

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ

ΤΣΙΜΑΧΙΔΟΥ
ΣΥΜΕΛΛΑ

.. Μα δεν λυπάμαι μια σταλιάν Εμείς οι
ναυτικοί Έχουμε, λένε, την ψυχή στο διάολο
πουλημένη. Μια μάνα μόνο σκεφτομαι
στη γνή και σκυθρωπή, που χρόνια τώρα και
καιρούς το γιο της περιμένει ...
"Νίκος Καββαδίας"



ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΑΣ
Α.Ε.Ν. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΓΕΩΡΓΙΤΣΗΣ ΔΗΜΟΣ

**ΘΕΜΑ: ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ
ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ**

**ΤΗΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ : ΤΣΙΜΑΧΙΔΟΥ ΣΥΜΕΛΛΑ
Α.Γ.Μ. : 3276**

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας : 24/04/2015

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας : 03/06/2016

<i>A/A</i>	<i>Ονοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότητα</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
<i>1</i>				
<i>2</i>				
<i>3</i>				
<i>ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</i>				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ : ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ή ΕΙΣΑΓΩΓΗ Π.Ε.:	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ:	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	7
1.1 Γενικά στοιχεία για τα υγραεριοφόρα πλοία	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	7
2.1 Ιστορική αναδρομή, δημιουργία του φυσικού αερίου και ιδιότητες του LNG φορτίου	7
2.2 Ιστορική αναδρομή, δημιουργία του Υγραερίου και ιδιότητες του LPG φορτίου	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	18
3.1 Στόλος των LPG και των LNG	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	22
4.1 Σχεδιασμός του σκάφους για την ασφάλεια αυτού και του πληρώματος	22
4.2 Κατηγορίες Υγραριοφόρων πλοίων	22
4.3 Κατασκευαστικά στοιχεία των δεξαμενών και υλικά κατασκευής	24
4.4 Κατασκευαστικά των LNG πλοίων	27
4.5 ΜΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ:	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	30
5.1 PRE-ARRIVAL TEST ΓΙΑ ΤΟ GARGO:	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	31
6.1 Ομοιότητες και διαφορές των LPGC και των LNGC :	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	32
7.1 Θεωρία της πυρκαγιάς	33
7.1.1 Συνθετικά στοιχεία της πυρκαγιάς	33
7.1.2 Διακοπή της αλυσιδωτής αντίδρασης	34
7.2 Το φαινόμενο της έκρηξη	35
7.2.1 Ανάφλεξη και Εκτόνωση	35
7.2.2 Κίνδυνοι του Φυσικού Αερίου και μέτρα πρόληψης	35
7.2.3 Ταξινόμηση εκρήξεων	40
7.2.4 Κίνδυνοι του Υγραερίου, Περιγραφή του φαινομένου BLEVE και μέτρα πρόληψης:	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	45
8.1 Επιπτώσεις ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ:	45
8.1.1 Επιπτώσεις από φωτιά	46

**ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
ΦΟΡΤΩΚΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ**

8.1.2. Επιπτώσεις από έκρηξη	48
8.2 Επιπτώσεις στη μεταλλική κατασκευή των πλοίων	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.....	50
9.1 Διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης τους	50
9.1.1 Προετοιμασία γραμμών και δεξαμενών πριν την άφιξη του πλοίου σε λιμάνι.....	50
9.1.2 Βήματα αναλυτικά που ακολουθούνται για την εισαγωγή και εξαγωγή φορτίου στις δεξαμενές, κατά την διάρκεια φορτοεκφορτώσεως στο λιμάνι. 51	
9.1.3 Βήματα μετά την αναχώρηση από το λιμάνι και κατά την διάρκεια του πλου.	55
9.1.4 Διαδικασία Φορτοεκφόρτωσης των LPG:	56
Επίλογος-Συμπεράσματα	58
Βιβλιογραφία:	59
Πηγές για εικόνες:	60

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ή ΕΙΣΑΓΩΓΗ Π.Ε.:

Τα πρώτα Υγραεριοφόρα πλοία ναυπηγήθηκαν στο τέλος της δεκαετίας του 50 και στις αρχές της δεκαετίας του 60. Τα Υγραεριοφόρα πλοία (Liquefied Gas Carrier) είναι ειδικά δεξαμενόπλοια, κατασκευασμένα να μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια (Μεθάνιο) δια μέσο των Liquefied Natural Gas (LNGC) και Υγραέριο (Προπάνιο - Βουτάνιο) δια μέσο των Liquefied Petroleum Gas (LPGC), σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και χαμηλές πιέσεις, είτε σε πολύ υψηλές πιέσεις και υψηλές θερμοκρασίες. Τα πλοία αυτά χρειάζονται ειδικούς χειρισμούς και προφυλάξεις τόσο κατά την διάρκεια φορτοεκφόρτωσης τους, όσο και κατά την διάρκεια μεταφοράς του φορτίου τους.

Καθώς η αναλογία μεθανίου σε υγρή/αέρια μορφή είναι 1/600 και του υγραερίου 1/250, μπορούμε να διαπιστώσουμε τον λόγο που τα αέρια αυτά μεταφέρονται σε υγρή μορφή. Ο λόγος φυσικά είναι, προκειμένου οι δεξαμενές φορτίου του πλοίου να μπορούν να φορτώσουν μεγαλύτερες ποσότητες. Στην πραγματικότητα το μεθάνιο, το προπάνιο και το βουτάνιο είναι σε αέρια μορφή, εμείς όμως τα υγροποιούμε, γιατί όπως είδαμε και παραπάνω, υγροποιημένα έχουν μεγαλύτερη μεταφορική ικανότητα. Το μεθάνιο υγροποιείται σε πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες από ότι το προπάνιο και το βουτάνιο. Και τα 3 αέρια μεταφέρονται υγροποιημένα (μεθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο) σε πιέσεις αμπαριών περίπου στα 100mbar (gauge pressure) ή 1120 mbar (absolute pressure). Η Gauge pressure είναι η πίεση που έχουν τα αμπάρια η οποία αναδεικνύεται στο IAS, χωρίς την ατμοσφαιρική. Η Absolute pressure είναι η ατμοσφαιρική πίεση + των αμπαριών η πίεση.

Μια πολύ βασική διαφορά των Υγραεριοφόρων πλοίων από τα κοινά Δεξαμενόπλοια είναι στην κατασκευή των δεξαμενών φορτίου. Τα Υγραεριοφόρα διαθέτουν, ειδικά κατασκευασμένες δεξαμενές που να μπορούν να δέχονται φορτία σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία και πολύ χαμηλές πιέσεις και να προσπαθούν να διατηρήσουν κίολας αυτές τις καταστάσεις. Αυτό όμως το χαρακτηριστικό που διαθέτουν οι δεξαμενές των υγραεριοφόρων πλοίων δεν παύει να τα καθιστά επικίνδυνα σε περίπτωση ατυχήματος. Για τον λόγο αυτό χρήζει απαραίτητο να λαμβάνονται αρκετά μέτρα ασφαλείας και ιδιαίτερα σχολαστικοί περιορισμοί. Οι αμοιβές των ναυτικών που εργάζονται σε τέτοιου είδους πλοία είναι ποιο υψηλές λόγω της επικινδυνότητας τους που διαθέτουν τα πλοία αυτά.



(Εικ. Νο.1: Υγραεριοφόρο πλοίο LPG)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στα Υγραεριοφόρα πλοία και στις διαδικασίες της Φορτοεκφόρτωσης τους. Αρχικά γίνεται αναφορά στα γενικά χαρακτηριστικά, την ιστορία, τη δημιουργία, τις ιδιότητες των LNG και των LPG φορτίων και στις ομοιότητες και τις διαφορές των LNG και των LPG πλοίων. Στην συνέχεια αναλύονται οι κατηγορίες των Υγραεριοφόρων πλοίων, τα κατασκευαστικά των δεξαμενών τους και τα υλικά κατασκευής τους. Ακολούθως παρουσιάζονται οι κίνδυνοι των Υγραεριοφόρων πλοίων (μεταφοράς Φυσικού αερίου, Υγραερίου) και μέτρα πρόληψης των κινδύνων αυτών, καθώς επίσης γίνεται και αναφορά στις επιπτώσεις, κατά την διαρροή του LNG και του LPG, στον άνθρωπο και στην μεταλλική κατασκευή του πλοίου. Εν κατακλείδι αναλύονται τα βήματα που ακολουθούνται από τα πλοία LNG και LPG, για την προετοιμασία του φορτίου πριν την άφιξη των πλοίων στο λιμάνι, τα βήματα φορτώσεως και εκφορτώσεως, αναλόγως, κατά την διάρκεια παραμονής των πλοίων και έναρξης του operation στο λιμάνι και τέλος τα βήματα που ακολουθούνται για το Cargo κατά την λήξη του operation (φόρτωση / εκφόρτωση), έπειτα από το πέρας αυτού (φόρτωσης/εκφόρτωσης) και κατά την διάρκεια του πλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Γενικά στοιχεία για τα υγραεριοφόρα πλοία

✚ LNG:

Τα γρήγορα πλοία με ταχύτητες έως και 21 knots διακρίνονται σε:

- Μηχανές εσωτερικής καύσης (DFDE: Diesel Fuel Diesel Electric) και σε
- Τουρμπινάδικα (Gas Turbine)

Οι μηχανές και των δυο έχουν κατασκευαστεί με γνώμονα τη καύση του περίσσιου αερίου το οποίο παράγεται στις δεξαμενές φορτίου (Boil of Gas).

Στα μεν πλοία με μηχανές εσωτερικής καύσης η ημερήσια κατανάλωση καυσίμου με 'foul speed' κυμαίνεται περίπου έως και 200MT fuel ή Gas. Στα δε πλοία με τουρμπίνες η ημερήσια κατανάλωση καυσίμου με 'foul speed' κυμαίνεται περίπου έως και 250MT fuel ή Gas. Μπορούμε λοιπόν να καταλάβουμε ότι τα DFDE είναι οικονομικότερα πλοία από θέμα καταναλώσεως και για αυτό πλέον και προτιμώνται από τους εφοπλιστές. Το κόστος κατασκευής των πλοίων αυτών κυμαίνεται μεταξύ των 230-270 εκατομμυρίων USD dollars.

✚ LPG:

Είναι πλοία με μηχανές εσωτερικής καύσης και με ταχύτητες έως και 17 knots. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- Fully pressurized
- Semi pressurized – Semi refrigerated
- Fully refrigerated

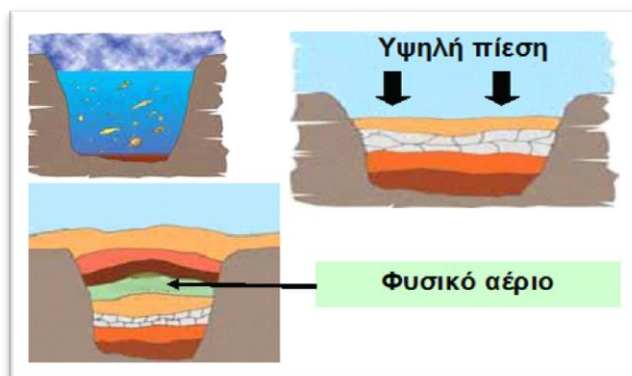
Σε καμία περίπτωση, καμία από τις τρεις παραπάνω κατηγορίες δεν μπορούν να κάψουν το περίσσιο γκάζι στις μηχανές τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Ιστορική αναδρομή, δημιουργία του φυσικού αερίου και ιδιότητες του LNG φορτίου

• Ιστορική Αναδρομή:

Ενδείξεις για διαρροές φυσικού αερίου πρώτο-ανακαλύφθηκαν στην περιοχή που σήμερα βρίσκεται το Ιράν μεταξύ του 6000 και 2000 π.Χ.. Η χρήση του φυσικού αερίου αναφέρεται στην Κίνα περίπου το 900 π.Χ., όπου ανοίχθηκαν γύρω στα 900-1100 φρέατα και το αέριο μεταφερόταν με αγωγούς από μαμπού.



Εικ. Νο1: Δημιουργία του Φυσικού Αερίου {Πηγή: 1}

Στην Ευρώπη αυτές οι επιτεύξεις ήταν άγνωστες και το φυσικό αέριο ανακαλύφθηκε το 1659 στην Αγγλία. Το 1670 ανακαλύφθηκε το αέριο από

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

απόσταξη ανθράκων και άρχισε να χρησιμοποιείται το 1790, γιατί ήταν πιο εύκολη η μεταφορά, η αποθήκευση και η χρησιμοποίησή του σε μηχανές εσωτερικής καύσης και στον φωτισμό δρόμων και σπιτιών. Η πόλη Φριντόνια (Fredonia) στην περιφέρεια της New York φωτιζόταν με φυσικό αέριο το 1821. Ωστόσο η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου εξακολουθούσε να είναι περιορισμένη, γιατί σε μεγάλες αποστάσεις δεν υπήρχε τρόπος μεταφοράς του και επί έναν αιώνα το φυσικό αέριο παρέμεινε στο περιθώριο της βιομηχανικής εξέλιξης που βασίστηκε στον ηλεκτρισμό, τον άνθρακα και το πετρέλαιο.

Στη δεκαετία του 1920 αναπτύχθηκε η μέθοδος μεταφοράς του φυσικού αερίου με αγωγούς και αποτέλεσε ένα σημαντικό στάδιο εξέλιξης στη χρήση του αερίου. Μια περίοδος τεράστιας κατανάλωσης φυσικού αερίου ακολούθησε μετά τον Β Παγκόσμιο Πόλεμο και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Το 1960 η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ήταν 470 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα και το 1979 ήταν 1,459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Το 1950 το φυσικό αέριο αποτελούσε το 12% της καταναλισκόμενης παγκοσμίως ενέργειας, ένα ποσοστό που αυξήθηκε σε 14,6% το 1960 και σε 25% το 1980. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ) το φυσικό αέριο θα καλύπτει το 1/4 των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών το 2030. {Πηγή: 5}

- **Δημιουργία του Φυσικού Αερίου:**

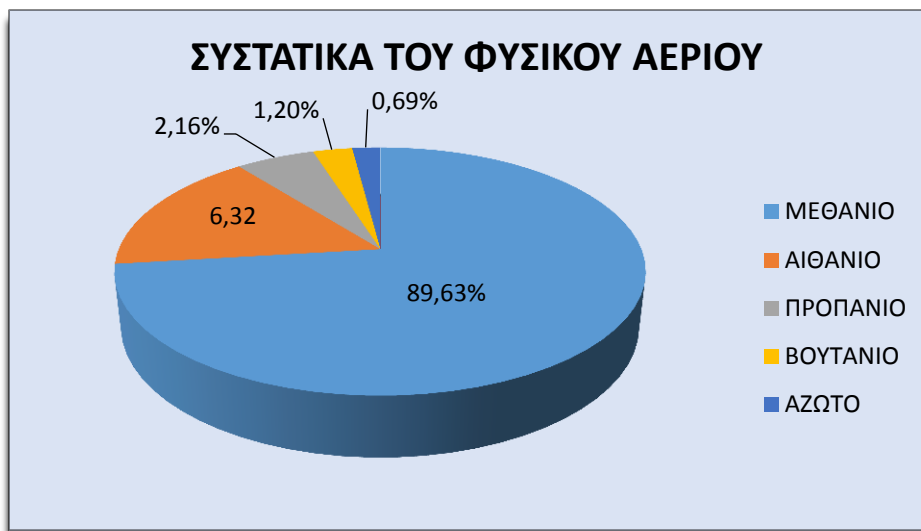
Τα αποθέματα φυσικού αερίου σχηματίστηκαν πριν από 10 - 15 εκατομμύρια χρόνια από βακτήρια, μύκητες και άλλους μικροοργανισμούς που ζούσαν στη θάλασσα. Αυτοί οι μικροοργανισμοί, αφού πέθαναν, εγκλωβίστηκαν στον πυθμένα της θάλασσας μέσα σε λάσπη, όπου δεν υπήρχε οξυγόνο. Σε διάρκεια πολλών εκατομμυρίων χρόνων καταπλακώθηκαν από στρώματα χώματος και άμμου και μετασχηματίστηκαν τελικά σε μίγματα υδρογονανθράκων, σε φυσικό αέριο και σε πετρέλαιο. Το φυσικό αέριο συγκεντρώθηκε σε κοιλάτητες σχηματίζοντας τα κοιτάσματα που σήμερα γνωρίζουμε. Επειδή το φυσικό αέριο δημιουργήθηκε όπως και το πετρέλαιο, όπου υπάρχουν κοιτάσματα φυσικού αερίου υπάρχουν και κοιτάσματα πετρελαίου. (βλέπε Εικ.Νο1)

Καθώς οι γεωλόγοι αναζητούν κοιτάσματα φυσικού αερίου, εάν παρατηρήσουν να αναβλύζει από το έδαφος μικρή ποσότητα πετρελαίου, έχουν μια ένδειξη ότι κάτω από εκείνη την περιοχή μπορεί να υπάρχει φυσικό αέριο. Τα βάθη άντλησης του φυσικού αερίου συνήθως κυμαίνονται μεταξύ 1.500 και 3.500 μέτρων, αν και σε μερικές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα σε ορισμένες περιοχές στη Ρωσία φτάνουν και τα 10.000 μέτρα.

- **Συστατικά του Φυσικού Αερίου - Liquefied Natural Gas (LNG):**

Το Φυσικό Αέριο είναι μίγμα υδρογονανθράκων όπου κύριο συστατικό του είναι το Μεθάνιο (CH_4 =70-90% κατά όγκο), περιέχει όμως σε πολύ μικρότερη ποσότητα και από άλλους υδρογονάνθρακες, όπως Αιθάνιο (C_2H_6 =5-15% κατά όγκο), Προπάνιο (C_3H_8) και Βουτάνιο (C_4H_{10})<5% κατά όγκο, Πεντάνιο (C_5H_{12}) και Άζωτο (N_2). (βλέπε σχεδιάγραμμα Νο1) Η σύσταση του δεν είναι σταθερή καθώς μεταβάλλεται ανάλογα με την προέλευση του (το λιμάνι από το οποίο επρόκειτο να φορτωθεί). Παρακάτω υπάρχει σχετικό πινακάκι (πίνακας Νο1) με την σύσταση του LNG ανάλογα με το λιμάνι φόρτωσης. Από το πινακάκι μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η Αλάσκα παρέχει το πιο καθαρό Φυσικό Αέριο (Μεθάνιο=99,8%). Ακολουθούν το Trinidad, η Αλγερία, η Μαλαισία, το Κατάρ, η Νιγηρία κτλ.

**ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ**



(Σχεδ. Νο1 : Δημιουργία του Φυσικού Αερίου)

LNG Composition (%mol)						
	CH ₄ (Methane)	C ₂ H ₆ (Ethane)	C ₃ H ₈ (Propane)	C ₄ H ₁₀ (Butane)	C ₅ H ₁₂ (Pentane)	N ₂ (Nitrogen)
Arzew (Algeria)	87.1	8.6	2.1	0.05	0.02	0.35
Bintulu (Malaysia)	91.23	1.3	2.95	1.1	0	0.12
Bonny (Nigeria)	90.1	5.2	2.8	1.5	0.02	0.07
Das Island (UAE)	81.53	13.39	1.31	0.28	0	0.17
Arun (Indonesia)	89.33	7.14	2.22	1.17	0.01	0.08
Kenai (Alaska)	99.8	0.1	0	0.1	0	0.1
Lumut (Brunei)	89.4	6.3	2.8	1.3	0.05	0.05
Marsa El Brega (Libya)	70	15	10	3.5	0.6	0.9
Point Fortin (Trinidad)	96.2	3.26	0.42	0.07	0.01	0.008
Ras Laffan (Qatar)	90.1	6.17	2.27	0.6	0.03	0.25
Skikda (Algeria)	91.5	5.61	1.5	0.5	0.01	0.85
Withnell (Australia)	89.02	7.33	2.56	1.03	0	0.06

Πίνακας 1 {Πηγή: 28}

• **Μοριακός Τύπος του Μεθανίου:**

Όπως αναφέραμε και παραπάνω το κύριο συστατικό του Φυσικού Αερίου είναι το Μεθάνιο (CH₄). Το μόριο του Μεθανίου (χημική ένωση), αποτελείται από 1 άτομο Άνθρακα (C) και 4 άτομα Υδρογόνου (H₄). Παρακάτω ακολουθεί ένα πινακάκι με το Μοριακό τύπο, το συντακτικό τύπο και το προσομοίωμα του Μεθανίου. (πιν. Νο2)

Όνομα	Μοριακός τύπος	Συντακτικός τύπος	Προσομοίωμα
Μεθάνιο	CH ₄	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $	

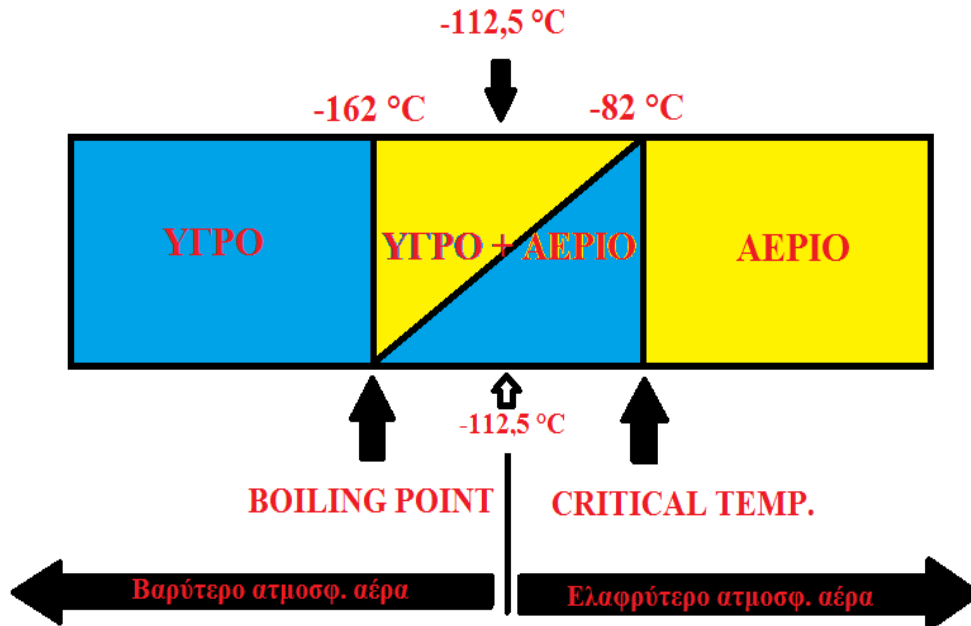
(Πινακάκι 2: Μοριακός τύπος Μεθανίου) {Πηγή εκ. 3}

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

- **Κρίσιμη Θερμοκρασία και Σημείο Βρασμού :**

Το φυσικό αέριο σε συνηθισμένες για τη Γη θερμοκρασίες και στην ατμοσφαιρική πίεση είναι σε αέρια κατάσταση, όταν όμως συμπιεσθεί ή ψυχθεί μετατρέπεται σε υγρό. Στους -82°C (Κρίσιμη Θερμοκρασία = Critical Temperature) (βλέπε **εικ. Νο2**) και πιο θερμό το Φυσικό Αέριο είναι σε αέρια μορφή. Σε θερμοκρασία από -82°C έως και -162°C το Φυσικό Αέριο είναι σε αέρια και σε υγρή μορφή. Στους $-112,5^{\circ}\text{C}$ μετατρέπεται από αέριο σε υγρό και το αντίστροφο. Στους -162°C (Σημείο βρασμού=Boiling Point) το Φυσικό Αέριο είναι σε υγρή πλέον μορφή.

Θερμοκρασία που μετατρέπεται από Υγρό σε Αέριο και το αντίστροφο. ($-112,5$)



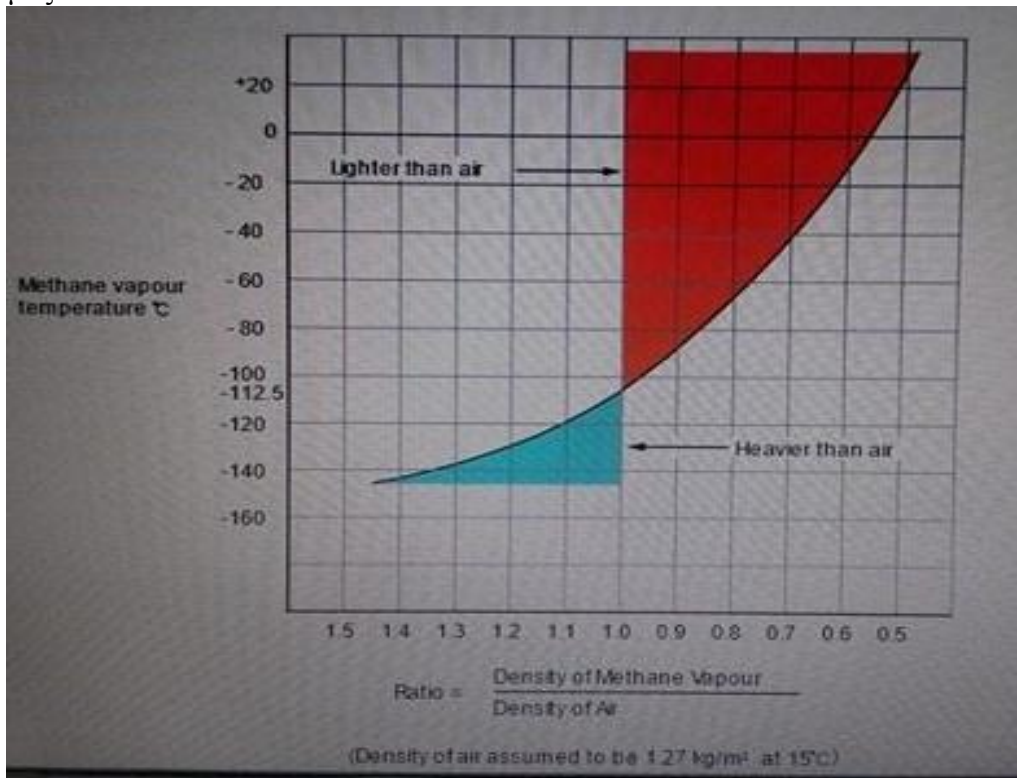
(Εικ. Νο2 Μεθάνιο)

- **Αναλογία βάρους του Φυσικού αερίου με τον αέρα:**

Το Φυσικό Αέριο στους $-112,5^{\circ}\text{C}$ μετατρέπεται από αέριο σε υγρό και το αντίστροφο. Από τους $-112,5^{\circ}\text{C}$ έως τους -82°C το Φυσικό Αέριο είναι σε αέρια και υγρή μορφή (με τη μεγαλύτερη ποσότητα του σε αέρια) και ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Από τους -82°C (Κρίσιμη Θερμοκρασία = Critical Temperature) και πιο θερμό το Φυσικό Αέριο είναι πλέον μόνο σε αέρια μορφή και εξακολουθεί να είναι ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Από τους $-112,5^{\circ}\text{C}$ έως τους -162°C το Φυσικό Αέριο είναι σε υγρή και σε αέρια μορφή (με τη μεγαλύτερη ποσότητα του σε υγρή) και βαρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Από τους -162°C (Σημείο βρασμού=Boiling Point) και πιο ψυχρό το Φυσικό Αέριο είναι πλέον μόνο σε υγρή μορφή και εξακολουθεί να είναι βαρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα. (βλέπε **σχεδ. Νο2**). Εάν σε περίπτωση ανάγκης (πχ δεν δουλεύει το Compressor, έχει κάποιο πρόβλημα η μηχανή και δεν μπορεί να κάνει το αέριο των δεξαμενών) όπου χρειαστεί να βγάλουμε έξω στην ατμόσφαιρα το αέριο των αμπαριών (λόγο υψηλής πίεσεως εντός αυτών), θα πρέπει πρώτα να θερμάνουμε το αέριο μέχρι τουλάχιστον το σημείο που γίνεται ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα ($-112,5^{\circ}\text{C}$). Για μεγαλύτερη ασφάλεια προτιμάμε κάτι πιο ζεστό από τους $-112,5^{\circ}\text{C}$ (ας πούμε -90 ή -85 και γενικά όσο πιο ζεστό γίνεται), διότι όπως ειπώθηκε και παραπάνω το LNG στους $-112,5^{\circ}\text{C}$ και πιο θερμό, είναι ελαφρύτερο του αέρα και έτσι δεν υπάρχει

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

περίπτωση να συγκεντρωθούν επικίνδυνα αέρια (Μεθάνιο) στο κατάστρωμα του πλοίου, το Μεθάνιο διαχέεται στο χώρο και δεν θεωρείται επικίνδυνο. Για την θερμοκρασία που θα το ζεστάνεις παίζει ρόλο και η εξωτερική θερμοκρασία και ο άνεμος.

