

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΡΙΣΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΘΕΜΑ: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ (LPG – NH₃)

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΘΕΟΦΑΝΗ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ

A.G.M:3881

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ :

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ LPG-NH3

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΔΗ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΠΛΟΙΩΝ	3
1.1 Πλοία ανα κατηγορία	5
PRESSURIZED AND FULLY REFRIGERATED SHIPS	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Απαιτήσεις κατασκευής και εξοπλισμού	9
2.1 Αποθήκευση του φορτίου.	9
2.2 Εξοπλισμός φορτίου.....	11
2.3 Διάταξη του πλοίου.....	15
2.4 Θέση δεξαμενών και πλευστότητα σε περίπτωση βλάβης.	17
2.5 Προφυλάξεις φορτίου.	18
2.6 Εύφλεκτα φορτία.....	19
2.7 Τοξικά αέρια.	20
2.8 Οι μεταφορές αερίων.	21
2.9 Υγροποιημένα αέρια πετρελαίου (LPG).....	22
2.10 Αμμωνία και χημικά αέρια.....	23
2.5 Μεταφορά υπό ψύξη.	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΑΥΞΗΣΗ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ LNG-LPG	27
ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΣΤΟΛΟΥ	27
3.1 Στατιστική Προσέγγιση στην ζήτηση	27
3.2 Στρατηγικές κινήσεις των εφοπλιστών	29
3.3 Αναφορά στην ανάγκη ύπαρξης των προϊόντων LPG-LNG	32



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακάτω πτυχιακή κάνει αναφορά στην μεταφορά των υγροποιημένων φορτίων LPG-NH₃ και ταυτόχρονα αναφέρεται στις διαδικασίες μεταφοράς των εν λόγω φορτίων και εμβαθύνει στους κανονισμούς που διέπουν τα πλοία κατά την κατασκευή τους. Τέλος , κάνει λόγο για την αύξηση ζήτησης των προαναφερόμενων φορτίων και στην αύξηση του στόλου για την κάλυψη των αναγκών μεταφοράς.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ : ΕΙΔΗ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΠΛΟΙΩΝ

Τα πλοία LPG είναι πλοία καινοτόμα μεταφοράς υγροποιημένου αερίου σε θερμοκρασίες μέχρι -60 °C. Τα κύρια φορτία που μεταφέρουν είναι προπάνιο και βουτάνιο. Οι δεξαμενές του φορτίου διαθέτουν πολλαπλά τοιχώματα για την διατήρηση της θερμοκρασίας του φορτίου στα απαιτούμενα επίπεδα. Τα πλοία LPG που πάνε σε μικρά terminals διαθέτουν δεξαμενές pressurized, συνεπώς το φορτίο συμπιέζεται για να υγροποιηθεί και διατηρείται υπό θετική πίεση. Τα μεγαλύτερα πλοία LPG διαθέτουν δεξαμενές semi- pressurized, δηλαδή το φορτίο διατηρείται ψύχεται και συμπιέζεται για να υγροποιηθεί υπό θετική πίεση. Κατά την διάρκεια του ταξιδιού ενδεχομένως, ένα μέρος του φορτίου να ατμοποιηθεί λόγω αύξησης της θερμοκρασίας. Τα πλοία LPG διαθέτουν εξοπλισμό που επανυγροποιεί το φορτίο που ατμοποιήθηκε, μέσα από μία διαδικασία αφαίρεσης της υγρασίας και ψύξης του ατμοποιημένου φορτίου. Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην φορτοεκφόρτωση των πλοίων LPG καθώς τα φορτία είναι επικίνδυνα. Πριν την φόρτωση θα πρέπει να γίνει προετοιμασία των δεξαμενών (ψύξη). Η ψύξη αυτή θα πρέπει να γίνεται μειώνοντας την θερμοκρασία στην δεξαμενή 10 °C ανά ώρα, για να αντέξουν τα ελάσματα και να μη σπάσουν από απότομη αλλαγή θερμοκρασίας. Τα μέτρα πρόληψης στα πλοία LPG είναι μεγάλα λόγω της επικινδυνότητας του φορτίου. Ταυτόχρονα η επάνδρωση τους πρέπει να γίνεται από ειδικά εκπαιδευμένο πλήρωμα με συγκεκριμένη εμπειρία, που να μπορεί να ανταπεξέλθει στις ιδιαιτερότητες του φορτίου που μεταφέρεται. Τα πλοία LPG κοστίζουν ανάλογα με το μέγεθός τους από 40 – 70 εκατομμύρια δολάρια. Η αγορά τους είναι σταθερή

καθώς υπάρχει ζήτηση σχεδόν από όλα τα κράτη του κόσμου. Ο αριθμός των υπαρχόντων πλοίων LPG δεν είναι μεγάλος, γεγονός που κάνει την αγορά τους ελεγχόμενη χωρίς απότομες μεταβολές. Η είσοδος στην αγορά των πλοίων δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη, όμως η διεκδίκηση μεγάλου μεριδίου της αγοράς είναι δύσκολη καθώς υπάρχουν πολλοί μεγάλοι παίκτες στον κλάδο. Ως επένδυση τα πλοία LPG μία από τις καλύτερες επιλογές που έχουν οι πλοιοκτήτες που θέλουν να διαφοροποιηθούν. Επίσης είναι βιώσιμα πλοία με την έννοια πως έχουν υψηλά έσοδα και βραχύ χρονικό διάστημα απόσβεσης. Συνεπώς τα πλοία LPG είναι πλοία καινοτόμα τεχνολογικά που αποτελούν πολύ καλή επιλογή επένδυσης. ΤΑ ΥΓΡΑΕΡΙΑ, είναι υδρογονάνθρακες που σε κανονικές συνθήκες (ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας περιβάλλοντος) είναι αέρια. Τα αέρια αυτά για να μεταφερθούν , πρέπει πρώτα να υγροποιηθούν. Για να υγροποιηθεί ένα αέριο, πρέπει:

- Να συμπιεσθεί μέχρι μια ορισμένη πίεση , με ένα συμπιεστή
- Να ψυχθεί μέσα σε ένα συμπτυκνωτή , σε θερμοκρασία χαμηλότερη από την κρίσιμη και αντίστοιχη της πίεσης.

Ως εκ τούτου , στην υγροποίηση των αερίων θεμελιώδη ρόλο κατέχει η πίεση , η θερμότητα και η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης. Η θερμότητα έχει μεγάλη σημασία στην μεταβολή της κατάστασης των υλικών σωμάτων , γιατί όταν παρέχεται θερμότητα , ένα σώμα μεταβάλλεται από στερεό σε υγρό ή από υγρό σε αέριο Αντίθετα , όταν αφαιρείται θερμότητα , μεταβάλλεται από αέριο σε υγρό (ή από υγρό σε στερεό τα υγραέρια υποδιαιρούνται σε τρεις (3) κατηγορίες :

- LPG (ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΑΕΡΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ)

➤ LNG (ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΦΥΣΙΚΑ ΑΕΡΙΑ ΧΗΜΙΚΑ ΑΕΡΙΑ)

Με το πέρασμα των χρόνων η εμπορική αξία των υγραερίων αυξήθηκε με αποτέλεσμα να χρειαστεί η κατασκευή πλοίων με την δυνατότητα μεταφοράς αυτών των φορτίων. Ο λόγος που αυξήθηκε η εμπορική αξία είναι οι εξής :

- Είναι οικονομικά μέσα ενέργειας. Έχουν μεγάλη θερμαντική ικανότητα και υψηλό ρυθμό καύσης (διαθέτουν πολλές θερμίδες) για αυτό η καύση τους είναι σχεδόν τέλεια και δεν αφήνουν κατάλοιπα είναι οικολογικά.
- Χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές εφαρμογές στην χημική βιομηχανία , στην γεωργία κ.λπ.
- Είναι οικονομική η μεταφορά τους.

1.1 Πλοία ανα κατηγορία

ΤΑ ΥΓΡΑΕΡΙΟΦΟΡΑ που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του υγραερίου είναι πλοία ειδικής κατηγορίας (LPG-LNG). Αυτά τα υγραεριοφόρα δεξαμενόπλοια διαφέρουν από τα κοινά πετρελαιοφόρα , γιατί διαθέτουν δεξαμενές ειδικού τύπου και ειδικό εξοπλισμό , ώστε να μπορούν να μεταφέρουν τα φορτία τους , που έχουν χαμηλές θερμοκρασίες ή και υψηλές πιέσεις . Τα υγραεριοφόρα υποδιαιρούνται στους εξής τύπους:

1.ΥΨΥΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ / FULLY PRESSURIZED SHIPS

Τα πλοία αυτά είναι τα απλούστερα από όλα τα πλοία μεταφοράς αερίου όσον αφορά τα συστήματα συγκράτησης και τον εξοπλισμό χειρισμού του φορτίου και μεταφέρουν τα φορτία τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ως δεξαμενές φορτίου χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα δοχεία πίεσης με τυπική πίεση ατμών σχεδιασμού 17,5 bar (δεξαμενές τύπου C). Πλοία με υψηλότερη πίεση ατμών σχεδιασμού βρίσκονται σε λειτουργία- τα 18 bar είναι αρκετά συνηθισμένα - μερικά πλοία μπορούν να δεχτούν πίεση έως και 20 bar. Δεν απαιτείται θερμική μόνωση ή μονάδα επανασυμπίεσης και το φορτίο μπορεί να εκφορτωθεί είτε με αντλίες είτε με συμπιεστές.

2.ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ / SEMI PRESSURIZED SHIPS

Διαθέτουν δεξαμενές ανεξάρτητες τύπου C αλλά με λεπτότερα τοιχώματα από τις προηγούμενες και με μόνωση. Έχουν συμπιεστές και αντλίες , καθώς και

συμπυκνωτές για επανυγροποίηση. Έχουν χωρητικότητα έως 10.000 m³ . Δέχονται φορτία με πίεση 5/7 kgf/cm² θερμοκρασία έως -10° C . Συνήθως μεταφέρουν LPG .

3.ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΥΣ ΨΥΞΗΣ / SEMI PRESSURIZED AND FULLY REFRIGERATED SHIPS

Κατασκευάζονται σε μεγέθη από 1500 έως 30.000 m³, και αυτός ο τύπος μεταφορέα αερίου εξελίχθηκε ως το βέλτιστο μέσο μεταφοράς διαφόρων αερίων, από υγραέριο και VCM έως προπυλένιο και βουταδιένιο. Σήμερα, αυτός ο τύπος πλοίου είναι ο πιο δημοφιλής μεταξύ των φορέων εκμετάλλευσης "μικρότερων" μεταφορέων αερίου.

Τα βυτιοφόρα ημιψυγμένου αερίου χρησιμοποιούν δεξαμενές δοχείων πίεσης σχεδιασμένες για πίεση ατμών σχεδιασμού στην περιοχή των 4-8 bar. Οι δεξαμενές κατασκευάζονται είτε από χάλυβες χαμηλής θερμοκρασίας για θερμοκρασία μεταφοράς - 48°C, η οποία είναι κατάλληλη για τα περισσότερα φορτία υγραερίου και χημικών αερίων, είτε από ειδικούς κραματωμένους χάλυβες που επιτρέπουν τη μεταφορά αιθυλενίου στους -104°C.

4.ΠΛΗΡΟΥΣ ΨΥΞΗΣ / FULLY REFRIGERATED SHIPS

Μπορούν να μεταφέρουν φορτία σε περίπου ατμοσφαιρική πίεση και είναι γενικά σχεδιασμένα για τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων υγραερίου και αμμωνίας. Σε πλοία FR έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα συστήματα περιορισμού φορτίου. Η πιο διαδεδομένη διάταξη είναι οι ανεξάρτητες δεξαμενές με ενιαίο πλευρικό κέλυφος. Χρησιμοποιούνται πρισματικές ανεξάρτητες δεξαμενές τύπου A, ικανές να αντέχουν σε μέγιστη πίεση ατμών σχεδιασμού 0,7 bar. Απαιτείται πλήρες δευτερεύον φράγμα και οι χώροι αποσκευών πρέπει να είναι αδρανοποιημένοι όταν μεταφέρονται εύφλεκτα φορτία.

5.ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ /ETHYLENE SHIPS

Κατασκευή, χωρητικότητα και έλεγχος θερμοκρασίας φορέων αιθυλενίου και αερίου/χημικών προϊόντων

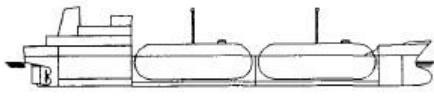
Τα πλοία μεταφοράς αιθυλενίου είναι τα πιο εξελιγμένα από τα δεξαμενόπλοια ημι-πίεσης και έχουν

τη δυνατότητα να μεταφέρουν όχι μόνο τα περισσότερα άλλα φορτία υγροποιημένου αερίου, αλλά και αιθυλένιο πλήρως κατεψυγμένο στο σημείο βρασμού του σε ατμοσφαιρική πίεση -104°C . Σχεδιασμένο για τη μεταφορά των περισσότερων φορτίων υγροποιημένου αερίου εκτός από το LNG. Από αυτόν τον στόλο πλοίων μεταφοράς αιθυλενίου, περίπου δώδεκα αποτελούν μια ειδική υποομάδα πλοίων που μπορούν να διαχειρίζονται ταυτόχρονα ένα ευρύ φάσμα υγρών χημικών ουσιών και υγροποιημένων αερίων. Τα πλοία μπορούν να φορτώνουν ή να εκφορτώνουν σχεδόν σε όλους τους τερματικούς σταθμούς υπό πίεση και ψύξης, γεγονός που τα καθιστά τα πιο ευέλικτα μεταφορικά μέσα μεταφοράς φυσικού αερίου όσον αφορά την ικανότητα διαχείρισης φορτίου. Πολλά πλοία μεταφοράς αιθυλενίου μπορούν επίσης να μεταφέρουν φορτία υγραερίου, γεγονός που αυξάνει την ευελιξία τους. Διαθέτουν κυλινδρικές ή δίομβες, μονωμένες, ανοξειδώτες ή νικελιούχες δεξαμενές φορτίου χαμηλών θερμοκρασιών, ικανές να μεταφέρουν φορτία σε ελάχιστες θερμοκρασίες -104°C και σε πιέσεις δεξαμενής έως περίπου 6 bar.

