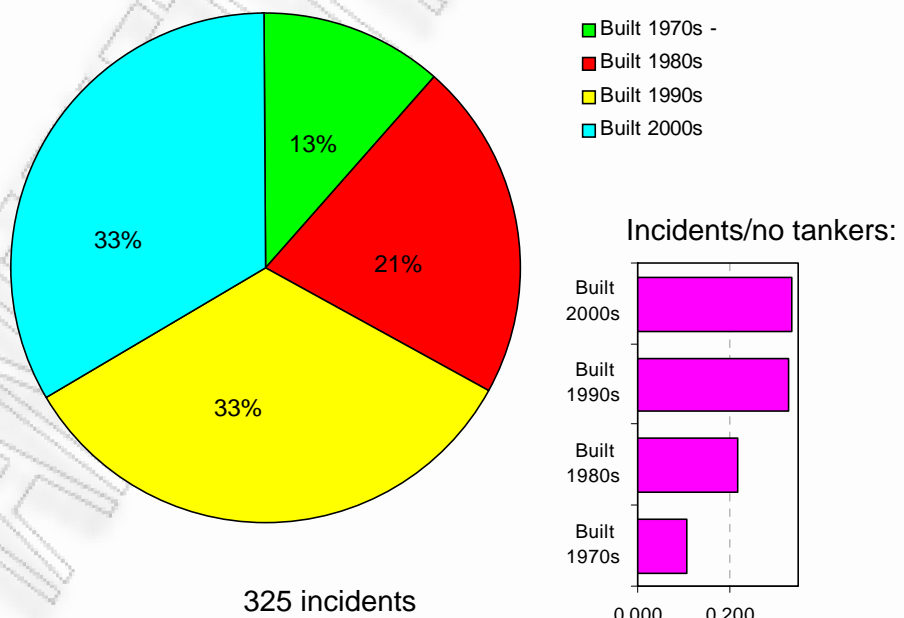
Γράφημα 9.5: Tanker incidents 2007 by size

325 incidents



Πηγή : Peter M. Swift, Hellenic Forum, 27 March 2008, INTERTANKO

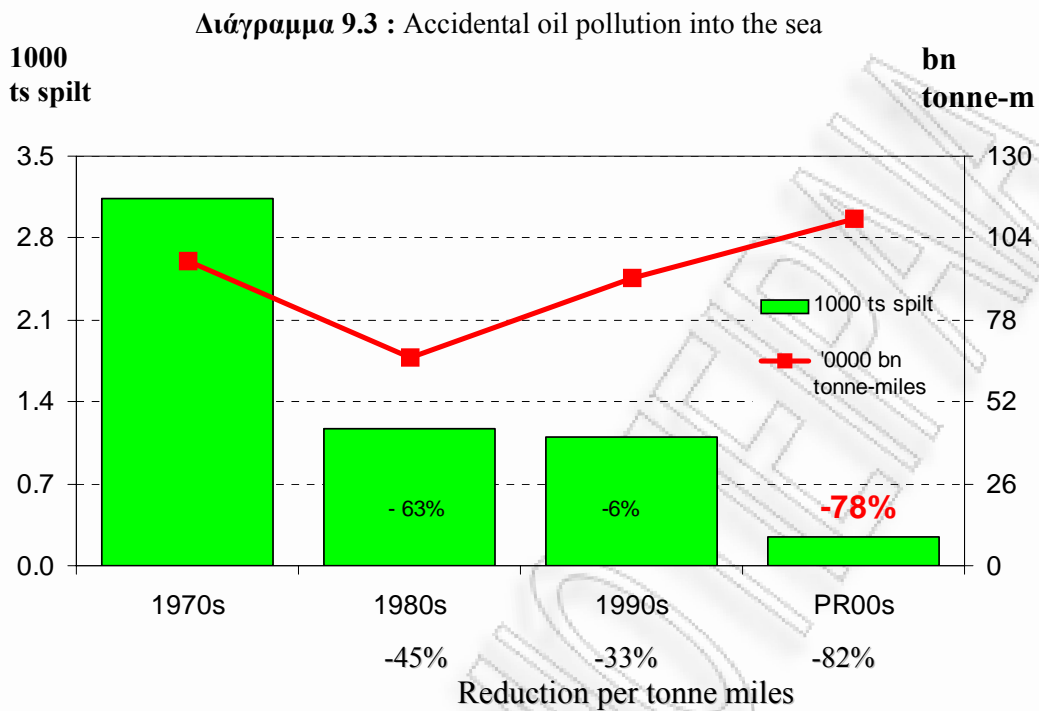
Γράφημα 9.6 : Tanker incidents 2007 by age