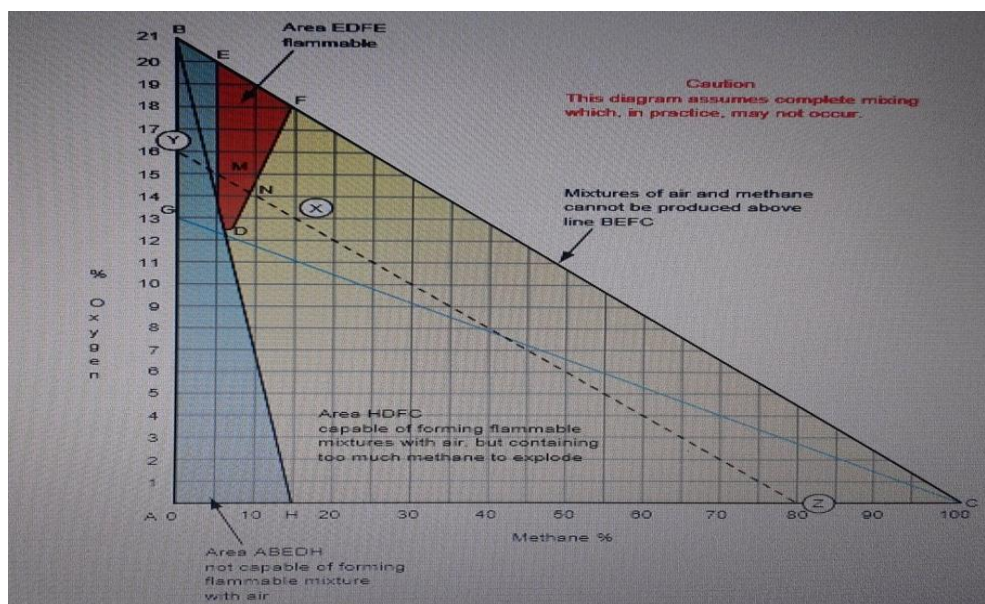


(Σχεδ. Νο2 : Αναλογία βάρους του Φυσικού αερίου με τον αέρα) {Πηγή: 2}

- **Όρια εφλεκτικότητας του Μεθανίου, Οξυγόνου:**

Το LNG (Φυσικό Αέριο σε Υγρή μορφή) είναι άχρωμο και άοσμο, έχει το μισό του βάρους του νερού και σε υγρή μορφή είναι 600 φορές μικρότερο σε όγκο από ότι σε αέρια και έτσι έχει μεγαλύτερη μεταφορική ικανότητα όταν είναι υγρό.

Το Μεθάνιο (CH₄) θεωρείται εύφλεκτο στο (LEL) 5% με (UEL) 15% κατά όγκο Μεθανίου και σε 12,5% με 20% Οξυγόνου. (βλέπε Σχεδ. Νο3).



(Σχεδ. Νο3: Flammability of Methane, Oxygen) {Πηγή: 2}

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

- **Μεταφορά και Διανομή:**

Η μεταφορά και η διανομή του φυσικού αερίου μπορεί να γίνει είτε σε αέρια μορφή μέσω δικτύου αγωγών, είτε σε υγρή μορφή σε δεξαμενές πλοίων (LNGC), υπό ψύξη κάτω από τη θερμοκρασία βρασμού του μεθανίου, η οποία είναι στους $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Σημείο βρασμού=Boiling Point) και σε ατμοσφαιρική πίεση (ή ελαφρά αυξημένη κατά κάποια μικρά κλάσματα της ατμοσφαιρικής). Η Ελλάδα προμηθεύεται φυσικό αέριο από τη Ρωσία και την Αλγερία. Για τη μεταφορά του φυσικού αερίου από τη Ρωσία μέχρι την Αθήνα υπάρχει ένα δίκτυο υπόγειων αγωγών, που διασχίζει βουνά και πεδιάδες. Η πύλη εισόδου του ρωσικού φυσικού αερίου στη χώρα μας είναι ο μετρητικός σταθμός Σιδηροκάστρου, όπου ελέγχεται η ποιότητα και μετριέται η ποσότητα του εισαγόμενου φυσικού αερίου. Ο δεύτερος προμηθευτής μας είναι η Αλγερία. Ειδικό δεξαμενόπλοιο μεταφέρει το υγροποιημένο φυσικό αέριο από το λιμάνι Σκίκντα της Αλγερίας στο νησί της Ρεβυθούσας κοντά στα Μέγαρα Αττικής.

- **Χρησιμοποίηση του Φυσικού Αερίου:**

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο σε πολλές χώρες. Οι χρήσεις του διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται τα εργοστάσια της ΔΕΗ, στα οποία η χημική ενέργεια του φυσικού αερίου μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Στη δεύτερη κατηγορία κατατάσσονται οι βιομηχανίες, στις οποίες το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο για την κίνηση των μηχανών ή ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών προϊόντων. Η τρίτη κατηγορία αφορά τον αστικό τομέα, όπου το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού, των χώρων εργασίας και κατοικίας, αλλά και για το μαγείρεμα. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται και ως καύσιμο για την κίνηση οχημάτων. Στην πρωτεύουσα της χώρας μας πολλά λεωφορεία κινούνται με ενέργεια από το φυσικό αέριο. **(Βλέπε εικ. Νο3)**



2.2 Ιστορική αναδρομή, δημιουργία του Υγραερίου και ιδιότητες του LPG φορτίου

- **Ιστορική Αναδρομή:**

Η ιστορία του υγραερίου ξεκινάει από τις αρχές του 20ου αιώνα. Όταν ξεκίνησε η παραγωγή της βενζίνης, ένα από τα βασικά προβλήματα ήταν ότι εξατμιζόταν πολύ γρήγορα όταν φυλασσόταν. Το 1911 ο Δρ Walter Snelling, διερεύνησε τον λόγο για τον οποίο η βενζίνη εξατμιζόταν τόσο γρήγορα, και ανακάλυψε ότι τα αέρια που είναι υπεύθυνα και προκαλούν την εξάτμισή της βενζίνης είναι το προπάνιο, το βουτάνιο και άλλοι ελαφροί υδρογονάνθρακες. Έτσι ο Δρ. Snelling κατασκεύασε ένα αποστακτήριο, προκειμένου να διαχωρίσει αυτά τα αέρια από την βενζίνη.

Το 1912 άρχισε να χρησιμοποιείται το υγραέριο για μαγείρεμα, ενώ το πρώτο αμάξι που τέθηκε σε λειτουργία με προπάνιο λειτούργησε το 1913. Το 1914 ορισμένα οχήματα του 1^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου τροποποιήθηκαν προκειμένου να λειτουργούν με υγραέριο. Η πρώτη εμπορική παραγωγή υγραερίου ξεκίνησε το 1920, ενώ η πρώτη περιφερειακή εμπορική συναλλαγή τη δεκαετία το 1950. Ο 2^{ος} Παγκόσμιος Πόλεμος υπήρξε ανασταλτικός στην εξέλιξη του Υγραερίου. Το 1944-1950 περισσότερα από 4000000 οχήματα σε 30 χώρες του κόσμου κινούνταν με υγραέριο. Το 1950 φορτηγά και λεωφορεία είχαν το υγραέριο ως βασικό καύσιμο και κινούνταν με αυτό.

Οι πωλήσεις υγραερίου στην Ευρώπη, αυξήθηκαν από 300.000 τόνους το 1950, σε 3 εκατομμύρια τόνους το 1960 και 11 εκατομμύρια τόνους το 1970. Στην Ελλάδα το υγραέριο χρησιμοποιείται από τις αρχές του 1970. Το 1981 νομιμοποιείται η χρήση του Υγραερίου μόνο στα ΤΑΞΙ της Αθήνας για την κίνηση τους και από το 2001 και μετέπειτα γίνεται επιτρεπτή η κίνηση όλων των οχημάτων με υγραέριο στην Ελλάδα.

{Πηγή: 20 και 21}

- **Δημιουργία και Συστατικά του Υγραερίου- Liquefied Petroleum Gases (LPG):**

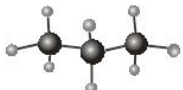
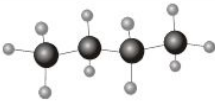
Το Υγραέριο και το Φυσικό Αέριο είναι μείγματα Υδρογονανθράκων. Το Υγραέριο (LPG=Liquefied Petroleum Gas) προκύπτει έπειτα από την διύλιση του αργού πετρελαίου και αποτελείται κατά βάση από το μείγμα των ακόλουθων Υδρογονανθράκων, Προπανίου (C_3H_8) και Βουτανίου (C_4H_{10}). Το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου, γνωστό και με τον αντίστοιχο διεθνή όρο **LPG**, αποτελείται από ελαφρά κλάσματα αργού πετρελαίου (προπάνιο / βουτάνιο), τα οποία είναι αέρια όταν βρίσκονται υπό συνήθεις ατμοσφαιρικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και σε υγρή μορφή όταν είναι υπό υψηλή πίεση (συνήθως υγροποιούνται υπό πίεση για τη μεταφορά και αποθήκευσή τους). Τα αέρια αυτά κλάσματα Υδρογονανθράκων (προπάνιο / βουτάνιο), διαχωρίζονται από τα υγρά κλάσματα κατά τη διύλιση που γίνεται στο αργό και κατευθύνονται σε δεξαμενές αποθήκευσης για διαφορετικές χρήσεις από ότι τα υγρά κλάσματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παρασκευή υγρών καυσίμων (βενζίνη, diesel). Η αναλογία προπανίου-βουτανίου μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την εποχή, δηλαδή να έχουμε μεγαλύτερες ποσότητες προπανίου το χειμώνα και μεγαλύτερες ποσότητες βουτανίου το καλοκαίρι. {Πηγή:22}

- **Μοριακός Τύπος του Προπανίου και του Βουτανίου:**

Όπως αναφέραμε και παραπάνω το Υγραέριο (LPG=Liquefied Petroleum Gas) αποτελείται κατά βάση από το μείγμα των ακόλουθων Υδρογονανθράκων Προπανίου

**ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ**

(C₃H₈) και Βουτανίου (C₄H₁₀). Το μόριο του Προπανίου (χημική ένωση), αποτελείται από 3 άτομο Άνθρακα (C₃) και 8 άτομα Υδρογόνου (H₈) ενώ το μόριο του Βουτανίου (χημική ένωση), αποτελείται από 4 άτομο Άνθρακα (C₄) και 10 άτομα Υδρογόνου (H₁₀). Παρακάτω ακολουθεί ένα πινακάκι με το Μοριακό τύπο, το συντακτικό τύπο και το προσομοίωμα του Προπανίου και του Βουτανίου. **(πιν. Νο3)**

Όνομα	Μοριακός τύπος	Συντακτικός τύπος	Προσομοίωμα
Προπάνιο	C ₃ H ₈	$ \begin{array}{cccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & \text{H} \\ & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	$ \begin{array}{cccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & \text{H} \\ & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	

(πιν. Νο3)

- **Κρίσιμη Θερμοκρασία και Σημείο Βρασμού :**

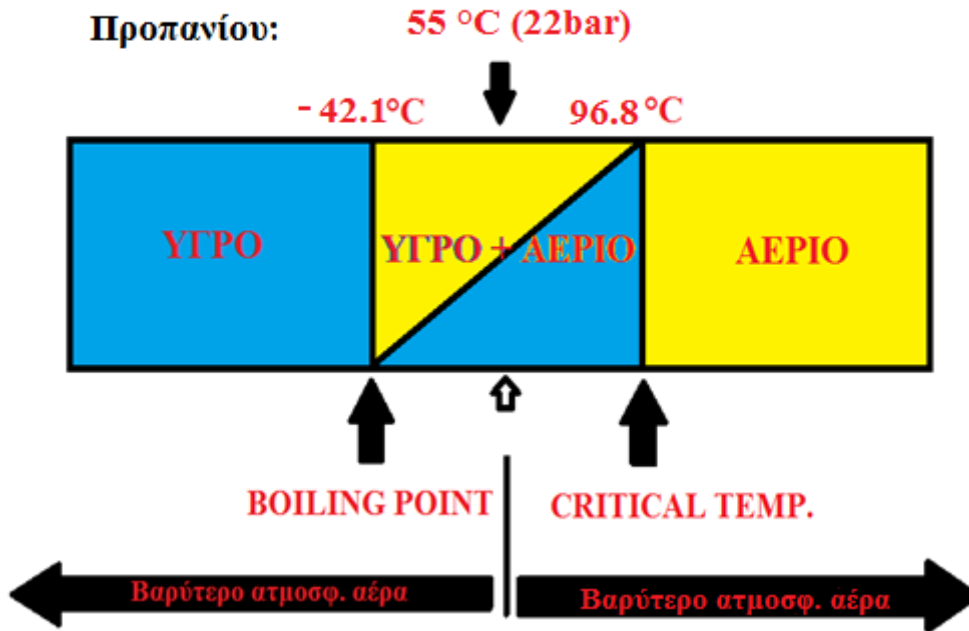
Το **Προπάνιο** στους 96,8°C (Κρίσιμη Θερμοκρασία = Critical Temperature) **(βλέπε εικ. Νο4)** και ποιο θερμό είναι σε αέρια μορφή. Σε θερμοκρασία από 96,8°C έως και -42,1°C το Προπάνιο είναι σε αέρια και σε υγρή μορφή. Στους 55°C και στα 22bar (περίπου 22 φορές η ατμοσφαιρική, δηλαδή μια σχετικά υψηλή πίεση) μετατρέπεται από αέριο σε υγρό και το αντίστροφο. Από τους -42,1°C και ποιο ψυχρό (Σημείο βρασμού=Boiling Point) το Προπάνιο είναι σε υγρή πλέον μορφή.

Το **Βουτάνιο** στους 152°C (Κρίσιμη Θερμοκρασία = Critical Temperature) **(βλέπε εικ. Νο4)** και ποιο θερμό είναι σε αέρια μορφή. Σε θερμοκρασία από 152°C έως και -0,5°C το Βουτάνιο είναι σε αέρια και σε υγρή μορφή. Στους 20°C και στα 2bar μετατρέπεται από αέριο σε υγρό και το αντίστροφο. Από τους -0,5°C και ποιο ψυχρό (Σημείο βρασμού=Boiling Point) το Βουτάνιο είναι σε υγρή πλέον μορφή.

Σε περίπτωση ατυχήματος που θα προκληθεί σοβαρή διαρροή, η πίεση εντός του δοχείου απότομα να εξισωθεί με την ατμοσφαιρική και να προκαλέσει εκτεταμένη καταστροφική εκτόνωση (**φαινόμενο bleve**). Οι εκρήξεις αυτού του τύπου είναι πολύ επικίνδυνες, διότι δεν χρειάζεται να υπάρξει ανάφλεξη για να συμβούν, αλλά αρκεί η απότομη ατμοποίηση του υγρού.

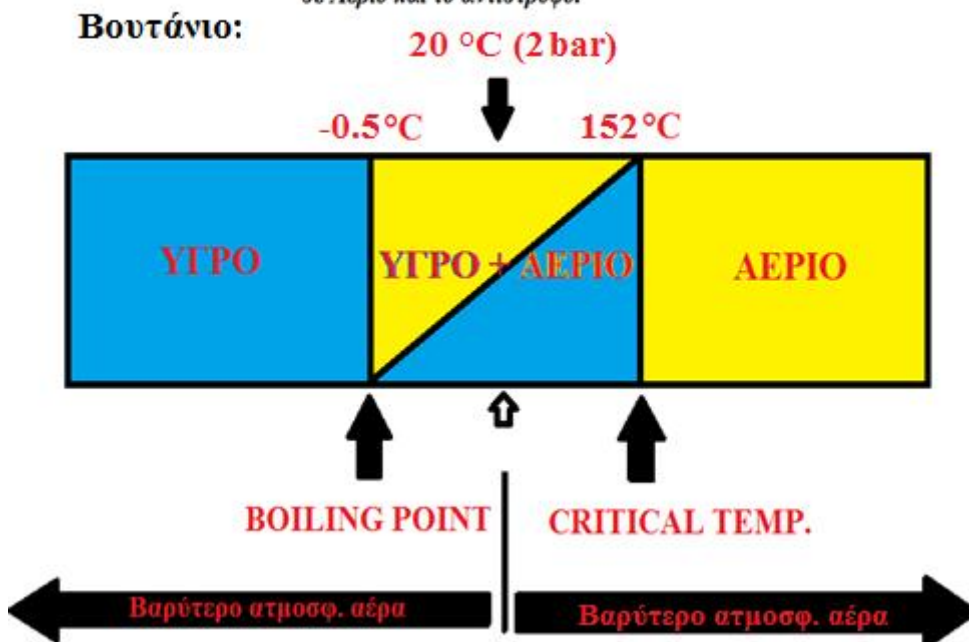
ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Θερμοκρασία που μετατρέπεται από Υγρό σε Αέριο και το αντίστροφο.



(Εικόνα Νο4)

Θερμοκρασία που μετατρέπεται από Υγρό σε Αέριο και το αντίστροφο.



- Αναλογία βάρους του Υγραερίου με τον αέρα και το νερό:

Στην υγρή και αέρια μορφή τους είναι βαρύτερα του αέρα. Λόγω αυτής της ιδιότητας, κατά την διαρροή τους, διαχέονται παράλληλα με το έδαφος με τάση να συγκεντρώνονται στα χαμηλότερα σημεία (στο κατάστρωμα, υπόγεια, φρεάτια, υπονόμους κ.α.) και να μην διαφεύγουν από κάποιο άνοιγμα των παραθύρων και έτσι να γίνονται επικίνδυνα. Αυτή είναι μια από τις βασικές διαφορές τους από το Φυσικό Αέριο το οποίο σαν ελαφρύτερο του αέρα διαχέεται στην ατμόσφαιρα. Στην

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

πραγματικότητα είναι άχρωμο και άοσμο (το Υγραέριο), αλλά συνήθως προστίθεται κατά την παραγωγή του (σε μικρή αναλογία) κάποιο συστατικό με πολύ ισχυρή και χαρακτηριστική οσμή (αιθυλομερκαπτάνη), ώστε να είναι εύκολα ανιχνεύσιμες τυχόν διαρροές και να είναι αντιληπτή η παρουσία του στον χώρο. Τα Υγραέρια δεν είναι τοξικά, αλλά είναι ασφυξιογόνα. Όταν βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε κλειστό χώρο, εκτοπίζουν τον ατμοσφαιρικό αέρα και δημιουργούν ασφυκτικές συνθήκες. Η Επαφή του υγραερίου όταν αυτό είναι σε υγρή κατάσταση με το δέρμα, μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα.

Στην αέρια και στην υγρή μορφή τους είναι ελαφρύτερα του νερού (ειδικό βάρος: 0,56-0,57).

- **Όρια εφλεκτικότητας του Βουτανίου-Προπανίου, Οξυγόνου:**

Οι υδρογονάνθρακες αυτοί (Προπάνιο - Βουτάνιο) σε πίεση και θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι σε αέρια μορφή, αλλά με μικρή αύξηση της πίεσης ή ελαφριά ψύξη υγροποιούνται. **Στην υγρή φάση καταλαμβάνουν το 1/250 του όγκου που χρειάζεται αν αποθηκευτούν στην αέρια φάση.**

Είναι εύφλεκτα και τα όρια ευφλεκτότητας (εκρηκτικότητας) τους είναι:

Του Βουτάνιο:

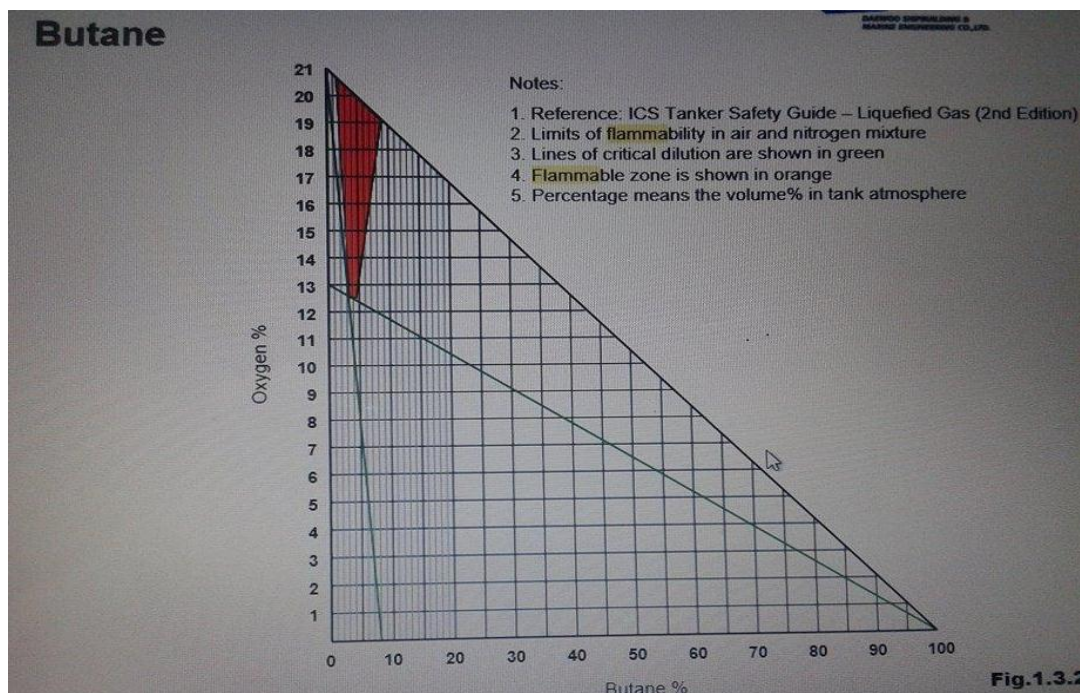
- ♣ Κατώτερο Όριο Ευφλεκτότητας (LEL)*: 1,5 %
- ♣ Ανώτερο Όριο Ευφλεκτότητας (UEL)*: 9.0 % **(Σχεδ. Νο4)**

Του Προπάνιο:

- ♣ Κατώτερο Όριο Ευφλεκτότητας: 2.0 %
- ♣ Ανώτερο Όριο Ευφλεκτότητας: 10.0 % **(Σχεδ. Νο5)**

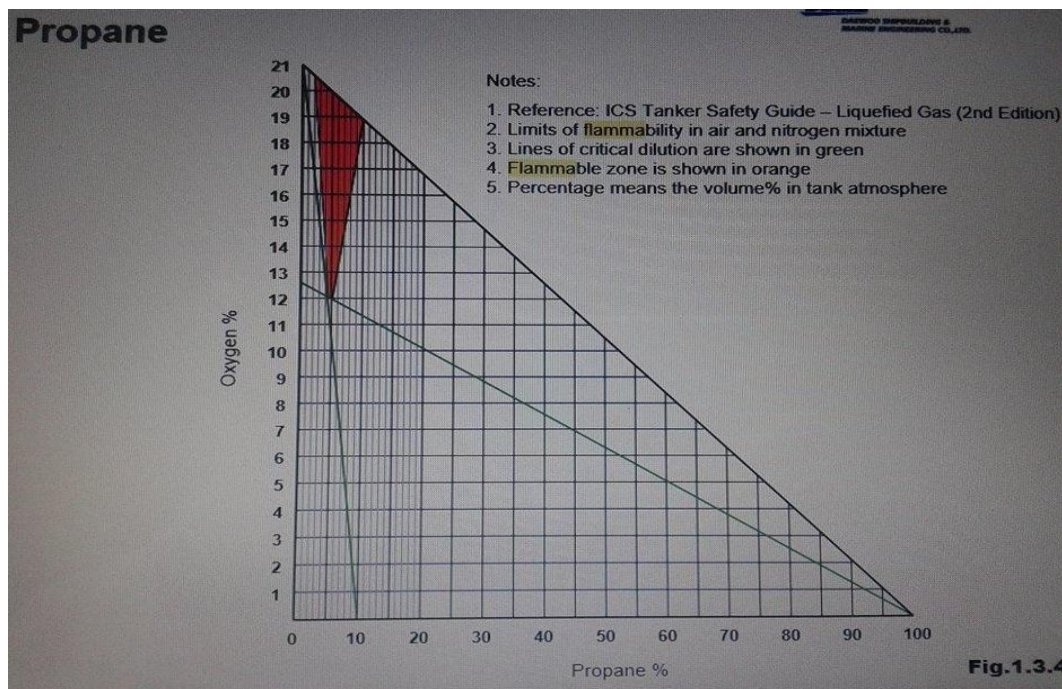
*LEL= Lower Explosive Limit, UEL= Upper Explosive Limit

CARGO:	LEL: Vol %	UEL: Vol %
Butane	1.5	9.0
Propane	2.0	10



Σχεδιάγραμμα Νο4

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ



Σχεδιάγραμμα Νο5

- **Μεταφορά και Διανομή του Υγραερίου:**

Στα εργοστάσια επεξεργασίας αργού πετρελαίου, το παραγόμενο υγραέριο, μέσω σωληνώσεων διοχετεύεται και αποθηκεύεται σε πολύ μεγάλες δεξαμενές αποθήκευσης. Για να φτάσει το υγραέριο στον πελάτη πρέπει να μεταφερθεί σε αντίστοιχα εργοστάσια αποθήκευσης και συσκευασίας (εμφιάλωσης) του. Προκειμένου να γίνει αυτό εφικτό, χρησιμοποιούνται διάφορα ειδικά σχεδιασμένα και κατασκευασμένα μέσα μεταφοράς. Η **μεταφορά του υγραερίου συνήθως γίνεται με αγωγό**, σε μεγάλους καταναλωτές ή εμφιαλωτήρια υγραερίου, όταν βρίσκονται κοντά στα διυλιστήρια. Για μεγάλες αποστάσεις μεταφοράς του υγραερίου για μέσο αγωγών, υπάρχουν και ενδιάμεσοι σταθμοί με το πλήρες σύνολο μηχανημάτων, οργάνων και εξαρτημάτων που υποστηρίζουν την μεταφορά. Η μεταφορά του Υγραερίου **δια μέσο θαλάσσης** πραγματοποιείται με **πλοία LPGC** (Liquefied Petroleum Gas). Οι θαλάσσιες μεταφορές θεωρούνται από τους πιο φτηνότερους τρόπους μεταφοράς υγροποιημένου αερίου παγκοσμίως και εφαρμόζονται σε αρκετά μεγάλο βαθμό και στην Ελλάδα για την μεταφορά υγραερίου, όπου εξυπηρετούν τα νησιά της χώρας. Κατά τις **οδικές μεταφορές υγραερίου στη ξηρά** γίνεται χρήση **βυτιοφόρων οχημάτων**. Τα Βυτιοφόρα οχήματα θεωρούνται τα φορτηγά που φέρουν πάνω τους δεξαμενή ενσωματωμένη. Σε περιπτώσεις που είναι επιθυμητή ή απαραίτητη μεταφορά υγραερίου σε **πολύ μεγάλες χερσαίες αποστάσεις**, οι οποίες μπορεί να φτάνουν και τα 2000 χιλιόμετρα, γίνεται χρήση **σιδηροδρομικών γραμμών και το Υγραέριο μεταφέρεται δια μέσο των τρένων**. Η μεταφορά των υγραερίων γίνεται πάντα σε υγρή μορφή, γιατί σε δεδομένο όγκο μπορεί να χωρέσει περίπου 250 φορές περισσότερο φορτίο από ότι θα χώραγε σε αέρια μορφή. {Πηγή: 24}

- **Χρησιμοποίηση του Υγραερίου:**

Το υγραέριο είναι μια εναλλακτική πηγή ενέργειας πολλαπλών χρήσεων, εξαιρετικά οικονομική, οικολογική και εύκολη στη χρήση, ενώ χρησιμοποιείται σε πολλούς κλάδους και εφαρμογές. Οι βασικές χρήσεις του υγραερίου (Προπάνιο - Βουτάνιο) σε φιάλες είναι κυρίως στο μαγείρεμα (είναι αέριο που περιέχεται στις

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

φιάλες που χρησιμοποιούν πολλά εστιατόρια στη χώρα μας), στη θέρμανση εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, σε διάφορες βιοτεχνικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Υγραέριο, επίσης, περιέχουν οι φιάλες των καμινέτων και οι αναπτήρες. Τέλος, χρησιμοποιείται ευρύτατα και για την κίνηση οχημάτων 'Autogas' και θεωρείται το σημαντικότερο εναλλακτικό καύσιμο για τη χρήση αυτή σε όλη την Ευρώπη. (Βλέπε εικ. Νο5)



(Εικόνα 5: Τελικοί καταναλωτές LPG.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Στόλος των LPG και των LNG

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλος λόγος και συζητήσεις σχετικά με την παγκόσμια οικονομική κρίση και το βαθμό που αυτή έχει επηρεάσει το παγκόσμιο εμπόριο. Σαν αποτέλεσμα της κρίσης αυτής ήταν να συρρικνωθεί σε μεγάλο βαθμό το παγκόσμιο εμπόριο και μοιραία να επηρεαστεί ταυτόχρονα και η ναυτιλία, αφού είναι μια παράγωγη δραστηριότητα της εμπορικής. Στον κλάδο της ναυτιλίας η κρίση φαίνεται να επηρέασε αρνητικά τα πλοία τύπου passengers ship, tankers ship, bulk carrier, ενώ αντίθετα τα πλοία τύπου LNG – LPG επηρεάστηκαν θετικά αφού η ζήτηση για φυσικό αέριο αυξήθηκε. Κάτι τέτοιο θεωρείται λογικό άλλωστε, αφού το φυσικό αέριο αποτελεί βασικό συστατικό αυτοκίνησης, θέρμανσης και παραγωγής ενέργειας. Σε παγκόσμιο επίπεδο παρατηρείται αλματώδης ανάπτυξη της αγοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), ως εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου. Τα κύρια χαρακτηριστικά του αναφέρονται σε: 1) καθαρότερο καύσιμο με μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη και παράλληλα 2) πολύ χαμηλότερων εκπεμπόμενων ρύπων σε σχέση με το πετρέλαιο.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (Liquified Natural Gas – LNG) έχει τεθεί προσφάτως στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος της παγκόσμιας ναυτιλίας. Κατά τη

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

διάρκεια των τελευταίων ετών έχουν υπάρξει πολλές ανακοινώσεις για την παραγγελία νέων πλοίων μεταφοράς LNG, τόσο από Έλληνες όσο και από Κινέζους πλοιοκτήτες, οι οποίοι και πρωταγωνιστούν σε μία ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά.