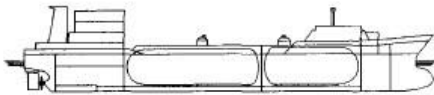
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ/ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

ΥΨΥΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	LPG /NH ₃
ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	LPG
ΠΛΗΡΟΥΣ ΨΥΞΗΣ	LPG /NH ₃ /VCM
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ	LPG

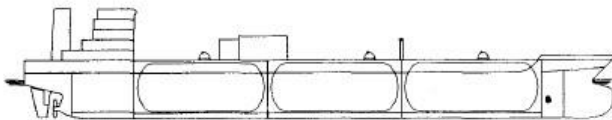
LPG Carriers (to scale)



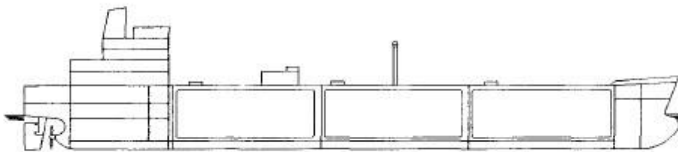
3,200 m³ LPG/VCM carrier



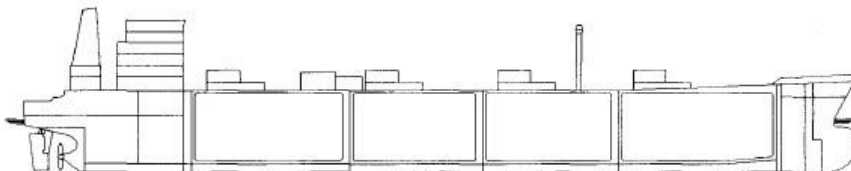
4,200 m³ Ethylene/LPG/VCM carrier



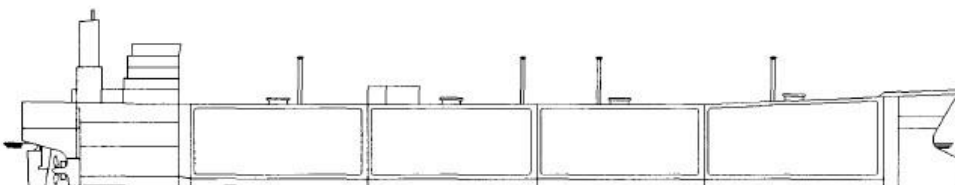
16,650 m³ LPG/VCM carrier



22,500 m³ LPG/Ammonia carrier



56,000 m³ LPG/VCM carrier



78,000 m³ LPG carrier

a

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Απαιτήσεις κατασκευής και εξοπλισμού

Από τότε που άρχισαν να κατασκευάζονται τα υγραεριοφόρα, υπόκεινται σε πολύ αυστηρές κατασκευαστικές απαιτήσεις. Αρχικά οι απαιτήσεις αυτές ήταν εκείνες των Νηογνομόνων. Όταν αυξήθηκε ο αριθμός των πλοίων, που τέθηκαν σε υπηρεσία, ένας αριθμός κυβερνήσεων εισήγαγε κανονισμούς για τα υγραεριοφόρα, τόσο για εκείνα που έφεραν τη σημαία τους, όσο και για εκείνα που εκτελούσαν ταξίδια στις περιοχές δικαιοδοσίας τους. Αυτή η ανάπτυξη των κανονισμών έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στην κατάρτιση κωδίκων υγραεριοφόρων από τον ΙΜΟ, οι οποίοι είναι επιπρόσθετοι των απαιτήσεων των Νηογνομόνων. Οι κώδικες του ΙΜΟ αποσκοπούν στην καθιέρωση κοινής σειράς κανονισμών, με βάση τους οποίους για ένα πλοίο είναι δυνατή η έκδοση πιστοποιητικού εξοπλισμού, που δείχνει ότι το πλοίο αυτό συμμορφώνεται με τον κώδικα. Το πιστοποιητικό αυτό θα είναι αποδεκτό από τα κράτη, στα οποία ταξιδεύει το πλοίο, σαν εξασφάλιση της κατασκευαστικής ασφάλειας του, κατά παρόμοιο τρόπο προς τη διεθνή αποδοχή των πιστοποιητικών ασφάλειας, εξαρτισμού, κατασκευής, γραμμών, φορτώσεως και ραδιοτηλεγραφίας, τα οποία επίσης εκδίδονται, για να δηλώσουν συμμόρφωση με τα πρότυπα του ΙΜΟ. Όπως και για τ' άλλα πιστοποιητικά, οι Κώδικες απαιτούν επαναθεώρηση του πλοίου κατά τη διάρκεια της ζωής του, προκειμένου να διατηρήσουν την ισχύ τους. Ο ένας κώδικας του ΙΜΟ εφαρμόζεται σε πλοία, το συμβόλαιο κατασκευής των οποίων υπογράφηκε μετά το 1976. Ορισμένα εδάφια του κώδικα αυτού εφαρμόζονται επίσης σε πλοία, που βρίσκονται σε υπηρεσία πριν από την ημερομηνία εκείνη. Οι απαιτήσεις αυτές περιέχονται σε ξεχωριστή έκδοση και εφαρμόζονται σε μία χρονική περίοδο μέχρι το 1982. Οι απαιτήσεις των κωδίκων είναι πολύ λεπτομερείς. Μια γενική επισκόπηση τους γίνεται παρακάτω.

2.1 Αποθήκευση του φορτίου.

Οι κώδικες περιέχουν απαιτήσεις για τις ανεξάρτητες δεξαμενές φορτίου Α, Β και C, καθώς επίσης και για τα συστήματα μεμβράνης, ημι-μεμβράνης ή ολοκληρωμένης σχεδιάσεως. Σκοπός είναι η διασφάλιση ότι υπάρχει ο μέγιστος βαθμός ασφάλειας στη βασική αποθήκευση του φορτίου. Οι κανονισμοί προδιαγράφουν τις καταπονήσεις της δεξαμενής, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη σχεδίαση. Σ' αυτές περιλαμβάνονται η θερμοκρασία του φορτίου, η πίεση και η ειδική πυκνότητα, οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος, τα φορτία παρεκτροπής στο σκάφος και τη δεξαμενή και τα δυναμικά φορτία από το σκάφος και την κίνηση του φορτίου κατά το ταξίδι. Οι υποθέσεις που γίνονται βασίζονται γενικά στην πιο χειρότερη περίπτωση. Για παράδειγμα, δεν είναι δυνατόν για το πλήρωμα να παραμείνει στο πλοίο, αν αυτό δεν έχει εμπειρία με τις δυνάμεις επιταχύνσεως, που έχει υποθεθεί ότι θα εμφανισθούν. Τα υλικά για την κατασκευή της δεξαμενής επιλέγονται σύμφωνα με τη θερμοκρασία του φορτίου και πρέπει να εμφανίζουν ικανοποιητική ελατότητα σε μία θερμοκρασία δοκιμής κάτω από την κανονική θερμοκρασία υπηρεσίας. Τα σχέδια βασίζονται στα

ορθά πρότυπα των Νηογνομόνων. Η μέγιστη στάθμη του υγρού κανονικά είναι το 98%, αλλά για ορισμένες δεξαμενές (π.χ. σφαιρικές) το ανακουφιστικό επιστόμιο παραμένει στη φάση του ατμού ακόμη και κάτω από αντίξοες συνθήκες κλίσεως ή διαγωγής. Έτσι ένα όριο 99% είναι δυνατό. Η ίδια η κατασκευή της δεξαμενής υπόκειται σε ακόμη αυστηρότερα πρότυπα από εκείνα, που συνήθως εφαρμόζονται. Κάθε συγκόλληση στη δεξαμενή υπόκειται σε πλήρη μη-καταστροφική δοκιμή και τα δείγματα των κολλήσεων ελέγχονται με δοκιμή εγκοπής Charpy V σε ένα μικρό δείγμα, που αποκόπτεται από τα κύρια ελάσματα. Υπάρχουν επίσης αυστηρές απαιτήσεις για τα στηρίγματα και τις σφηνές της δεξαμενής, αν υπάρχουν, τη μόνωση



Figure 22.6: Hard arms at cargo manifold (on an LNG carrier).

Κάθε δεξαμενή εφοδιάζεται με μηχανισμό ανακουφίσεως ατμών, για να διασφαλισθεί ότι δεν θα υπάρξει υπερπίεση εντός της. Δύο ίσης δυναμικότητας ανακουφιστικά επιστόμια απαιτούνται, έτσι ώστε το ένα να μπορεί να επισκευάζεται με τη δεξαμενή σε υπηρεσία. Η δυναμικότητα των επιστομίων υπολογίζεται υποτιθεμένου ότι οι δεξαμενές εκτίθενται σε μεγάλη πυρκαϊά. Τα επιστόμια πρέπει να διατάσσονται, για να εξαερίζονται από τη φάση ατμών σε προδιαγραμμένες αντίξοες συνθήκες κλίσεως και διαγωγής. Η δυναμικότητα του επιστομίου βασίζεται στην απελευθέρωση μόνο ατμών, γιατί ένα μίγμα ατμού υγρού θα μειώσει την ενεργό δυναμικότητα. Τα επιστόμια συχνά διαθέτουν ρυθμίσεις για περισσότερες από μια σειρές πιέσεως, έτσι ώστε μια



υψηλότερη τιμή πίεσεως από την κανονική να μπορεί να χρησιμοποιείται κατά τη φόρτωση για τη μείωση της πιθανότητας εξαερισμού. Αυτή η αυξημένη τιμή είναι επιτρεπτή, επειδή η δεξαμενή δεν υπόκειται σε δυναμικές λόγω της θάλασσας καταπονήσεις κατά τη φόρτωση. Τα εξαεριστικά επιστόμια εξαερίζονται στις εξαγωγές στο ύψος του ιστού, που βρίσκεται αρκετά μακριά από τις εισαγωγές αέρα στους χώρους ενδιαιτήσεως και που σχεδιάζεται έτσι, ώστε να πραγματοποιεί γρήγορη αραίωση οποιουδήποτε ατμού, που εξαερίζεται. Προστασία από το κενό πρέπει να προβλέπεται για ορισμένες δεξαμενές, οι οποίες δεν μπορούν να αντέξουν σε διαφορά εξωτερικής πίεσεως μεγαλύτερη από $0,25 \text{ kg/cm}^2$. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα συστήματα μεμβρανών, που είναι ευαίσθητα σ' αυτή την επίδραση. Αυτό συνήθως αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση ενός ανακουφιστικού επιστομίου κενού στις περιπτώσεις αυτές. Οι Κώδικες θέτουν πρότυπα για τις πιέσεις σχεδιάσεως και την εγκατάσταση των γραμμών υγρού και ατμού και επίσης για κάθε εξάρτημα διαστολής-συστολής, όπως τμήματα καμπυλών γωνιών, ολισθαίνοντα πέλματα. Οι βασικές απαιτήσεις δίνονται στο διαχωρισμό των γραμμών του φορτίου από τις συνηθισμένες υπηρεσίες του πλοίου και σαν μέσο διασφάλισης ότι τα φορτία, που μπορούν να αντιδρούν χημικά, κρατούνται χωριστά. Ένα επιστόμιο κλεισίματος της δεξαμενής απαιτείται σε κάθε γραμμή υγρού και ατμού (εκτός της γραμμής ανακουφίσεως του ατμού), έτσι ώστε η δεξαμενή να μπορεί να απομονωθεί σε περίπτωση ανάγκης. Επιστόμια κλεισίματος τοποθετούνται και αλλού στις γραμμές του υγρού για κανονικούς λειτουργικούς σκοπούς. Υπάρχει κίνδυνος να παγιδευθεί το υγρό μεταξύ δυο κλειστών επιστομίων και να θερμανθεί, με συνέπεια την δημιουργία υπερπίεσεως στη σωλήνωση. Συνεπώς ανακουφιστικά επιστόμια υγρού θα τοποθετούνται σε τμήματα των σωληνώσεων, τα οποία είναι δυνατόν να κλεισθούν. Όλες οι σωληνώσεις φορτίου πρέπει να είναι πάνω από το κατάστρωμα, για να επιτυγχάνεται η ασφαλής διασπορά οποιασδήποτε διαρροής και η εύκολη συντήρηση.

2.2 Εξοπλισμός φορτίου.

Αν οι αντλίες φορτίου δεν μπορούν να επισκευάζονται με τη δεξαμενή φορτίου σε υπηρεσία, πρέπει να διατίθεται μια δεύτερη αντλία φορτίου ή μέσο μεταγίσεως του φορτίου. Η συμπίεση του αερίου είναι αποδεκτή σαν μέθοδος ετοιμότητας. Είναι συνήθως πρακτική η εγκατάσταση δυο αντλιών υγρού, αν χρησιμοποιούνται μονάδες υποβρύχιες ή τύπου βαθύς φρέατος. Οι Κώδικες του IMO απαιτούν να εγκαθίσταται μονάδα συμπτκνώσεως ή άλλος εξοπλισμός για τον έλεγχο των ατμών που εκλύονται, εκτός αν η δεξαμενή φορτίου είναι δυνατόν να αντέχει στην τάση ατμών του πιο ευεξάτμιστου φορτίου, που μεταφέρεται στην πιο μεγάλη προδιαγραφόμενη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αν πρόκειται να χρησιμοποιείται μονάδα συμπτκνώσεως, οι Κώδικες απαιτούν η μονάδα αυτή να έχει μια βασική δυναμικότητα. Οι Κώδικες επίσης κάνουν διάκριση μεταξύ των άμεσων και έμμεσων συστημάτων ψύξεως. Υπάρχουν διάφορες διατάξεις, αλλά τα άμεσα συστήματα χρησιμοποιούν απευθείας αυτό το ίδιο το φορτίο σαν ψυκτικό μέσο στη μονάδα συμπτκνώσεως. Τα έμμεσα συστήματα χρησιμοποιούν ένα χωριστό ψυκτικό μέσο, το οποίο μπορεί να κυκλοφορεί σε σωλήνες (σερπαντίνες) εντός των δεξαμενών φορτίου ή το φορτίο μπορεί να κυκλοφορεί σε ένα εναλλάκτη θερμότητας μακριά από τη δεξαμενή φορτίου. Τα περισσότερο κοινά φορτία μπορούν να χρησιμοποιούν είτε άμεσα είτε έμμεσα συστήματα, αλλά για ορισμένα υπάρχουν περιορισμοί στη χρησιμοποίηση ενός συστήματος. Είναι συνηθισμένο στα υγραεριοφόρα LNG να χρησιμοποιούν τους εκλύμενους ατμούς σαν καύσιμο για την κύρια μηχανή και οι Κώδικες θέτουν τις ειδικές απαιτήσεις για το σύστημα αυτό. Κοινή πρακτική είναι η ύπαρξη διαφόρων συστημάτων απορροφήσεως της θερμότητας για τη διάθεση των εκλύμενων ατμών στην περίπτωση, που η κύρια μηχανή δεν λειτουργεί. Δεν είναι πάντοτε επιτρεπτός ο εξαερισμός του φορτίου. Οι δεξαμενές φορτίου πρέπει να εφοδιάζονται με μηχανισμούς ενδείξεως της στάθμης, επειδή το σύστημα κλείνεται και δεν είναι δυνατός ο εντοπισμός της στάθμης του υγρού. Τρεις τύποι δεικτών στάθμης προδιαγράφονται: ο περιορισμένος, ο κλειστός και ο έμμεσος. Οι δείκτες αυτοί βασίζονται στο αν θα υπάρξει κάποια εκπομπή ή επαφή με το φορτίο. Ένας ολισθαίνων σωλήνας είναι ένας περιορισμένος μηχανισμός, καθόσον εκπέμπει λεπτά σταγονίδια (ψεκασμός) υγρού, όταν το ανοικτό



Figure 22.8: MLA connection to manifold, showing double ball valve safety release.