325 incidents

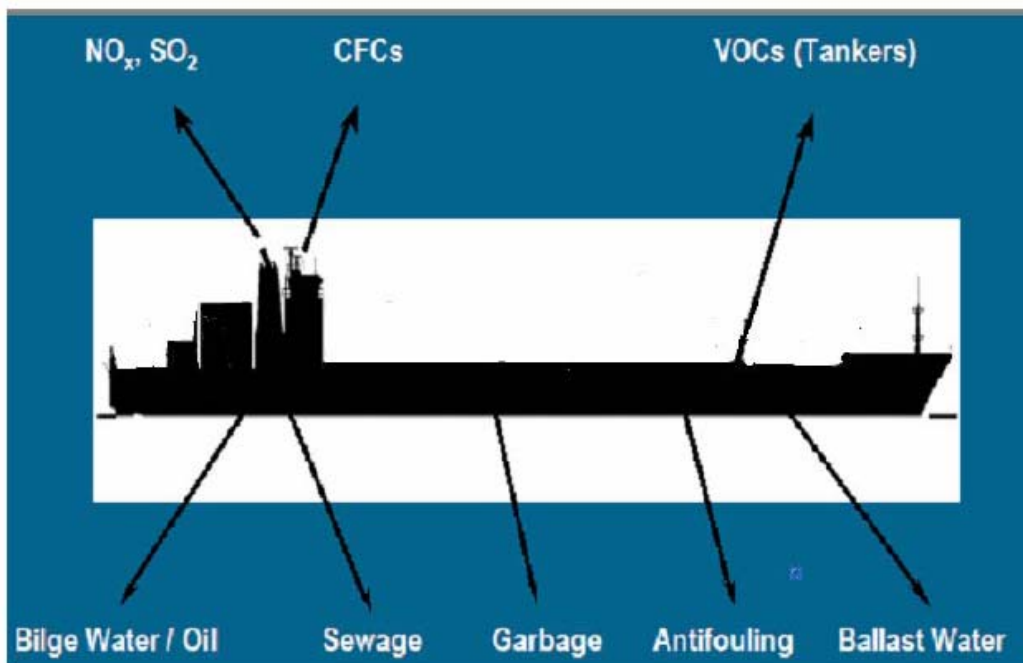
Πηγή : Peter M. Swift, Hellenic Forum, 27 March 2008, INTERTANKO

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”



Πηγή : ITOPF/Fearnleys

Σχήμα 9.2 : Η πρόκληση άλλων μορφών Ρύπανσης από τα δεξαμενόπλοια



Πηγή : Germanischer Lloyd- Design of double hull tankers, Presentation at National Technical University of Athens, May 2005 σελ.41.

9.4 Περιβαλλοντικός κίνδυνος και ανθρώπινος παράγοντας, ποσοτικοποίηση του κινδύνου

⁶⁸Μια ανάλυση βάσης δεδομένων για τις διαρροές στη θάλασσα. κατά τη διάρκεια των τελευταίων είκοσι ετών δείχνει ότι οι περισσότερες διαρροές είναι σχετικά μικρές στο μέγεθος. Πολλές από τις μικρές διαρροές προκαλούνται λόγω λειτουργικών δυσλειτουργιών και θεμάτων συντήρησης, όπως είναι η υπερχειλίση των δεξαμενών, σπάσιμο των μανικών του καταστρώματος και διάβρωση του εξωτερικού περιβλήματος. Παρόλα αυτά, σε ποσοστό 90% της ποσότητας διαρροής πετρελαίου από τα δεξαμενόπλοια και τις φορτηγίδες μεταφοράς πετρελαίου λιγότερο από 5% προέρχεται από λειτουργική διαρροή . Αυτές οι μεγάλες διαρροές είναι πρωτίστως το αποτέλεσμα των ατυχημάτων σύγκρουσης ή προσάραξης .