Παρά την παρούσα θετική κατάσταση, η απόφαση για τη ναυπήγηση ενός μεταγωγικού πλοίου LNG, δεν μπορεί εκ φύσεως να είναι αυθόρμητη ή σχετικά επιπόλαιη. Ένα πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου αερίου απαιτεί μία επένδυση της τάξεως των 250 εκατομμυρίων δολαρίων, η οποία αντιστοιχεί περίπου στο τετραπλάσιο της αξίας ενός οποιουδήποτε άλλου πλωτού μεταγωγικού οχήματος μεταφοράς καυσίμων ίδιας χωρητικότητας.

Αυτό που καθιστά τη συγκεκριμένη απόφαση ακόμη δυσκολότερη, είναι το χρονικό διάστημα που συνήθως απαιτείται μεταξύ της παραγγελίας και της καθέλκυσης του καινούργιου αυτού πλοίου. Σε αυτό το διάστημα (το οποίο κυμαίνεται ενδεικτικά ανάμεσα στα 2 με 4 έτη) υπάρχουν σημαντικά ρίσκα τα οποία μπορούν να μεταβάλλουν αισθητά την αξία του υπό ναυπήγηση πλοίου. {Πηγή: 1+2}

Σύμφωνα με τη naftemporiki.gr :

Η μεγέθυνση του στόλου των LNG αναμένεται να τρέξει το 2016 με διπλάσιους ρυθμούς σε σύγκριση με το 2015. Πιο συγκεκριμένα, η παγκόσμια μεταφορική ικανότητα αναμένεται να αυξηθεί το τρέχον έτος κατά 12%, έναντι μόλις 6% το 2015.

Για το 2016 αναμένεται να ενταχθούν στον στόλο 53 νεότευκτα πλοία, ενώ σε διάλυση αναμένεται να οδηγηθούν μόλις τρία πλοία.

Να σημειωθεί ότι στο τέλος του 2014 ο παγκόσμιος στόλος των LNG Carriers ανερχόταν σε 373 πλοία συνολικής μεταφορικής ικανότητας 55 εκατ. κυβικών μέτρων. Το 2014 υπολογίζεται ότι προστέθηκαν στην αγορά 28 νεότευκτα πλοία, ενώ το 2015 μέχρι και τον Νοέμβριο είχαν καταγραφεί παραγγελίες για 20 νεότευκτα. Συνολικά στο τέλος του 2015 τα υπό παραγγελία LNG Carriers ανέρχονταν σύμφωνα με τη βάση δεδομένων Lloyd's List Intelligence σε 143 πλοία.

Η ελληνική παρουσία στον παγκόσμιο στόλο των LNG Carriers, είναι ιδιαίτερα έντονη, καθώς σύμφωνα με στοιχεία της Petrofin από 50 πλοία που αριθμούσε ο ελληνόκτητος στόλος το 2014, έφθασαν τα 74 το 2015. {Πηγή: 17}

Δεκατρείς Έλληνες πλοιοκτήτες συγκαταλέγονται μεταξύ των 100 ισχυρότερων προσωπικοτήτων της παγκόσμιας ναυτιλίας. Η διεθνής κατάταξη των Lloyd's, η οποία και εφέτος αναδεικνύει τα σημαντικότερα ονόματα της διεθνούς εφοπλιστικής οικογένειας, τοποθετεί σε περίοπτη θέση τους Έλληνες εφοπλιστές. Η ελληνική ναυτιλία, σε αντίθεση με την εικόνα της χώρας μας στο εξωτερικό, ενισχύει την θέση των Ελλήνων στο παγκόσμιο επιχειρηματικό γίγνεσθαι, αφού αυτοί αποτελούν την πολυπληθέστερη εθνικότητα πλοιοκτητών ανά τον πλανήτη στη λίστα των Lloyd's.

Οι Έλληνες πλοιοκτήτες που συμπεριλαμβάνονται στη λίστα (2015) των Lloyd's είναι οι παρακάτω:

1. Γιάννης Αγγελικούσης της ASG (5η θέση μεταξύ των 100, όπως και το 2014),
2. Αγγελική Φράγκου της Navios (16η θέση από 15^η το 2014),
3. Γιώργος Οικονόμου της Cardiff Marine / TMS Group / Dry Ships (17η θέση από 21^η το 2014),
4. Γιώργος Προκοπίου της Dynacom / Dynagas (18η θέση από 25^η το 2014),
5. Peter Λιβανός της Gaslog (21η θέση),
6. Πέτρος Παππάς της Star Bulk (31η θέση από 11^η το 2014),
7. Νικόλας Τσάκος της TEN και της Διεθνούς Ένωσης Ανεξάρτητων Πλοιοκτητών Δεξαμενοπλοίων Intertanko (45η θέση από 54^η το 2014),
8. Πίτερ Γεωργιόπουλος της Gener8 Maritime (47^η θέση από την 83^η το 2014),

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

9. Θεόδωρος Βενιάμης, πρόεδρος της Ένωσης Ελλήνων Εφοπλιστών (48η θέση),

10. Κωστής Κωνσταντακόπουλος της Costamare (52η θέση από 50^η το 2014),

11. Ευάγγελος Μαρινάκης της Capital Maritime (65η θέση από την 81^η το 2014),

12. Σίμος Παλιός της Diana Shipping (88η θέση από την 81^η το 2014) και

13. Δημήτρης Μελισσανίδης της Aegean Marine Petroleum (98^η θέση από 97^η το 2014).

Οι Έλληνες πλοιοκτήτες που συμπεριλαμβάνονται στη λίστα (2015) των Lloyd's και έχουν υπό την κατοχή τους και διαχειρίζονται Υγραεριοφόρα πλοία είναι οι παρακάτω:

1. Ιωάννης Αγγελικούσης:

Ο όμιλος επιχειρήσεων Αγγελικούση έχει εξασφαλίσει σημαντική παρουσία σε κάθε τομέα στον οποίο δραστηριοποιείται – του χύδην ξηρού φορτίου, στα δεξαμενόπλοια καθώς επίσης και στα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG). Ο όμιλος διαθέτει αυτή τη στιγμή σχεδόν 100 πλοία στη θάλασσα, ενώ έχει κάνει άλλες 30 παραγγελίες πλοίων.



(Εικόνα Νο6)

Ο κ. Αγγελικούσης ίδρυσε από κοινού με την επιχείρηση του Κατάρ Nakilat (η οποία θεωρείται ο μεγαλύτερος κάτοχος στον κόσμο των πλοίων LNG με ένα στόλο από 56 καράβια μισθωμένα σε μακροπρόθεσμες συμβάσεις για την Qatargas και RasGas) την 'Maran Nakilat'. Η Maran Nakilat ξεκίνησε το 2005 με τέσσερα (4) πλοία μεταφοράς LNG. Τα νέα πλοία που εντάχθηκαν στη συνέχεια στο δυναμικό της κοινοπραξίας δημιούργησαν ένα κοινό στόλο 13 LNG. Ο κ. Αγγελικούσης κατέχει ποσοστό 60%, ενώ η Nakilat έχει στην κατοχή της το υπόλοιπο 40%.

Συμπεριλαμβανομένων των πλοίων που είναι στη συνιδιοκτησία με τη Nakilat, η Maran Gas Maritime διαθέτει σήμερα ένα στόλο 17 πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) στη θάλασσα, ενώ έχει παραγγείλει επιπλέον 12 πλοία μεταφοράς LNG (8 πλοία για το 2016, 1 για το 2018 και 3 για το 2019). Η συμμαχία με τη Nakilat, η διοίκηση της οποίας υποστηρίζει ότι διαθέτει το μεγαλύτερο στόλο LNG στον κόσμο, αποτελεί σίγουρα μια πηγή πρόσθετης δύναμης για τη Maran Gas και τον κ. Αγγελικούση.

Η στασιμότητα της αγοράς ξηρού φορτίου έχει οδηγήσει τον Όμιλο Αγγελικούση να εστιάσει τις επενδύσεις του στον τομέα των δεξαμενοπλοίων και των πλοίων μεταφοράς LNG. **(Βλέπε εικ. Νο6)**



(Εικόνα Νο7)

2. Γεώργιος Οικονόμου, επικεφαλής του Ομίλου Cardiff Marine/TMS/Dryships:

Ο ιδιωτικός στόλος του γκρουπ της Cardiff Marine/TMS έχει αυξηθεί σημαντικά. Τον Οκτώβριο του 2015 περιελάμβανε 35 φορτηγά πλοία, 32 δεξαμενόπλοια, πέντε πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου και

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

μεταφοράς εμπορ/τοκιβωτίων καθώς και 26 νεότευκτα πλοία τα οποία βρίσκονται καθ' οδόν. Στο στόλο των νεότευκτων περιλαμβάνονται πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αερίου, τέσσερα VLGCs, τα οποία έχουν παραγγελθεί στα ναυπηγεία Hyundai Heavy Industries (HHI) από τον γιο κ. Χρήστο Οικονόμου και τα οποία είναι μακροχρόνια ναυλωμένα στις Shell και Gunvor.

Ο πλοιοκτήτης έχει αρχίσει από το 2015 να υλοποιεί συμφωνίες σε όλους τους μείζονες τομείς της ναυτιλίας, από τα δεξαμενόπλοια ως τα πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην και υγροποιημένου φυσικού αερίου. **(Βλέπε εικ. Νο7)**

3. Γεώργιος Προκοπίου, Dynacom / Dynagas:

Η εταιρεία Dynagas έχει ήδη κατακτήσει μια ηγετική θέση στη διακίνηση υγροποιημένου φυσικού αερίου στον Αρκτικό Ωκεανό κατορθώνοντας το 2015 να αντικαταστήσει τη Sovcomflot. Δημιουργώντας 5 πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου Arc-7, εξυπηρετεί το ρωσικό έργο στη χερσόνησο Yamal. Ο όμιλος έχει επίσης δεσμεύσει 4 ακόμη πλοία για μια 15ετή περίοδο προκειμένου να εξυπηρετήσει το συγκεκριμένο έργο από το 2019,



(Εικόνα Νο8)

γεγονός που την αναδεικνύει στον μεγαλύτερο ναυτιλιακό εταίρο της Yamal. Αυτό έχει επίσης οδηγήσει στην επέκταση του κατασκευαστικού προγράμματος της Dynagas Partners, η οποία από πέντε πλοία μεταφοράς LNG που κατέχει σήμερα θα πάει σε άλλα 10 πλοία.

Η Dynagas κατέχει το 49% των πέντε Arc-7 νεότευκτων πλοίων, στο πλαίσιο συμφωνίας με την China LNG Shipping και Sinotrans Shipping, που θα είναι και οι συνιδιοκτήτες. Ο Έλληνας ιδιοκτήτης θα κρατήσει επίσης τον επιχειρησιακό έλεγχο, ενώ η κοινή επιχείρηση μπορεί να ανοίξει νέες πόρτες με μεγάλο ενδιαφέρον για το προσεχές μέλλον. **(Βλέπε εικ. Νο8)**

Μια άλλη εξαιρετικά ενδιαφέρουσα εξέλιξη, είναι αυτή που έχει προκύψει από τη συνεργασία της Dynagas με τις Golar LNG και GasLog στην αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το αντικείμενο δραστηριότητας είναι η spot αγορά LNG.

4. Peter G. Λιβανός, Gaslog:

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Lloyd's List, στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος του κ. Λιβανού είναι σήμερα η αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου, ενώ το κίνητρο που τον οδήγησε στη μείωση της συμμετοχής του στην Europan είναι να δημιουργήσει κάτι σημαντικό στον τομέα του LNG.



(Εικόνα Νο9)

Ιδρυτής, πρόεδρος και βασικός μέτοχος της εταιρείας GasLog, που έχει την έδρα της στο Μονακό, έχει ήδη αναδειχθεί σε ηγετική φυσιογνωμία του κλάδου. Η GasLog έχει καταστήσει σαφές, ότι είναι αποφασισμένη να αυξήσει το στόλο της με τουλάχιστον 40 πλοία μεταφοράς LNG από το 2017, ενώ παραμένει σταθερή σχετικά με τις προοπτικές του εμπορίου υγροποιημένου φυσικού αερίου.

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Μεταξύ GasLog και της spin-off MLP GasLog Partners, ο στόλος στα τέλη του 2015 αποτελούνταν από 19 πλοία, ενώ άλλα (8) οκτώ νέα πλοία αναμένεται να παραδοθούν με έτος έναρξης το 2019. (Βλέπε εικ. Νο9) {Πηγή: 18}

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Σχεδιασμός του σκάφους για την ασφάλεια αυτού και του πληρώματος.

Τα πλοία σχεδιάζονται με γνώμονα τον IGC Code (The International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk) με διπλά τοιχώματα στα πλαϊνά και στο πυθμένα (Διπύθμενα), έτσι ώστε σε περίπτωση συγκρούσεως ή προσαράξεως να μην υπάρξει μεγάλη ζημιά και κυρίως η διαρροή φορτίου να είναι όσο το δυνατό πιο μικρή. Για αυτούς ακριβώς τους λόγους η ύπαρξη διπλού τοιχώματος στα Υγραεριοφόρα πλοία επιβάλλεται απαραίτητη από τους Νηογνώμονες.

Με βάση τον IGC Code το secondary barrier των LNG πλοίων, κατασκευάζεται έτσι ώστε να μπορεί να αντέξει το λιγότερο για 15 ημέρες σε περίπτωση διαρροής.

4.2 Κατηγορίες Υγραριοφόρων πλοίων

Στις σύγχρονες θαλάσσιες μεταφορές παρατηρούνται δύο βασικοί τύποι υγραεριοφόρων πλοίων:

1. Τα Υγραεριοφόρα φυσικού αερίου, LNG (Liquified Natural Gas), και
2. Τα Υγραεριοφόρα πετρελαϊκού αερίου, LPG (Liquified Petroleum Gas).

Ο IMO, κατατάσσει τα Υγραεριοφόρα πλοία σε 3 κατηγορίες με βάση το βαθμό επικινδυνότητας των φορτίων που μεταφέρουν για το περιβάλλον:

- Πλοία τύπου 1 G (μεταφέρουν φορτία πολύ μεγάλου κινδύνου)
- Πλοία τύπου 2 G (μεταφέρουν φορτία μειωμένης επικινδυνότητας)
- Πλοία τύπου 3 G (μεταφέρουν φορτία ελάχιστης επικινδυνότητας)

Τα Υγραεριοφόρα πλοία μπορούμε να τα κατηγοριοποιήσουμε ανάλογα με τις δυνατότητες που έχουν να χειρίζονται ένα φορτίο και γενικά να ανταποκρίνονται σε ένα σύστημα μεταφοράς υγραερίων :

❖ 1) Πλήρους πίεσης (fully pressurized ship):

Είναι κυρίως μικρά πλοία που έχουν χωρητικότητα περίπου 1000 m³ και κυλινδρικές δεξαμενές. Μεταφέρουν συνήθως LPG σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μέχρι 45 °C και με μεγάλη πίεση (περίπου 18 kg/cm²).

❖ 2) Ημι-ψυκτικού/Ημι-πιεστικού τύπου (semi-refrigerated/semi-pressurized ship):

Έχουν χωρητικότητα μέχρι και 12000 m³ και είναι κατασκευασμένα να μεταφέρουν συνήθως προϊόντα LPG, Αμμωνίας, Προπανίου, Βουτανίου κτλ σε μέτρια ψύξη (περίπου -10 °C) και με πίεση μέχρι και 7 kg/cm².

❖ 3) Πλήρους ψύξης (Fully refrigerated ship):

Τα πλοία αυτού του τύπου έχουν χωρητικότητα που φτάνει τα 100000 m³ και μεταφέρουν προϊόντα LPG σε πίεση έως και 200mbar και σε χαμηλή θερμοκρασία (μέχρι -42°C).

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

❖ 4) Πλοίο μεταφοράς Αιθυλενίου (Ethylene Ship):

Η χωρητικότητα αυτών των πλοίων είναι μεταξύ των 1000-12000 m³. Τα πλοία αυτά έχουν ειδικά κατασκευασμένες δεξαμενές για τη μεταφορά Αιθυλενίου το οποίο μεταφέρεται συνήθως σε θερμοκρασία -104 °C. Οι δεξαμενές του κατασκευάζονται από κράματα αλουμινίου και εξωτερικά έχουν πολύ ισχυρή και ανθεκτική μόνωση.

❖ 5) Πλοίο μεταφοράς LNG (LNG ship):

Η χωρητικότητα των πλοίων αυτών κυμαίνεται από 40000 μέχρι 190000 m³. Στα LNGC οι δεξαμενές φορτίου είναι κατασκευασμένες να μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο σε 4 δεξαμενές (συνήθως) Membrane Tank type στους -163 °C και σε πίεση absolute 1060 mbar (absolute pressure=cargo tank pressure+atmospheric pressure). Εφόσον όπως παρατηρήσαμε το φορτίο LNG μεταφέρεται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, θα πρέπει να είναι απομονωμένο από τη μεταλλική κατασκευή της γάστρας του πλοίου και να περικλείεται από κατάλληλη μόνωση (Μεμβράνες), ώστε η θερμοκρασία του χάλυβα των δεξαμεμών, να μην γίνει πιο χαμηλή από αυτήν που έχει δοκιμαστεί και εγκριθεί να αντέξει και έτσι η δεξαμενή τελικά να θραύσει ή να υποστεί κάποιο ρήγμα.

Οι δεξαμενές ανάλογα με το πώς είναι κατασκευασμένες, διακρίνονται σε 3 είδη:

1. Σφαιρικές Αυτοφερόμενες (Self-Supporting τύπου Moss Tanks)
2. Μεμβρανώδης (Membrane-Type) (τύπου Mark III και GT 96 Tanks)
3. Πρισματικές (**Βλέπε Ευκ.No10**)



(Εικόνα Νο10)

4.3 Κατασκευαστικά στοιχεία των δεξαμενών και υλικά κατασκευής

Γενικά Ιστορικά:

Μελέτες για την κατασκευή κατάλληλων δεξαμενών (σφαιρικών MOSS, MARK III, GT 96...) για την θαλάσσια μεταφορά των αερίων άρχισαν το 1954 στη Νορβηγία, Αγγλία, Γαλλία. Το πρώτο πλοίο που μετέφερε φορτίο LNG (5000 m³) ήταν το "Methane Pioneer" το έτος 1959 το οποίο ήταν πρώην φορτηγό πλοίο που είχε υποστεί κατάλληλες μετατροπές. Η μεταφορά του πρώτου φορτίου ήταν επιτυχής και ακολούθησαν και άλλες μετατροπές πλοίων για τη μεταφορά υγροποιημένων φορτίων την δεκαετία του 60. Υπήρξαν όμως και πολλά προβλήματα που έπρεπε να λυθούν όπως:

- Κατάλληλος σχεδιασμός του σκάφους, για την αποτροπή μεγάλης οικολογικής καταστροφής σε περίπτωση ατυχήματος.
- Υλικό κατασκευής των δεξαμενών για να αντέχει τις χαμηλές θερμοκρασίες μεταφοράς των LNG.
- Αποτελεσματική μόνωση.
- Ειδικές αντλίες, γραμμές για το χειρισμό φορτίου.
- Κατάλληλες συσκευές για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας και της κατάστασης του φορτίου.
- Τρόπος λήψης δειγμάτων και τρόπος μέτρησης φορτίου.

Όταν τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίστηκαν με επιτυχία στα πρώτα διασκευασμένα πλοία και άρχισε η ναυπήγηση των πρώτων αποκλειστικών πλοίων μεταφοράς υγροποιημένων αερίων σε βρετανικά ναυπηγεία.

Υποκατηγορίες των τριών παραπάνω τύπων πλοίων (Σφαιρικές Αυτοφερόμενες-Μεμβρανώδης-Πρισματικού) ανάλογα με τη κατασκευή των δεξαμενών είναι:

1. MOSS TANKS: πήραν το όνομα της εταιρείας από την οποία σχεδιάστηκαν, τη Νορβηγική Ναυτιλιακή εταιρεία 'Moss Maritime'. Πρόκειται για δεξαμενές με σφαιρικό σχήμα και αυτοφερόμενες από αλουμίνιο. Τα περισσότερα σκάφη τύπου 'Moss' στο σύνολο έχουν 4 ή 5 δεξαμενές. Το εξωτερικό της δεξαμενής έχει ένα παχύ στρώμα μονωτικού αφρού. Γύρω από αυτήν τη μόνωση υπάρχει ένα λεπτό στρώμα αλουμινοχαρτο "tinfoil" που επιτρέπει τη μόνωση να διατηρείται στεγνή με ατμόσφαιρα αζώτου. Αυτή η ατμόσφαιρα ελέγχεται συνεχώς για κάθε ένδειξη διαρροής μεθανίου των δεξαμενών. Επίσης ελέγχεται και η εξωτερική πλευρά της δεξαμενής σε διαστήματα 3 μηνών για τυχόν κρύα σημεία που θα υποδεικνύουν βλάβη στη μόνωση. Η δεξαμενή υποστηρίζεται γύρω από την περιφέρειά της με ισημερινό δακτύλιο. Μέσα σε κάθε δεξαμενή υπάρχει μια σειρά από κεφαλές ψεκασμού. Αυτές οι κεφαλές είναι τοποθετημένες γύρω από το ισημερινό δακτύλιο και χρησιμοποιούνται για να ψεκάζουν υγρό LNG πάνω στα τοιχώματα της δεξαμενής για τη μείωση της θερμοκρασίας.

2. IHI: σχεδιάστηκε από την Ishikawajima-Harima Heavy Industries και είναι αυτοφερόμενη δεξαμενή από αλουμίνιο, πρισματικού τύπου B και προς το παρόν χρησιμοποιείται μόνο σε δύο πλοία.

3. TGZ MARK III TANKS: Οι δεξαμενές αυτές είναι σχεδιασμένες από την Technigaz και είναι τύπου μεμβράνης. Η μεμβράνη αποτελείται από ανοξείδωτο χάλυβα με 'waffles' που απορροφούν τη θερμική συστολή (μείωση του όγκου των υγρών λόγω ψύξης), όταν η δεξαμενή ψύχεται.

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Έτσι πηγαίνοντας από το εσωτερικό της δεξαμενής προς τα έξω, συναντάμε αρχικά:

a) Το **πρωτεύον φράγμα** το οποίο είναι κατασκευασμένο από **ανοξειδωτο χάλυβα**, είναι κυματοειδές και έχει περίπου 1,2 mm πάχους. Αποτελεί μία άμεση επαφή με το υγρό φορτίο (ή το αέριο σε άδεια κατάσταση της δεξαμενής).

b) Ακολουθεί μια **πρωτεύον μόνωση ‘Inter Barrier Space (IBS)’** που είναι ένας χώρος μεταξύ του πρωτεύον και δευτερεύον φράγματος.

c) Η πρωτεύον μόνωση καλύπτεται από ένα **δευτερεύον φράγμα** κατασκευασμένο από ένα υλικό που ονομάζεται "**triplex**", το οποίο είναι ουσιαστικά ένα μεταλλικό φύλλο που στριμώνχεται μεταξύ των φύλλων υαλοβάμβακα και συμπιέζονται μαζί.

d) Μετά το ‘triplex’ υπάρχει μια δευτερεύουσα μόνωση **‘Insulation Space (IS)’**, η οποία φτάνει μέχρι και το εσωτερικό του ‘hull’.