άκρο του σωλήνα βρίσκεται στην υγρή φάση και ανοίγεται ο μαστός. Οι πλωτήρες, φυσαλίδες και δείκτες χωρητικότητας συνιστούν κλειστό σύστημα. Το αισθητήριο είναι σε άμεση επαφή με το φορτίο, αλλά το σύστημα παραμένει κλειστό. Μηχανισμοί υπερήχων και ραδιενεργών υλικών είναι έμμεσοι μηχανισμοί, οι οποίοι δεν εξαρτώνται από την επαφή με το φορτίο. Κλειστοί ή έμμεσοι δείκτες πρέπει να τοποθετούνται, αν το φορτίο είναι τοξικό. Οι δείκτες στάθμης και δεξαμενής επίσης πρέπει να διαθέτουν ηχητικούς συναγερμούς υψηλής ποιότητας και να ενεργοποιούν την αυτόματη διακοπή, όταν η στάθμη του υγρού υπερβεί το προκαθορισμένο ύψος (συνήθως αντιστοιχεί στο 98%). Οι προφυλάξεις είναι αναγκαίες στην πίεση της δεξαμενής (με εξαίρεση τις δεξαμενές πίεσεως) και η υπερπλήρωση δυνατόν να σπάσει τη δεξαμενή. Υπάρχουν ορισμένες εξαιρέσεις από την απαίτηση αυτή για τα μικρά δοχεία πίεσεως. Το σύστημα αυτόματης διακοπής ενεργοποιείται από άλλες έκτακτες διαδικασίες, εκτός από εκείνης της υψηλής στάθμης υγρού. Είναι δυνατόν η ενεργοποίηση του συστήματος να γίνει με το χέρι και αυτό να λειτουργεί αυτόματα σε περίπτωση πυρκαϊάς με τήξη ειδικής ασφάλειας στο σύστημα ελέγχου και με την απώλεια της υπερπίεσεως του αέρα σε προστατευόμενους χώρους, όπως οι χώροι των κινητήρων. Ένα σύστημα ανιχνεύσεως αερίου απαιτείται για δειγματισμό των συγκεντρώσεων ατμών φορτίου στους χώρους των αντλιών φορτίου, των συμπιεστών, των κινητήρων, των αεροφραγμάτων, των συστημάτων καύσεως, εξαερισμού των εκλυόμενων ατμών LNG και των κλειστών χώρων στην περιοχή φορτίου, π.χ. στους χώρους συγκρατήσεως, στους χώρους μεταξύ των διαφραγμάτων (με εξαίρεση εκείνους των συστημάτων πίεσεως). Οι χώροι πρέπει να υπόκεινται σε

δειγματοληψία τουλάχιστον κάθε 30 λεπτά, αλλά για τα συστήματα εξαερισμού του καυσίμου LNG η εργασία αυτή πρέπει να γίνεται συνεχώς. Για συστήματα μεμβρανών ο εξοπλισμός πρέπει να περιλαμβάνει αναγνώσεις της συγκεντρώσεως από 0-100% στους χώρους μεταξύ των διαφραγμάτων, επειδή σε κάθε άλλη περίπτωση ο εξοπλισμός πρέπει να έχει αναγνώσεις μέχρι το 30% του Κατώτερου Ορίου Αναφλέξεως (LFL για εύφλεκτους ατμούς) ή του TLV (για τοξικά φορτία). Φορητός εξοπλισμός ανιχνεύσεως ατμών φορτίου πρέπει επίσης να διατίθεται καθώς και ανιχνευτής οξυγόνου. Πρέπει να διατίθενται μέσα δειγματοληψίας των συγκεντρώσεων αερίου στις δεξαμενές φορτίου κατά την αδρανοποίηση και την έκπλυσή τους με αέριο. Αν το πλοίο πρόκειται να μεταφέρει φορτία ελαφρότερα ή βαρύτερα από τον αέρα (π.χ. αμμωνία και LPG), το μόνιμο σύστημα ανιχνεύσεως αερίου πρέπει να είναι ικανό για δειγματοληψία από τα ανώτερα ή κατώτερα σημεία των χώρων. Κάθε δεξαμενή φορτίου πρέπει να διαθέτει δύο μηχανισμούς ενδείξεως της θερμοκρασίας, στον πυθμένα και κοντά στη μέγιστη στάθμη υγρού. Για θερμοκρασίες φορτίου κάτω από -55% πρέπει να διατίθενται επιπλέον αισθητήρια στη δεξαμενή, προκειμένου να είναι δυνατή η παρακολούθηση των εργασιών ψύξεως. Αν το σύστημα του φορτίου απαιτεί δευτερεύον διάφραγμα, το παρακείμενο χαλύβδινο τμήμα του σκάφους πρέπει να εφοδιάζεται με αισθητήρια, τα οποία θα έχουν ακουστικούς συναγερμούς ρυθμισμένους κοντά στα όρια της θερμοκρασίας του χάλυβα. Δείκτες πίεσεως πρέπει να τοποθετούνται για την ανάγνωση της πίεσεως του χώρου ατμών κάθε δεξαμενής φορτίου. Ένας συναγερμός για υψηλές πιέσεις πρέπει να διατίθεται και ένας για χαμηλή πίεση, αν απαιτείται προστασία από το κενό. Δείκτες επίσης απαιτούνται για τις σωληνώσεις καταθλίψεως των αντλιών, των συνδέσεων τους και του εύκαμπτου σωλήνα του επιστομίου της σωληνώσεως πολλαπλών παροχών. Μία σύνδεση δειγματοληψίας της πίεσεως πρέπει να διατίθεται για τους χώρους συγκρατήσεως ή τους χώρους μεταξύ των διαφραγμάτων.

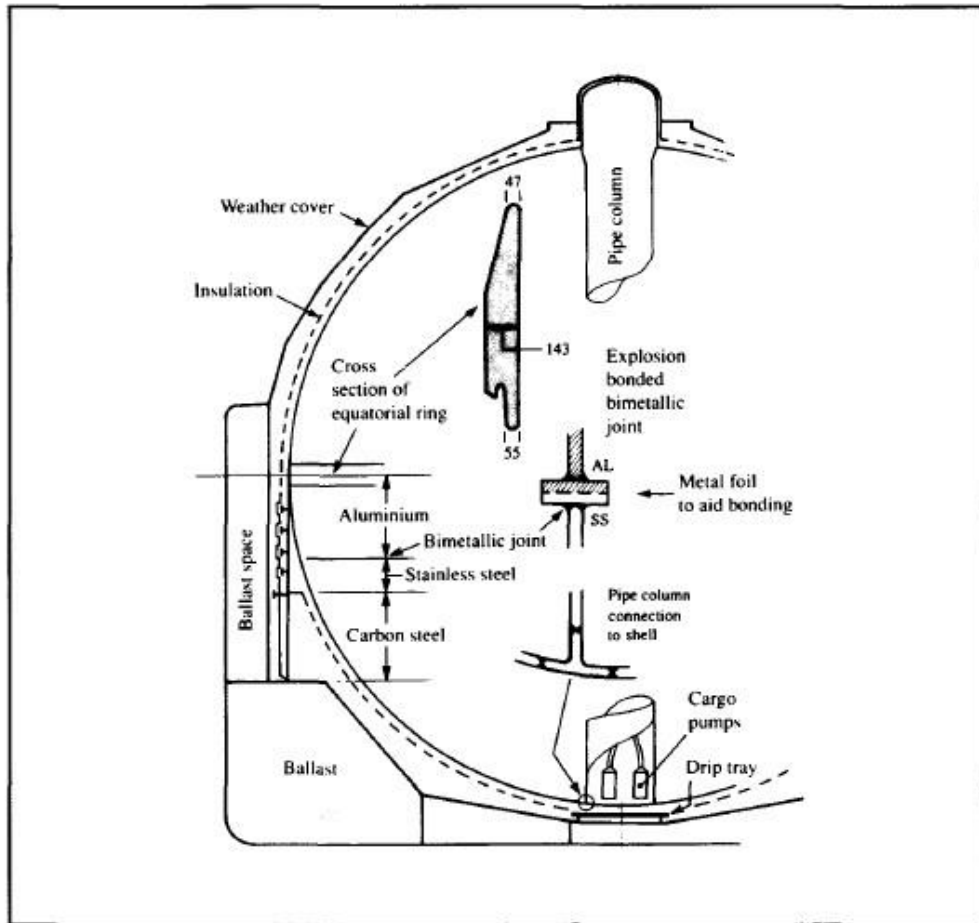


Figure 3.2(a) Self-supporting spherical Type 'B' tank

2.3 Διάταξη του πλοίου.

Το σύστημα του φορτίου πρέπει να διαχωρίζεται από τα λοιπά τμήματα του πλοίου. Η πυρμαία ενδιαίτηση δεν είναι δυνατόν να βρίσκεται πάνω από τις δεξαμενές φορτίου. Κάτω από το κατάστρωμα απαιτείται να υπάρχει ένα στεγανό ή ισοδύναμο μεταξύ του συστήματος φορτίου και του μηχανοστασίου. Παρόμοια διαίρεση είναι επίσης αναγκαία μεταξύ των δεξαμενών φορτίου και των δεξαμενών καύσιμου πετρελαίου ή γλυκού νερού και των χώρων των αλυσίδων. Οι εισαγωγές αέρα για την ενδιαίτηση και το μηχανοστάσιο πρέπει να βρίσκονται όχι πλησιέστερα μιας ελάχιστης αποστάσεως από τις εξαγωγές εξαερισμού χώρων με επικίνδυνα αέρια (π.χ. ιστούς ανακουφιστικών επιστομίων, εξαεριστικά συμπιεστών). Η πρόσβαση προς την ενδιαίτηση ή το μηχανοστάσιο πρέπει να βρίσκεται όχι πλησιέστερα μιας ελάχιστης αποστάσεως από την προραία υποδιαίρεση της ενδιαίτησεως ή εναλλακτικά πρέπει να βρίσκεται στο μέσο ενός αεροφράγματος. Αεροφράγματα απαιτούνται επίσης για τις προσβάσεις σε ασφαλείς από αέρια κλειστούς χώρους μέσα στην επικίνδυνη από αέρια περιοχή του καταστρώματος. Αυτή η επικίνδυνη λόγω αερίων περιοχή

περιορίζεται από ένα υποθετικό διάφραγμα 3m από κάθε πηγή ατμών (π.χ. υπερυψωμένο εξαεριστικό, φλάντζα, σωλήνα επιστόμιο), που εκτείνεται σε ύψος 2,4m πάνω από την περιοχή φορτίου και 3m πλώρα και πρύμα από αυτή. Οι Κώδικες καθορίζουν τις απαιτήσεις για την αναθεώρηση της μονώσεως του συστήματος φορτίου και του εσωτερικού κελύφους. Ελάχιστες ελεύθερες περιοχές προκαθορίζονται για πρόσβαση στις δεξαμενές φορτίου και στους χώρους συγκρατήσεως, προκειμένου να είναι δυνατή η απομάκρυνση από αυτούς ενός τραυματισμένου ατόμου. Η σύνδεση μεταξύ των χώρων έρματος και των αντλιών στο μηχανοστάσιο πρέπει να είναι άμεση, για να διασφαλίζεται ότι δεν υπάρχει ανοικτή σύνδεση μεταξύ των δύο. Υψηλός βαθμός πυροπροστασίας πρέπει να εξασφαλίζεται, ανεξάρτητα αν το φορτίο είναι εύφλεκτο ή όχι. Το πρωαίο τοίχωμα της ενδαιτήσεως πρέπει να μονώνεται κατά τρόπο, που να αντέχει σε σφοδρή πυρκαϊά για μία ώρα, χωρίς να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Η κανονική κύρια γραμμή νερού κατασβέσεως πρέπει να εγκαθίσταται σε πίεση 5 kg/cm² αντί της συνήθους απαιτήσεως των 2,8 kg/cm². Επιπρόσθετα υψηλής δυναμικότητας ραντιστής νερού πρέπει να διατίθεται για την προστασία της πρωαίας διαιρέσεως της ενδαιτήσεως, της περιοχής της σωληνώσεως πολλαπλών παροχών, των επιστομίων βασικού ελέγχου, των δεξαμενών αποθηκεύσεως, που βρίσκονται στο κατάστρωμα, των εκτεθειμένων τμημάτων των δεξαμενών φορτίου και των τοιχωμάτων των υπερκατασκευών στην περιοχή φορτίου, που την αντικρίζουν.