Μετά την εφαρμογή της νομοθεσίας OPA 90 υπάρχει μια σημαντική μείωση στον όγκο διαρροής πετρελαίου από τα δεξαμενόπλοια σε παγκόσμιο επίπεδο. Μέρος αυτής της μείωσης στις διαρροές μπορεί να αποδοθεί στην ύπαρξη διπλών τοιχωμάτων ή άλλες κατασκευαστικές απαιτήσεις, δεδομένου ότι η διαδικασία μετατροπής των δεξαμενοπλοίων μονών τοιχωμάτων σε διπλά είχε μόλις αρχίσει κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Αναγνωρίζοντας ότι οι ανθρώπινοι παράγοντες διαδραματίζουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο σε ποσοστό περίπου 80% όλων των θαλασσιών ατυχημάτων, φαίνεται πιθανό ότι βελτιωμένες λειτουργικές διαδικασίες και μεγαλύτερη προσοχή στην πρόληψη της ρύπανσης μέσω της σωστής διαχείρισης και από το λειτουργούν προσωπικό είναι οι αρχικοί λόγοι για αυτήν την μείωση της έκχυσης πετρελαίου. Παρόλα αυτά, διάφορα πρόσφατα ατυχήματα στα οποία το εξωτερικό περίβλημα των δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων έχει διαπεραστεί χωρίς την παραμικρή έκχυση πετρελαίου είναι ενδεικτικό της βελτιωμένης περιβαλλοντικής απόδοσης, που αναμένεται από τα δεξαμενόπλοια διπλών τοιχωμάτων. Η εφαρμογή των προτύπων για το Training Certification and Watchkeeping (STCW) και του κώδικα ασφαλούς διαχείρισης International Safety Management (ISM), που εξετάζουν την κατάρτιση, συντήρηση και άλλα ανθρώπινα ζητήματα θα οδηγήσει πιθανώς σε

⁶⁸R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Chapter 29 , edition 2008 29-38 .

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

περαιτέρω βελτιώσεις.

⁶⁹Για να μετριάσουν τον περιβαλλοντικό κίνδυνο, πολλά από τα σημερινά δεξαμενόπλοια υπερβαίνουν τα minimum standards των καθιερωμένων κανονισμών. Παραδείγματος χάριν, οι ιδιοκτήτες διευκρινίζουν συχνά ότι το όριο κόπωσης είναι πολύ παραπάνω από τις απαιτήσεις των Νηογνομώνων και τονίζουν την πιο εκτενή χρήση των σκληρών χαλύβων. Πολλά πρόσφατα νεόχτιστα δεξαμενόπλοια ενσωματώνουν την προστασία διπλών τοιχωμάτων για τις δεξαμενές πετρελαίου, την ενισχυμένη ικανότητα διάπραξης ελιγμών, την εφεδρική του συστήματος πρόωσης και πηδαλιούχησης και την ικανότητα της αδρανοποίησης των δεξαμενών έρματος. Αυτός είναι ένας επιμέρους κατάλογος, δεδομένου ότι η αναζήτηση για ασφαλέστερα και φιλικότερα προς το περιβάλλον σκάφη έχει επηρεάσει όλες τις πτυχές του σύγχρονου σχεδιασμού δεξαμενοπλοίων.

Η ποσοτικοποίηση του κινδύνου μειώνοντας την επίδραση του design και των λειτουργικών αλλαγών δεν είναι ένας εύκολος στόχος. Τα καταστροφικά περιστατικά ρύπανσης είναι σπάνια το αποτέλεσμα ενός μεμονωμένου γεγονότος. Συχνότερα, μια σειρά συστημάτων επιτρέπει σε έναν συνδυασμό γεγονότων να οδηγήσει στην αποτυχία. Οι ανθρώπινοι παράγοντες διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο και αυτοί είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν. Το μοιραίο και αναμενόμενο αποτέλεσμα μιας δεδομένης διαρροής εξαρτάται από την περιοχή στην οποία εμφανίζεται, καθώς επίσης και στην ιδιαίτερη ιδιόμορφη φύση του ωκεάνιου περιβάλλοντος. Δεν υπάρχουν επίσης κοινά αποδεκτά επίπεδα κινδύνου για τη ρύπανση. Η κοινωνία είναι πιο απρόθυμη να δεχτεί τον κίνδυνο διαρροών πετρελαίου και κάνει τον προσδιορισμό των αποδεκτών επιπέδων κινδύνου επιτακτική ανάγκη.

Οι πιθανολογικές τεχνικές αξιολόγησης του κινδύνου Probabilistic Risk Assessment (PRA), που χρησιμοποιούν την ανάλυση δέντρων αστοχιών (fault tree analysis) παρέχουν ένα μηχανισμό για την έρευνα των σύνθετων συστημάτων με πολλαπλούς τρόπους αστοχίας. Αυτή η προσέγγιση έχει εφαρμοστεί σε διάφορες πρόσφατες μελέτες και θεωρείται πολλά υποσχόμενο εργαλείο για τη διαδικασία αξιολόγησης του κινδύνου.

⁶⁹ The INTERTANKO Awareness Guide on the safety, technical, environmental and operational aspects of constructing a tanker.