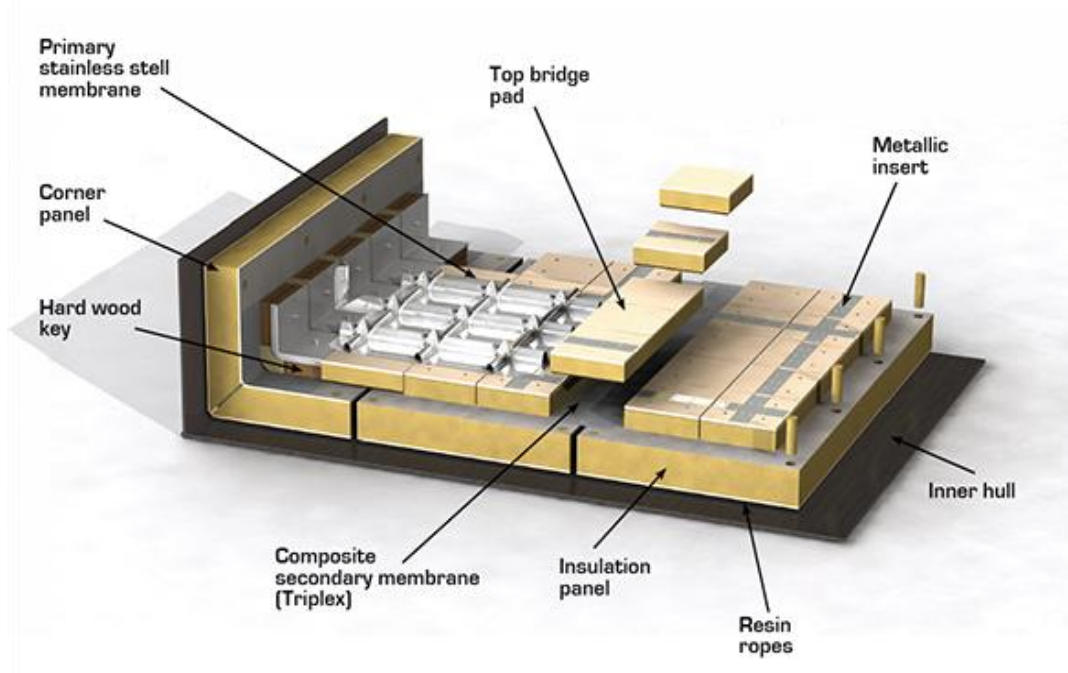
Οι χώροι μονώσεως (**IBS** και **IS**) διατηρούνται ξηροί και σε αδρανοποιημένη κατάσταση με την παροχή Αζώτου. Το Άζωτο (N₂) είναι αδρανές αέριο, και (αν τυχόν) όταν έρθει σε επαφή με το Μεθάνιο (CH₄) δεν δημιουργείται εύφλεκτο μείγμα. Το Άζωτο έχει ποιο υψηλότερα σημεία ψύξεως (freezing point) από όλα τα αλλά αδρανή αέρια και παγώνει στους -196 °C, ενώ το Μεθάνιο μεταφέρεται στους -163 °C. Άρα από τη στιγμή που το Άζωτο παγώνει σε χαμηλότερους βαθμούς από ότι το Μεθάνιο, οι χώροι μονώσεως (**IBS** και **IS**) που καλύπτονται από Άζωτο ΔΕΝ θα παγώσουν και δεν θα δημιουργηθούν καταστροφές στους χώρους αυτούς. Η πίεση σε αυτούς τους 2 χώρους διατηρείται λίγο πάνω από την ατμοσφαιρική, προκειμένου να αποφεύγεται να εισέλθει ατμοσφαιρικός αέρας εντός αυτών. Στο **IBS** η πίεση διατηρείται μεταξύ του 5-10 mbar πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση. Το **IS** θα πρέπει να έχει υψηλότερη πίεση από το **IBS** και η διαφορά στις πιέσεις τους κυμαίνεται μεταξύ των 2-7 mbar. **(Βλέπε εικ. Νο11)**

4. GT96 TANKS: Πρόκειται για σχέδιο της εταιρείας ‘Gaz Transport’. Η δεξαμενή αποτελείται από **κύρια και δευτερεύουσα λεπτή μεμβράνη**, φτιαγμένη από υλικό **‘invar’** το οποίο έχει μηδενική θερμική συστολή. Η μόνωση δομείται από κουτιά κόντρα πλακέ, τα οποία γεμίζουν με περλίτη και εμποτίζονται συνεχώς με αέριο άζωτο. Η ακεραιότητα των δύο μεμβρανών παρακολουθείται συνεχώς για τυχόν ανίχνευση υδρογονάνθρακα στο άζωτο. Μια εξέλιξη που προτάθηκε από την ‘NG2’ ήταν η αντικατάσταση του αζώτου από το αργό, ως αδρανές και μονωτικό αέριο. Το αργό έχει καλύτερη μονωτική ικανότητα από το άζωτο, πράγμα που υποστηρίζεται ότι οδηγεί σε εξοικονόμηση 10% των εξατμιζόμενων αερίων. **(Βλέπε εικ. Νο12)**

5. CS1 TANKS: Οι δεξαμενές αυτές έχουν σχεδιαστεί από τις συγχωνευμένες πλέον εταιρείες ‘Technigaz’ και ‘Gaz Transport’ και αποτελούνται από τα καλύτερα υλικά των ‘Mark III’ και ‘GT 96’ συστημάτων. Το πρωτεύον φράγμα είναι κατασκευασμένο από ‘INVAR’ 0,7 χιλιοστά και το δευτερεύον από ‘Triplex’. Η πρωτεύον και δευτερεύον μόνωση αποτελείται από πάνελ αφρού πολυουρεθάνης. Τρία πλοία έχουν κατασκευαστεί σε ναυπηγείο με την τεχνολογία ‘CS1’. Γενικά οι δεξαμενές αυτές αποδείχθηκαν ελαττωματικές με πολλά μειονεκτήματα.

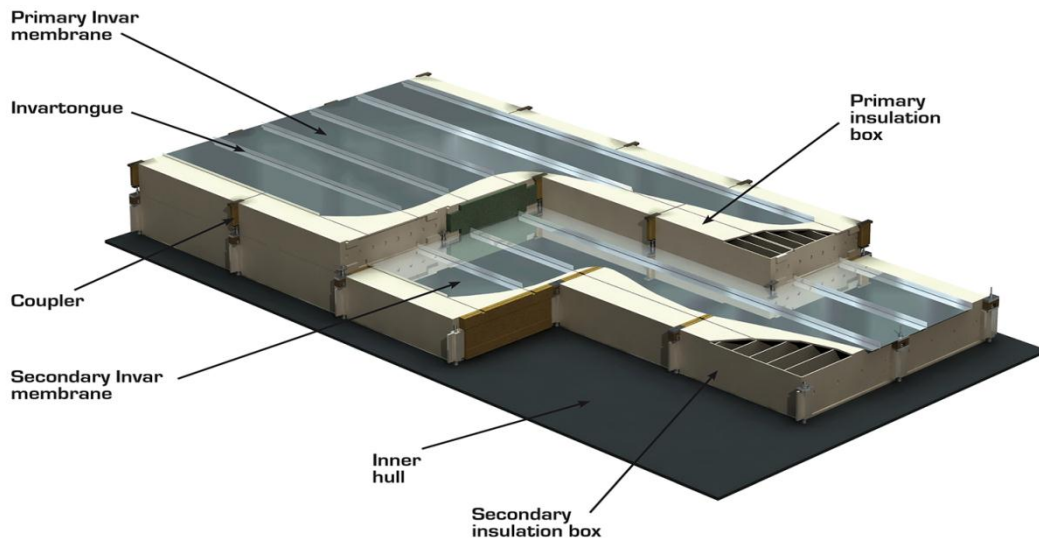
ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Mark III



(Εικόνα Νο11)

No 96



(Εικόνα Νο12)

Επίσης ο τύπος και ο τρόπος κατασκευής των δεξαμενών προβλέπονται από σχετικούς κανονισμούς του IMO, σύμφωνα με τους οποίους μπορεί να είναι:

1. Ανεξάρτητες δεξαμενές (Independent Tanks)

Οι δεξαμενές αυτές είναι 'αυτοσυγκρατούμενες' δηλαδή δεν αποτελούν μέρος του πλοίου και δεν είναι κολλημένες πάνω σε αυτό. Η δεξαμενή περιβάλετε από δεύτερο τοίχωμα και ανάμεσα σε αυτό το τοίχωμα και το κέλυφος της δεξαμενής υπάρχει

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

κενός χώρος ο λεγόμενος “void space”, ο οποίος προστατεύει το σκάφος από τυχών διαρροή και ιδιαίτερα από ψύξη η οποία ενδέχεται να συμβεί από τη δεξαμενή φορτίου προς τα έξω. Οι ανεξάρτητες δεξαμενές υπάρχουν σε τύπο Α με πρισματική διατομή, σε τύπο Β με σφαιρική διατομή και σε τύπο C με κυλινδρική διατομή.

2. Μεμβρανώδεις δεξαμενές (Membrane Tanks)

Αυτές οι δεξαμενές αποτελούνται από λεπτό μεταλλικό τοίχωμα (μεμβράνη πάχους 0,5 mm) φτιαγμένο από κράμα σιδηρονικελίου. Η εξωτερική πλευρά της μεμβράνης καλύπτεται από μονωτικό στρώμα που έχει πάχος 200 mm και είναι από Περλίτη, έπειτα με μια ίδια με την αρχική 2^η μεμβράνη και τέλος ακολουθεί ξανά μονωτικό στρώμα Περλίτη. Η μόνωση υπάρχει για να προφυλάσσει το γύρο πλοίο από τυχόν διαρροή ψύξης και για να λιγοστεύει την απώλεια θερμότητας της δεξαμενής φορτίου. Οι δεξαμενές αυτού του τύπου στηρίζονται πάνω σε ισχυρά στηρίγματα και επομένως δεν είναι ‘αυτοσυγκρατούμενες’.

3. Ημιμεμβρανώδεις δεξαμενές (Semi-membrane Tanks)

Είναι ‘αυτοσυγκρατούμενες’ και το πρώτο τους τοίχωμα (εσωτερικό) είναι λεπτότερο από αυτό των δεξαμενών μεμβράνης.

4. Ακέραιες δεξαμενές (Integral Tanks)

Οι δεξαμενές αυτές είναι ενσωματωμένες πάνω στο πλοίο και γύρω από το κέλυφος της δεξαμενής υπάρχει πολύ καλή μόνωση προκειμένου να ελαχιστοποιείται η απώλεια θερμότητας της, αλλά και για να προστατεύεται από την ψύξη του φορτίου η κατασκευή του πλοίου γύρω από τη δεξαμενή.

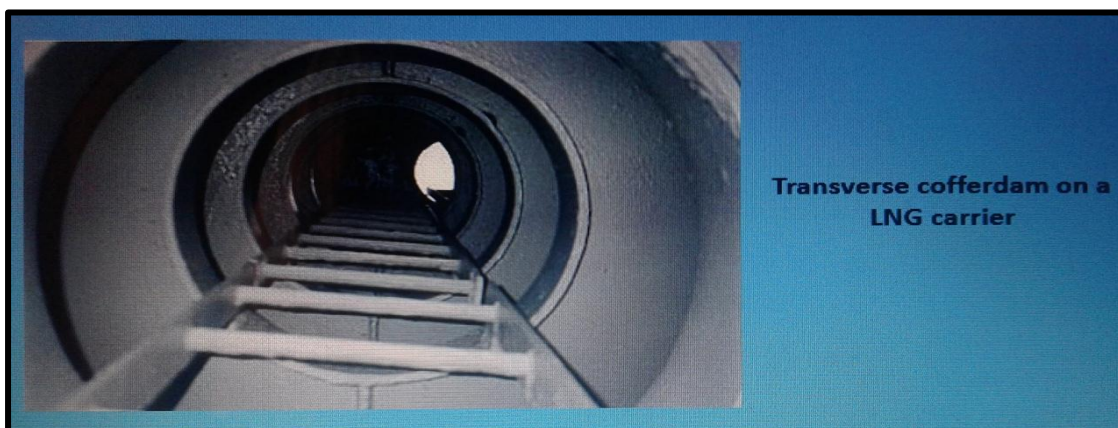
4.4 Κατασκευαστικά των LNG πλοίων

Cofferdam:

Ενδιάμεσα στα 4 αμπάρια/δεξαμενές φορτίου των πλοίων αυτών υπάρχουν κενοί χώροι τα Cofferdam. Τα Cofferdam είναι 5 διαχωριστικοί χώροι ενδιάμεσα στα 4 αμπάρια του πλοίου και τοποθετούνται προκειμένου να διαχωρίζουν τις μεμβράνες των LNG Tanks και να μειώνουν τις πιθανότητες μιας δεξαμενής να επηρεάσει την γειτονική της. Τα Cofferdam έχουν συγκεκριμένο μέγεθος (φάρδος όχι παραπάνω από 600 mm) για εύκολη πρόσβαση και διαθέτουν και ανθρωποθυρίδα το κάθε ένα από αυτά.

Ο χώρος των Cofferdam διατηρείται περίπου στους +5°C και άνω, κατά την διάρκεια φορτώσεως (-163°C) προκειμένου :

- α) να είναι προσβάσιμος,
- β) να αποφεύγεται ο κίνδυνος διάβρωσης ή crack της λαμαρίνας λόγω απότομης μεταβολής της θερμοκρασίας.
- γ) να αποφευχθεί οποιαδήποτε βλάβη στη μόνωση (IBS). (Βλέπε εικ. Νο 13)



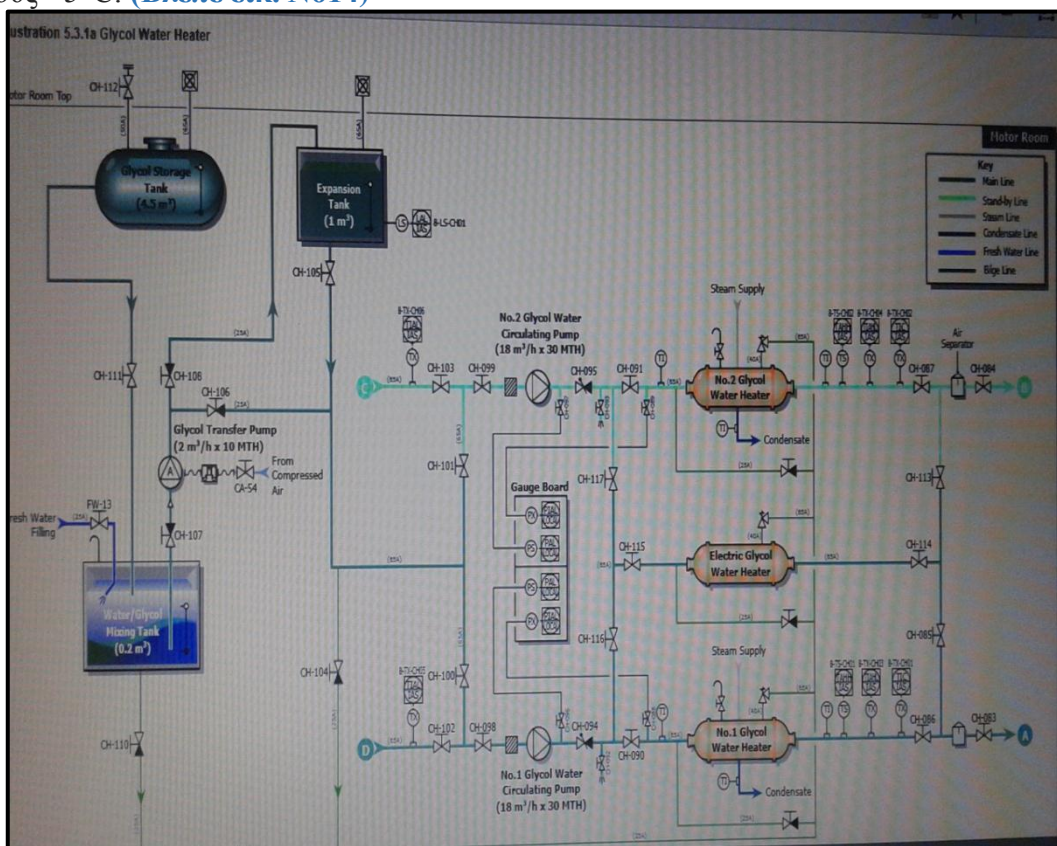
(Εικόνα Νο13)

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

✚ Γλυκόλη:

Για την διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας στους +5°C εντός των Cofferdam διέρχεται Γλυκόλη με Νερό δια μέσο του παρακάτω συστήματος.

Το σύστημα προθερμαντήρα Γλυκόλης-Νερού (Glycol Water Heating System) είναι τοποθετημένο στο Electric Motor Room. Το σύστημα αυτό θερμαίνει τη Γλυκόλη με το Νερό τα οποία διοχετεύονται στα Cofferdam και στα Liquid Dome για να διατηρήσουν τη θερμοκρασία εντός των χώρων αυτών (όταν οι δεξαμενές είναι σε κρύες συνθήκες) περίπου στους +5°C και άνω. Η Γλυκόλη παρέχεται από το 'Glycol Storage Tank' το οποίο έχει χωρητικότητα 6000 liter και το Νερό από την 'Fresh Water Filling Line'. Γλυκόλη και Νερό αναμειγνύονται στο 'Glycol/Water Mixing Tank' το οποίο έχει χωρητικότητα 200 liter και από αυτά τα 200 το 45% είναι Γλυκόλη και το υπόλοιπο Νερό. Έπειτα δια μέσο της 'Glycol Water Circulating Pump' Γλυκόλη-Νερό περνάει από το 'Glycol Water Heater' και καταλήγουν στα 'Cofferdam' και στα 'Liquid Dome' για να διατηρήσουν την επιθυμητή θερμοκρασία στους +5°C. (Βλέπε εικ. Νο14)



(Εικόνα Νο14)

✚ TPS = Tank Protection System:

Οι δεξαμενές του πλοίου διαθέτουν 3 συστήματα προστασίας (TPS = Tank Protection System):

➤ TPS-1 (Under Pressure/Low Pressure) = Χαμηλή Πίεση

Χτυπάει Alarm όταν : Tank Pressure < 20 mbar

➤ TPS-2 (Overfilling) = Υπερχείλιση Αμπαριού

**ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ**

1^ο Alarm (High Level Alarm) = 98.7% Τότε ενεργοποιείται το 1^ο Alarm και κλείνουν μόνο τα 'Filling V/V'

2^ο Alarm (High- High Level Alarm) = 99,17% Τότε ενεργοποιείται το 2^ο Alarm, γίνεται ESD και κλείνει όλα τα ESD V/V (Filling V/V, Manifolds V/V)

➤ TPS-3 (Overpressure/High pressure) = Υψηλή Πίεση

Χτυπάει Alarm όταν : Tank Pressure > 200 mbar

✚ ΑΝΤΛΙΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ (Cargo Pump):

Οι Αντλίες ξεκινούν και σταματούν από το Cargo Control Room (CCR) δια μέσο του IAS και από τον ηλεκτρικό πίνακα φορτίου του πλοίου (Cargo Switchboard Room). Σε περίπτωση επείγοντος όλες οι αντλίες σταματούν με την ενεργοποίηση του ESD συστήματος.

Το ESD (Emergency Shut Down) είναι ένα σύστημα το οποίο μόλις ενεργοποιηθεί χειροκίνητα (τοπικά) ή αυτόματα (κονσόλα του IAS) σταματάει αυτόματα οτιδήποτε έχει σχέση με τη φορτοεκφόρτωση.

Οι αντλίες των αμπαριών του πλοίου είναι οι ακόλουθες:

A. GARGO PUMP

Είναι κύριες αντλίες των αμπαριών που χρησιμοποιούνται για εκφόρτωση του φορτίου. Είναι ηλεκτρικές κατακόρυφες φυγοκεντρικές αντλίες. Η δυνατότητα ρυθμού εκφορτώσεως (Capacity Rated Flow) των αντλιών αυτών είναι 1850 m3/h σε Ύψος (Total Head) 165m. **(Βλέπε πινακάκι No4)**

B. STRIPPING/SPRAY PUMP

Χρησιμοποιείται για αποστράγγιση των δεξαμενών φορτίου κατά την διάρκεια εκφόρτωσης και για Cooling Down στις δεξαμενές φορτίου, έπειτα από ένα Ballast Voyage και πριν την Φόρτωση. Η Ροή (Capacity Rated Flow) των αντλιών αυτών είναι 60 m3/h και το Ύψος (Total Head) της 145m.

C. FUEL GAS PUMP

Η αντλία αυτή τραβάει Liquid από το αμπάρι και το στέλνει στο Forcing Vaporizer, το οποίο μετατρέπει το Υγρό σε Αέριο. Το αέριο αυτό στέλνεται σε Compressor και από εκεί καταλήγει είτε στο GCU (Gas Combustion Unit) ή στη μηχανή ως καύσιμο (πρόωση του πλοίου με γκάζί). Η Ροή των αντλιών αυτών είναι 12 m3/h και το Ύψος της 120m.

D. EMERGENCY CARGO PUMP

Η αντλία αυτή χρησιμοποιείται για εκφόρτωση στη περίπτωση όπου υποστούν βλάβη οι 2 αντλίες φορτίου σε μια γεμάτη δεξαμενή. Η Ροή των αντλιών αυτών είναι 550 m3/h και το Ύψος της 155m. **{Πηγή: 8+9}**

	CARGO P/P	SPRAY P/P	FUEL GAS P/P	EMER GENCY P/P
Capacity Rated Flow	1900 m3/h	60 m3/h	12 m3/h	550 m3/h
Number of sets	8 (2 sets per Cargo tk)	4 (1 set per Cargo tk)	2 (No 3 &4 Cargo tk) only	1
Total Head	165 m	145m	120m	155m

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Design Temperature	-163 °C	-163 °C	163 °C	-163 °C
Design Pressure	10.4 bar	10 bar	10 bar	10 bar
Minimum flow	760 m3/h	24 m3/h	4.8 m3/h	220 m3/h
Rate flow	1900 m3/h	60 m3/h	12 m3/h	550 m3/h
Maximum flow	2280 m3/h	72 m3/h	14.4 m3/h	660 m3/h

(Πίνακας Νο4) {Πηγή: 8}

4.5 ΜΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ:

Πυκνότητα: Η πυκνότητα έχει τύπο: $P = m/V$

- Μονάδα μέτρησης: **kg/m³ ή tn/m³**
- 1τοννος=1000κιλα
- Πυκνότητα υγροποιημένου φυσικού αερίου: **0,4 -0,5 tn/m³**
- Άρα σε **1m³** του αμπαριού το LNG θα έχει **0.5 tn=500 kila** πυκνότητα
- Η Χωρητικότητα του πλοίου (Capacity) μετριέται σε: **(m³)**
- Το Νεκρό Βάρος του πλοίου (Dead Weigh Tonnage = DWT) μετριέται σε:
(tones)
- Σύμφωνα με το τύπο της πυκνότητας η Χωρητικότητα (m³) και το Νεκρό Βάρος (tn) είναι αντιστρόφως ανάλογα ποσά και έτσι όσο μεγαλύτερη θα είναι η τιμή του ενός μεγέθους τόσο μικρότερη θα είναι η τιμή του άλλου και το αντίστροφο.

Συνεπώς μπορούμε να συμπεράνουμε την ακόλουθη ερμηνεία:

Επειδή το υγροποιημένο φυσικό αέριο έχει πολύ μικρή πυκνότητα (0,4 -0,5 tn/m³) ένα πλοίο που σχεδιάζεται για την μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου θα έχει τεράστια χωρητικότητα σε σχέση με το DWT του. Τα LNGC σε κατάσταση Ballast δεν γεμίζουν τις δεξαμενές φορτίου με νερό όπως μπορούν και κάνουν τα δεξαμενόπλοια πετρελαίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 PRE-ARRIVAL TEST ΓΙΑ ΤΟ GARGO:

Όλα τα τεστ που αφορούν το φορτίο και την σαβούρα γίνονται 3 μέρες πριν την Άφιξη του πλοίου στο λιμάνι.

A. ESD Test:

Το 'ESD Test' πραγματοποιείται 3 μέρες πριν την άφιξη του πλοίου σε λιμάνι με τα ανοιχτά V/V (Valve) της φορτοεκφορτώσεως, μετρώντας τον χρόνο κλεισίματος τους, ο οποίος δεν πρέπει να ξεπερνά τα 30 sec για να λειτουργεί το σύστημα ορθά.

B. Overfill Alarm Test:

Κανονικά το αμπάρι μπορεί να φορτώσει μέχρι και το 98,5% με Μεθάνιο. Όταν αυτό το ποσοστό για κάποιο λόγο ξεπεραστεί και φτάσει στο 98,7% γεμίσματος του

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

αμπαριού με Μεθάνιο, προκειμένου να μην έχουμε υπερχείλιση (Over Filling) της δεξαμενής χτυπάει 'High Level Alarm' και κλείνει μόνο το 'Filling V/V' του συγκεκριμένου αμπαριού που χτύπησε το alarm. Στη συνέχεια άμα φτάσει στο 99,17% γεμίσματος του αμπαριού με φορτίο, τότε προκειμένου πάλι να μην έχουμε 'Over Filling' χτυπάει 'High-High Level Alarm' και γίνεται παντού ESD (Emergency Shut Down) και κλείνουν όλα filling V/V των αμπαριών φορτίου και τα όλα τα Manifold V/V του πλοίου και της στεριάς.

C. Ballast:

Στο Ballast βάζουμε τις αντλίες σε λειτουργία πριν την άφιξη μας στο λιμάνι, έτσι ώστε να ελέγξουμε εάν εισέρχεται νερό στα Ballast Tk καθώς εμείς θα εκφορτώνουμε ή εάν εξέρχεται νερό από τα Ballast Tk καθώς εμείς θα φορτώνουμε. Επίσης ελέγχουμε και όλα τα V/V του Ballast για να διαπιστώσουμε εάν ανοιγοκλείνουν κανονικά.

D. CTMS:

Στο CTMS (Custody Transfer Measuring System) περνάμε το ταξίδι κ το Cargo No. Μετά πραγματοποιούμε ένα τεστ που λέγεται 'PIN Verification'. Στην ουσία επιβεβαιώνουμε την καλή λειτουργία του CTMS και στη περίπτωση που μας ελέγξουν στο λιμάνι ξέρουμε ότι λειτουργεί σωστά.

E. V/V του φορτίου:

Για να ανοίξουμε και να κλείσουμε V/V φορτίου έχουμε 3 συστήματα. Το πρώτο είναι να ανοιγοκλείσουμε υδραυλικά όλα τα V/V του φορτίου από το Cargo Control Room (CCR) για να επαληθεύσουμε ότι λειτουργούν σωστά. Το δεύτερο είναι τοπικά στα manifold (με τη ρόδα που διαθέτει το V/V) να τα ανοίξουμε και να τα κλείσουμε στο χειροκίνητο και το τρίτο τοπικά πάλι, αλλά με μια χειραντλία και σωληνάκια τα οποία τοποθετούνται δεξιά και αριστερά του V/V για να τα ανοίξουμε και να τα κλείσουμε.