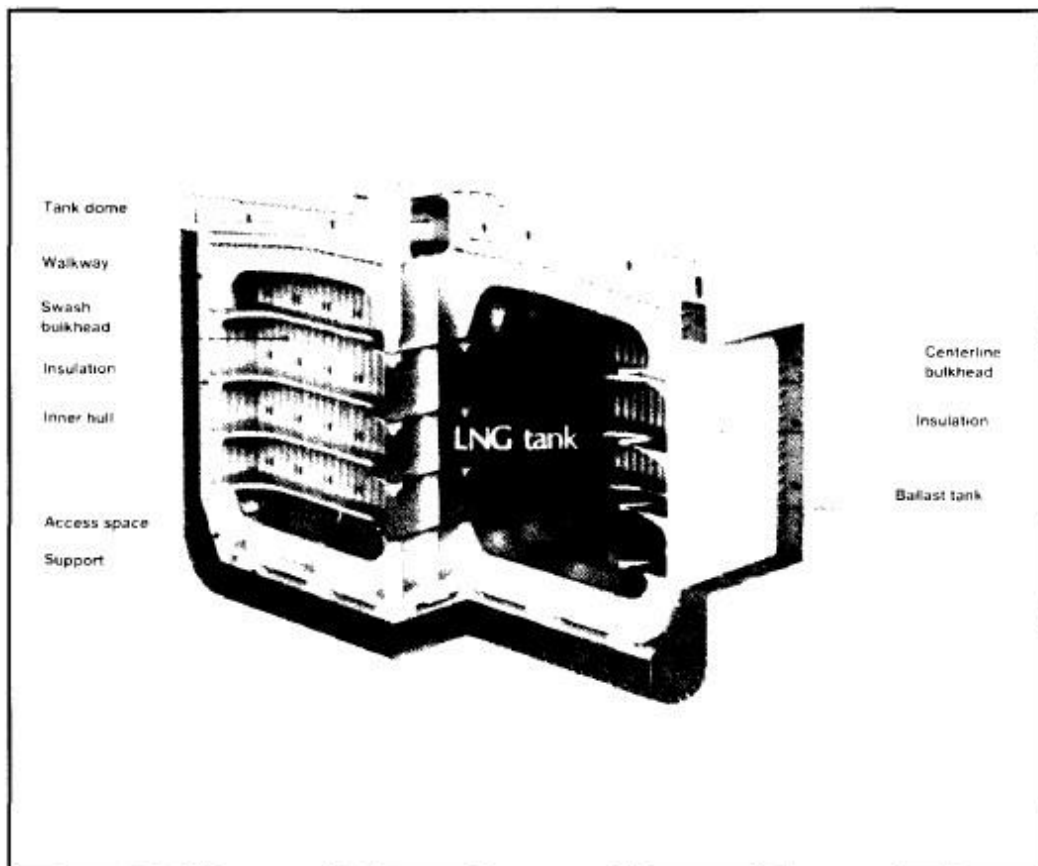


Figure 3.2(b) Self-supporting prismatic Type 'B' tank

2.4 Θέση δεξαμενών και πλευστότητα σε περίπτωση βλάβης.

Τρεις διαφορετικοί τύποι πλοίου καθορίζονται από τον Κώδικα για νέα πλοία, που εξαρτώνται από τον κίνδυνο του φορτίου. Οι απαιτήσεις καθορίζουν με λεπτομέρεια την αναγκαία έκταση της πλευστότητας σε περίπτωση βλάβης και πως οι δεξαμενές φορτίου στο πλοίο πρέπει να τοποθετηθούν. Τα πλοία καλούνται τύπου 1G, 2G/2PG και 3G. Τα πιο κοινά φορτία πρέπει να μεταφέρονται σε πλοία τύπου 2G ή 2GP. Το LNG, αιθυλένιο και τα υπό πλήρη ψύξη πλοία LPG πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις τύπου 2G, ενώ τα ημιψύξεως ή πίεσεως πλοία μπορούν να είναι 2G ή 2PG. Πλοία τύπου 1G απαιτούνται για πολύ επικίνδυνα φορτία, όπως το χλώριο, ενώ πλοία τύπου 3G επιτρέπεται να μεταφέρουν μόνο άζωτο ή ψυκτικά αέρια. Ο Κώδικας καθορίζει ότι θα υπάρχουν διπλά διπύθμενα, αν η θερμοκρασία του φορτίου είναι μικρότερη από -10°C και πλήρεις πλευρικές δεξαμενές απαιτούνται για θερμοκρασίες κάτω από -55°C . Οι υποδιαιρέσεις αυτές αποσκοπούν να προστατεύσουν το σύστημα του φορτίου από τις επιδράσεις της κατακλύσεως σε περίπτωση βλάβης. Ο Κώδικας καθορίζει επίσης το μέγεθος των διπυθμένων και των πλευρικών δεξαμενών, καθώς και τις απαιτήσεις για την πίεση των δεξαμενών. Τα διπύθμενα πρέπει να έχουν ύψη 2m ή B/15 οποιοδήποτε από τα δύο είναι μικρότερο (όπου B το πλάτος του πλοίου). Οι δεξαμενές δεν μπορούν να τοποθετηθούν πλησιέστερα των 760mm από την πλευρά του σκάφους για πλοία τύπου 2G και B/5 ή 11,5m (οποιοδήποτε από τα δύο είναι μικρότερο) από την πλευρά του σκάφους για πλοία τύπου 1G. Και στις δυο περιπτώσεις οι μετρήσεις λαμβάνονται στο ύψος της γραμμής φορτώσεως θέρους και οι δεξαμενές δεν είναι δυνατόν να είναι πλησιέστερα από 760mm προς την πλευρά του σκάφους. Οι αποστάσεις αυτές εξήχθησαν από έρευνες 10 χρόνων και από ατυχήματα, προσαράξεις και συγκρούσεις, που έλαβαν χώρα, σχεδιάζονται δε για την προστασία έναντι βλάβης, που προκύπτει από αυτά (δηλαδή τα ατυχήματα). Βρέθηκε ότι μικρή πλευρική βλάβη (π.χ. επαφή με ρυμουλκά, προβλήτες) σπάνια υπερβαίνει τα 760 mm, ενώ η μέγιστη έκταση της διεισδύσεως σε σοβαρή σύγκρουση είναι σχεδόν κατά κανόνα μικρότερη του B/5. Τα πιο επικίνδυνα φορτία (π.χ. το χλώριο) απαιτούν πλοία με δεξαμενές, που βρίσκονται B/5 προς το εσωτερικό του πλοίου, ενώ τα λιγότερο επικίνδυνα φορτία (π.χ. LPG, LNG) απαιτούν διαχωρισμό 760 mm της δεξαμενής από την πλευρά του ελάσματος. Η έκταση της πλευσσεως σε κατάσταση βλάβης εξαρτάται επίσης από το μεταφερόμενο φορτίο. Το κέλυφος πρέπει να υποδιαιρείται σε εγκάρσιες υδατοστεγείς υποδιαιρέσεις, έτσι ώστε να διατηρείται επαρκής ευστάθεια μετά τη βλάβη. Η περιοχή ης βλάβης και πάλι ερευνήθηκε από στατιστικές και η βασική ελάχιστη απόσταση μεταξύ των διαιρέσεων είναι μεγαλύτερη από το μέγιστο μήκος της υποθετικής βλάβης. Οι απαιτήσεις καθορίζουν ότι πλοία τύπου 1 G πρέπει να είναι ικανά να επιπλέουν σε κατάσταση βλάβης σε οποιοδήποτε σημείο του μήκους τους είναι αυτή. Αυτό περιλαμβάνει βλάβη σε μια υποδιαίρεση, που θα κατακλύσει όχι ένα αλλά δυο παρακείμενα διαμερίσματα (από όπου και το πρότυπο δυο διαμερισμάτων). Το ίδιο ισχύει και σε πλοία τύπου 2 G μήκους μεγαλύτερου από 150 m, αλλά εξαίρεση παρέχεται για πρυμναία μικρότερο από το μήκος αυτό (π.χ. ένα

πλοίο τύπου μικρότερο των 150 m πρέπει να επιπλέει με κατακλυσμένα δυο διαμερίσματα στην περιοχή φορτίου

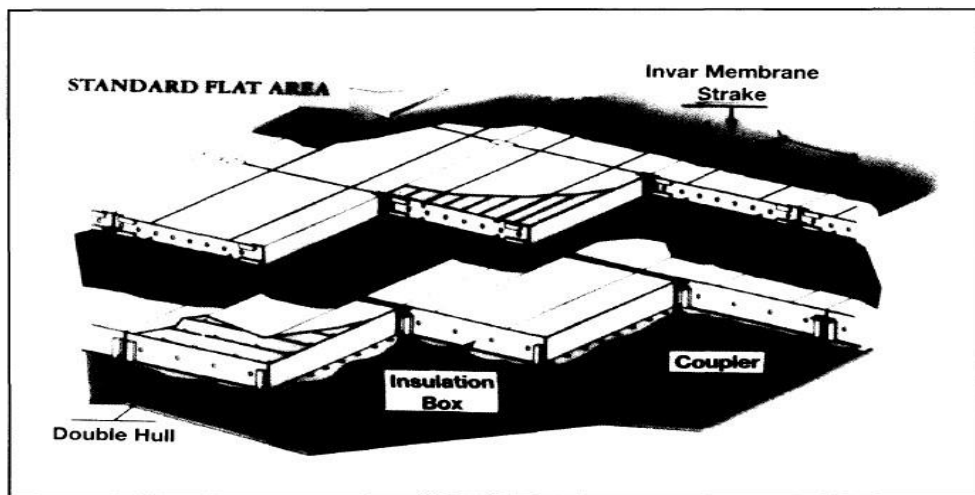


Figure 3.5(b) Construction of the Gaz Transport membrane system

και ένα διαμέρισμα στο μηχανοστάσιο). Αν οι δεξαμενές φορτίου είναι δοχεία πίεσεως με τιμή 7 kg/cm^2 και η θερμοκρασία λειτουργίας πάνω από -55°C , η δοκιμασμένη ικανότητα των δεξαμενών για πλεύση σε κατάσταση βλάβης και η διατήρηση της πλευστότητας είναι αναγνωρισμένη. Πλοία μήκους κάτω από 150 m πρέπει να επιπλέουν με κατάκλυση ενός διαμερίσματος και ονομάζονται πλοία 2PG. Τα πλοία τύπου 3G πρέπει να επιπλέουν με κατάκλυση ενός διαμερίσματος. Για τα πλοία του τύπου αυτού, που έχουν μήκος μικρότερο από 150m, δεν είναι αναγκαίο το μηχανοστάσιο να είναι ικανό να επιπλέει σε κατάσταση βλάβης.

2.5 Προφυλάξεις φορτίου.

α) Γενικά.

Εκτός από τις προφυλάξεις που προαναφέρθηκαν, από τους Κώδικες καθορίζονται πρόσθετα μέτρα, ανάλογα με τη φύση του φορτίου. Τα μέτρα βασικά εξαρτώνται από το αν το φορτίο είναι τοξικό ή εύφλεκτο ή και τα δυο. Επίσης περιλαμβάνονται οι επιπλέον προφυλάξεις, για να ληφθούν υπόψη οι χημικές ιδιότητες του φορτίου και αυτές παρατίθενται στα σχετικά φύλλα πληροφοριών.

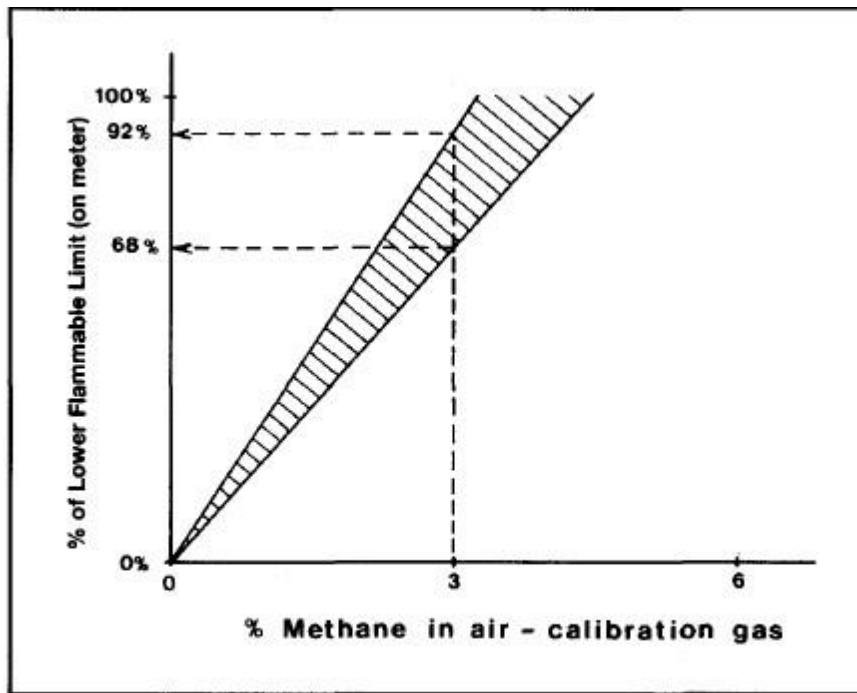


Figure 9.3(b) Combustible gas indicator — calibration

2.6 Εύφλεκτα φορτία.

Αν το φορτίο είναι εύφλεκτο, ο χώρος μεταξύ του πρωτεύοντος και του πλήρους δευτερεύοντος, αν υπάρχει, διαφράγματος πρέπει να αδρανοποιείται. Αν επιτρέπεται ένα μερικό δευτερεύον διάφραγμα (συστήματα τύπου Β), ο χώρος πρέπει να αδρανοποιείται, αν ανιχνεύεται οποιαδήποτε διαρροή. Ο συναγερμός για όλα τα συστήματα ανιχνεύσεως αερίου ρυθμίζεται στο 30% του κατώτερου ορίου αναφλέξεως. Επιπρόσθετες προφυλάξεις εναντίον της πυρκαϊάς απαιτούνται. Οι κλειστοί χώροι οι επικίνδυνοι για αέρια (π.χ. χώροι συμπιεστών) πρέπει να προστατεύονται με την εγκατάσταση συστήματος κατασβέσεως. Επίσης πρέπει να διατίθεται ένα σύστημα ξηράς σκόνης για την κατάσβεση πυρκαϊών στο φορτίο. Σταθμοί για την αποθήκευση επαρκούς ποσότητας ξηράς σκόνης απαιτούνται, έτσι ώστε δυο εύκαμπτοι σωλήνες να είναι ικανοί να φθάσουν κάθε τμήμα του καταστρώματος. Πρέπει επίσης να υπάρχει μια συσκευή παρακολούθησεως, η οποία θα ενεργοποιείται από μακριά για την προστασία της σωληνώσεως πολλαπλών παροχών του φορτίου. Πρόσθετες στολές πυροσβέστη πρέπει επίσης να διατίθενται. Όλος ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός εντός της επικίνδυνης ζώνης αερίων πρέπει να εγκρίνεται από άποψη ασφάλειας κατά τρόπο, που να μην είναι δυνατόν να προκαλέσει ανάφλεξη. Σε ορισμένες θέσεις κάτω από το κατάστρωμα μόνο εσωτερικά ασφαλής εξοπλισμός επιτρέπεται να διέρχεται. Κατά τα λοιπά επιτρέπονται αντι-εκρηκτικού τύπου εξαρτήματα. Αντικρηκτικού τύπου εξοπλισμός επιτρέπεται πάνω από το κατάστρωμα. Στους χώρους των συμπιεστών ο αντικρηκτικού τύπου φωτισμός πρέπει να διαιρείται σε δυο κυκλώματα, έτσι ώστε σε περίπτωση βλάβης του ενός ο χώρος να διαθέτει φωτισμό, που θα επιτρέψει την ασφαλή κίνηση και τις εργασίες επισκευής. Οι κινητήρες των συμπιεστών φορτίου

είναι δυνατόν να είναι μόνιμα ανοικτού τύπου, αν ο χώρος, στον οποίο τοποθετούνται, έχει από κάτω του ένα στεγανό (αν το σύστημα φορτίου απαιτεί ένα δευτερεύον διάφραγμα) μια αεροστεγή φράκτη με στεγανή σαλαμάστρα και πρόσβαση είτε πάνω από τη ζώνη την επικίνδυνη από αέρια (δηλαδή 2,4 m πάνω από το κατάστρωμα), είτε δια μέσου ενός αεροφράγματος. Εναλλακτικά οι κινητήρες μπορεί να είναι πιστοποιημένου ασφαλούς τύπου, οπότε δεν απαιτείται στεγανό, αερόφραγμα ή φράκτη. Αν υπάρχουν υποβρύχιες ηλεκτρικές αντλίες φορτίου αυτές πρέπει να διακόπτον τη λειτουργία τους, όταν υπάρχει χαμηλή στάθμη υγρού και πρέπει να απομονώνονται κατά τη διάρκεια των εργασιών απελευθέρωσης από αέρια.