Συμπεράσματα- Επίλογος

Η ραγδαία οικονομική ανάπτυξη των Ασιατικών χωρών , η συνεχιζόμενη και διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για πετρέλαιο από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τις Ηνωμένες Πολιτείες, θέτουν στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος, όχι μόνο την αύξηση των τιμών του πετρελαίου διεθνώς, αλλά και την ασφαλέστερη και οικονομικότερη μεταφορά των ποσοτήτων του πετρελαίου, που χρειάζονται για την κινητοποίηση της παγκόσμιας οικονομίας.

Τα χύδην υγρά φορτία ,που μεταφέρονται δια θαλάσσης, όπως το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου, τα υγροποιημένα αέρια σε φυσική μορφή (LNG) και σε επεξεργασμένη μορφή (LPG) ,τα υγρά χημικά, όπως η αμμωνία, το φωσφορικό οξύ κλπ. αντιστοιχούν περίπου στο μισό του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου. Με το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου να καταλαμβάνουν τους μεγαλύτερους όγκους μεταφοράς και την πιο σημαντική θέση της αγοράς. Τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια ενσωματώνουν την προστασία διπλών τοιχωμάτων για τις δεξαμενές πετρελαίου, την υψηλή ικανότητα διάπραξης ελιγμών, την εφεδρικότητα του συστήματος πρόωσης και πηδαλιούχησης και την ικανότητα της αδρανοποίησης των δεξαμενών φορτίου και έρματος. Αυτό σημαίνει ότι η αναζήτηση για ασφαλέστερα και φιλικότερα προς το περιβάλλον σκάφη, έχει συμβάλει στη διαμόρφωση του σχεδιασμού δεξαμενοπλοίων.

Είναι προφανές ότι η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος αποτελεί κύριο μέλημα, τόσο των κυβερνήσεων όσο και των διεθνών οργανισμών, ώστε να αποτραπεί η παρατηρούμενη υποβάθμιση της ποιότητάς του. Παρά το γεγονός ότι οι Θαλάσσιες μεταφορές προκαλούν το 12% της συνολικής ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον, είναι βέβαιο ότι τα θαλάσσια ατυχήματα, που προκαλούνται από τα δεξαμενόπλοια αφενός μεν κινητοποιούν την κοινή γνώμη και αφετέρου προκαλούν σημαντική ρύπανση για τη συγκεκριμένη περιοχή του ατυχήματος.

Όμως, πληθώρα επιστημονικών αναλύσεων έχει δείξει ότι τα περισσότερα ναυτικά ατυχήματα (και ιδίως αυτά που προκάλεσαν τις πρόσφατες νομοθετικές αλλαγές), οφείλονται κυρίως στην αστοχία του ανθρώπινου παράγοντα στην όλη

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

αλυσίδα της θαλάσσιας ασφάλειας. Η αναζήτηση ασφαλέστερων και φιλικότερων προς το περιβάλλον σκαφών έχει επηρεάσει όλες τις πτυχές του σύγχρονου σχεδιασμού δεξαμενοπλοίων.

Οι λειτουργικές και οι οικονομικές επιπτώσεις από την εφαρμογή των ‘τεχνολογικών’ μέτρων είναι κοσμογονικές. Ολόκληροι στόλοι πλοίων, που δεν συμμορφώνονται με αυτά καθίστανται άχρηστοι. Οι πλοιοκτήτες αναγκάζονται είτε να κάνουν ιδιαίτερα ακριβές μετασκευές, είτε να αγοράσουν καινούργια πλοία. Η ουσιαστική χωρητικότητα των πλοίων μειώνεται, περισσότερα πλοία θα χρειαστούν για να μεταφέρουν την ίδια ποσότητα φορτίου. Τα ναυπηγεία υποχρεώνονται να μεταβάλλουν ριζικά τα σχέδιά τους για να προσαρμοστούν στους νέους κανονισμούς, αν και προφανώς ωφελούνται σημαντικά από τις παραγγελίες για νέα πλοία. Η κίνηση στα διαλυτήρια πλοίων αυξάνει κατακόρυφα.