F. Stop Sequence των Αντλιών:

Στο control κάνω και το stop sequence των αντλιών για να δω ότι είναι ok. Οι αντλίες φορτίου για να ξεκινήσουν και να σταματήσουν ακολουθούν κάποια βήματα που λέγονται sequence. Ειδικά στο ξεκίνημα οι αντλίες πρέπει να είναι στο Auto. Εμείς κάνουμε υποτιθέμενο stop στις αντλίες και ας μην δουλεύουν για να δούμε εάν ακολουθούν αυτά τα βήματα. Έτσι είμαστε σίγουροι ότι οι αντλίες θα σταματήσουν σωστά όταν εμείς πατήσουμε το stop.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Ομοιότητες και διαφορές των LPGC και των LNGC :

Μια σημαντική ομοιότητα των LPGC και των LNGC είναι ότι τις περισσότερες φορές κρατιέται μια ικανοποιητική ποσότητα φορτίου LPG/LNG (το Coolant) αντίστοιχα μέσα στις δεξαμενές κατά την διάρκεια ξεφορτώματος, προκειμένου πριν την άφιξη του πλοίου στο επόμενο λιμάνι φορτώσεως να ψύχονται οι δεξαμενές και οι γραμμές φορτώσεως σε κατάλληλες θερμοκρασίες, από το ήδη υπάρχων φορτίο, με τη διαδικασία του 'Cooling Down', ώστε το πλοίο να είναι σε ετοιμότητα να φορτώσει απευθείας φορτίο στο λιμάνι. Το μεν LPGC κρατάει στο βαπόρι Προπάνιο σαν coolant για ψύξη (σε μια ποσότητα περίπου 350 MT) ή για αλλαγή ατμόσφαιρας μιας δεξαμενής (πχ από Βουτάνιο σε Προπάνιο) και το δε LNGC κρατάει Μεθανίου σαν coolant. Σημαντική διαφορά στα LPGC και τα LNGC είναι η ακόλουθη: Τα LPGC έχουν σύστημα επανυγροποιήσεως, δηλαδή μετατρέπουν το αέριο φορτίο της δεξαμενής (έπειτα από επεξεργασία στο Compressor room του πλοίου ψύχοντας το)

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

σε υγρή μορφή και το επιστρέφουν ξανά πίσω στις δεξαμενές φορτίου, ενώ τα LNGC δεν διαθέτουν σύστημα επανυγροποίησης των αερίων, διότι είναι ασύμφορη οικονομικός η εγκατάσταση αυτού του συστήματος και έτσι το αέριο που υπάρχει στις δεξαμενές είτε καίγεται ως καύσιμο, είτε καίγεται στο GCU (Gas Consumption Unit) όταν η μηχανή είναι πλήρης από πίεση. (Βλέπε εικ. Νο15+16)



(Εικόνα Νο15 ΠΛΟΙΟ LPG)



(Εικόνα Νο16 ΠΛΟΙΟ LNG)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΩΝ ΥΓΡΑΕΡΙΟΦΟΡΩΝ ΠΛΟΙΩΝ:

Γενικά:

Είναι γεγονός πως η πυρκαγιά είναι ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους που απειλούν ένα πλοίο. Πολλά πλοία και μεγάλες ποσότητες φορτίου χάνονται εξαιτίας της πυρκαγιάς. Εκτός όμως από τις άψυχες υλικές απώλειες το λυπηρότερο είναι ότι χάνονται και ανθρώπινες ζωές. Τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια είναι εφοδιασμένα με πολύ αποτελεσματικά μέσα κατάσβεσης των πυρκαγιών. Ωστόσο και τα πιο τέλεια συστήματα είναι άχρηστα, εάν το προσωπικό του πλοίου δεν γνωρίζει πώς να τα χειριστεί ορθά. Κάθε άτομο στο πλοίο ανεξαιρέτως και ιδίως κάθε αξιωματικός, θα

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

πρέπει να είναι γνώστης για το που είναι τοποθετημένη η κάθε πυροσβεστική συσκευή, σε ποια περίπτωση χρησιμοποιείται και τον τρόπο λειτουργίας της.

Το σημαντικότερο στοιχείο για τη κατάσβεση μιας πυρκαγιάς αποτελεί η άμεση και αποφασιστική καταπολέμηση της. Κάθε πυρκαγιά ανεξάρτητα από τη θέση και το μέγεθος της είναι αναγκαίο να αντιμετωπίζεται άμεσα. Κάθε ναυτικός θα πρέπει να είναι πάντοτε σε ετοιμότητα και να γνωρίζει τις άμεσες ενέργειες που είναι υποχρεωμένος να κάνει, μόλις αντιληφθεί κάποια πυρκαγιά. Ο ναυτικός θα έχει βοηθήσει σημαντικά στην κατάσβεση της εάν μπορέσει να εμποδίσει την επέκταση της ή να την θέσει υπό έλεγχο. Προκειμένου όλα τα μέλη του πληρώματος να είναι εξοικειωμένα με την χρήση του αντίστοιχου εξοπλισμού πάνω στο πλοίο (φορητοί πυροσβεστήρες, αναπνευστικές συσκευές, στολή του πυροσβέστη κ.α.) πραγματοποιούνται γυμνάσια πυρκαγιάς

7.1 Θεωρία της πυρκαγιάς

Ορισμός: Πυρκαγιά είναι η γρήγορη ένωση του Οξυγόνου με κάποιο Υλικό παρουσία και της θερμότητας.

Αναλύοντας τον ορισμό της πυρκαγιάς, διαπιστώνουμε ότι εμπλέκονται σε αυτήν τουλάχιστον τρία στοιχεία τα οποία είναι: Οξυγόνο-Καύσιμη Ύλη-Θερμοκρασία. Επόμενος για να ξεκινήσει, να διατηρηθεί και να εξελιχθεί μια πυρκαγιά, απαιτεί την ύπαρξη και των 3ων **ταυτόχρονα** προαναφερθέντων στοιχείων.

Τρίγωνο της φωτιάς: Αποτελεί μια σχηματική παράσταση της πυρκαγιάς. Οι 3εις πλευρές του τριγώνου συνθέτουν και τα τρία στοιχεία της πυρκαγιάς (οξυγόνο, καύσιμη ύλη και θερμότητα).

Αν κάποια χρονική στιγμή πάψει να υπάρχει μια από τις πλευρές του τριγώνου, τότε παύει να υπάρχει και η πυρκαγιά.

Σε μια προσπάθεια κατάσβεσης μιας πυρκαγιάς, στη πράξη επιχειρούμε να 'διαλύσουμε' το Τρίγωνο της πυρκαγιάς, απομονώνοντας τη μια τουλάχιστον από τις 3εις πλευρές του. **(Βλέπε εικ.No17)**



Εικόνα Νο17

7.1.1 Συνθετικά στοιχεία της πυρκαγιάς

Για τα 3^α βασικά στοιχεία που συνθέτουν το τρίγωνο της φωτιάς σημειώνονται τα εξής:

1. **ΟΞΥΓΟΝΟ:** Η φωτιά απαιτεί οξυγόνο για να διατηρηθεί. Η ατμόσφαιρα περιέχει 21% οξυγόνου κατ' όγκο. Εάν το ποσοστό αυτό μειωθεί (10% και χαμηλότερα) δημιουργείται απόπνιξη της πυρκαγιάς, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να σβήσει και η ποιο επίμονη πυρκαγιά. Εάν μειωθεί το ποσοστό του οξυγόνου: Α) με την κατανάλωση του κατά την καύση σε κλειστό χώρο, Β) με εκτόπιση του ατμοσφαιρικού αέρα (πχ με Άζωτο), Γ) με αποκλεισμό του καιγόμενου σώματος από τον ατμοσφαιρικό αέρα (κάλυψη με βρεγμένη κουβέρτα), τότε μόνο η φωτιά σβήνει.

2. **ΚΑΥΣΗΜΗ ΎΛΗ:** Όλα τα σώματα που προσφέρονται για καύση περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο και οι ατμοί που αναδύουν τα σώματα αυτά είναι

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

υδρογονάνθρακες. Τα μόρια του οξυγόνου της ατμόσφαιρας, ενώνονται με τα μόρια των υδρογονανθράκων και σχηματίζουν ένα εύφλεκτο μείγμα αερίων σε ορισμένη αναλογία. Εάν στη περιοχή που υπάρχει το αέριο υπάρξει και πηγή ανάφλεξης δημιουργείται το φαινόμενο της καύσης, πυρκαγιάς (μη ελεγχόμενης καύσης) ή της έκρηξης. Η διεργασία της μετατροπής ενός σώματος από υγρό ή στερεό σε αέριο ονομάζεται **‘Πυρόλυση’**. Πυρκαγιά μπορεί να δημιουργηθεί και με τη διαδικασία της αυτόματης καύσης ή της αυτανάφλεξης (χωρίς δηλ. την παρουσία πηγής ανάφλεξης).

3. ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ: Είναι το 3το στοιχείο του Τριγώνου της πυρκαγιάς, το οποίο βοηθά στην ένωση του οξυγόνου με το καύσιμο υλικό. Η θερμότητα ανεβάζει τη θερμοκρασία του σώματος, μέχρι εκείνο το σημείο στο οποίο αυτό θα εξαερωθεί και θα αναφλεγεί τελικά. **‘Θερμοκρασία ανάφλεξης’** είναι η οριακή θερμοκρασία στην οποία αναφλέγεται ένα υλικό και αρχίζει και καίγεται.

Μια νεώτερη επιστημονική έρευνα γύρο από τη θεωρία του φαινομένου της πυρκαγιάς αναφέρει ότι για την έναρξη, την ύπαρξη και την συντήρηση της πυρκαγιάς τα εμπλεκόμενα στοιχεία δεν είναι 3 αλλά 4 και επομένως αναφερόμαστε σε **‘Τετράεδρο Πυρκαγιάς’**. Κατά αυτήν την θεωρία προστίθεται ένα ακόμη στοιχείο, το οποίο ονομάζεται **‘Χημική Αλυσιδωτή αντίδραση’**. Η Χημική Αλυσιδωτή αντίδραση, είναι η τάση που αποκτά το υλικό το οποίο καίγεται, να επαυξάνει κλιμακωτά την εξαέρωση και ατμοποίηση του, επειδή στη θερμοκρασία του προστίθεται και η θερμοκρασία που παράγεται από την καύση του ίδιου του υλικού, γεγονός που έχει ως συνέπεια να αυξάνει συνεχώς η πυρκαγιά, όσο υπάρχει διαθέσιμο υλικό. (Βλέπε εικ.No18)



(Εικόνα 18)

7.1.2 Διακοπή της αλυσιδωτής αντίδρασης

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του IMO, τα υγραεριοφόρα δεξαμενόπλοια πρέπει να είναι εξαρτισμένα με μόνιμο κατασβεστικό σύστημα **ξηράς χημικής σκόνης**, για την προστασία του καταστρώματος πάνω από τις δεξαμενές φορτίου (liquid dome) και τις περιοχές λήψεως του φορτίου (manifolds). Επομένως στα Υγραεριοφόρα πλοία ως μόνιμο σύστημα κατάσβεσης για το ακομαδαίσιο και για τα manifolds χρησιμοποιείται το **‘Dry Powder’**, γιατί η αντιμετώπιση της αλυσιδωτής αντίδρασης πραγματοποιείται με τη ξηρή χημική σκόνη (dry chemical powder), η οποία διακόπτει το τετράεδρο της φωτιάς. Ωστόσο η ξηρή χημική σκόνη δεν έχει ψυκτικές ικανότητες και έτσι εάν το σώμα που καίγεται έχει θερμανθεί πάνω από το σημείο της καύσης του, η πυρκαγιά θα ξανανάψει μόλις απομακρυνθεί το χημικό (ξηρή χημική σκόνη). Άρα είναι αναγκαίο, είτε να διατηρείται το χημικό μέσο συνεχώς πάνω από τη φωτιά, ή να χρησιμοποιηθεί κάποιο ψυκτικό μέσο (πχ το νερό) για να ψύξει το καιγόμενο σώμα (να κάνει cooling), όσο χρειάζεται ώστε να μην υπάρχει ο φόβος να

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

αναζωπυρωθεί ξανά η φωτιά. Αυτός είναι και ο λόγος, όπου στα LNG πλοία υπάρχει το σύστημα της ‘Water Spray’ (Νερό υπό μορφή βροχής), το οποίο ενεργοποιείται έπειτα από την κατάσβεση με το ‘Dry Powder’ και παρέχει νερό υπό μορφή ομπρέλας ‘Sprinkler’ στα ‘manifolds’ και στα ‘liquid dome’ και προκαλεί την πτώση της θερμοκρασίας του καιγόμενου σώματος ώστε να μην ξανά ανάψει η φωτιά.

7.2 Το φαινόμενο της έκρηξη

Η έκρηξη όπως και η πυρκαγιά, είναι μια χημική αντίδραση, στην οποία ένα εύφλεκτο αέριο υλικό ενώνεται απότομα με το οξυγόνο. Γενικά ‘Έκρηξη’ ονομάζεται η ξαφνική και βίαιη απελευθέρωση ενέργειας, κατά την οποία παράγεται φως, θερμότητα και κυρίως ωστικό κύμα αερίων.

Η βιαιότητα της έκρηξης εξαρτάται από το ρυθμό απελευθέρωσης της ενέργειας αυτής. Ένα παράδειγμα που μπορεί να γίνει κατανοητή η παραπάνω έννοια είναι το ακόλουθο: η ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη σε ένα λάστιχο αυτοκινήτου είναι ικανή να προκαλέσει ξαφνικό «σκάσιμό» του, ή απλά «ξεφούσκωμα» με σταδιακή απώλεια του αέρα.

Η έκρηξη σε αντίθεση με τη πυρκαγιά, δεν μας δίνει την δυνατότητα αντιμετώπισής της. Δημιουργείται αστραπιαία και τα αποτελέσματα της είναι ακαριαία και τις περισσότερες φορές ολέθρια και καταστρεπτικά. Άρα ο μόνος τρόπος αντιμετώπισης της είναι η τήρηση όλων των κανόνων ασφαλείας η επιμέλεια και η καλή οργάνωση του ναυτικού.

7.2.1 Ανάφλεξη και Εκτόνωση

Οι εκρήξεις που προέρχονται από καύση εύφλεκτου αερίου κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

1. Ανάφλεξη (deflagration) και
2. Εκτόνωση (detonation).

Στην **ανάφλεξη**, το εύφλεκτο μίγμα καίγεται σχετικά αργά. Για μίγματα υδρογονανθράκων – αέρα η ταχύτητα ανάφλεξης είναι περίπου 1 m/sec. Η ανάφλεξη είναι δυνατόν να εξελιχθεί σε εκτόνωση, ειδικότερα κατά τη διαδρομή σε ένα επιμήκη σωλήνα.

Η διαδικασία της **εκτόνωσης** είναι εντελώς διαφορετική. Το μέτωπο της φλόγας μετακινείται με τη μορφή κρουστικού κύματος ακολουθούμενο από το θερμικό κύμα της καύσης που τροφοδοτεί με ενέργεια και συντηρεί το πρώτο (κρουστικό κύμα). Η εκτόνωση δημιουργεί μεγαλύτερες υπερπίεσεις και είναι περισσότερο καταστροφική από μία ανάφλεξη. Η εκτόνωση αποτελεί τη πιο επικίνδυνη μορφή έκρηξης και μπορεί να συμβεί σε εκρηκτικές ουσίες, σε εκρηκτικά μίγματα αερίων και σε νέφη αερίων.

7.2.2 Κίνδυνοι του Φυσικού Αερίου και μέτρα πρόληψης

Κίνδυνοι του LNG:

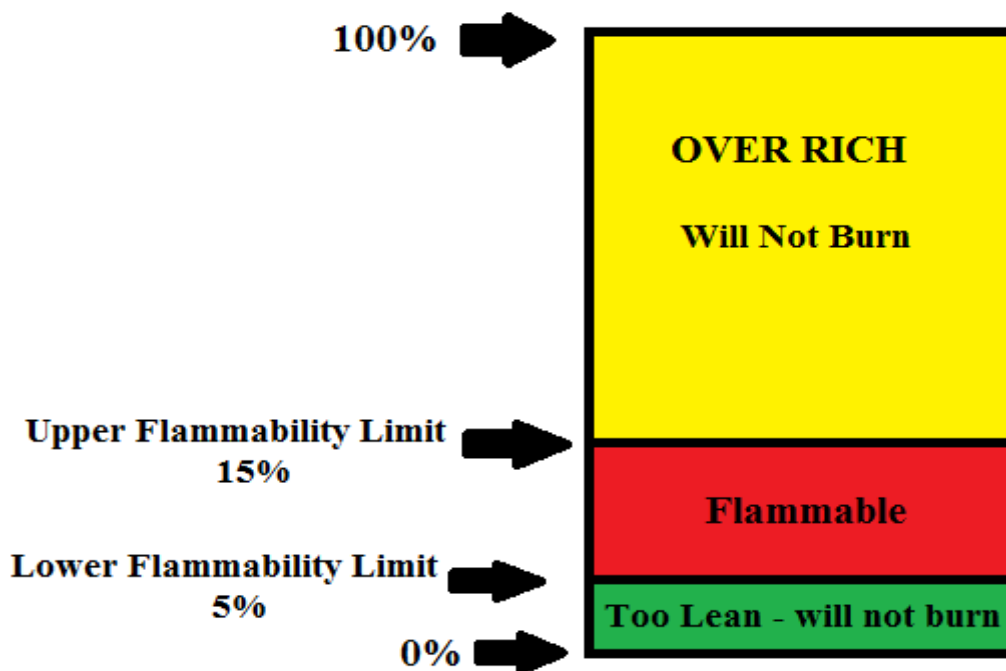
Οι κύριοι κίνδυνοι από LNG προκύπτουν από:

1. την ευφλεκτότητα του,
2. την κρυογόνο θεοκρασία του (-162 °C),
3. τα χαρακτηριστικά διασποράς του ατμού που δημιουργείται.

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Όταν το LNG βρίσκεται σε υγρή μορφή, από μόνο του ούτε θα καεί ούτε θα εκραγεί. Το κύριο συστατικό του LNG 'το Μεθάνιο', είναι άχρωμο και άοσμο και είναι ταξινομημένο ως απλό ασφύξιογόνο στην ανθρώπινη έκθεση.

Όταν το LNG θα διαρρεύσει πάνω στο νερό, θα παράγει αρχικά ένα σύννεφο ατμού (οι κρύοι ατμοί είναι πυκνότεροι από τον αέρα και μαζεύονται πιο κοντά στο νερό ή στο έδαφος). Το σύννεφο ατμού αναμειγνύεται με τον αέρα, θερμαίνεται και διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα. Εάν δεν υπάρξει ανάφλεξη, το εύφλεκτο σύννεφο ατμού θα παρασυρθεί από τον αέρα, μέχρι τα αποτελέσματα της διασποράς αραιώσουν τους ατμούς σε επίπεδα κάτω από την ελάχιστη συγκέντρωση που το κάνει εύφλεκτο (τότε οι LNG ατμοί βρίσκονται στο ελάχιστο όριο εφλεκτικότητας (Lower Flammability Limit) και σε μια συγκέντρωση >5% του αερίου στον αέρα). Κάτω από αυτή την αναλογία ατμού-αέρα, το σύννεφο είναι πολύ αραιωμένο για να υπάρξει ανάφλεξη. Σε ένα ποσοστό <15% αυτής της αναλογίας, οι LNG ατμοί βρίσκονται στο ανώτερο όριο εφλεκτικότητας τους και είναι η κατάσταση πέρα της οποίας το σύννεφο είναι πολύ πλούσιο και ανίκανο για ανάφλεξη (Upper flammability limit). Μεταξύ της τάξεως του 5-15% μπορεί να υπάρξει ανάφλεξη, γιατί θεωρείται σε εύφλεκτο όριο (flammable). (βλέπε Ευκ.No19)



(Εικόνα 19)

Η απόσταση που μπορεί να φτάσει ένα εύφλεκτο σύννεφο ατμού LNG εξαιτίας του αέρα, είναι μια συνάρτηση :

- του όγκου του υγρού που διέρρευσε,
- του ρυθμού της διαρροής αυτής και
- των καιρικών συνθηκών που επικρατούν εκείνη τη στιγμή

Επίσης, προκειμένου το σύννεφο ατμού να φτάσει στις ανάλογες αποστάσεις σύμφωνα με τα παραπάνω, θα πρέπει να αποφύγει την ανάφλεξη. Διαπιστώνεται, ότι οι μεγάλες απελευθερώσεις από ένα LNG πλοίο θα απαιτούσαν πιθανώς μια σημαντική πηγή ενέργειας για ανάφλεξη (να παραβιαστεί δηλαδή το εξωτερικό

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

τμήμα της γάστρας, το εσωτερικό μέρος του double hull και η δεξαμενή αποθήκευσης). Εάν το εύφλεκτο σύννεφο αναφλέγεται από το γεγονός της έναρξης του ρήγματος ή από κάποιες άλλες πηγές (π.χ. στο πλοίο, στην ακτή), η φλόγα θα κατευθυνθεί προς την πηγή παραγωγής του ατμού και το εύφλεκτο σύννεφο δεν θα απομακρυνθεί πολύ από το σημείο εκείνο.

Όταν ένα εύφλεκτο μίγμα αέρα-αερίου από LNG διαρροή αναφλέγεται, μπορεί να οδηγήσει σε πυρκαγιά λάμψης (είναι μια πυρκαγιά μικρής διάρκειας) που να καίει τους ατμούς που ήδη αναμίχθηκαν με τον αέρα σε εύφλεκτες συγκεντρώσεις. Το μέτωπο της φλόγας κατευθύνεται στη περιοχή της διαρροής προς τα πίσω, υπό τον όρο ότι η συγκέντρωση ατμού κατά μήκος αυτής της πορείας είναι αρκετά υψηλή να συνεχίσει.

Αν και οι ατμοί του LNG μπορούν να εκραγούν (δημιουργώντας τεράστιες υπερπίεσεις), εάν μέσα σε περιορισμένο χώρο υπάρξει ανάφλεξη, (όπως ένα αμπάρι, ένα κτίριο, μια κατασκευή), δεν υπάρχει ωστόσο καμία ένδειξη που να φανερώνει ότι το LNG εκρήγνυται σε περίπτωση ανάφλεξης σε ανοιχτό χώρο. Έχουν γίνει πειράματα σχετικά με πότε μπορεί να εκραγούν τα μίγματα ‘μεθανίου – αέρα’ και μέχρι σήμερα είναι όλα αρνητικά.

Από τους σοβαρότερους κινδύνους των Υγροποιημένων Φυσικών Αερίων (ΥΦΑ) αποτελούν οι ‘**πυρκαγιές λίμνης**’. Μια πυρκαγιά λίμνης είναι μια φωτιά στροβιλώδους διάδοσης, η οποία καίει πάνω από μια οριζόντια λίμνη εξατμιζόμενου καυσίμου, όπου το καύσιμο έχει χαμηλή αρχική ορμή ή μηδενική. Η πυρκαγιά λίμνης μπορεί να είναι μια ταχέως εξαπλούμενη πυρκαγιά ή στατική πυρκαγιά.

Εάν κοντά σε μια πηγή ανάφλεξης διαρρεύσει ΥΦΑ, οι ατμοί του ΥΦΑ οι οποίοι δημιουργούνται από την εξάτμιση (σε μια εύφλεκτη συγκέντρωση με τον αέρα, 5% μέχρι και 15%) θα καούν πάνω από την κηλίδα του υγρού ΥΦΑ. Η πυρκαγιά λίμνης που θα προκληθεί θα εξαπλωθεί όπως εξαπλώνεται η κηλίδα ΥΦΑ, μακριά από την πηγή διαρροής και το ΥΦΑ θα συνεχίσει να εξατμίζεται σε ατμούς. Μια τέτοια πυρκαγιά λίμνης είναι πολύ έντονη, αναπτύσσει πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι μια φωτιά πετρελαίου ή βενζίνης, η καύση της είναι πολύ γρήγορη και έτσι δεν μπορεί να κατασβησθεί. Για να σβήσει θα πρέπει να αναλωθεί πρώτα όλο το ΥΦΑ. Δεδομένου ότι η πυρκαγιά λίμνης αναπτύσσει πολύ υψηλές θερμοκρασίες σε μικρό χρονικό διάστημα, η θερμική ακτινοβολία μπορεί να τραυματίσει ανθρώπους και να προκαλέσει ζημιά σε ιδιοκτησίες που βρίσκονται σε σημαντική απόσταση από την πυρκαγιά λίμνης. Μεγάλος αριθμός ειδικών συμφωνούν ότι ο πιο σοβαρός κίνδυνος ΥΦΑ είναι η πυρκαγιά λίμνης από ΥΦΑ, ειδικά πάνω σε νερό.

Απότομη μεταβατική φάση (Rapid Phase Transition, RPT): Όταν απελευθερωθεί στο νερό, ποσότητα ΥΦΑ, επιπλέει και εξατμίζεται, γιατί η πυκνότητα του είναι χαμηλότερη από ότι του νερού. Εάν μεγάλη ποσότητα ΥΦΑ απελευθερωθεί στο νερό, θα εξατμιστεί πολύ γρήγορα και μπορεί να προκαλέσει ‘απότομη μεταβατική φάση’(Rapid Phase Transition, RPT). Η θερμοκρασία που έχει το νερό, όπως και η ποσότητα νερού και μεθανίου, επηρεάζουν επίσης την πιθανότητα μιας απότομης μεταβατικής φάσης (RPT). Στην απότομη μεταβατική φάση, μια μεγάλη ποσότητα ενέργειας απελευθερώνεται και μπορεί να προκαλέσει φυσική έκρηξη (έκρηξη χωρίς φλόγα). Αν και δεν υπάρχει καύση, αυτή η φυσική έκρηξη μπορεί να είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο. Αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό κίνδυνο για τα υγραεριοφόρα πλοία και ελέγχεται με τη χρήση διπλού κύτους.

Κίνδυνος ανατροπής (Rollover): Όταν ποσότητες υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ), αποθηκεύονται σε μια δεξαμενή, δεν αναμειγνύονται αμέσως,

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

όταν έχουν διαφορετικές πυκνότητες. Όταν το ΥΦΑ αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες, διαχωρίζεται σε στρώματα λόγω των διαφορετικών του πυκνοτήτων. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, αυτά τα στρώματα αυθόρμητα μπορεί να ανατραπούν/αναποδογυρίσουν (Rollover), δηλαδή τα πάνω στρώματα των ΥΦΑ να πάνε κάτω. Αυτή η ανατροπή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της πίεσως εντός της δεξαμενής και σε εξάτμιση του πάνω στρώματος με το άνοιγμα των ασφαλιστικών. Η υπερβολική πίεση με την σειρά της μπορεί να προξενήσει ρωγμές ή δομικά προβλήματα σε κάποιο σημείο της δεξαμενής. Για την πρόληψη αυτού του προβλήματος, οι δεξαμενές των ΥΦΑ, διαθέτουν συστήματα προστασίας για την 'ανατροπή', τα οποία περιλαμβάνουν ανιχνευτές θερμοκρασίας και συστήματα ανάμειξης.

Το LNG είναι λιγότερο επικίνδυνο από το LPG (υγροποιημένο αέριο πετρελαίου) και το υγροποιημένο αιθυλένιο. Το LPG και το υγροποιημένο αιθυλένιο έχουν :

1. μεγαλύτερο ειδικό βάρος,
2. μεγαλύτερη τάση στο να δημιουργήσουν εκρηκτικά σύννεφα ατμού,
3. έχουν υψηλότερες θεμελιώδεις ταχύτητες καψίματος και
4. απαιτούν λιγότερη ενέργεια για την ανάφλεξη τους.

Το LNG εξατμίζεται ακαριαία και δεν είναι τοξικό, επομένως οι μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιδράσεις από μια απελευθέρωση είναι αμελητέες, εάν δεν υπάρχει καμία ανάφλεξη των φυσικών ατμών αερίου.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι διάφοροι κίνδυνοι που σχετίζονται με μια διαρροή υγροποιημένου φυσικού αερίου στο νερό, όπως τους έχει κατηγοριοποιήσει ο ABS (2004).

- Κίνδυνοι πυρκαγιάς
- Εκρήξεις
- Άμεση μεταβατική φάση (RPT)
- Κρυογενές επιδράσεις

Μέτρα πρόληψης

Το Φυσικό Αέριο σε ατμοσφαιρική πίεση υγροποιείται σε μια θερμοκρασία κοντά στους -162°C (Σημείο βρασμού=Boiling Point). Η συνήθης πρακτική είναι το υγροποιημένο φυσικό αέριο να ψύχεται σε αυτή τη πολύ χαμηλή θερμοκρασία και σε ατμοσφαιρική πίεση (ή ελαφρά αυξημένη κατά κάποια μικρά κλάσματα της ατμοσφαιρικής) για αποθήκευση και μεταφορά σε ειδικές δεξαμενές πλοίων (LNGC=Liquefied Natural Gas). Σε τυχόν περίπτωση **διαρροής** του προϊόντος (LNG) **δεν υπάρχει κίνδυνος ατυχήματος από απότομη εκτόνωση**, καθόσον τουλάχιστον το LNG βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση (και όπως ειπώθηκε και παραπάνω το LNG σε αέρια φάση είναι ελαφρύτερο του αέρα και διαχέεται στο χώρο). Υπάρχουν βέβαια άλλοι κίνδυνοι όπως η **ανάφλεξη και πρόκληση πυρκαγιάς**. Εκτόνωση υπάρχει στο LNG σε περίπτωση διαρροής λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.