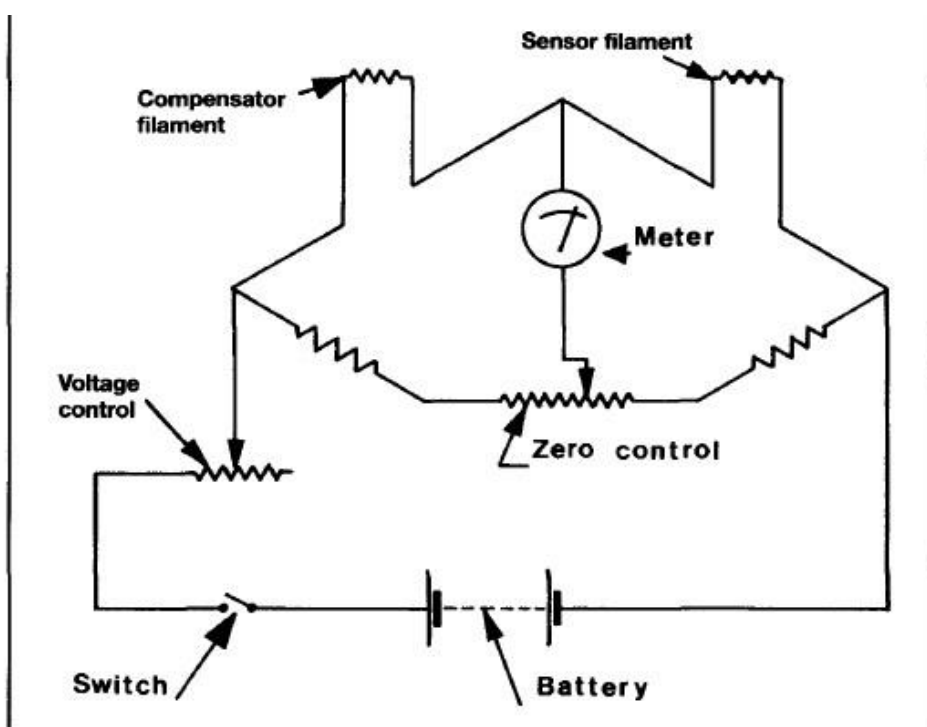
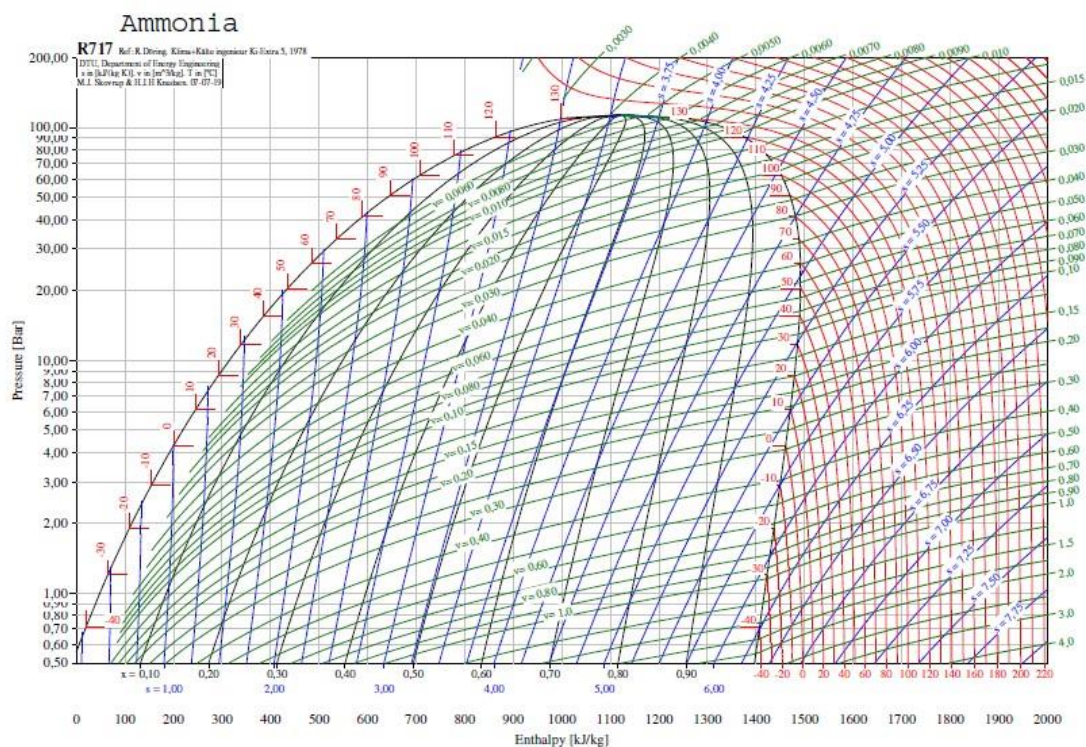


Figure 9.3(a) Combustible gas indicator — circuit diagram

2.7 Τοξικά αέρια.

Αν το φορτίο είναι τοξικό, οι συσκευές των συναγεμίων ανιχνεύσεως αερίων πρέπει να ρυθμίζονται στη συγκέντρωση TLV. Προστασία διαφυγής για όλο το πλήρωμα πρέπει να διατίθεται, καθώς επίσης και επιπρόσθετες προστατευτικές στολές. Οι δείκτες της στάθμης πρέπει να είναι κλειστού ή έμμεσου τύπου κατά τρόπο, που να μην λαμβάνει χώρα έκλυση φορτίου και πρέπει επίσης να διατάσσονται έτσι, ώστε η μονάδα να μπορεί να εξετάζεται επιμελώς χωρίς διαρροή φορτίου, όταν η δεξαμενή είναι σε υπηρεσία. Οι εισαγωγές αέρα για τους χώρους ενδιαιτήσεως πρέπει να

εφοδιάζονται με μηχανισμούς κλεισίματος, οι οποίοι θα λειτουργούν από το εξωτερικό τους.



2.8 Οι μεταφορές αερίων.

Τα σημαντικότερα σε τόννους φορτία που διακινούνται είναι το LPG και η αμμωνία, αν και για τα προσεχή χρόνια φαίνεται ότι θα υπάρξει σημαντική αύξηση της διακινούμενης ποσότητας LNG. Για το λόγο αυτό τα περισσότερα σε αριθμό πλοία είναι πλοία μεταφοράς LPG/Αμμωνίας. Πολλά από αυτά είναι μικρού μεγέθους και εκτελούν σύντομα ή παράκτια ταξίδια. Τα περισσότερα πλοία LNG είναι μεγάλα, καθώςον πραγματοποιούν ταξίδια στην ανοικτή θάλασσα με μεγάλη διάρκεια. Συγκριτικά, οι ποσότητες του χλωριούχου βινυλίου, προπυλενίου, θουτυλενίου, βουταδιενίου, αιθυλενοξειδίου και αιθυλενίου που διακινούνται, είναι μικρές. Τα φορτία αυτά όμως έχουν πολύ σημαντική εμπορική αξία. Είναι βασικό να υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των δύο κύριων χρήσεων, για τις οποίες προορίζονται τα φορτία αυτά. Τα LPG και LNG βασικά είναι καύσιμα, ενώ τα υπόλοιπα είναι χημικά φορτία. Στην περίπτωση των τελευταίων τα φορτία αυτά γενικά είναι περισσότερο δρασικά και απαιτούν μεγαλύτερη καθαρότητα, ειδική σχεδίαση και λειτουργικές προφυλάξεις. Το χημικό φορτίο είναι πιο καθαρό από το καύσιμο αέριο και πρέπει να παραδίδεται χωρίς μόλυνση.

Table 2.2 Chemical properties of liquefied gases

	Met hane	Eth ane	Pro pane	But ane	Eth ylene	Pro pylene	But ylene	But adiene	Isop rene	Am monia	Vin yl chl ori de	Eth yle ne oxi de	Pr op yle ne oxi de	Ch lor ine
Flammable	x	x	x	X	X	x	X	X	x	X	x	x	X	
Toxic								X		x	x	x	X	x
Polymerisable								x	x		x	x		

REACTIVE WITH

Magnesium								X	X			X	X	
Mercury								X	X	X		X	X	X
Zinc										X				x
Copper								X	X	X		X	X	
Aluminium								X	X	X	X	X	X	x
Mild carbon steel	X3				X1									
Stainless steel												X2		
Iron												X	X	
PTFE*										X				
PVC+										X				
Polyethylene	X3	X	X	X			X							
Ethanol														x
Methanol														x

Notes: Study can be made to the data sheets in the Reference 2.1 or to the IGC Code for further details on chemical reactivity.

1 Stainless steel containing 9 per cent nickel is the usual containment material for ethylene.

2 Refer to IGC Code - Section 17.16.3

3 Not suitable with liquid methane due to brittle fracture.

*PTFE:- polytetrafluoroethylene (jointing material)

+PVC:- polyvinyl chloride (electric cable insulation)

2.9 Υγροποιημένα αέρια πετρελαίου (LPG).

Το LPG είτε παραλαμβάνεται σε φυσική κατάσταση (συχνά συνδέεται με την παραγωγή αργού πετρελαίου), είτε παράγεται σαν υπο-προϊόν της διυλίσεως. Στην πρώτη περίπτωση τα λιμάνια φορτώσεως βρίσκονται στις ή κοντά στις περιοχές παραγωγής πετρελαίου, όπως στον Περσικό Κόλπο, τη Βενεζουέλα, τη Βόρεια Αφρική και την Αυστραλία. Τα πλοία που φορτώνουν το φορτίο είναι μεγάλα και προορίζονται για την Ιαπωνία, τις ΗΠΑ και την Ευρώπη. Το υπο-προϊόν LPG μπορεί να παραχθεί οπουδήποτε υπάρχουν διυλιστήρια και τα πλοία που χρησιμοποιούνται

για τη μεταφορά του δυνατόν να είναι μικρού ή μεγάλου μεγέθους, πράγμα που εξαρτάται από τη δυναμικότητα του διυλιστηρίου ή τον προορισμό του φορτίου. Ο μεγαλύτερος αριθμός πλοίων είναι μικρού μεγέθους και μεταφέρει LPG σε μικρές αποστάσεις, μικρά νησιά με περιορισμένες λιμενικές εγκαταστάσεις και αποθηκευτική ικανότητα, που ανταποκρίνεται στον εφοδιασμό τους με αέριο σε κανονική μεταφορά από τα πλοία αυτά. Τα μεγάλα πλοία δυνατόν να εκτελούν ταξίδια στον Ατλαντικό ή Ειρηνικό ή σε μερικές περιπτώσεις σχετικά μικρής διάρκειας ταξίδια μεταξύ περιοχών εξαγωγής και καταναλώσεως.

2.10 Αμμωνία και χημικά αέρια.

Η αμμωνία χρησιμοποιείται κυρίως σαν λίπασμα. Η μεταφορά της βασικά αναπτύσσεται μεταξύ διαφόρων χωρών, αν και αυξανόμενες ποσότητες μετακινούνται από περιοχές, όπως ο Περσικός Κόλπος προς την Τουρκία. Οι μεταφορές των χημικών αερίων είναι πιο εξειδικευμένες με το βουταδιένιο, προπυλένιο, χλωριούχο βινύλιο και το αιθυλένιο να επικρατούν στις μεταφερόμενες ποσότητες. Τα χημικά αυτά αέρια είναι πρώτες ύλες στις βιομηχανίες πετροχημικών και πολυμερών. Γενικά οι μεταφορές συμπληρώνουν τα ελλείμματα από τις τοπικές πηγές μάλλον παρά είναι βασικός εφοδιασμός. Η μεταφορά αερίου με πλοία άρχισε στο τέλος της δεκαετίας του 1920. Τα πρώτα πλοία μετέφεραν βουτάνιο και προπάνιο σε δοχεία πίεσεως στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η ανάπτυξη των τεχνικών ψύξεως που επακολούθησε και τα περισσότερο ειδικά μέταλλα, τα κατάλληλα για χαμηλές θερμοκρασίες, επέτρεψαν τη μεταφορά των φορτίων αυτών σε θερμοκρασίες κάτω από εκείνες του περιβάλλοντος. Στο τέλος της δεκαετίας του 1950 τα αέρια αυτά άρχισαν να μεταφέρονται υπό ψύξη και τα πλοία κατασκευάστηκαν με δεξαμενές πίεσεως από υλικά χαμηλών θερμοκρασιών για τη μεταφορά του φορτίου. Περί τα μέσα της δεκαετίας του 1960 τέθηκαν σε υπηρεσία πλοία LPG, που μετέφεραν το φορτίο σε ατμοσφαιρική πίεση υπό πλήρη ψύξη. Επίσης τέθηκαν σε υπηρεσία πλοία μεταφοράς LNG και αιθυλενίου. Στο μεσοδιάστημα η αμμωνία έγινε συνηθισμένο φορτίο και άλλα χημικά αέρια όπως το βουταδιένιο κατέστησαν εμπορικός σπουδαία. Στο παράρτημα αυτό γίνεται γενική ανασκόπηση της με πλοία μεταφοράς χύμα υγροποιημένου αερίου, της αναπτύξεως της, των τύπων των υγραεριοφόρων πλοίων και των μεταφορών. Τα φορτία αερίων μεταφέρονται σε υγροποιημένη κατάσταση, επειδή το υγρό καταλαμβάνει μέχρι 850 φορές λιγότερο όγκο από το αέριο. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι πολύ περισσότερο επιπλέον φορτίο μπορεί να μεταφερθεί, με αποτέλεσμα η μεταφορά να είναι οικονομικά εφικτή. Το υγρό βρίσκεται στο σημείο βρασμού του και αμέσως θα εξατμισθεί. Ένα αέριο μπορεί να υγροποιηθεί με αύξηση της πίεσεως του, με μείωση της θερμοκρασίας του, είτε και με τα δυο. Ο συνδυασμός της συμπίεσεως και της ψύξεως είναι θεμελιώδης στη σχεδίαση του υγραεριοφόρου.

