

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

“ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
ΚΑΙ ΠΛΟΙΑ LNG”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΟΥΡΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΞΑΚΟΥΣΤΗ (ΑΜ 222019)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :Κ. ΖΩΗΣ

ΜΑΙΟΣ 2021
ΑΘΗΝΑ

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

Επιβλέπων Καθηγητής: Κωνσταντίνος Ζώης

Μέλος 1: Πανάγου Βασίλειος

Μέλος 2: Ιμπριζή Ελένη

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Λουράντου Ελευθερία Ξακουστή του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 222019 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Χρηματοοικονομική της Ναυτιλίας του Τμήματος Λογιστικής και Χρηματοοικονομικής της Σχολής Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι το έτος 2025 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο/Η Δηλών/ούσα

Λουράντου Ελευθερία Ξακουστή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ζώη Κωνσταντίνο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια υλοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς επίσης και όλους τους/τις καθηγητές/τριες του Μεταπτυχιακού προγράμματος ‘Χρηματοοικονομική της Ναυτιλίας’ .

Θα ήθελα επίσης να απευθύνω ευχαριστίες στην οικογένειά μου η οποία με στηρίζει και με ενθαρρύνει όλα αυτά τα χρόνια με διάφορους τρόπους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (Υ.Φ.Α.).....	7
1.1 Η Ναυτιλία Γενικά.....	7
1.2 Το Φυσικό Αέριο.....	9
1.3 Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	14
2.1 Η Εξόρυξη Του Φυσικού Αερίου.....	14
2.2 Η Υγροποίηση Του Φυσικού Αερίου.....	15
2.3 Αποθήκευση- Φόρτωση- Μεταφορά- Εκφόρτωση Υ.Φ.Α.	16
2.4 Επαναεριοποίηση- Διανομή Υ.Φ.Α.	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΠΛΟΙΑ LNG ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	20
3.1 Κατασκευαστικά Στοιχεία Πλοίου LNG.....	20
3.2 Διακρίσεις Πλοίων LNG Με Βάση Τις Δεξαμενές Τους.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΠΛΟΙΑ LNG ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΜΠΟΡΙΟ Υ.Φ.Α.	25
4.1 Ο Στόλος Των Πλοίων LNG, Οι Παραγγελίες Στα Ναυπηγεία Και Οι Έλληνες Πλοιοκτήτες.....	25

4.2 Οι Χώρες Παραγωγής Υ.Φ.Α.	29
4.3 Οι Χώρες Κατανάλωσης Υ.Φ.Α.	30
4.4 Τιμές Πλοίων LNG.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ Υ.Φ.Α. ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	35
5.1 Κίνδυνοι Από Το Υ.Φ.Α.	35
5.2 Φυσικό Περιβάλλον Και Υ.Φ.Α.	38
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	41
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	43
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	
Εικόνα 1: Το πρώτο δεξαμενόπλοιο LNG “The Methane Pioneer”.....	13
Εικόνα 2: Διαδικασία υγροποίησης φυσικού αερίου.....	16
Εικόνα 3: Τερματικός σταθμός.....	18
Εικόνα 4: Παραγωγική διαδικασία Υ.Φ.Α.	19
Εικόνα 5: Δεξαμενή τύπου μεμβράνης.....	22
Εικόνα 6: Δεξαμενή σφαιρικού τύπου.....	23
Εικόνα 7: Δεξαμενή πρισματικού τύπου.....	24
Εικόνα 8: Τερματικός σταθμός Ρεβυθούσας.....	40