Στα Υγραεριοφόρα πλοία προκειμένου να αποτραπεί ο κίνδυνος αναφλέξεως στις δεξαμενές φορτίου λόγω εισροής αέρα, διατηρείται πάντα θετική πίεση εντός των δεξαμενών κατά τη διάρκεια φορτοεκφορτώσεως και μεταφοράς φορτίου και συνεπώς στις δεξαμενές υπάρχει μόνο φορτίο σε υγρή και αέρια μορφή. Επίσης στα Υγραεριοφόρα πλοία χρησιμοποιείται σύστημα κλειστού τύπου φορτοεκφορτώσεως, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος απελευθέρωσης φορτίου στην ατμόσφαιρα και έπειτα ο κίνδυνος αναφλέξεως. Ωστόσο σε περίπτωση **πυρκαγιάς**, υπάρχουν τα 'Fusible Plugs' είναι ένα σύστημα το οποίο αρχίζει και λιώνει το ειδικό προστατευτικό των 'Fusible Plugs' (υπό θερμοκρασία 98°C και 104°C) και όταν

**ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ**

λιώσει, τότε γίνετε αυτόματα ESD (Emergency Shut Down) και σταματάει οτιδήποτε έχει σχέση με τη φορτοεκφόρτωση.

Οι δεξαμενές υγραερίου που βρίσκονται μέσα σε χώρο που έχει εκδηλωθεί πυρκαγιά συνήθως, δεν ανατινάζονται όταν θερμανθούν αρκετά. Όλες οι δεξαμενές που εγκαθίστανται σύμφωνα με τους κανονισμούς και από υπεύθυνες εταιρείες είναι εξοπλισμένες με **ανακουφιστικές βαλβίδες**, ανάλογες με την επιφάνειά τους, για να αποκλείεται η περίπτωση της ανατίναξης. Προϋπόθεση βέβαια είναι ότι οι δεξαμενές και οι ανακουφιστικές τους βαλβίδες (ασφαλιστικά) να επανελέγχονται περιοδικά.

Στα υγραεριοφόρα πλοία κάθε ένα από τα 4 αμπάρα διαθέτει και από ένα ‘Vent Mast’ (**Βλέπε πιν.Νο5**), το οποίο σε περίπτωση ανάγκης ανακουφίζει την υψηλή πίεση (εφόσον είναι πάνω από το επιτρεπτό όριο) που έχει δημιουργηθεί στο εσωτερικό των αμπαριών ανοίγοντας τα ασφαλιστικά. Ωστόσο το Νο1 ‘Vent Mast’ είναι συνδεδεμένο και με τα 4 αμπάρια. Στο #1 ‘Vent Mast’ το ασφαλιστικό ανοίγει στα 230mbar (αυτόματα) και κλίνει μόλις η πίεση εντός της δεξαμενής φτάσει τα 210mbar. (**Βλέπε πινακάκι Νο**) Έτσι σε περίπτωση που η πίεση -σε οποιοδήποτε από τα 4 αμπάρια- εσωτερικά ξεπεράσει την επιτρεπόμενη, θα ανοίξουν τα ασφαλιστικά και η πίεση αυτή θα οδηγηθεί δια μέσο αγωγών στο Νο1 ‘Vent Mast’ (το οποίο είναι το πιο πλωριό και αυτό που βρίσκεται πιο μακριά από το ακομοδέσιο) και θα εκτονωθεί έξω στην ατμόσφαιρα.

CARGO TANK	VENT MAST που διαθέτει	VENT MAST που είναι κονεξαρισμένα	Mbar που ανοίγουν τα ασφαλιστικά	Mbar που κλείνουν τα ασφαλιστικά
No1	No1	No1	230 mbar	210 mbar
No2	No2	No1 + No2	250 mbar	220 mbar
No3	No3	No1 + No3	250 mbar	220 mbar
No4	No4	No1 +No4	250 mbar	220 mbar

(Πίνακας Νο5)

Ο λόγος που το Νο1 ‘Vent Mast’ ανοίγει πιο γρήγορα από όλα τα άλλα είναι :

- 1) για να μην χρειαστεί να ανοίξουν όλα τα ασφαλιστικά αλλά μόνο ένα
- 2) είναι το πιο πλωριό ασφαλιστικό και αυτό που βρίσκεται πιο μακριά από το ακομοδέσιο και
- 3) είναι αυτό που συνδέεται και με τα 4 αμπάρια. (**Βλέπε Ευκ.Νο20**)



(Ευκ.Νο20,Vent Mast)

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος **πυρκαγιάς**, στην περίπτωση όπου ανοίξουν τα **ασφαλιστικά**, για να απελευθερωθεί η πίεση από τα αμπάρια, τα Υγφαεριοφόρα πλοία διαθέτουν ‘**Snuffing Valve**’ (χειροκίνητο ή αυτόματο V/V Αζώτου) σε κάθε ένα από τα ‘**Vent Mast**’ των αμπαριών του πλοίου, τα οποία ενεργοποιούνται είτε τοπικά χειροκίνητα, είτε αυτόματα και προκαλούν αδρανοποίηση. Μόνο στο Νο1 ‘**Vent Mast**’ το ‘**Snuffing Valve**’ ενεργοποιείται αυτόματα, αλλά και χειροκίνητα και αυτό για να μπορούμε να το χειριστούμε από το Control σε περίπτωση πυρκαγιάς, αλλιώς τα υπόλοιπα ενεργοποιούνται χειροκίνητα. Γενικά το ‘**Snuffing Valve**’ παρέχει Άζωτο στο Vent Mast και το αδρανοποιεί (purging). Το Άζωτο (N₂) είναι αδρανές αέριο και προκαλεί αδρανοποίηση. Στο τρίγωνο της φωτιάς μειώνει και περιορίζει το Οξυγόνο (O₂). **(Βλέπε εικ.Νο21)**



(Εικόνα Νο21, SNUFFING V/V)

7.2.3 Ταξινόμηση εκρήξεων

Οι εκρήξεις κατά τη μεταφορά επικίνδυνων υλικών κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Φυσικές εκρήξεις (Physical explosions).
2. Εκρήξεις συμπυκνωμένης φάσης (Condensed phase explosions).
3. Εκρήξεις αερίου νέφους (Vapor cloud explosions).
4. Εκρήξεις τύπου BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosions (BLEVE's)). (ποιο κάτω γίνεται ανάλυση του BLEVE)

Στη παρούσα εργασία, θα αναφερθούμε μόνο στη τελευταία κατηγορία (BLEVE), η οποία αναπτύσσεται εκτενέστερα παρακάτω.

7.2.4 Κίνδυνοι του Υγραερίου, Περιγραφή του φαινομένου BLEVE και μέτρα πρόληψης:

✚ Κίνδυνοι του LPG:

Γενικά:

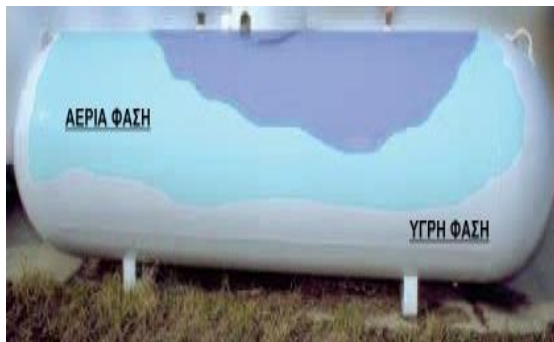
Ένα από τα φαινόμενα που σχετίζονται με τα υγραέρια (και οποιοδήποτε άλλο υγροποιημένο αέριο υπό πίεση) το οποίο εγκυμονεί μεγάλους κινδύνους κατά την επέμβαση μας σε πυρκαγιές υγραερίων είναι το BLEVE (**Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion=Εκρηξη διαστελλόμενων ατμών ζέοντος υγρού**). Το LPG είναι ένα ιδιαίτερα εύφλεκτο προϊόν (όπως όλοι οι υδρογονάνθρακες) και επιπλέον όταν είναι υγροποιημένο υπό πίεση υπάρχει ο κίνδυνος έκρηξης από απότομη εκτόνωση (**BLEVE**).

Το φαινόμενο BLEVE συμβαίνει όταν ένα κλειστό δοχείο που περιέχει εύφλεκτο υγρό, εκτίθεται σε φωτιά με αποτέλεσμα το μέταλλο από το οποίο είναι

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

κατασκευασμένο να χάνει την μηχανική αντοχή του και να υποστεί διάρρηξη. Όταν το δοχείο που περιέχει το εύφλεκτο υλικό υπό πίεση θερμανθεί, η πίεση των ατμών του ανεβαίνει, αυξάνοντας την πίεση στο εσωτερικό του δοχείου. Σε περίπτωση που η πίεση αυξηθεί τόσο ώστε να φτάσει την τιμή της ρύθμισης της βαλβίδας ανακούφισης, η βαλβίδα ανακούφισης ανοίγει. Υποχωρεί η στάθμη του υγρού μέσα στο δοχείο (γιατί μόλις κλείσει η βαλβίδα ανακούφισης θα χρειαστεί να συμπληρωθεί ξανά το δοχείο με πίεση και ένα μέρος του υγρού να μετατραπεί σε αέριο), καθώς οι ατμοί ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Το υγρό είναι αρκετά αποτελεσματικό, όσον αφορά την ψύξη των τοιχωμάτων του δοχείου που βρίσκεται σε επαφή, το σχηματιζόμενο όμως αέριο όχι. Το τμήμα του τοιχώματος που βρίσκεται σε επαφή με την υγρή φάση μειώνεται σταδιακά καθώς το υγρό εξατμίζεται. Στη συνέχεια το μεταλλικό περίβλημα που δεν ψύχεται πλέον, έρχεται σε επαφή με τις φλόγες με αποτέλεσμα την υπερθέρμανσή του, την εξασθένηση της μηχανικής αντοχής του και την πιθανή διάρρηξή του. Αυτό μπορεί να συμβεί ακόμα και στην περίπτωση που λειτουργήσει κανονικά η βαλβίδα ανακούφισης.

Παρακάτω θα αναλύσουμε με παράδειγμα μια πυρκαγιά σε δεξαμενή LPG που προκάλεσε BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion):

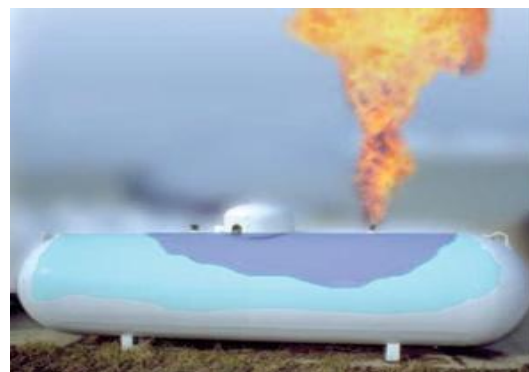


Εικ.22

Το LPG σε μια δεξαμενή υγραερίου βρίσκεται σε δύο φάσεις. Στο κάτω μέρος της δεξαμενής στην υγρή φάση και στο πάνω στην αέρια με τις δύο φάσεις να βρίσκονται σε ισορροπία υπό συγκεκριμένη πίεση. (εικ.No22)

Η πίεση στο εσωτερικό της δεξαμενής αρχίζει να ανεβαίνει, όταν φλόγες προσβάλουν την δεξαμενή, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας. Η ταχύτητα αύξησης της πίεσης εξαρτάται

από το σημείο που οι φλόγες βρίσκουν την δεξαμενή. Η υγρή φάση του LPG (η οποία βρίσκεται στο κάτω μέρος της δεξαμενής), απορροφά την θερμότητα και η πίεση ανεβαίνει πιο αργά. Αντίθετα αν το πάνω μέρος της δεξαμενής είναι εκτεθειμένο στις φλόγες η θερμότητα δεν μπορεί να απορροφηθεί από την αέρια φάση του LPG, το μέταλλο δεν ψύχεται εσωτερικά όπως στην υγρή φάση και η πίεση ανεβαίνει πολύ πιο γρήγορα. Όταν στο εσωτερικό της δεξαμενής η πίεση φτάσει στα 17-23 bar ανοίγουν οι ασφαλιστικές βαλβίδες για την εκτόνωση της. Στην συνέχεια το αέριο που απελευθερώνεται από τα ασφαλιστικά αναφλέγεται και έτσι έχουμε μια πρόσθετη πηγή θερμότητας. Το μέταλλο της δεξαμενής αρχίζει να



Εικ.23

αδυνατίζει όταν η θερμοκρασία του μετάλλου φτάσει στους 350 - 400 °C και το τοίχωμα αρχίζει να διογκώνεται στο πιο αδύναμο σημείο λόγω της υπερπίεσης που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της μέχρι να υποστεί ρήξη. Στην συνέχεια το υγρό εκτοξεύεται προς τα έξω, ατμοποιείται γρήγορα και αναφλέγεται ακαριαία. (εικ.23)

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ



(Εικ.24)

Το φαινόμενο του FIRE BALL (πύρινη σφαίρα) το έχουμε σε μεγάλες ποσότητες υγραερίου, όπου το καιγόμενο αέριο σε μορφή μπάλας ανυψώνεται μέχρι και 300 μέτρα σε ύψος φλεγόμενο μέχρι να καεί. Την πύρινη σφαίρα ακολουθεί μια βροχή φλεγόμενου υγρού LPG που δεν πρόλαβε να εξαερωθεί, σε μια ακτίνα πολλών μέτρων. Η διάρκεια του φαινομένου μπορεί να διαρκέσει από 10 έως 30 sec. (εικ.24)

Ο χρόνος που μεσολαβεί από την έναρξη μιας πυρκαγιάς σε δεξαμενή LPG μέχρι την πιθανή εκδήλωση του BLEVE, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- **Η πληρότητα της δεξαμενής** (Όσο μεγαλύτερη ποσότητα υγραερίου υπάρχει στην δεξαμενή η εκδήλωση του BLEVE καθυστερεί. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι σε δύο δεξαμενές, μια γεμάτη και μια σχεδόν άδεια, που καίγονται υπό ίδιες συνθήκες το BLEVE θα εκδηλωθεί πρώτα στην άδεια και έπειτα στην γεμάτη δεξαμενή).

- **Η ένταση της πυρκαγιάς και το σημείο που αυτή πλήττει την δεξαμενή.** (Παραπάνω εξηγήσαμε τον τρόπο που επιδρά η φλόγα ανάλογα το σημείο το οποίο προσβάλλει).

- **Η κατάσταση της δεξαμενής** (παλαιότητα και τυχόν φθορές επηρεάζουν την αντοχή της).

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία της National Fire Protection Association (NFPA), το 58% των BLEVE που σημειώθηκαν στις ΗΠΑ εκδηλώθηκαν στα πρώτα 15 λεπτά.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Όταν υπολογίζουμε τον χρόνο πρέπει να υπολογίσουμε το διάστημα που μεσολάβησε από την εκδήλωση της πυρκαγιάς, μέχρι την ειδοποίησή μας και την άφιξη μας στον τόπο του συμβάντος.

Η θερμοκρασία που εκλύεται από την πύρινη σφαίρα (FIRE BALL) και το ωστικό κύμα της έκρηξης, μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμούς ή και θάνατο στο προσωπικό που επιχειρεί κοντά στην δεξαμενή.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Θραύσματα της δεξαμενής μπορεί να εκτοξευθούν προς **οποιαδήποτε κατεύθυνση** σε απόσταση μέχρι 1000 – 1200 μέτρα.

Η πίεση του υγραερίου μέσα στην δεξαμενή διαφέρει ανάλογα με το είδος του (προπάνιο ή βουτάνιο) και εξαρτάται από την θερμοκρασία παράδειγμα:

Θερμοκρασία 15,5 βαθμοί κελσίου
Βουτάνιο 1,8 bar
Προπάνιο 7,2 bar
Θερμοκρασία 37,8 βαθμοί κελσίου
Βουτάνιο 2,5 – 4,83 bar
Προπάνιο 12 – 14.5 bar

ΠΡΟΣΟΧΗ: Μια δεξαμενή υγραερίου που έχει δεχτεί έστω και μια φορά LPG πρέπει να αντιμετωπίζεται από άποψη ασφαλείας, σαν να είναι γεμάτη άσχετα με την ποσότητα του υλικού που περιέχει την δεδομένη στιγμή.

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

✚ Μέτρα πρόληψης (ΣΥΜΒΑΝΤΑ ΣΕ LPG)

Η διαρροή LPG σε υγρή μορφή έχει σαν κύριο χαρακτηριστικό την δημιουργία πάγου γύρω από το σημείο της διαρροής και ένα νέφος ομίχλης στον γύρω χώρο από την συμπύκνωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας γύρω από την διαρροή.

Επίσης κάθε διαρροή υγραερίων γίνεται αντιληπτή και από την χαρακτηριστική οσμή που τους δίνουν οι οσμογόνες ουσίες που περιέχουν. Τα υγραέρια αρχίζουν να γίνονται αντιληπτά από την όσφρηση όταν βρίσκονται σε συγκέντρωση 0,4 % κ.ο. Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι 1 λίτρο υγραερίου σε υγρή μορφή παράγει περίπου 250 λίτρα αερίου και 12500 λίτρα εκρηκτικού μίγματος. **(εικ.25)**



Εικόνα Νο25

Α) Σε ανοιχτό χώρο:

1. ΔΙΑΡΡΟΗ LPG ΑΠΟ ΒΥΤΙΟΦΟΡΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

Βήματα:

- Ανάλογα με το μέγεθος της διαρροής ενημερώνουμε τις συναρμόδιες αρχές για εκκένωση της περιοχής κατά την πορεία του νέφους.
- Οι όποιες ενέργειες μας , γίνονται πάντα με πλήρη εξοπλισμό προστασίας.
- Καθώς υπάρχει κίνδυνος ψυχρών εγκαυμάτων, αποφεύγουμε την επαφή μας με την υγρή φάση των υγραερίων.

➤ Αν το υγραέριο διαφεύγει στην υγρή φάση του σε σχετικά μικρή ποσότητα από σωλήνα ή βάνα και δεν υπάρχει άλλος τρόπος διακοπής της διαρροής μπορούμε τυλίγοντας ένα βρεγμένο ύφασμα ή πετσέτα να δημιουργήσουμε ένα παγωμένο κάλυμμα που θα περιορίσει την διαρροή. (Το νερό θα παγώσει λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του υγραερίου).

(Βλέπε εικ.Νο26)



Εικ.26

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

- Με νερό σε βολές ομίχλης προσπαθούμε να διαλύσουμε το δημιουργούμενο νέφος και να διακόψουμε την διαρροή.
- Αν δεν είναι δυνατή η διακοπή της ροής του LPG, με τις βολές ομίχλης προσπαθούμε να περιορίσουμε και να διασπείρουμε το νέφος μέχρι την εξάντληση του.
- Δεν ρίχνουμε νερό στην υγρή φάση του LPG. Προκαλείται εντονότερος βρασμός του υγραερίου και παράγονται μεγαλύτερες ποσότητες αερίου πιο γρήγορα.
- Καθ' όλη την διάρκεια του συμβάντος άλλα και μετά την λήξη του με τους ανιχνευτές αερίων πρέπει να γίνονται μετρήσεις στον χώρο και την γύρω περιοχή για την ύπαρξη εκρηκτικού μίγματος στην ατμόσφαιρα. Πριν την αναχώρηση των δυνάμεων από το σημείο πρέπει να ελέγχονται ιδιαίτερα τυχόν υπόγεια ή φρεάτια και υπόνομοι που υπάρχουν στον χώρο.
- Για την μετάγγιση του υγραερίου από δεξαμενή σε δεξαμενή, ειδοποιούμε την εταιρία στην οποία ανήκει το φορτίο ώστε με ειδικές αντλίες αντεκρηκτικού τύπου να παραλάβει το υπόλοιπο υγραέριο.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Καθώς το νέφος της διαρροής διαχέεται παράλληλα με το έδαφος μπορεί να μεταφερθεί με την βοήθεια του ανέμου σε κάποια απόσταση, εκεί να βρει εστία ανάφλεξης, να αναφλεγεί και η φλόγα να επιστρέψει στο σημείο της διαρροής με καταστροφικά αποτελέσματα. Τον Ιανουάριο του 1966 σε διωλιστήριο στο Feyzin της Γαλλίας σε διαρροή προπανίου από σφαιρική δεξαμενή η ανάφλεξη του νέφους έγινε σε απόσταση εκατοντάδων μέτρων μακριά από τις εγκαταστάσεις από διερχόμενο Ι.Χ. Αποτέλεσμα 18 νεκροί και 81 τραυματίες και μεγάλες καταστροφές στο διωλιστήριο.

2. ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΕ ΒΥΤΙΟΦΟΡΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ LPG

Βήματα:

- ❖ Αποκλείεται και εκκενώνεται η περιοχή του συμβάντος.
- ❖ Χρησιμοποιούμε τον ελάχιστο απαραίτητο αριθμό πυροσβεστών για την επιχείρηση.
- ❖ Επιχειρείται άμεση και μαζική ψύξη της δεξαμενής με ιδιαίτερη βαρύτητα στο σημείο όπου αυτή πλήττεται από τις φλόγες καθώς και στο πάνω μέρος της.
- ❖ Η ψύξη της δεξαμενής πρέπει να γίνεται και στις δύο πλευρές της.
- ❖ Οι πυροσβέστες χρειάζεται να επιχειρούν από τα πλευρά της δεξαμενής και όχι από τα άκρα της.
- ❖ Αν υπάρχει δυνατότητα, η προσβολή της φωτιάς από χαμηλότερο σημείο (περιπτώσεις εθνικών οδών με παράδρομους π.χ.) μας προσφέρει μια επιπλέον προστασία σε περίπτωση έκρηξης.
- ❖ Αν το αέριο συμμετέχει στην πυρκαγιά επιχειρούμε να κλείσουμε την διαρροή. Αυτό γίνεται παράλληλα με την ψύξη της δεξαμενής και με την εφαρμογή νερού σε ομίχλη να προστατεύει το προσωπικό που θα κάνει την διακοπή. Κατά περίπτωση εξετάζεται το ενδεχόμενο ο πυροσβέστης που θα κάνει την διακοπή να φοράει στολή προσεγγίσεως. (εικ.27)



Εικ.27

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

❖ Αν η διακοπή της ροής του LPG δεν είναι δυνατή, **ΑΕΝ** σβήνουμε το φλεγόμενο αέριο. Συνεχίζουμε την ψύξη της δεξαμενής και αφήνουμε το αέριο να καεί ελεγχόμενα. Έτσι αποφεύγουμε την δημιουργία εκρηκτικού νέφους από το διαρρέον αέριο.

Β) Σε κλειστό χώρο:

1. ΔΙΑΡΡΟΗ LPG ΧΩΡΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

Βήματα:

- Εκκενώνουμε το κτίριο (κλειστό χώρο) στο οποίο σημειώθηκε η διαρροή.
- Εξαλείφουμε όλες τις πιθανές πηγές ανάφλεξης.
- Σταματάμε την λειτουργία όλων των μηχανημάτων που υπάρχουν στον χώρο.
- Διακόπτουμε το ηλεκτρικό ρεύμα. Αν δεν είναι ασφαλές να γίνει από τον πίνακα τότε πρέπει να διακοπεί από την κεντρική παροχή εκτός του κτιρίου.
- Με τους ανιχνευτές αερίων μετράμε την συγκέντρωση του υγραερίου στον χώρο. Αν οι μετρήσεις δείξουν εκρηκτικό μείγμα δεν γίνεται είσοδος στον χώρο και τότε με άνοιγμα σε πόρτες και παράθυρα του χώρου κάνουμε εξαερισμό.
- Αν δεν μπορεί να γίνει φυσικός εξαερισμός του χώρου ή τεχνητός με αντιεκρηκτικά μηχανήματα υπάρχει η λύση της κατάκλισης του χώρου (αν αυτό είναι δυνατό) με νερό.
- Αν οι μετρήσεις το επιτρέπουν προσεγγίζουμε την διαρροή και προσπαθούμε να την σταματήσουμε.
- Η είσοδος μας στον χώρο πρέπει να γίνεται με αναπνευστικές συσκευές καθώς το υγραέριο μπορεί να μην είναι τοξικό, αλλά σε μεγάλες συγκεντρώσεις εκτοπίζει το οξυγόνο από τον χώρο προκαλώντας ασφυξία.
- Απαραίτητη είναι η χρησιμοποίηση φακών αντιεκρηκτικού τύπου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8.1 Επιπτώσεις ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ:

Γενικά:

Οι επιπτώσεις αυτές αναφέρονται αποκλειστικά στην υγεία και την ασφάλεια του ανθρώπου. Ως γνωστών το κύριο συστατικό από το οποίο αποτελείται το LNG είναι το μεθάνιο, το οποίο θεωρείται εύφλεκτο και ασφυξιογόνο με μικρή όμως τοξικότητα στον άνθρωπο. Σε μία μεγάλης ποσότητας απελευθέρωση κρυογεννικού υγροποιημένου αερίου, αυτό θα αρχίσει να εξατμίζεται. Εάν **δεν αναφλεγεί** το ήδη εξατμισμένο LNG, και είναι αρκετά υψηλή η συγκέντρωση του αερίου στον αέρα, τότε αυτό είναι ικανό να δημιουργήσει ασφυξία στα μέλη του πληρώματος του πλοίου, των σωστικών μέσων και των ρυμουλκών.

Ο ANSI Z88.2-1992 (American National Standard for Respiratory Protection) απαιτεί να υπάρχουν αναπνευστικές συσκευές σε άτομα που εργάζονται σε ατμόσφαιρα που το επίπεδο του οξυγόνου είναι λιγότερο από 16% στο επίπεδο της θάλασσας. Τα πρότυπα ANSI υποθέτουν ότι από μια ατμόσφαιρα με οξυγόνο 16%, σχεδόν όλοι οι εργαζόμενοι θα είναι σε θέση να δραπετεύσουν. Ακόμη σε μια ατμόσφαιρα οξυγόνου 12,5%, υποθέτει, ότι μερικοί από τους εργαζομένους θα τραυματιστούν ή θα εξασθενίσουν. Οι συστάσεις του ANSI προορίζονται να προστατεύσουν όσο το δυνατό περισσότερους από τους εργαζομένους και υποθέτει ότι οι εργαζόμενοι έχουν πολύ καλή φυσική κατάσταση για το καθήκον τους και θεωρείται ότι κατά μέσο όρο, έχουν καλύτερη φυσική κατάσταση από το γενικό

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

πληθυσμό. Αναφορές έχουν δείξει ότι, σε συνθήκες με συγκέντρωση O_2 πάνω από 12.5% στο επίπεδο της θάλασσας, το ποσοστό 'μονίμων τραυματισμών' είναι πολύ μικρό σε ανθρώπους με καλή φυσική κατάσταση, ενώ σε συγκέντρωση πάνω από 14% η συχνότητα των μονίμων τραυματισμών είναι ακόμα πιο μικρή.

Σύμφωνα με την Βρετανική Ένωση {British Compressed Gases Association (BCGA), 1984} για τα συμπιεσμένα αέρια, ο χρόνος αντίδρασης ενός ανθρώπου σε μια απρόσμενη και έκτακτη κατάσταση κυμαίνεται μεταξύ των 5 και 20 δευτερολέπτων.

Πιο συγκεκριμένα:

1) Το 5% του πληθυσμού (όπως τα άτομα με ειδικές ανάγκες και τα βρέφη) είναι ανίκανα για οποιαδήποτε αντίδραση.

2) Το 95% του πληθυσμού είναι ικανό να αντιδράσει ως ακολούθως:

- το 10% αντιδρά μέσα σε 7,5 δευτερόλεπτα,
- το 25% αντιδρά μέσα σε 10 δευτερόλεπτα και
- το 80% αντιδρά μέσα σε 15 δευτερόλεπτα.