Τα επιστημονικά δεδομένα των διαδικασιών αυτών επεξηγούνται στο παράρτημα 2. Αν το φορτίο πρόκειται να μεταφερθεί σε θερμοκρασίες κάτω από εκείνες του περιβάλλοντος, οι δεξαμενές φορτίου πρέπει να είναι ικανές να αντέχουν την πίεση του φορτίου, το δε υλικό της δεξαμενής πρέπει να είναι ελατό στη θερμοκρασία του

φορτίου και συμβιβαστό με αυτό. Οι δεξαμενές πρέπει επίσης να είναι μονωμένες. Τα περισσότερα από τα εμπορικά σπουδαία αέρια έχουν ειδική πυκνότητα το μισό εκείνης του νερού, πράγμα που σημαίνει ότι σε αντίθεση με τα πετρελαιοφόρα η δεξαμενή φορτίου μπορεί να εκτείνεται πολύ υψηλότερα πάνω από την ίσαλο. Η μικρή ειδική πυκνότητα του φορτίου είναι επίσης ο λόγος, που η δυναμικότητα μεταφοράς ενός υγραεριοφόρου συνήθως εκφράζεται σε όγκο (κυβικά μέτρα) μάλλον, παρά σε νεκρό βάρος (dwt). Ο όγκος της δεξαμενής είναι σημαντικά μεγαλύτερος από των πετρελαιοφόρων για ένα δεδομένο νεκρό βάρος και είναι αποτέλεσμα του βυθίσματος σχεδιάσεως, το οποίο καθίσταται σχετικά μεγάλο. Το γεγονός αυτό και η επέκταση των ελευθέρων επιφανειών στις δεξαμενές φορτίου καθιστούν αναγκαία την ειδικότερη προσοχή στην ευστάθεια. Η ειδική πυκνότητα του φορτίου αυξάνει, όσο μειώνεται η θερμοκρασία του φορτίου. Μεταφορά υπό πίεση. Οι δεξαμενές φορτίου πρέπει να είναι ικανές να αντέχουν τις σχετικές πιέσεις, αν το υγροποιημένο αέριο πρόκειται να μεταφερθεί σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Μία μέγιστη θερμοκρασία 45° C υποτίθεται ότι κανονικά αντιστοιχεί σε μία πίεση περίπου 17kg/cm² για το προπάνιο, το οποίο είναι το πιο ευεξάτμιστο φορτίο, που συνήθως μεταφέρεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η τιμή 17kg/cm² είναι η συνηθισμένη πίεση σχεδιάσεως για τον τύπο αυτό δεξαμενής φορτίου, αν και μικρότερες πιέσεις σχεδιάσεως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πλοία με περιορισμένες απαιτήσεις φορτίου. Οι δεξαμενές τύπου δοχείου πίεσεως χρησιμοποιούνται, για να περιέχουν το φορτίο. Επειδή είναι κωνικές ακέραιες δεξαμενές τύπου μεμβράνης ή ανεξάρτητες τετραγωνικές δεξαμενές, δεν μπορούν να αντέξουν πιέσεις πάνω από 0,7kg/cm². Τα δοχεία πίεσεως έχουν κυκλική διατομή γενικά κυλινδρικού σχήματος με ημισφαιρικές ή ελλειπτικές κεφαλές. Είναι δυνατός ο υπολογισμός των επιπέδων καταπόνησεως στα κελύφη των δοχείων πίεσεως, καθόσον αυτά έχουν ακόμη περιφέρεια με σχεδόν πλήρη απουσία εσωτερικής κατασκευής και αποφυγή σημείων συγκεντρώσεως τάσεων. Τα κυλινδρικά και σφαιρικά δοχεία πίεσεως έχουν αποδεδειγμένα υψηλό βαθμό αξιοπιστίας. Αυτό στηρίζεται σε αξιοσημείωτη εμπειρία με δοχεία πίεσεως σε λέβητες νερού και διυλιστήρια πετρελαίου.

2.5 Μεταφορά υπό ψύξη.

Αν το φορτίο πρόκειται να μεταφερθεί υπό ψύξη (δηλαδή σε θερμοκρασία κάτω από εκείνη του περιβάλλοντος), η δεξαμενή πρέπει να κατασκευάζεται από ειδικά υλικά. Οι συνηθισμένοι χάλυβες έχουν μειωμένη ελατότητα, σε θερμοκρασίες κάτω από 0° C καθίστανται εύθραυστοι και λιγότερο ικανοί να αντέχουν τις τάσεις σε

χαμηλότερες θερμοκρασίες. Για ναυτικούς σκοπούς, ο συνηθισμένος μαλακός χάλυβας είναι κατάλληλος για θερμοκρασίες φορτίου μέχρι 0° C. Χάλυβας με καλές δομές κόκκων και βελτιωμένες ιδιότητες εφελκυσμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Οι κώδικες του IMO αναγνωρίζουν πέντε κατηγορίες τέτοιων χάλυβων, που είναι γνωστές σαν Α, Β, Γ, Δ και Ε. Οι χάλυβες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανεξάρτητες δεξαμενές φορτίου, που εξαρτώνται από το πάχος, με όριο θερμοκρασίας τους 0° C για τις τάξεις Α, Β και Γ, -10° C για την τάξη Δ και -25° C για την τάξη Ε. Για θερμοκρασίες κάτω από -55° C είναι αναγκαίο ένα κράμα χάλυβα για δεξαμενές φορτίου. Το πιο κοινό γνωστό κράμα είναι αυτό του πλήρως ανοπτημένου λεπτόκοκκου, κατεργασμένου με αλουμίνιο ανθρακομαγνησιούχου χάλυβα. Για θερμοκρασίες χαμηλότερες των -104°0 (αιθυλένιο) ή -163°0 (LNG) μέταλλα, όπως τα κράματα του αλουμινίου ή ειδικά κράματα, όπως νικελιούχοι χάλυβες ή ανοξειδώτοι (ωστενικοί) χάλυβες, είναι αναγκαία για την κατασκευή των δεξαμενών φορτίου. Η πίεση σχεδιάσεως μιας δεξαμενής εξαρτάται από το βαθμό ψύξεως του φορτίου, που προορίζεται να μεταφέρει. Αν το φορτίο ψύχεται κατά τρόπο, ώστε η πίεση του να είναι ίση με την ατμοσφαιρική, η δεξαμενή φορτίου δεν είναι ανάγκη να έχει σχήμα δοχείου πίεσεως, το φορτίο λέμε ότι θα είναι υπό πλήρη ψύξη και η θερμοκρασία μεταφοράς είναι το σημείο βρασμού σε ατμοσφαιρική πίεση. Αν το φορτίο ψύχεται κάτω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά δεν είναι υπό πλήρη ψύξη, αυτό μπορεί ακόμη να εξασκεί μια σημαντική τάση ατμών και οι δεξαμενές φορτίου πρέπει να είναι δοχεία πίεσεως κατασκευασμένα από μέταλλο, κατάλληλο για χαμηλή θερμοκρασία. Στην περίπτωση αυτή θα λέμε ότι το φορτίο βρίσκεται υπό ημιψύξη. Αν το φορτίο βρίσκεται σε θερμοκρασία κάτω από εκείνη του περιβάλλοντος, είναι αναγκαία η μόνωση των δεξαμενών φορτίου για τη μείωση των επιδράσεων από την ατμόσφαιρα, τη θέρμανση του φορτίου και την αποφυγή ψύξεως από το φορτίο των ελασμάτων του σκάφους κάτω από τα κανονικά τους όρια θερμοκρασίας. Επίσης είναι αναγκαίο να επινοηθούν ορισμένα μέσα αντιμετώπισεως της εκλύσεως ατμού από το φορτίο από κάθε διαρροή θερμότητας διαμέσου της μονώσεως της δεξαμενής.

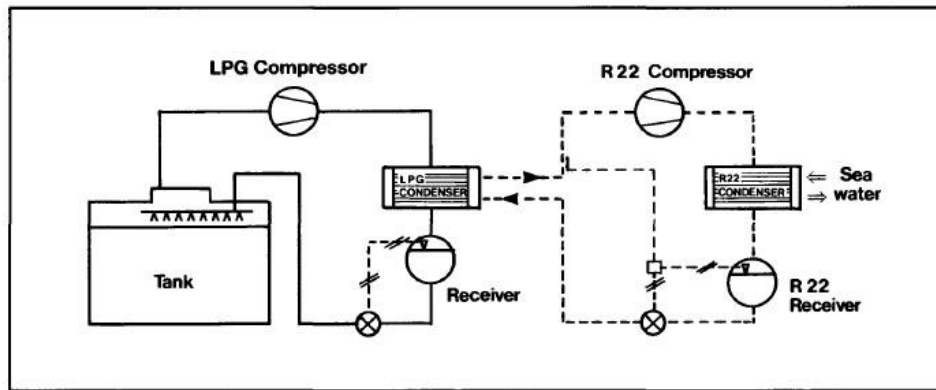
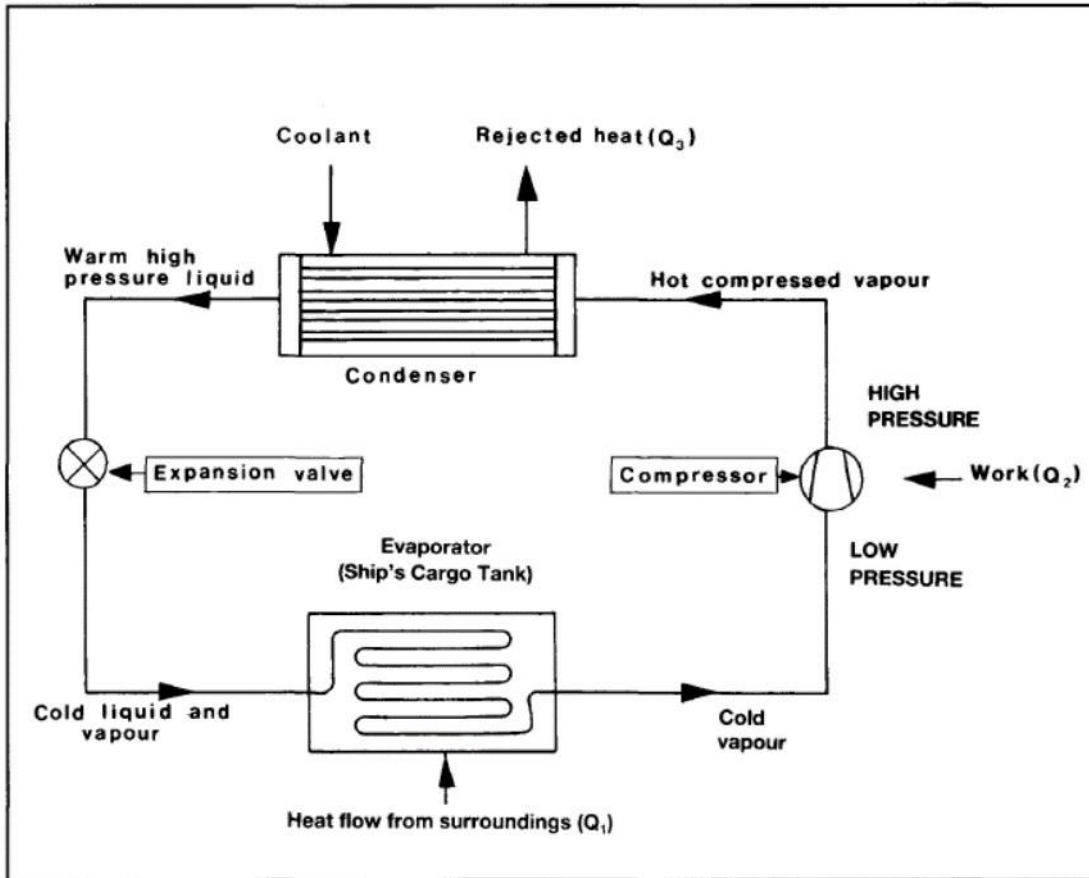


Figure 4.13 Simplified cascade reliquefaction cycle

Product	Class IMO	UN No.	MFAG Table	Molecular Mass (g/mole)	Formula	Flammable Limits (vol.%)	Flash Point (°C)	Boiling Point (°C)	Ideal Liquid Density (kg/m³)	Ideal Vapour Density (kg/m³)
Ammonia	2.3	1005	725	17.031	NH ₃	15-30	-57	-33.33	0.6818	0.8541
Butadiene	2.0	1010	310	54.092	C ₄ H ₆	1-12,5	-85	-4.41	0.6503	2.4208
n-Butane	2.1	1011	310	58.124	C ₄ H ₁₀	1,5-9	-60	-0.49	0.6059	2.5639
iso-Butane	2.1	1011	310	58.124	C ₄ H ₁₀	1,8-8,5		-11.81		2.6749
Butene		1012	310	56.108	C ₄ H ₈	1,5-10	-12	-6.23		2.5282
Ethylene Oxide	2.3	1040	365	44.05	C ₂ H ₄ O ₂	2,5-100	-18	+10.73		1.8663
Isoprene		1218	310	68.12	C ₅ H ₈	2-10	-50	+34.1		
Methane		1972	620	16.04	CH ₄	5-16	-175	-161		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΑΥΞΗΣΗ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ LNG-LPG ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΣΤΟΛΟΥ

3.1 Στατιστική Προσέγγιση στην ζήτηση

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την έκθεση οι χώρες-μέλη του GECF προβλέπουν πως η παγκόσμια ζήτηση για φυσικό αέριο θα αυξηθεί κατά 46% έως το 2040, σε σχέση με τα μεγέθη του 2017, αγγίζοντας τα 5,43 τρις κυβικά μέτρα το 2040 από τα 3,7 τρις το 2017. Οι κλάδοι που θα δώσουν την κύρια ώθηση στην αύξηση της ζήτησης εκτιμάται πως θα είναι ο κλάδος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και ευρύτερος βιομηχανικός κλάδος. Σε ό,τι αφορά το μερίδιο του φυσικού αερίου στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο αυτό θα αυξηθεί από το σημερινό 22% στο 26% έως το 2040. Να σημειωθεί πως οι χώρες-μέλη του GECF είναι 19 και αντιπροσωπεύουν το 70% των αποδεδειγμένων αποθεμάτων αερίου στον κόσμο, το 45% της παγκόσμιας παραγωγής φυσικού αερίου, το 64% των εξαγωγών φυσικού αερίου και το 54% του εμπορίου υγροποιημένου φυσικού αερίου. Η ευρωπαϊκή ζήτηση για φυσικό αέριο αυξήθηκε το 2017 χάρη στις χαμηλές τιμές του φυσικού αερίου και στην απόσυρση μονάδων άνθρακα, αλλά προβλέπεται να παραμείνει σταθερή μέχρι το 2022. Οι χαμηλότερες τιμές του φυσικού αερίου, οι υψηλότερες τιμές του άνθρακα, η απόσυρση μονάδων άνθρακα και οι διακοπές πυρηνικής ενέργειας στη Γαλλία έχουν ενισχύσει τη ζήτηση φυσικού αερίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μέχρι το 2022, η ζήτηση θα παραμείνει σταθερή, καθώς η ανάπτυξη θα συγκρατηθεί στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της περιορισμένης ανάπτυξης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και της συνεχούς απόδοσης των ΑΠΕ, ενώ στη βιομηχανία λόγω της υποτονικής ανάπτυξης της ευρωπαϊκής βιομηχανικής παραγωγής.