Στην προσπάθεια να καλυφθούν οι συνεχώς αυξανόμενες μεταφορικές ανάγκες σε πετρέλαιο ο τρόπος κατασκευής των δεξαμενοπλοίων διαφοροποιήθηκε, αφομοιώνοντας τεχνολογικές εξελίξεις, ως προς την βελτιστοποίηση και επιτάχυνση του χρόνου κατασκευής, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους κατασκευής αλλά και την αύξηση της μεταφορικής ικανότητας.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η λεπτομερής αναφορά στη χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών στα δεξαμενόπλοια και στην ανάγκη αλλαγής των δεξαμενοπλοίων μονών τοιχωμάτων σε διπλά, εξαιτίας του νέου θεσμικού πλαισίου, που υπόκεινται τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια. Επιχειρήθηκε να παρουσιαστεί η διάκριση των τύπων και η εμπορική δραστηριότητα των δεξαμενοπλοίων. Παρέχεται η τεχνική προδιαγραφή των σύγχρονων δεξαμενοπλοίων, δόθηκαν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη Μελέτη δεξαμενοπλοίων, υπολογιστικά στοιχεία, κατασκευαστικές λεπτομέρειες, καθώς και στοιχεία αντοχής. Γίνεται λεπτομερής ανάλυση όλων των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων. Αναφέρονται επίσης οι απαιτήσεις για την προωστήρια και ηλεκτρική εγκατάσταση, τα βοηθητικά συστήματα και τον εξοπλισμό, που απαιτούνται αυτά να διαθέτουν, καθώς και οι προδιαγραφές, που πρέπει να πληρούν τα ανωτέρω δεξαμενόπλοια. Περιγράφονται ατυχηματικά περιστατικά και πραγματοποιήθηκε αναλυτική καταγραφή της θαλάσσιας ρύπανσης, που προκαλείται από τα

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

δεξαμενόπλοια. Παρατίθενται καινοτομίες, συμπεριλαμβανομένου του ασφαλούς εξαερισμού δεξαμενών, των συστημάτων αδρανούς αερίου, της πλύσης με ακατέργαστο πετρέλαιο, των περίπλοκων συστημάτων ελέγχου των μηχανοστασίων, που έχουν ασκήσει σημαντική επίδραση στην ασφάλεια και την αποδοτικότητα των διαδικασιών των δεξαμενοπλοίων.

Βιβλιογραφία

- 1) R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), edition 2008.
- 2) Κ. Γκιζιάκης, Α. Παπαδόπουλος , Ε. Πλωμαρίτου, Ναυλώσεις, εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα 2006.
- 3) Ε. Γεωργαντόπουλος – Γ. Βλάχος, Ναυτιλιακή Οικονομική εκδόσεις Τζέι & Τζέι Ελλάς –Πειραιάς 2003.
- 4) David Glen, The tanker market: Current structure and economic analysis. David Glen* and Brendan Martin, 2008.
- 5) Center for International Transport ManI.Gement, London Metropolitan University, London.
- 6) Germanischer Lloyd- Design of double hull tankers, Presentation at National Technical University of Athens, May 2005.
- 7) The tanker focus by Lloyds Register, 2007.
- 8) A revised schedule for the phasing out by IMO, 2007.
- 9) Statistical review of world energy full review 2008 by BP.
- 10) ΚΑΘ. Γ. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ - Μ. ΒΕΡΓΕΤΗΣ ΔΙΠΛ. Ν.Μ.Μ., Περιβάλλον και ανάπτυξη, ενότητα: πετρελαιοκηλίδες, τμήμα ναυπηγών μηχανολόγων μηχανικών, Αθήνα 2004.
- 11) Oil Tanker Spill Statistics: 2007, The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd © 2008.

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

- 12) Ημερίδα 170 χρόνια ΕΜΠ, Α. Παπανικολάου ,Ιστορική εξέλιξη της Ναυπηγικής , 5/12/2007.
- 13) The INTERTANKO Awareness Guide on the safety, technical, environmental and operational aspects of constructing a tanker, 2008.
- 14) IACS Common structural Rules for Double Hull Oil Tankers, July 2008, Consolidated edition.
- 15) MARPOL 73/78 (Annex I, Regulations 10,11,13,13A-13H,22,23,24,25,25A).
- 16) SOLAS Chapter II-2 Part A-G .
- 17) www.imo.org/
- 18) www.intertanko.com/
- 19) [www.sname.org /](http://www.sname.org/)
- 20) www.eagle.org/
- 21) www.lr.org/
- 22) www.hrs.gr/
- 23) www.gl-group.com/
- 24) www.dnv.com/
- 25) www.pb.com/
- 26) www.naval.ntua.gr/
- 27) www.poseidonchallenge.com/

“ Η τεχνολογική εξέλιξη των Δεξαμενοπλοίων ”

28) www.shippingfacts.com/

29) www.maritimefoundation.com/

30) ITOPF/Fearnleys/

31) [www.amsa.gov.au/ Publications/ Comparison of single and double hull tanker.pdf](http://www.amsa.gov.au/Publications/Comparison%20of%20single%20and%20double%20hull%20tanker.pdf).

32) [www.amsa.gov.au/ Shipping Safety Codes Manuals and Reports.pdf](http://www.amsa.gov.au/Shipping%20Safety%20Codes%20Manuals%20and%20Reports.pdf).