Τέλος θεωρείται, ότι κανένα άτομο δεν είναι σε θέση να αντιδράσει εντός 5 δευτερολέπτων

8.1.1 Επιπτώσεις από φωτιά

Οι φωτιές διαθέτουν υπολογίσιμο δυναμικό πρόκλησης θανάσιμων τραυματισμών σε ανθρώπους και μεγάλων καταστροφών σε περιουσίες. Οι επιδράσεις της φωτιάς στον ανθρώπινο οργανισμό, εκτιμούνται από τη μελέτη της θερμικής ακτινοβολίας και την επακόλουθη συσχέτισή της με τη δημιουργία εγκαυμάτων στο σώμα. Τα εγκαύματα αυτά μπορεί να είναι συνέπεια: άμεσης επαφής του σώματος με τις φλόγες ή και μίας σύντομης αλλά ισχυρής δόσης θερμικής ακτινοβολίας στο σώμα. Χαρακτηριστική περίπτωση δημιουργίας εγκαυμάτων από άμεση επαφή με φλόγες είναι, αυτή της ανάφλεξης των ρούχων του ατόμου εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται λόγω της θερμικής ακτινοβολίας.

Ο τρόπος αντίδρασης ενός ανθρώπου σε περιστατικό φωτιάς, μπορεί να εξαρτάται από τη φύση του συμβάντος, την ψυχραιμία και την ετοιμότητα του ατόμου. Ανάλογα με την πηγή της ακτινοβολίας, διαφοροποιούνται και οι επιπτώσεις της θερμικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο. Χαρακτηριστική πηγή θερμικής ακτινοβολίας είναι μία πύρινη σφαίρα (σαν επακόλουθο ενός φαινομένου BLEVE). Στατιστικά ο τύπος της φωτιάς αυτής (πύρινης σφαίρας) εγκυμονεί τους μεγαλύτερους κινδύνους όσον αφορά την πρόκληση πολυάριθμων σοβαρών τραυματισμών. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων της έκθεσης σε θερμική ακτινοβολία, είναι συνάρτηση της διάρκειας της έκθεσης και της έντασης της ακτινοβολίας, ενώ η θνησιμότητα των τραυματιών επηρεάζεται καταλυτικά από την ηλικία. Οι μικρότερες ηλικίες έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης έπειτα από σοβαρό τραυματισμό, γιατί εμφανίζουν υψηλότερες αντοχές σε εκτεταμένα εγκαύματα.

Το ανθρώπινο δέρμα αποτελείται από δύο στρώματα, το χόριο και την επιδερμίδα. Το πάχος του ανθρώπινου δέρματος κυμαίνεται από 0,5 χιλιοστά στα βλέφαρα των ματιών έως και 5 χιλιοστά στην περιοχή της πλάτης. Στο μέσο άνθρωπο η συνολική επιφάνεια που καλύπτει το δέρμα είναι $1,8 \text{ m}^2$. Οι επιπτώσεις της θερμικής ακτινοβολίας διακρίνονται κατά αύξοντα βαθμό σοβαρότητας σε:

1) Εγκαύματα 1^{ου} βαθμού: Η επιφάνεια του δέρματος παρουσιάζει έντονη ερυθρότητα. Το έγκαυμα πρώτου βαθμού επηρεάζει μόνο την επιδερμίδα, καθώς εμφανίζεται ερυθρότητα όμως δεν εμφανίζονται φλύκταινες.

2) Εγκαύματα 2^{ου} βαθμού: Εμφανίζονται φλύκταινες στο δέρμα που συνοδεύονται από έντονο πόνο. Το έγκαυμα δεύτερου βαθμού μπορεί να είναι

**ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ**

επιφανειακό ή βαθύ. Στην πρώτη περίπτωση, η βλάβη αφορά μέρος του χορίου και της επιδερμίδα και εμφανίζονται και φλύκταινες. Στη δεύτερη, η βλάβη επηρεάζει βαθύτερα το χόριο προκαλώντας πιο σοβαρό τραυματισμό.

3) Εγκαύματα 3^{ου} βαθμού: Εμφανίζεται απανθράκωση του δέρματος. Ένα εγκαύμα τρίτου βαθμού καταστρέφει και το χόριο και την επιδερμίδα.

Ο βαθμός του τραυματισμού από εγκαύμα σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία του δέρματος. Στους 44 °C εμφανίζεται το αίσθημα του πόνου και σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες προκαλείται τραυματισμός. Στους 50 °C ο βαθμός του τραυματισμού είναι περίπου 100 φορές μεγαλύτερους από ότι στους 44 με 45 °C.

Ο ακόλουθος πίνακας (πιν.Νο5) παρουσιάζει τα παρατηρούμενα αποτελέσματα από τις επιπτώσεις σε έμψυχο και άψυχο υλικό ανάλογα με την ένταση της θερμικής ακτινοβολίας.

Ένταση θερμικής ακτινοβολίας (KW/m ²)	Αποτελέσματα
1,6	Καμία δυσάρεστη επίδραση ακόμα και για μεγάλης χρονικής διάρκειας έκθεση.
4,0	Ικανή να προκαλέσει πόνο σε άτομο σε διάστημα 20 δευτερολέπτων. Πιθανότητα εγκαύματος 2 ^{ου} βαθμού.
9,5	Μέσα σε 8 δευτερόλεπτα ο πόνος γίνεται αισθητός και έπειτα από έκθεση 20 δευτερολέπτων εμφανίζονται εγκαύματα 2 ^{ου} βαθμού.
12,5	Ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για την τήξη πλαστικών σωλήνων και την ανάφλεξη του ξύλου.
37,5	Ικανή να προκαλέσει ανάφλεξη ξύλινων αντικειμένων σε μακροχρόνια έκθεση και σοβαρές ζημιές σε εξοπλισμό.

Τα ρούχα, που συνήθως καλύπτουν μεγάλο ποσοστό του ανθρώπινου σώματος, προσφέρουν μερική προστασία από την επίδραση της θερμικής ακτινοβολίας. Εξαιτίας της πιθανότητας να αναφλεγούν λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται σε περίπτωση πυρκαγιάς, η προστασία αυτή είναι περιορισμένη. Η πλειοψηφία των εμπορικών ενδυμάτων αυτοαναφλέγεται εντός 5 δευτερολέπτων υπό την επίδραση θερμικής ακτινοβολίας της τάξης των 75 KW/m². Η ανάφλεξη των ρούχων ενέχει δύο κινδύνους: από την μια μεριά προκαλεί εγκαύματα στα σημεία επαφής των ενδυμάτων με το σώμα, και από την άλλη εμποδίζει την προσπάθεια του ατόμου που ευρίσκεται σε κίνδυνο να διαφύγει, καθώς στρέφει την προσοχή του πρωτίστως στην κατάσβεση των ρούχων του. Κατά την καύση των ενδυμάτων μεταφέρεται θερμική ενέργεια στον άνθρωπο σε ένα ποσοστό της τάξης του 15%-50%. Η ενέργεια αυτή ισοδυναμεί με θερμική δόση που κυμαίνεται μεταξύ 105 και 365 KJ/m². Στην πραγματικότητα κάθε τετραγωνικό εκατοστό καμένου υφάσματος αντιστοιχεί σε ίσης επιφάνειας καμένη επιδερμίδα.

Σύμφωνα με μελέτες που προέκυψαν έπειτα από πειράματα, πέντε λεπτά μετά την έναρξη μιας φωτιάς χρειάζεται ένα ποτήρι νερό για την κατάσβεσή της. Από πέντε

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

λεπτά μέχρι και δέκα λεπτά η ποσότητα που χρειάζεται είναι ένας κουβάς με νερό, ενώ από δέκα έως δεκαπέντε λεπτά απαιτούνται αρκετοί πυροσβεστήρες.

Σημαντικά μέτρα σε περίπτωση που η εστία της φωτιάς βρίσκεται σε κλειστό χώρο, είναι το κλείσιμο αμέσως όλων των αεραγωγών, των παράθυρων, των πόρτων και των εξαεριστήρων, ώστε να μην υπάρχει τροφοδοσία της καύσης με οξυγόνο. Επιπρόσθετα, με την απομόνωση του καιγόμενου χώρου, εμποδίζεται πρακτικά και η μετάδοση της φωτιάς σε γειτονικά διαμερίσματα ή χώρους που διατηρούνται ελεύθερα από καπνούς και καυσαέρια.

Η βιομηχανία και οι λοιπές οικονομικές δραστηριότητες του ανθρώπου απαιτούν σε καθημερινή βάση τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων επικίνδυνων φορτίων. Η μεταφορά των φορτίων αυτών, στο μεγαλύτερο ποσοστό τους πραγματοποιείται οδικώς και ξεπερνά το 65%. Ένα ποσοστό της τάξης του 20% μεταφέρεται με θαλάσσια μεταφορικά μέσα, το 15% μεταφέρεται σιδηροδρομικώς, ενώ ελάχιστα επικίνδυνα εμπορεύματα μεταφέρονται αεροπορικώς. Τα ατυχήματα που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων, εγκυμονούν σε πολλές περιπτώσεις σοβαρούς κινδύνους: για τη ζωή και την υγεία των ανθρώπων και των ζώων, καθώς και για τη δημόσια τάξη και ασφάλεια. Οι κίνδυνοι αυτοί πηγάζουν κατά κύριο λόγο από την πιθανότητα διαρροής μέρους ή και ολόκληρου του επικίνδυνου φορτίου στον περιβάλλοντα χώρο, που συνιστά διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας και ρύπανση με απρόβλεπτες πολλές φορές συνέπειες για τους κατοίκους μιας περιοχής, τη γλωρίδα και την πανίδα.

8.1.2. Επιπτώσεις από έκρηξη

Οι επιπτώσεις μιας έκρηξης στον άνθρωπο συνήθως ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Άμεσες επιπτώσεις

Η υπερπίεση που δημιουργείται από την έκρηξη μπορεί να προξενήσει τραύματα στα ευαίσθητα ανθρώπινα όργανα ή ακόμα και θάνατο.

2. Έμμεσες επιπτώσεις

Οι έμμεσες επιπτώσεις χωρίζονται σε 2 κατηγορίες στις δευτερογενείς και στις τριτογενείς:

Δευτερογενείς επιπτώσεις οι οποίες αναφέρονται σε τραυματισμούς ή θανάτους από αντικείμενα και θραύσματα που εκτινάχτηκαν από τη έκρηξη. Τα θραύσματα είναι μικρότερα ή μεγαλύτερα τεμάχια διαφόρων υλικών που εκτοξεύονται με κατεύθυνση από το κέντρο της έκρηξης προς τα έξω, με μεγάλες συνήθως ταχύτητες. Τα θραύσματα διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες: σε πρωτεύοντα και δευτερεύοντα. Τα θραύσματα τα οποία προέρχονται από το κέντρο της έκρηξης αποτελούν τα 'Πρωτεύοντα'. Τα θραύσματα που προκύπτουν από τις καταστροφικές επιδράσεις του ωστικού κύματος της έκρηξης στις διάφορες δομές της, αποτελούν τα 'Δευτερεύοντα', έχουν χαμηλότερες κατά κανόνα ταχύτητες από τα πρωτεύοντα, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις θεωρούνται εξίσου επικίνδυνα. Πολλά από αυτά τα θραύσματα έχουν σχετικά μεγάλο μέγεθος, αμβλύ σχήμα και εκτοξεύονται με χαμηλές ταχύτητες. Άλλα πάλι θραύσματα (τα σπασμένα γυαλιά) είναι μικρά σε μέγεθος, αιχμηρά και μπορεί να αποκτήσουν μεγάλες ταχύτητες, γεγονός που τα καθιστά ικανά να προκαλέσουν τραυματισμούς σε αποστάσεις αρκετά μεγαλύτερες από το κέντρο της έκρηξης σε σύγκριση με τα συνήθη δευτερεύοντα θραύσματα. Είναι απαραίτητη η διάκρισή τους σε αιχμηρά και μη αιχμηρά τεμάχια, προκειμένου να εκτιμηθούν οι συνέπειες της επίδρασης των θραυσμάτων στους ανθρώπους. Τα μη αιχμηρά θραύσματα προκαλούν τραυματισμό μέσω της πίεσης που ασκούν κατά την πρόσκρουσή τους στο σώμα, ενώ τα αιχμηρά θραύσματα διεισδύουν στο δέρμα.

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΚΕΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Τριτογενείς επιπτώσεις οι οποίες αναφέρονται σε τραυματισμούς ή θανάτους εξαιτίας της εκτίναξης από το ωστικό κύμα, ολόκληρου του ανθρώπινου σώματος και την επακόλουθη πρόσκρουση του ανθρώπου σε σταθερές κατασκευές ή αντικείμενα. Το ωστικό κύμα μιας έκρηξης είναι δυνατό να παρασύρει ανθρώπους, για αρκετή απόσταση προς την κατεύθυνση διάδοσής του. Η παράσυρση αυτή είναι κατά κανόνα απότομη, βίαιη και καταλήγει πολλές φορές, στην πρόσκρουσή του ατόμου σε ακίνητα ή κινητά εμπόδια με συνέπεια τον τραυματισμό του. Είναι απίθανο στατιστικά να προκληθεί σοβαρός τραυματισμός από την πτώση του ατόμου στο έδαφος, ωστόσο η πρόσκρουση σε άκαμπτο εμπόδιο, ανάλογα πάντα με τη σκληρότητα και το σχήμα του εμποδίου, αλλά και το μέρος του σώματος που εμπλέκεται, είναι δυνατό να οδηγήσει ακόμα και σε θάνατο.

Βασική διαφορά των άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων, είναι ότι στις άμεσες επιπτώσεις είναι 'σίγουρο' ότι ο άνθρωπος θα υποστεί τις συνέπειες της πίεσης, ενώ στις έμμεσες επιπτώσεις, είναι 'πιθανόν' ότι ένα αντικείμενο μπορεί να χτυπήσει τον άνθρωπο ή ότι ολόκληρος ο άνθρωπος μπορεί να εκτιναχτεί από το ωστικό κύμα.

Άλλα είδη πιθανών τραυματισμών του ανθρώπου από έκρηξη είναι: 1) η θραύση του ακουστικού τυμπάνου και η 2) πνευμονική αιμορραγία.

1) Η θραύση του ακουστικού τυμπάνου:

Οι πιθανότητες να προκληθεί ρήξη/θραύση του ακουστικού τυμπάνου σε περίπτωση έκρηξης είναι πολλές, λόγω του ισχυρού ωστικού κύματος που δέχεται ο άνθρωπος. Η βασική λειτουργία του ανθρώπινου αυτιού είναι η ανταπόκριση σε ηχητικά κύματα, με εύρος συχνότητας 20-20.000 Hz, πολύ χαμηλής ενέργειας. Από την άποψη της φυσικής επιστήμης το ωστικό κύμα μίας έκρηξης, έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το ηχητικό κύμα. Παρόλα αυτά, το αυτί αδυνατεί να ανταποκριθεί σε ένα παλμό υψηλής ενέργειας και περιόδου, μικρότερης από 0,3 ms όπως είναι το ωστικό κύμα της έκρηξης, με αποτέλεσμα την απότομη σύσπασή του και επακόλουθη ρήξη του τυμπάνου λόγω της στιγμιαίας υπερπίεσης που δημιουργείται.

2) Πνευμονική αιμορραγία:

Η εξωτερική πίεση που ασκείται στο θωρακικό τοίχωμα του ανθρώπου, υπό την επίδραση ενός ωστικού κύματος, είναι μεγαλύτερη από την εσωτερική. Το φαινόμενο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, την πρόκληση της κινήσεως του θωρακικού τοιχώματος προς το εσωτερικό και τελικά τον πιθανό τραυματισμό στους πνεύμονες. Η κίνηση αυτή του θωρακικού τοιχώματος έχει ορισμένη χρονική διάρκεια, γεγονός που καθιστά σημαντική και την παράμετρο της χρονικής διάρκειας του ωστικού κύματος. Έχει πειραματικά αποδειχθεί, ότι μόνο σε περιπτώσεις μεγάλης σχετικά διάρκειας του ωστικού κύματος, ο ρόλος της αναπτυσσόμενης υπερπίεσης είναι καθοριστικός.

8.2 **Επιπτώσεις στη μεταλλική κατασκευή των πλοίων**

Τη βάση για την ανάλυση των κρουγονικών επιπτώσεων στην μεταλλική κατασκευή των πλοίων, αποτελούν το μέγεθος και η τοποθεσία του ρήγματος της πιθανής διαρροής κρουγενικού LNG. Δεν επιθυμούμαι σε καμία περίπτωση να έρθει σε απευθείας επαφή το υγροποιημένο LNG (-160 °C) με την λαμαρίνα του πλοίου, γιατί στην περίπτωση αυτή που έρθει σε επαφή το υγροποιημένο φυσικό αέριο με την λαμαρίνα θα της προξενήσει 'crack' (σπάσιμο). Εάν η θερμοκρασία είναι υψηλότερη (πχ -80 ή -60 °C) και δεν σπάσει η λαμαρίνα, τότε θα έχει ως αποτέλεσμα την

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

σημαντική μείωση της αντοχής της λαμαρίνας (του hull, των manifold, του καταστρώματος).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

9.1 Διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης τους

Γενικά:

Τα Υγραεριοφόρα πλοία απαιτούν μια προετοιμασία στις δεξαμενές και στις γραμμές φορτίου **πριν την άφιξη** τους στο λιμάνι.

Όταν το operation που επρόκειτο να πραγματοποιηθεί αφορά την **φόρτωση**, τότε απαιτείται εκτός από το πάγωμα των δεξαμενών φορτίου, το οποίο γίνεται εν πλω ή στο λιμάνι και το πάγωμα των γραμμών φορτίου, το οποίο γίνεται μόνο στο λιμάνι φορτώσεως. Κατά την διάρκεια της Φορτώσεως (Loading) φορτώνουμε με Liquid τις δεξαμενές του πλοίου από τις εγκαταστάσεις ξηράς και βγάζουμε Vapor (BOG) από τις δεξαμενές φορτίου του πλοίου στην στεριά, προκειμένου να διατηρείται θετική πίεση εντός των δεξαμενών. Το υγρό φορτίο ξεκινά από τις δεξαμενές της ξηράς διέρχεται από τα συνδεδεμένα ‘‘manifolds’’ ξηράς-πλοίου και δια μέσο των αγωγών φορτώσεως που διαθέτει το πλοίο (συγκεκριμένα της ‘Filling line’) καταλήγει εντός των δεξαμενών του πλοίου.

Όταν το operation που επρόκειτο να πραγματοποιηθεί αφορά την **εκφόρτωση**, τότε απαιτείται μόνο το πάγωμα των γραμμών φορτίου, το οποίο γίνεται εν πλω 18h πριν την άφιξη του πλοίου στο λιμάνι εκφορτώσεως. Κατά την διάρκεια της Εκφόρτωσης (Discharging) ξεφορτώνουμε Liquid από τις δεξαμενές του πλοίου στη ξηρά (δια μέσο της Discharge line) και συμπληρώνουμε την δεξαμενή με Vapor (BOG), το οποίο προμηθευόμαστε από τη στεριά για να έχει πάντα η δεξαμενή φορτίου μας θετική πίεση.

Καθώς το πλοίο αποπλεύσει από το λιμάνι φορτώσεως ή εκφορτώσεως του, οι αξιωματικοί είναι υποχρεωμένοι να επιβλέπουν και να φροντίζουν το φορτίο **κατά την διάρκεια του πλου** του πλοίου.

9.1.1 Προετοιμασία γραμμών και δεξαμενών πριν την άφιξη του πλοίου σε λιμάνι.

Φόρτωση:

Υπάρχουν δύο περιπτώσεις που μπορούμε να προετοιμάσουμε τις δεξαμενές του πλοίου για Φόρτωση :

A) Cooling Down με υπάρχων υγρό (heel ή coolant) στη μια από τις δεξαμενές μας εν πλω,

B) Cooling Down χωρίς υγρό μέσα στις δεξαμενές στο λιμάνι.

A) Προετοιμασία αμπαριών φορτίου πριν την φόρτωση με heel ή coolant εν πλω:

Όταν μέσα σε μια από τις δεξαμενές του πλοίου υπάρχει υγρό, το πάγωμα των δεξαμενών μπορούμε να το κάνουμε μόνοι μας εν πλω (εφόσον βέβαια η ποσότητα αυτή είναι επαρκής). Σε αυτήν την περίπτωση διαθέτουμε κρατημένο φορτίο σε μικρή ποσότητα σε μια από τις δεξαμενές (πχ #4) και αναλόγως το ταξίδι μας (ταχύτητα του πλοίου), τρεις με πέντε ημέρες πριν την άφιξη μας στο λιμάνι φορτώσεως, ξεκινάμε να παγώνουμε τις δεξαμενές φορτίου (cooling down

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

operation). Η έναρξη της διαδικασίας ξεκινάει 3 με 5 ημέρες πριν την άφιξη μας, έτσι ώστε να προλαβαίνουν οι μηχανές του πλοίου να καταναλώνουν την περίσσια πίεση η οποία δημιουργείται στις δεξαμενές φορτίου κατά την διάρκεια που τις παγώνουμε. Ο επιθυμητός μέσος όρος θερμοκρασίας (average temperature) των αμπαριών ώστε να είναι αυτά σε θέση να δεχθούν φορτίο έπειτα από το Cooling Down είναι τουλάχιστον -135°C και κάτω. Σε αυτήν την περίπτωση το πάγωμα των γραμμών φορτίου πραγματοποιείται με την άφιξη του πλοίου στο λιμάνι (Cargo Line Cooling Down Operation).

B) Προετοιμασία αμπαριών φορτίου πριν την φόρτωση χωρίς heel ή coolant στο λιμάνι:

Πριν την έναρξη παγώματος των δεξαμενών φορτίου στο λιμάνι, απαιτείται το πάγωμα των γραμμών φορτίου (Cargo Line Cooling Down Operation). Θεωρούμε πως οι γραμμές είναι έτοιμες να δεχθούν υγρό LNG μόνο όταν είναι τουλάχιστον -150°C και κάτω. Όταν το πλοίο δέσει στο λιμάνι φορτώσεως η διαδικασία παγώματος των δεξαμενών φορτίου (cooling down operation) θα ξεκινήσει εφόσον πρώτα συμφωνηθεί η διαδικασία του Cooling με τον Loading Master. Οι διαδικασίες για τις οποίες θα πρέπει να συμφωνήσουν είναι οι ακόλουθες:

- 1) ο ρυθμός παγώματος των δεξαμενών (περίπου = $30^{\circ}\text{C}/\text{ώρα}$),
- 2) ο ρυθμός εισερχόμενης ποσότητας φορτίου (περίπου = $80\text{m}^3/\text{ώρα}$).

Όταν ο μέσος όρος θερμοκρασίας των δεξαμενών φορτίου, φτάσει στους -135°C και κάτω, τότε οι δεξαμενές θα είναι έτοιμες να δεχθούν το φορτίο.

Εκφόρτωση:

Για την εκφόρτωση του πλοίου απαιτείται το πάγωμα μόνο των γραμμών του φορτίου (Cargo Line Cooling Down Operation). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται περίπου 18h πριν την άφιξη του πλοίου στο λιμάνι εκφόρτωσης. Οι γραμμές μας θεωρούμε ότι είναι έτοιμες για εκφόρτωση, όταν είναι τουλάχιστον -150°C και κάτω.

Φόρτωση/Εκφόρτωση:

Πριν την άφιξη μας σε λιμάνι και την έναρξη της φορτοεκφορτώσεως φροντίζουμε να γεμίσουμε με γλυκό νερό την μπουγέλα (dip tray), η οποία βρίσκεται κάτω από τους αγωγούς συνδέσεως (manifolds), για να αποφευχθεί το σπάσιμο της λαμαρίνας (crack) σε περίπτωση μικρής/μεγάλης διαρροής του φορτίου.

9.1.2 Βήματα αναλυτικά που ακολουθούνται για την εισαγωγή και εξαγωγή φορτίου στις δεξαμενές, κατά την διάρκεια φορτοεκφορτώσεως στο λιμάνι.

Με το που φτάσει το πλοίο στο λιμάνι και δέσει στο Ντόκο (**είτε στη φόρτωση, είτε στην εκφόρτωση**) επιβιβάζεται στο πλοίο ο Loading Master. Ακολουθεί το 'Pre Loading/Discharging Meeting', στο οποίο παρευρίσκονται ο Captain του πλοίου, ο Γραμματικός, ο 1^{ος} Μηχανικός και ο Loading Master της ξηράς. Όλοι οι παραπάνω αξιωματικοί έρχονται σε συμφωνία για τα ακόλουθα:

- 1) Για τον ρυθμό Φορτοεκφόρτωσης (Loading/Discharging Rate), ενδεικτικά περίπου = 11000m^3 .
- 2) Για την πίεση των δεξαμενών του φορτίου (περίπου = 80 – 100mbar)
- 3) Ποια manifolds θα χρησιμοποιηθούν
- 4) Ο αριθμός των αντλιών που θα μπουν σε λειτουργία
- 5) Πόσα compressors θα χρησιμοποιηθούν

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

6) Πότε θα ξεκινήσει και πότε θα σταματήσει το Water Curtain. (η κουρτίνα χρησιμοποιείται για την προστασία του hull στα manifolds και λειτουργεί με sea water).

7) Οι βάρδιες οι οποίες θα τηρούνται από τα πληρώματα στο λιμάνι (στο CCR και στο Deck).

8) Η σειρά πραγματοποιήσεως των ESD Test (ESD Ship to Shore, ESD Shore to Ship, το άνοιγμα και το κλείσιμο στα ESD V/V των manifolds έπειτα από το πέρας του Cooling down).

9) Το σύστημα ESD το οποίο θα συνδέει πλοίο-στεριά (optic, electric, pneumatic).

10) Εάν στο λιμάνι επιτρέπεται να καίει η μηχανή γκάζι ή όχι (Gas Burning), για τις βασικές λειτουργίες του πλοίου.

11) Η μεριά (στεριά ή πλοίο) από την οποία θα πραγματοποιηθεί το Purging των γραμμών μετά την φορτοεκφόρτωση.

12) Σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης (ισχυρών ανέμων, αστραπών) η χρονική στιγμή που θα διακοπεί το operation (πχ 40knots wind).

13) Σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης της στεριάς ή του πλοίου το σήμα που θα χρησιμοποιηθεί για να διακοπεί το operation.

14) Εάν το λιμάνι χρειάζεται σύρματα φωτιάς (Fire Wires).