Οι ΗΠΑ, ο μεγαλύτερος παραγωγός φυσικού αερίου στον κόσμο, θα αυξήσουν την παραγωγή περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη χώρα κατά τα επόμενα πέντε χρόνια, αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το 40% της παγκόσμιας αύξησης της παραγωγής. Ενώ η συνολική παραγωγή φυσικού αερίου των ΗΠΑ μειώθηκε το 2016, η παραγωγή από τη λεκάνη του Marcellus συνέχισε να αυξάνεται, υπογραμμίζοντας την ικανότητα των αμερικανικών αεριοστροβίλων να αντισταθούν στην επίδραση των χαμηλότερων τιμών βελτιώνοντας την αποδοτικότητα και παράγοντας περισσότερο φυσικό αέριο με χρήση λιγότερων εξεδρών άντλησης. Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη των Marcellus και Utica υποστηρίζεται από την επέκταση των υποδομών αγωγών από την περιοχή του Appalachian για την αποστολή περισσότερου φυσικού αερίου στις αγορές των διαφόρων περιοχών των ΗΠΑ, όπως και στον Ανατολικό Καναδά. Μέχρι το 2022, η παραγωγή φυσικού αερίου στις ΗΠΑ αναμένεται να αυξηθεί κατά 2,9% ετησίως, προσθέτοντας περίπου 140 bcm στην παγκόσμια παραγωγή, με τις Ηνωμένες Πολιτείες να παράγουν περίπου 890 bcm ή το 22% του συνολικού παραγόμενου φυσικού αερίου παγκοσμίως. Αν και η ζήτηση φυσικού αερίου των ΗΠΑ ενισχύεται λόγω της αυξημένης ζήτησης στη βιομηχανία, περισσότερο από το ήμισυ της αύξησης της παραγωγής θα μετατραπεί σε LNG για εξαγωγές. Μέχρι το τέλος της

περιόδου πρόβλεψης (δηλ. 2022), οι ΗΠΑ αναμένεται να ανταγωνιστούν την Αυστραλία και το Κατάρ στην πρώτη θέση μεταξύ των εξαγωγέων LNG σε παγκόσμιο επίπεδο. Σύμφωνα με τελευταία στοιχεία της Διεθνούς Ένωσης Φυσικού Αερίου (IGU), το φυσικό αέριο αντιπροσωπεύει περίπου το 25% της παγκόσμιας ζήτησης ενέργειας, εκ των οποίων το 9,8% παραδίδεται ως LNG. Αν και η προσφορά LNG αυξήθηκε ταχύτερα από κάθε άλλη παροχή φυσικού αερίου παγκοσμίως - με μέσο όρο 6,2% ετησίως από το 2000 έως το 2015 - η ανάπτυξη του μεριδίου του στην αγορά έχει σταματήσει από το 2010, καθώς η εγχώρια παραγωγή και η τροφοδοσία μέσω αγωγού ανταγωνίζονται σε μεγάλο βαθμό στις αναπτυσσόμενες παγκόσμιες αγορές φυσικού αερίου. Παρά την έλλειψη ενίσχυσης του μεριδίου αγοράς τα τελευταία χρόνια, οι μεγάλες προσθήκες ποσοτήτων LNG έως το 2020 δείχνουν ότι το LNG αυξάνει συνεχώς την χρήση του.

Στη ΝΑ Ευρώπη, το LNG φαίνεται να είναι μια ρεαλιστική εναλλακτική λύση καυσίμου όσον αφορά την ανάγκη διαφοροποίησης των πηγών εφοδιασμού και των διαδρομών τροφοδοσίας της περιοχής, στο πλαίσιο μιας συνολικής προσπάθειας για τη βελτίωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού. Επιπλέον, η αυξημένη χρήση LNG θα προσφέρει την ευκαιρία για την εμπορία αμερικανικού φυσικού αερίου στην περιοχή, ενώ θα βελτιώσει την ευελιξία των τιμών και θα ενισχύσει την ασφάλεια μεταφοράς φυσικού αερίου. Επίσης, οι ασφαλείς ποσότητες LNG μπορούν να βοηθήσουν στην υποστήριξη αγωγών φυσικού αερίου με χαμηλή απόδοση. Έτσι, ο σημαντικός ρόλος που μπορεί να διαδραματίσει το έργο του FSRU της Αλεξανδρούπολης στη ΝΑ Ευρώπη είναι προφανής, ειδικά αν λάβουμε υπόψη την αναμενόμενη αυξημένη ρευστότητα φυσικού αερίου στη Βόρεια Ελλάδα, την υπάρχουσα διασύνδεση Τουρκίας-Ελλάδας, τον υπό κατασκευή αγωγό TAP, τους προγραμματισμένους διασυνδετήριους αγωγούς Ελλάδα-Βουλγαρίας και Ελλάδα-Ιταλίας, καθώς και την προγραμματισμένη κατασκευή της υπόγειας αποθήκης φυσικού αερίου στη Νότια Καβάλα. Οι αυξημένοι όγκοι LNG που θα παραδοθούν στην περιοχή μέσω εναλλακτικών τερματικών σταθμών θα συμβάλουν στην αποφυγή της επιδείνωσης των συνθηκών ασφάλειας της τροφοδοσίας με φυσικό αέριο στη ΝΑ Ευρώπη, πράγμα που θα ήταν αναπόφευκτο αν βασιζόμασταν στο υπάρχον και μάλλον συμβατικό πλαίσιο του φυσικού αερίου.

Τέλος, η οργανωμένη ανάπτυξη ενός περιφερειακού κόμβου εμπορίας φυσικού αερίου (gastradinghub) θα αποτελέσει θετική εξέλιξη για την υπόλοιπη Ευρώπη, καθώς θα διευκολύνει την ευελιξία, την αποτελεσματικότητα και τον ανταγωνισμό στις τιμές. Η ανάπτυξη ενός κόμβου φυσικού αερίου είναι μια συνεχής καλή πρακτική στην Ευρώπη. Νέες επιχειρήσεις φυσικού αερίου πρέπει να δημιουργηθούν με καινοτόμους τρόπους για να αποκτήσουν ανταγωνιστική θέση στην αγορά. Όλοι οι νέοι κόμβοι φυσικού αερίου της ΝΑ Ευρώπης προβλέπεται να έχουν πρόσβαση σε σιδηροδρομικές και φορτωτικές εγκαταστάσεις.

3.2 Στρατηγικές κινήσεις των εφοπλιστών

Η ικανότητα φόρτωσης του LNG σε φορτηγά στην Ευρώπη είναι πολύ περιορισμένη, αντιπροσωπεύοντας μόνο το 0,1%0,2% της συνολικής ζήτησης φυσικού αερίου, βάσει στοιχείων που παρέχονται από το Ινστιτούτο Ενεργειακών Μελετών της Οξφόρδης (OIES). Σχεδόν το 1/3 του φυσικού αερίου προς τη ΝΑ Ευρώπη μπορεί να παραδοθεί στους πελάτες με εμπορευματοκιβώτια. Η ευρωπαϊκή αγορά φυσικού αερίου προορίζεται για μεγάλους καθετοποιημένους παίκτες. Η αναδυόμενη αγορά φυσικού αερίου της ΝΑ Ευρώπης παρέχει ευκαιρίες για καινοτόμους παίκτες μικρής και μεσαίας κλίμακας. Η ευελιξία στην Ευρώπη βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε συμβατικές λύσεις upstream, ενώ η ΝΑ Ευρώπη παρέχει μια ευκαιρία για ΑΠΕ σε συνδυασμό με μηχανισμούς ευελιξίας φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας. Η ευελιξία απαιτεί επιλογές υποδομών χαμηλού κόστους, ικανές να διατηρήσουν μεταβλητά ποσοστά χρησιμοποίησης (utilization rates), ενώ οι εναλλακτικές επιλογές εφοδιασμού με φυσικό αέριο είναι πιθανό να έχουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Επιπλέον, οι ανάγκες αυτές οδηγούν στην αναμενόμενη αύξηση του στόλου πλοίων LPG-LNG πιο αναλυτικά: Από όλους του τομείς της ναυτιλίας όσο αφορά τους τύπους των πλοίων, τα LNG που μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι εκείνα που έχουν προσελκύσει το επενδυτικό ενδιαφέρον των ελλήνων πλοιοκτητών. Για τον λόγο αυτό έχουν αυξηθεί από οκτώ που ήταν το 2017 στις 13 στα τέλη του 2018, σύμφωνα με την έρευνα της Petrofin. Επίσης, αυξήθηκε και η χωρητικότητα του ελληνόκτητου στόλου των LMG κατά 25,6% ενώ και ο αριθμός πλοίων από 82 στα 105. Ο μέσος όρος ηλικίας του στόλου από τα 3,7 χρόνια ανήλθε στα 5,3 έτη. Παρ' όλα αυτά ο στόλος των LNG παραμένει ο νεότερος ηλικιακά της ελληνόκτητης ναυτιλίας. Επίσης, οι Έλληνες έχουν σε εξέλιξη ναυπηγικό πρόγραμμα για επιπλέον 39 LNG, με την παραλαβή των οποίων η δύναμη του ελληνόκτητου στόλου με πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου θα σπάσει το φράγμα των 100 φτάνοντας στα 123. Μόνο μέσα στο 2018 έδωσαν παραγγελίες για τη ναυπήγηση 28 πλοίων LNG, τα οποία θα παραλάβουν από το 2019 έως το 2021. Ο τρέχων κύκλος ζωής του παγκόσμιου εμπορικού στόλου, ενόψει της χρήσης νέων ναυτιλιακών καυσίμων μειωμένου θείου από το 2020 και της ευρύτερης προσπάθειας μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2030, δρομολογεί μαζικές επενδύσεις στην ποντοπόρο ναυτιλία. Και καθώς οι ναυλαγορές και οι αξίες των πλοίων εμφανίζονται να εξέρχονται από την κρίση της τελευταίας δεκαετίας, οι βασικότερες αποφάσεις που πρέπει να λάβουν οι ναυτιλιακές εντοπίζονται στο αν πρέπει να επενδύσουν σε νέα πλοία με νέα καύσιμα ή στην παράταση της ζωής των υπαρχόντων. Το ζήτημα αναδείχθηκε κυρίαρχο στα φετινά καθώς νέοι κανόνες και ρυθμίσεις, που στόχο έχουν να μειώσουν τους ρύπους των πλοίων, θα ευνοήσουν τα σύγχρονα πλοία δεκάδων δισεκατομμυρίων προκειμένου ο παγκόσμιος στόλος να καταστεί συμβατός με τα προβλεπόμενα.

Ομως, οι περισσότεροι εφοπλιστές αν και έχουν εντοπίσει τις διαστάσεις του προβλήματος, τηρούν επί του παρόντος στάση αναμονής μέχρι να διαπιστώσουν πώς θα διαμορφωθεί το ευρύτερο περιβάλλον ή ποντάροντας σε παρατάσεις των σχετικών

προθεσμιών. Κάποιοι άλλοι, όμως, έχουν ήδη αρχίσει να επενδύουν μαζικά σε νέα «καθαρότερα» πλοία, επωφελούμενοι και από τις χαμηλές -τουλάχιστον μέχρι πρότινος- τιμές των ναυπηγείων, αλλά και σε νέες τεχνολογίες όπως το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), τόσο ως μεταφερόμενο φορτίο όσο και ως καύσιμο. Μεταξύ αυτών των τελευταίων συγκαταλέγονται ορισμένοι από τους γνωστότερους Έλληνες εφοπλιστές και συγκεκριμένα οι Γιάννης Αγγελικούσης, Γιώργος Προκοπίου, Παναγιώτης (Πήτερ) Γ. Λιβανός, ο όμιλος Λάτση, ο όμιλος Μαρτίνου και οι ναυτιλιακές των ομίλων Τσάκου και Οικονόμου. Ναυπηγούν στόλο δεξαμενοπλοίων μεταφοράς LNG, στοιχηματίζοντας πως θα κυριαρχήσει στα υγρά καύσιμα στο μέλλον τόσο στις χρήσεις στη στεριά όσο και στις θαλάσσιες μεταφορές. «Είναι μια αναπόφευκτη εξέλιξη, το LNG θα είναι η κύρια πηγή καυσίμων για τις θαλάσσιες μεταφορές και πρέπει να ασχοληθούμε με τον κύκλο ζωής των υφιστάμενων πλοίων αλλά και των υποδομών bunkering (σ.σ. ανεφοδιασμού πλοίων), οι οποίες λειτουργούν ως τροχοπέδη στη χρήση του LNG, με επιταχυνόμενους ρυθμούς», σημείωσε ο Π. Γ. Λιβανός σε δηλώσεις του στο πλαίσιο εκδηλώσεων στα «Ποσειδώνια». Αυτό εκτιμά και ο Γ. Προκοπίου, που υπογραμμίζει ότι «οι ναυτιλιακές εταιρείες στο LNG βρίσκονται σε μια περίοδο διαρκούς εξέλιξης, παρακολουθούν την αναπτυξιακή πορεία ζήτησης του προϊόντος, το οποίο χρησιμοποιείται πλέον ευρύτερα και στο μέλλον θα είναι μία από τις βασικές πηγές ενέργειας». Στο ίδιο μήκος κύματος, ο Γιάννης Αγγελικούσης πιστεύει πως «η ζήτηση φυσικού αερίου θα αυξάνεται και παρά το γεγονός πως ενδέχεται να υπάρξει αναντιστοιχία μεταξύ προσφοράς στόλου και ζήτησης μεταφορών βραχυπρόθεσμα, στο τέλος θα χρειαστούν περισσότερα πλοία από ό,τι νομίζουμε». Επενδύσεις της Latsco Shipping με σκοπό την είσοδο στην αγορά μεταφοράς LNG, στο πλαίσιο της ευρύτερης στρατηγικής του ομίλου Λάτση για τη μετάβαση σε μια νέα εποχή καθαρότερης ενέργειας, προανήγγειλε στα «Ποσειδώνια» και ο Πάρις Κασιδόκωστας. Την ίδια ώρα, ο όμιλος Κοπελούζου μαζί με τον Π. Γ. Λιβανό βρίσκονται στα τελικά στάδια για την έναρξη του έργου της Gastrade, του τερματικού σταθμού υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) Βόρειας Ελλάδας στην Αλεξανδρούπολη. Είναι πλέον κοινός τόπος στις διεθνείς ναυτιλιακές αγορές πως τα ελληνικά συμφέροντα στη μεταφορά LNG είναι ήδη τα μεγαλύτερα παγκοσμίως έπειτα από αυτά κρατικών επιχειρήσεων όπως του Κατάρ. Ομως, ακόμα το καύσιμο προορίζεται για χρήση στη στεριά και δεν υπάρχει μεγάλος αριθμός παραγγελιών πλοίων που θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο το LNG. Και αυτό διότι απαιτούνται υψηλότερες επενδύσεις, βεβαιότητα για το διεθνές δίκτυο ανεφοδιασμού και επειδή ο υπάρχων στόλος έχει ακόμα σημαντικό ωφέλιμο χρόνο ζωής.