Φόρτωση:

Στην **φόρτωση**, έπειτα από το Pre Loading Meeting και πριν την σύνδεση των αγωγών (arm connection/manifold) (**Βλέπε εικ.No28**) συνδέουμε στο πλοίο ένα καλώδιο, το οποίο δίνεται από την στεριά, κοντά στα manifolds σε steel plate χωρίς μπογιά, για την γείωση του πλοίου. Στην συνέχεια ξεκινάμε την κουρτίνα του νερού (water curtain), η οποία βρίσκεται στην πλευρά του πλοίου, κάτω από τα manifolds, προκειμένου να προστατευτεί το hull του πλοίου σε περίπτωση διαρροής. Συνδέουμε τους αγωγούς φορτώσεως και Vapor και Liquid (arm connection vapor/liquid) όπως έχουν συμφωνηθεί στο pre loading meeting. Όταν συνδεθούν πραγματοποιείται 'Purging' στους αγωγούς συνδέσεως, για να αποφευχθεί, τυχόν εγκλωβισμένο O_2 και υγρασίες εντός αυτών. Έπειτα πραγματοποιείται το 'Leak Test' κατά την διάρκεια του οποίου το κομμάτι των αγωγών συνδέσεως στεριάς-πλοίου στον χώρο των manifolds (arm connection) πρεσάρεται (έως 5 bar περίπου) με N_2 , προκειμένου να σιγουρευτούμε ότι δεν υπάρχει διαρροή μεταξύ των συνδέσεων. Μετά την σύνδεση των αγωγών για να βεβαιωθούμε ότι το σύστημα σταματήματος εκτάκτου ανάγκης (ESD optic/pneumatic/electric) λειτουργεί σωστά εκτελούμε τα ESD Test μεταξύ πλοίου στεριάς. Έπειτα κάνουμε 'open' του CTS: Custody Transfer Measuring System (μετράμε την ποσότητα φορτίου που έχουμε αρχικά εντός των δεξαμενών 'Initial CTS'). Όταν ο Loading Master μας ενημερώσει ότι οι αγωγοί συνδέσεως είναι έτοιμοι για την έναρξη της φορτώσεως ξεκινάμε τη φόρτωση με πολύ χαμηλό ρυθμό (Loading Rate) περίπου $=1000m^3$ (αυτό που έχει συμφωνηθεί στο Pre Loading Meeting). Οι λόγοι του χαμηλού ρυθμού φορτώσεως είναι για να βεβαιωθούμε ότι δεν έχουμε διαρροές στις γραμμές φορτώσεως, ότι δεν έχουμε ξεχάσει κάποιο V/V γραμμής ή αμπαριών κλειστό και γενικά ότι με την έναρξη της φορτώσεως λειτουργούν όλα σωστά. Παράλληλα με το που ξεκινήσει η φόρτωση στέλνουμε και BOG (Boil of Gas) στη στεριά, δηλαδή βγάζουμε Vapor από τα αμπάρια μας, κατευθείαν με τα πρώτα κιόλας κυβικά (m^3) φορτίου που θα δεχθούμε στην φόρτωση. Επιπλέον προσέχουμε την ομαλή λειτουργία της Γεννήτριας Αζώτου (Nitrogen Generator) και για τυχόν διαρροές φορτίου εντός

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

των Barriers (Primary and Secondary). Αφού βεβαιωθούμε ότι όλα είναι εντάξει ξεκινάμε και ζητάμε σταδιακά μεγαλύτερο ρυθμό φορτώσεως (2000m³, μετά από 10 λεπτά 3000m³, μετά από 10 λεπτά 4000m³, κτλ) μέχρις ότου φτάσουμε το μέγιστο ρυθμό φορτώσεως (foul loading rate). Κατά την διάρκεια της φόρτωσης προσέχουμε την πίεση των αμπαριών και ρυθμίζουμε το Compressor, προκειμένου να διατηρούμε σταθερή πίεση στα αμπάρια (80-100mbar), μέχρι και το πέρας της φόρτωσης. Επίσης κατά την διάρκεια του operation φροντίζουμε να κρατάμε το ύψος της στάθμης του φορτίου έτσι ώστε το ένα αμπάρι να έχει από το άλλο διαφορά 30-40 cm (περισσότερα στο #1CH και λιγότερα στο #4CH) και αυτό γίνεται για την ομαλή ολοκλήρωση/πλήρωση των δεξαμενών φορτίου. Καθ' όλη τη διάρκεια της φόρτωσης πραγματοποιούνται εγγραφές στα ανάλογα ημερολόγια και διατηρείται μια επικοινωνία, ανά μια ώρα, μεταξύ στεριάς-πλοίου σχετικά με το ρυθμό φόρτωσης (Rate, OBQ, tank pressure). Μόλις οι δεξαμενές φτάσουν στο επιθυμητή στάθμη (sounding), ερχόμαστε σε συνεννόηση με το Loading Master και ξεκινάμε τη μείωση του 'loading rate' σταδιακά, μέχρι το χαμηλότερο ρυθμό φόρτωσης (περίπου 1000 m³), όταν είμαστε στο τελικό στάδιο του operation, δηλαδή στο τελευταίο αμπάρι. Επίσης επιχειρούμαι το πλοίο μας να είναι 'even keel'. Φροντίζουμε στο τελευταίο αμπάρι να αφήσουμε χώρο εντός της δεξαμενής (περίπου 70m³), έτσι ώστε να κάνουμε αποστράγγιση των γραμμών (Drain) μέσα στο αμπάρι. Έπειτα από την αποστράγγιση των γραμμών κάνουμε Purging με N² στις γραμμές συνδέσεως πλοίου-στεριάς (manifolds). Αφού βεβαιωθούμε ότι δεν υπάρχει ίχνος υγρού ή αερίου LNG εντός των γραμμών (με μέτρηση του γκαζόμετρου: EAGLE), ξεκινάει η έναρξη της αποσύνδεσης των αγωγών (αρχικά των liquid arm στα manifolds μόνο). Εφόσον ολοκληρωθεί και η τελική μέτρηση του φορτίου που φορτώθηκε (κλείσιμο του CTS 'Finally CTS') συνεννοούμαστε με τον Loading Master για την έναρξη του Gas Burning, προκειμένου να ρυθμίσουμε την πίεση των αμπαριών, και μόνο όταν ξεκινήσει η λειτουργία του Gas Burning, τότε και μόνο τότε αποσυνδέουμε και την Vapor Arm στα manifolds. Τέλος αποσυνδέουμε το ESD (pneumatic/electric/optic) και τελευταίο αφήνουμε για αποσύνδεση το καλώδιο της γείωσης.



(Εικ.Νο28, Χώρος των manifolds)

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Εκφόρτωση:

Στην **εκφόρτωση**, έπειτα από το Pre Discharging Meeting και πριν την σύνδεση των αγωγών (arm connection/manifold) συνδέουμε στο πλοίο ένα καλώδιο, το οποίο δίνεται από την στεριά, κοντά στα manifolds σε steel plate χωρίς μπογιά, για την γείωση του πλοίου. Στην συνέχεια ξεκινάμε την κουρτίνα του νερού (water curtain), η οποία βρίσκεται στην πλευρά του πλοίου, κάτω από τα manifolds, προκειμένου να προστατευτεί το hull του πλοίου σε περίπτωση διαρροής. Συνδέουμε τους αγωγούς φορτώσεως και Vapor και Liquid (arm connection vapor/liquid) όπως έχουν συμφωνηθεί στο pre loading meeting. Όταν συνδεθούν πραγματοποιείται 'Purging' στους αγωγούς συνδέσεως, για να αποφευχθεί, τυχόν εγκλωβισμένο O_2 και υγρασίες εντός αυτών. Έπειτα πραγματοποιείται το 'Leak Test' κατά την διάρκεια του οποίου το κομμάτι των αγωγών συνδέσεως στεριάς-πλοίου στον χώρο των manifolds (arm connection) πρεσάρεται (έως 5 bar περίπου) με N_2 , προκειμένου να σιγουρευτούμε ότι δεν υπάρχει διαρροή μεταξύ των συνδέσεων. Μετά την σύνδεση των αγωγών για να βεβαιωθούμε ότι το σύστημα σταματήματος εκτάκτου ανάγκης (ESD optic/pneumatic/electric) λειτουργεί σωστά εκτελούμε τα ESD Test μεταξύ πλοίου στεριάς. Έπειτα κάνουμε 'open' του CTS:Custody Transfer Measuring System (μετράμε την ποσότητα φορτίου που έχουμε αρχικά εντός των δεξαμενών 'Initial CTS'). Όταν ο Loading Master μας ενημερώσει ότι οι αγωγοί συνδέσεως είναι έτοιμοι για την έναρξη της εκφορτώσεως ξεκινάμε τη εκφόρτωση με πολύ χαμηλό ρυθμό (Discharging Rate) περίπου $=1000m^3$ και θέτουμε και σε λειτουργία τις αντλίες που έχουν συμφωνηθεί να ενεργοποιηθούν (γενικά εφαρμόζουμε αυτά που έχουν συμφωνηθεί στο Pre Discharging Meeting). Οι λόγοι που αρχικά ξεκινάμε με χαμηλό ρυθμό εκφορτώσεως, είναι για να βεβαιωθούμε ότι δεν έχουμε διαρροές στις γραμμές φορτώσεως, ότι δεν έχουμε ξεχάσει κάποιο V/V γραμμής ή αμπαριών κλειστό και γενικά ότι με την έναρξη της εκφορτώσεως λειτουργούν όλα σωστά. Παράλληλα με το που ξεκινήσουμε την εκφόρτωση, δεχόμαστε και BOG (Boil of Gas) από τη στεριά, δηλαδή βάζουμε Vapor στα αμπάρια μας, κατευθείαν από την παροχή των πρώτων κιάλας κυβικών (m^3) εκφορτώσεως. Επιπλέον προσέχουμε την ομαλή λειτουργία της Γεννήτριας Αζώτου (Nitrogen Generator) και για τυχόν διαρροές φορτίου εντός των Barriers (Primary and Secondary). Αφού βεβαιωθούμε ότι όλα είναι εντάξει ξεκινάμε και δίνουμε μεγαλύτερο ρυθμό εκφορτώσεως (Foul Discharging Rate). Κατά την διάρκεια της εκφόρτωσης προσέχουμε την πίεση των αμπαριών και ρυθμίζουμε το Compressor προκειμένου να διατηρούμε σταθερή πίεση στα αμπάρια (80-100mbar), μέχρι και το πέρας της εκφόρτωσης. Επίσης κατά την διάρκεια του operation φροντίζουμε να κρατάμε το ύψος της στάθμης του φορτίου έτσι ώστε το ένα αμπάρι να έχει από το άλλο διαφορά 30-40 cm (λιγότερα στο #1CH και περισσότερα στο #4CH) και αυτό γίνεται για την ομαλή ολοκλήρωση/πλήρωση των δεξαμενών φορτίου. Καθ' όλη τη διάρκεια της εκφόρτωσης πραγματοποιούνται εγγραφές στα ανάλογα ημερολόγια και διατηρείται μια επικοινωνία, ανά μια ώρα, μεταξύ στεριάς-πλοίου σχετικά με το ρυθμό εκφόρτωσης (Rate, OBQ, tank pressure). Μόλις οι δεξαμενές φτάσουν στο επιθυμητή στάθμη (sounding) ερχόμαστε σε συνεννόηση με το Loading Master και ξεκινάμε τη μείωση του 'Discharging Rate' σταδιακά μέχρι το χαμηλότερο ρυθμό εκφόρτωσης, όταν είμαστε στο τελικό στάδιο του operation, δηλαδή στο τελευταίο αμπάρι. Επίσης φροντίζουμε το πλοίο μας στο τελικό στάδιο να είναι περίπου $=3m$ by stern, έτσι ώστε να μπορέσουμε να εκφορτώσουμε την περισσότερη ποσότητα. Έπειτα κάνουμε Purging με N_2 στις γραμμές συνδέσεως

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

πλοίου-στεριάς στα manifolds (arm connection). Αφού βεβαιωθούμε ότι δεν υπάρχει ίχνος υγρού ή αερίου LNG εντός των γραμμών (με μέτρηση του γκαζόμετρου: EAGLE), ξεκινάει η έναρξη της αποσύνδεσης των αγωγών (αρχικά των liquid arm στα manifolds μόνο). Εφόσον ολοκληρωθεί και η τελική μέτρηση του φορτίου που εκφορτώθηκε (κλείσιμο του CTS 'Finally CTS') συνεννοούμαστε με τον Loading Master για την έναρξη του Gas Burning, προκειμένου να ρυθμίσουμε την πίεση των αμπαριών, και μόνο όταν ξεκινήσει η λειτουργία του Gas Burning, τότε και μόνο τότε αποσυνδέουμε και την Vapor Arm στα manifolds. Τέλος αποσυνδέουμε το ESD (pneumatic/electric/optic) και τελευταίο αφήνουμε για αποσύνδεση το καλώδιο της γείωσης.

9.1.3 Βήματα μετά την αναχώρηση από το λιμάνι και κατά την διάρκεια του πλου.

Επίβλεψη και Φροντίδα φορτίου κατά τη διάρκεια του πλου σε Laden ή Ballast κατάσταση:

Στα Υγραεριοφόρα πλοία (LNG) το περίσσιο αέριο των δεξαμενών (από την εξάτμιση φορτίου) το καίει η μηχανή για την πρόωση της. Καθώς η μηχανή καίει το περίσσιο αέριο των δεξαμενών η πίεση εντός αυτών (των δεξαμενών) διατηρείται σε σταθερά επίπεδα περίπου =100mbar (ανάλογα και με το λιμάνι φόρτωσης ή εκφόρτωσης).

Κατά την διάρκεια του πλου και σε κατάσταση Laden (Φορτωμένοι), έχουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις καταναλώσεως καυσίμου, ανάλογα με αυτά που ζητάει ο Ναυλωτής:

1^η Περίπτωση Laden 1: Natural Boil Off + Supplement by Forcing (Gas only)

Εξήγηση: Σε αυτήν την περίπτωση, ο Ναυλωτής ζητάει να καίμε μόνο γκάζι 'Gas only' (την φυσική εξάτμιση του φορτίου των αμπαριών) και εάν χρειάζεται λόγω ταχύτητας να παράγουμε παραπανίσιο γκάζι/αέριο με την λειτουργία του 'Forcing' (Forcing: Μηχάνημα το οποίο μετατρέπει την υγρή μορφή του φορτίου, η οποία διέρχεται από τα αμπάρια, σε αέρια μορφή).

2^η Περίπτωση Laden 2: Natural Boil Off Gas using minimum Gas (NBOG only)

Εξήγηση: Σε αυτήν την περίπτωση, ο Ναυλωτής ζητάει να καίει η μηχανή μόνο ότι παράγεται από την φυσική εξάτμιση του φορτίου στα αμπάρια (NBOG only: Natural Boil of Gas). Δεν τον απασχολεί η ταχύτητα, παρά μόνο η μηχανή να καίει την φυσική εξάτμιση του LNG και τίποτα άλλο.

3^η Περίπτωση Laden 3: Natural Boil Off + Supplement by Fuel (NBOG + HFO)

Εξήγηση: Σε αυτήν την περίπτωση, ο Ναυλωτής ζητάει να καίει η μηχανή μόνο ότι παράγεται από την φυσική εξάτμιση του φορτίου στα αμπάρια (NBOG) και ότι παραπανίσιο καύσιμο απαιτείται να συμπληρώνεται από Fuel (HFO), στην περίπτωση που επιθυμούμαι να αυξήσουμε την ταχύτητα του πλοίου.

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

Κατά την διάρκεια του πλου και σε κατάσταση Ballast (Μη Φορτωμένοι), έχουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις καταναλώσεως καυσίμου, ανάλογα με αυτά που ζητάει ο Ναυλωτής:

1^η Περίπτωση Ballast 1: Natural Boil Off + Supplement by Forcing (Gas only)

Εξήγηση: Σε αυτήν την περίπτωση, ο Ναυλωτής ζητάει να καίμε μόνο γκάζι 'Gas only' (την φυσική εξάτμιση του φορτίου των αμπαριών) και εάν χρειάζεται λόγω ταχύτητας να παράγουμε παραπανίσιο γκάζι/αέριο με την λειτουργία του 'Forcing' (Forcing: Μηχάνημα το οποίο μετατρέπει την υγρή μορφή του φορτίου, η οποία διέρχεται από τα αμπάρια, σε αέρια μορφή).

2^η Περίπτωση Ballast 2: Natural Boil Off Gas using minimum Gas (NBOG only)

Εξήγηση: Σε αυτήν την περίπτωση, ο Ναυλωτής ζητάει να καίει η μηχανή μόνο ότι παράγεται από την φυσική εξάτμιση του φορτίου στα αμπάρια (NBOG only: Natural Boil of Gas). Δεν τον απασχολεί η ταχύτητα, παρά μόνο η μηχανή να καίει την φυσική εξάτμιση του LNG και τίποτα άλλο.

3^η Περίπτωση Ballast 3: Natural Boil Off + Supplement by Fuel (NBOG + HFO)

Εξήγηση: Σε αυτήν την περίπτωση, ο Ναυλωτής ζητάει να καίει η μηχανή μόνο ότι παράγεται από την φυσική εξάτμιση του φορτίου στα αμπάρια (NBOG) και ότι παραπανίσιο καύσιμο απαιτείται να συμπληρώνεται από Fuel (HFO), στην περίπτωση που επιθυμούμαι να αυξήσουμε την ταχύτητα του πλοίου.

4^η Περίπτωση Ballast 4: HFO Mode

Εξήγηση: Σε αυτήν την περίπτωση, ο Ναυλωτής ζητάει να καίει η μηχανή μόνο Fuel (HFO), γιατί δεν υπάρχει καθόλου ποσότητα LNG/γκάζι στις δεξαμενές φορτίου.

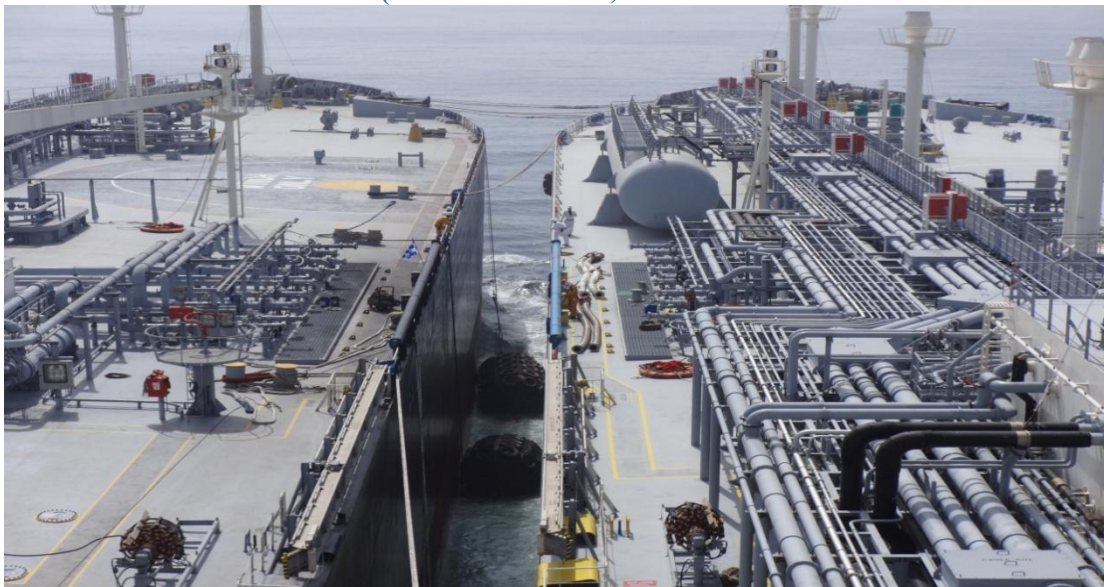
9.1.4 Διαδικασία Φορτοεκφόρτωσης των LPG:

Η διαδικασία φορτοεκφόρτωσης των LPG, είναι ακριβώς η ίδια με αυτήν των LNG. Υπάρχουν όμως ορισμένες **διαφορές**, όπως ότι η μεταφορά του LPG φορτίου γίνεται σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες από ότι αυτή του LNG φορτίου και ότι στα LPGC τις πιέσεις που δημιουργούνται στις δεξαμενές φορτίου (περίσσιο αέριο), δεν τις καίμε στην μηχανή ως καύσιμο, αλλά συνήθως τις επανυγροποιούμε (reliquefaction plant) με compressers που διαθέτουν τα πλοία και τις ξανά επιστρέφουμε στα αμπάρια του πλοίου ή τις στέλνουμε έξω στο λιμάνι (το περίσσιο αέριο) το οποίο καίγεται εκεί. Είναι αναλόγως το τι έχει συμφωνηθεί μεταξύ πωλητή-αγοραστή. Επίσης στα LPG δεν υπάρχει κουρτίνα νερού (water curtain), στο πλάι του hull, στην περιοχή των manifolds. Δεν χρειάζεται να υπάρχει η κουρτίνα νερού, γιατί σε περίπτωση διαρροής LPG (όχι πολύ μεγάλης), δεν θα κάνει καμία ζημιά στην λαμαρίνα του πλοίου εφόσον αυτή μπορεί να αντέξει τους -40 °C. Ακόμη στα LPG πλοία δεν έχουμε open και close του CTS (δηλαδή αυτόματη μέτρηση της ποσότητας φορτίου στα αμπάρια). Έτσι

ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΟΡΤΩΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

το φορτίο που υπάρχει εντός των δεξαμενών το μετράμε με το Tank Radar, το οποίο είναι εγκατεστημένο σε κάθε αμπάρι, και περνάμε εμείς χειροκίνητα τις ποσότητες του φορτίου που μας δείχνει το tank radar στο IAS.

Τέλος στα LPG πλοία συναντάμε πιο συχνά το operation του Ship to Ship (STS Operation) από ότι στα LNG πλοία. Τα LNG κάνουν STS operation, εάν χρειαστεί, μόνο σε περίπτωση ανάγκης, διότι οι εγκαταστάσεις στα λιμάνια φορτοεκφορτώσεως LNG πλοίων είναι σχεδιασμένες για να φορτοεκφορτώνουν μεγάλου μήκους πλοία LNG και για αυτόν ακριβώς τον λόγο δεν υπάρχουν πολλά πλοία LNG μικρού μήκους. Σε αντίθεση τα LPG διαθέτουν αρκετά πλοία μικρού μήκους, διότι οι εγκαταστάσεις στα λιμάνια φορτοεκφορτώσεως LPG πλοίων, κατά το πλείστο, είναι σχεδιασμένες για να φορτοεκφορτώνουν μικρού μήκους πλοία LPG και για αυτόν ακριβώς τον λόγο τα μεγάλου μήκους LPG πλοία κάνουν STS operation με μικρότερα τους και είναι πιο συχνό το STS operation στα LPG από ότι στα LNG. **(Βλέπε εικ.No29)**



(Εικ.No29, LPG STS Operation)

Επίλογος-Συμπεράσματα

Επομένως, από όλα τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, τα Υγραεριοφόρα πλοία (LNG,LPG) μεταφέρουν φορτίο (Μεθάνιο, Προπάνιο, Βουτάνιο) σε ειδικές θερμοκρασίες και πιέσεις. Καθ' όλη την διάρκεια της μεταφοράς του φορτίου, οι Αξιωματικοί θα πρέπει να έχουν την προσήκουσα επιμέλεια του φορτίου και να ελέγχουν σε τακτικά χρονικά διαστήματα τις πιέσεις και τις θερμοκρασίες του φορτίου στα αμπάρια, ώστε σε περίπτωση που αυτές δεν συμβαδίζουν με τις επιθυμητές να τις ρυθμίζουν. Επιπλέον, είναι ιδιαίτερα σημαντικό, οι Αξιωματικοί να είναι εξοικειωμένοι και γνώστες των ιδιοτήτων του φορτίου που μεταφέρουν και να διαθέτουν αρκετή εμπειρία, προκειμένου να είναι σε θέση να λαμβάνουν ορθές επιλογές και αποφάσεις, δίχως να θέτουν σε κίνδυνο το πλοίο-φορτίο-πλήρωμα. Ωστόσο ακόμα και στην περίπτωση που θα θέσουν το πλοίο σε κίνδυνο, να είναι σε θέση να τον αντιμετωπίσουν, με τη σωστή επιλογή των διαθέσιμων μέσων που παρέχονται στα πλοία (πυροσβεστικά μέσα, μέσα διάσωσης). Τέλος οι διαφορές των LNG και των LPG πλοίων είναι μετρημένες και αφορούν κυρίως το είδος μεταφοράς του φορτίου (Μεθάνιο, Προπάνιο, Βουτάνιο) και τις θερμοκρασίες μεταφοράς του.

Βιβλιογραφία:

1. <http://www.capital.gr/story/2185776>
2. https://el.wikipedia.org/wiki/Υγραεριοφόρο_πλοίο
3. https://en.wikipedia.org/wiki/LNG_carrier
4. <http://www.liquefiedgascarrier.com/fully-pressurized-ships.html>
5. https://el.wikipedia.org/wiki/Φυσικό_αέριο
6. <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL101/163/1133,4156/>
7. http://daskalosa.eu/physics_st/st_fysika_01_energeia_2.html
8. Cargo Operating Manual
9. MGC SIGTTO GAS COURSE
10. <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2009/DesteAikaterini,ApokremiottiKalliopi/attached-document/2009desteapokremiotti.pdf> Το φυσικό αέριο στην Ελλάδα βασικός σχεδιασμός και ανάλυση παραμέτρων λειτουργίας μετρικών και ρυθμιστικών σταθμών του συστήματος μεταφοράς φυσικού αερίου.(Πτυχιακή εργασία της κ. ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗΣ ΑΠΟΚΡΕΜΙΩΤΗ ΚΑΛΛΙΟΠΗΣ)
11. <http://docplayer.gr/1646071-Diplomatiki-ergasia-i-tehnologiki-exelixa-ton-ploion-lng.html> Η τεχνολογική εξέλιξη των πλοίων LNG.(Διπλωματική εργασία της κ. ΤΣΑΛΙΚΙΔΗ ΙΩΑΝΝΑΣ-ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑΣ)
12. http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/2867/adamantidisg_lng.pdf?sequence=3 Μελέτη επιπτώσεων από τη διαρροή υγροποιημένου φυσικού αερίου από υγραεριοφόρα σκάφη.(Διπλωματική εργασία του κ. ΑΔΑΜΑΝΤΙΔΗ ΓΕΩΡΓΙΟΥ)
13. https://dspace.lib.ntua.gr/dspace2/bitstream/handle/123456789/39634/PeriklisSkavaras_LNGCarrier.pdf?sequence=1 Μελέτη και σχεδίαση πλοίου μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου LNGC (Μεταπτυχιακή εργασία του κ. ΠΕΡΙΚΛΗ ΣΚΑΒΑΡΑ)
14. http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/maritime/FILES/biblia/biblia/naytikh_texni_a/kef03a.pdf Βιβλίο ναυτικού Λυκείου τάξης Α Ναυτική Τέχνη και Έκτακτες ανάγκες ΚΕΦ. 3Α
15. <http://ikee.lib.auth.gr/record/128128/files/GRI-2011-7674.pdf> Λειτουργικά οικονομικά και τεχνικά χαρακτηριστικά στην θαλάσσια διακίνηση των χύδην υγρών φορτίων (Διπλωματική εργασία του κ. ΠΕΡΙΛΗ ΟΡΕΣΤΗ)
16. Βασικές αρχές και σημειώσεις για το πλοίο (LPG/C MARAN GAS VERGINA) Capt. Απόστολος Κάργας 2008 (Χειρόγραφο)
17. <http://www.naftemporiki.gr/finance/story/1064150/nees-pieseis-stous-naulous-ton-lng-carriers>
18. <http://kourdistoportocali.com/the-ones-who-do/kp-66/>
19. <http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26516&subid=2&pubid=113910>
20. <https://www.youtube.com/watch?v=zOkL6NOct0E>
21. <http://www.cargasathens.gr/gas.html>
22. <https://el.wikipedia.org/wiki/Υγραέριο>
23. http://www.ntailianisgas.gr/main/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=37&Itemid=56
24. <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mhx/2015/PeresiolkiniGiouri/attached-document-1450340425-31794-8521/PeresiolkiniGiouri2015.pdf>
25. <http://www.firefighters.gr/2011/09/05/ekpedefsis-2ou-p-s-thesnikis-antimetopisi-simvanton-igraeriou-lpg/>

**ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
ΦΟΡΤΩΚΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ**

26. http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/maritime/FILES/biblia/biblia/naytikh_texni_a/kef10.pdf
27. <http://kireas.org/lng.htm>
28. Βιβλίο: LNG Shipping knowledge (Underpinning knowledge to the SIGTTO Standards 2nd Edition)
29. Συνέντευξη από Captain LNG και LPG πλοίων.

Πηγές για εικόνες:

1. <http://2.bp.blogspot.com/-uyn3JXrnXRU/UJq6g074eDI/AAAAAAAAAQM/Sw88KuV10rQ/s1600/Untitled-1.jpg>
2. Cargo Operating Manual (MARAN GAS MARITIME)
3. http://images.slideplayer.gr/11/3078119/slides/slide_8.jpg

**ΠΛΟΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
ΦΟΡΤΩΚΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ**



*«Η ναυτιλία των Ελλήνων ήταν, είναι και θα παραμείνει 'πρωταθλήτρια' στον διεθνή ναυτιλιακό στίβο, σε πείσμα των αθέμιτων χτυπημάτων που δέχεται»,
διαμήνυσε από το βήμα της Ένωσης Ελλήνων Εφοπλιστών ο Θ. Βενιάμης.
{Πηγή:<http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26516&subid=2&pubid=113910739>}*