Σημειώνεται πως επί του παρόντος πάνω από το 20% του παγκόσμιου στόλου, που αριθμεί 95.000 πλοία, έχει ηλικία άνω των 15 ετών και δεν προσφέρεται για επιπλέον επενδύσεις αναβάθμισης σύμφωνα με τη Wood Mackenzie. Χρήζει απλώς αντικατάστασης. Ήδη, λοιπόν, μια άλλη ελληνική εταιρεία η Arista Shipping, συμφερόντων του εφοπλιστή Αλέξανδρου Παναγόπουλου, ξεκίνησε συνεργασία με τη φινλανδική κατασκευάστρια μηχανών Wartsila και τα κινεζικά ναυπηγεία Jiangsu Yangzijiang με στόχο την υλοποίηση ενός project ναυπήγησης και διαχείρισης έως και 40 πλοίων μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου που θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο

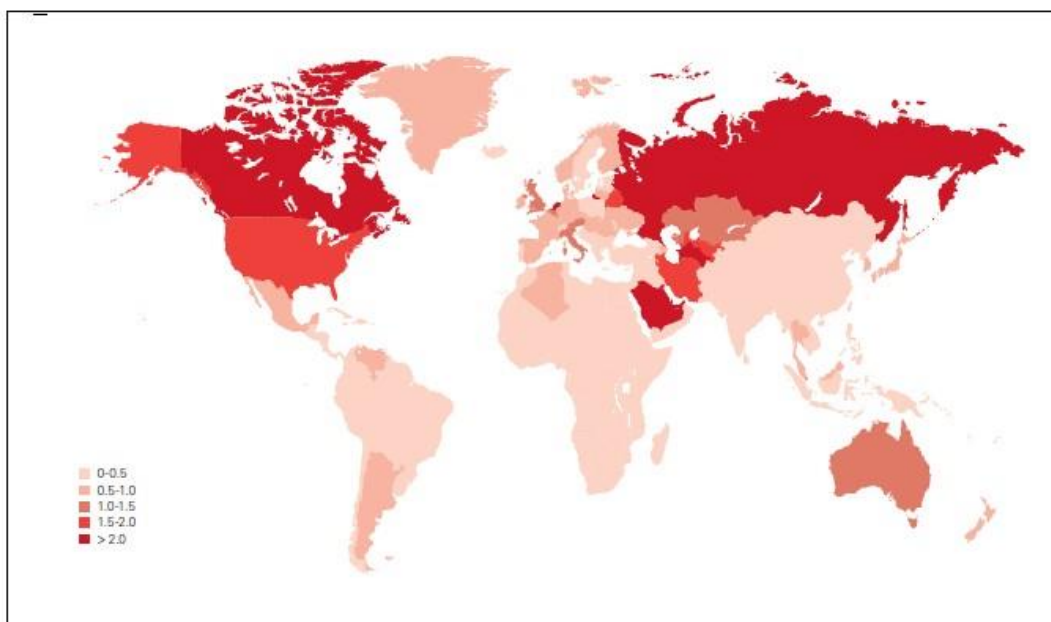
υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Μπορεί ακόμα να μην υπάρχουν πολλά τέτοια πλοία στο νερό, αλλά αρκεί να αναφερθεί πως παρόμοιο ναυπηγικό πρόγραμμα έχει σχεδιάσει και η ελληνική ακτοπλοϊκή Attica Group. Κυρίως, όμως, μεγάλοι



ενεργειακοί όμιλοι, όπως η Shell «τρέχουν» επενδυτικά προγράμματα για να προετοιμαστούν για τη νέα εποχή του LNG ως καυσίμου στην ποντοπόρο. Σε κάθε περίπτωση, το κόστος προσαρμογής της ναυτιλίας στους νέους περιβαλλοντικούς κανονισμούς υπολογίζεται σε δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως. Μόνο το κόστος από τη χρήση των νέων ναυτιλιακών καυσίμων μειωμένου θείου από το 2020, είναι πιθανό να επιβαρύνει το σύνολο της ναυτιλίας κατά 24 δισ. δολ.

	1989	1999	2008	2009
Β. Αμερική	570,3	655,4	822,0	736,6
Ν. & Κ. Αμερική	50,9	78,8	141,0	121,2
Ευρώπη	294,0	399,9	1138,5	952,8
Μ. Ανατολή	89,2	163,5	331,8	311,0
Αφρική	29,4	45,1	96,1	84,6
Ασία & Ειρηνικός	133,1	245,9	481,4	446,9
Γενικό Σύνολο	1737,3	2069,2	3010,8	2653,1
15 Χώρες Ε.Ε	216,3	327,8	489,9	413,9
ΟΟΣΑ	885,5	1138,7	1488,1	1302,0
π. ΕΣΣΔ	570,4	480,6	604,6	503,2
Υπόλοιπες Χώρες	281,1	449,9	918,1	847,9

Πηγή: BP statistical review of world energy, Ιούνιος 2010

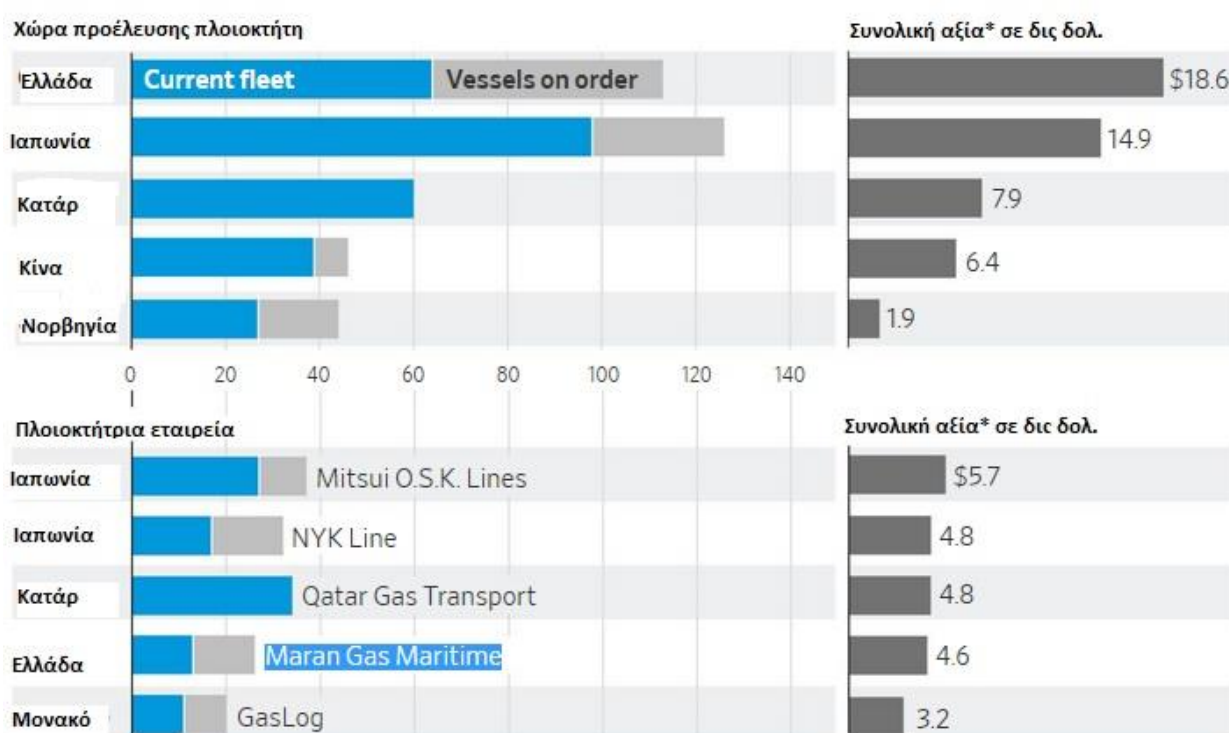


3.3 Αναφορά στην ανάγκη ύπαρξης των προϊόντων LPG-LNG

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ιστορική αναδρομή της καταναλώσεως του φυσικού αερίου παγκοσμίως. Σύμφωνα με τα στοιχεία μεγαλύτερη κατανάλωση φυσικού αερίου εμφανίζουν κυρίως οι αναπτυγμένες χώρες. Όσον αφορά τη γεωγραφική κατανομή της καταναλώσεως οι περιοχές της Βορείου Αμερικής και της γηραιάς Ηπείρου κατέχουν την συντριπτική κατοχή του μεριδίου. Η θέση αυτή αποδεικνύει για άλλη μία φορά και τον χαρακτήρα του φυσικού αερίου ως ενεργειακού πόρου στις οικονομικά αναπτυγμένες περιφέρειες του πλανήτη. Η κατάσταση αυτή επιβεβαιώνεται και από τα ποσοστά συμμετοχής της κάθε γεωγραφική περιοχής. Συγκεκριμένα η γηραιά ήπειρος κατέχει την πρώτη θέση στη κατανάλωση του φυσικού αερίου με πάνω από 35% ενώ η Αμερική βρίσκεται στην δεύτερη θέση με πάνω από 32% της συνολικής κατανάλωσης. Τη μερίδα του λέοντος στην κατανάλωση της Αμερικής κατέχει η βόρεια Αμερική με 27,8% σε σχέση με τη Νότια και Κεντρική Αμερική που έχει το 4,6% της παγκόσμιας κατανάλωσης. Η Αμερικανική ήπειρος αν και έχει αυξήσει την κατανάλωση σε φυσικό αέριο στη πορεία του χρόνου, παρόλα αυτά η συμμετοχή της έχει μειωθεί από το 1971 περίπου 30 ποσοστιαίες μονάδες. Ο ρόλος των δεξαμενόπλοιων υγροποιημένου φυσικού αερίου στη μεταφορά του φυσικού αερίου είναι σημαντικός και δημιουργεί νέες δυνατότητες στους προμηθευτές και στους αγοραστές. Η βελτίωση της τεχνολογίας στην υγροποίηση του φυσικού αερίου στα LNG δεξαμενόπλοια προκαλεί τη μείωση του κόστους. Η σύγχρονη τεχνολογική πραγματικότητα στα εν λόγω δεξαμενόπλοια επιτρέπει την κάλυψη μικρότερου μεταφερόμενου μεγέθους σε σχέση με το παρελθόν⁴. Αυτό συνεπάγεται από την μία η ναυτιλιακή εταιρεία να μπορεί να ναυλώσει μέρος της μεταφορικής δυναμικότητας μέσω μακροχρόνιων χρόνοναυλοσύμφωνων και από την άλλη τη κάλυψη της υπόλοιπης αποθηκευτικής δυναμικότητας στην spot αγορά. Επιπλέον η αύξηση του στόλου των LNG δεξαμενόπλοιων και παράλληλα και της μεταφερόμενης δυνατότητας στα επόμενα

έτη οδηγεί την αγορά σε πλέον πιο ανταγωνιστικές συνθήκες προς όφελος του κόστους μεταφοράς αλλά και του τελικού κόστους κατανάλωσης.

Βέβαια η ζήτηση για την μεταφορά φυσικού αερίου από μία παραγωγό χώρα σε μία καταναλώτρια εκφράζεται κατά κύριο λόγο με την ποσότητα του φορτίου που πρόκειται να μεταφερθεί. Τέλος, για τον προσδιορισμό του ζητούμενου μεταφορικού έργου πρέπει να θέτουμε και άλλους σημαντικούς παράγοντες, που συνολικά καθορίζουν την πραγματική ζήτηση για τη χρήση δεξαμενόπλοιων υγροποιημένου φυσικού αερίου και ταυτόχρονα θα πρέπει να δίνουμε μεγάλη σημασία στις αλλαγές που επικρατούν στην παγκόσμια αγορά, στην προσφορά και ζήτηση των φορτίων LPG-LNG, αλλά και στις απαιτήσεις των κανονισμών καθώς προβλέπεται αύξηση της παραγωγής και της μεταφοράς παγκοσμίως



*Ως άθροισμα της αξίας των εν ενεργεία και των υπό παραγγελία πλοίων μεταφοράς LNG

πηγή: VesselsValue - από Wall Street Journal

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- LIQUIFIED PETROLEUM GAS TANKER PRACTICE (WOOLCOTT, BROWN ,SON & FERGUSON
- LIQUIFIED GAS HANDLING PRINCIPLES (WHITERBY VERSION)
- ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ (ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ LPG-LNG ΣΤΟΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ)
- WARTSILLA LNG/LPG CARGO OPERATIONS AND HANDING SYSTEMS MANUAL
- ΦΟΡΤΩΣΗ ΚΑΙ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ LPG ΚΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΟΥ ΕΥΓΕΝΙΔΙΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