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι μία καθαρή και φιλική ως προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο από τα κράτη, σε μία προσπάθεια αντικατάστασης άλλων πηγών όπως είναι ο άνθρακας. Η αύξηση της κατανάλωσης υγροποιημένου φυσικού αερίου οδηγεί στην αύξηση της ζήτησης πλοίων για τη μεταφορά του.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα εξεταστεί το φυσικό αέριο ως προϊόν και στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με τη διακίνησή του. Συγκεκριμένα, θα μελετηθεί τόσο η διαδικασία που ακολουθείται κατά την εξόρυξη, τη φόρτωση, τη μεταφορά και την εκφόρτωση του προϊόντος, όσο και η τεχνολογία που ακολουθείται κατά την υγροποίηση του φυσικού αερίου. Δημιουργήθηκε η ανάγκη για την υγροποίηση του προϊόντος λόγω των δυσκολιών που υπάρχουν κατά την αποθήκευση και την μεταφορά του σε αέρια μορφή. Το Υ.Φ.Α. μεταφέρεται μέσω ειδικών δεξαμενόπλοιων (LNG carriers) από τους τόπους παραγωγής στις χώρες κατανάλωσης.

Στη συνέχεια, θα εξεταστεί η ναυπηγική κατασκευή ενός πλοίου LNG και οι διακρίσεις που υπάρχουν με βάση τις δεξαμενές τους. Θα ακολουθήσει αναφορά στις συνθήκες αγοράς Υ.Φ.Α. και στις χώρες που εισάγουν και εξάγουν το φυσικό αέριο. Τέλος, θα γίνει αναφορά στους Έλληνες εφοπλιστές που έχουν την τάση να υπερτερούν στην αγορά LNG πλοίων καθώς και στο συνολικό κόστος ως σημαντικός παράγοντας που απορρέει από μία τέτοια αγορά.

ABSTRACT

Liquefied natural gas is a clean and environmentally friendly source of energy that is increasingly used by states in an effort to replace other sources such as coal. The increase in the consumption of liquefied natural gas leads to the increase in the demand for ships for its transport.

In the present, dissertation we will examine gas as a product and then we will deal with its circulation. In particular, both the process followed during the extraction, loading, transport and unloading of the product, as well as the technology followed during the liquefaction of natural gas will be studied. The need arose for the liquefaction of the product due to the difficulties that exist during its storage and transport in gaseous form. Liquefied natural gas is transported by special tankers (LNG carriers) from the places of production to the countries of consumption.

Then, the shipbuilding of a ship and the distinctions that exist based on their tanks will be examined. This will be followed by a reference to the market conditions for liquefied natural gas and the countries that import and export natural gas. Finally, the tendency of Greek shipowners to proceed with the purchase of LNG ships as well as the total cost as an important factor arising from such a market will be examined.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (Υ.Φ.Α.)

1.1 Η ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΓΕΝΙΚΑ

Το εμπόριο όπως κι άλλες οικονομικές δραστηριότητες, είναι συνδεδεμένο με τις θαλάσσιες μεταφορές οι οποίες αυξάνονται σε συχνότητα, ποσότητα αλλά και σε ποικιλότητα. Η θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν το κυρίαρχο κομμάτι των παγκόσμιων μεταφορών ανεξαρτήτως φορτίου. Το 1995 διακινήθηκαν φορτία 800 εκατομμυρίων τόνων μέσω θαλάσσης, ενώ μέχρι το 2000 είχαν αυξηθεί στα 6 δισεκατομμύρια τόνους. Έχει υπολογιστεί ότι κάθε χρόνο διακινούνται φορτία 25.000×10^9 tones /km μέσω θαλάσσης ενώ 7000×10^9 tones /km μέσω σιδηροδρόμων και 3000×10^9 tones/km μέσω οδικών μεταφορών.

Η Μεσόγειος θάλασσα είναι μία από τις πλέον υπερφορτωμένες θαλάσσιες διαδρομές. Αποτελεί μία από τις κυρίαρχες διαδρομές διαμετακόμισης φορτίων προς αλλά και από χώρες εκτός Μεσογείου.

Μέσω της ναυτιλίας μεταφέρεται το 90% του παγκόσμιου εμπορίου η οποία είναι το λιγότερο περιβαλλοντικά επιβλαβές μέσω μεταφοράς. Επιπροσθέτως, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για το παγκόσμιο εμπόριο, την οικονομία και την ευημερία των κρατών και πρέπει να καταβάλλεται κάθε προσπάθεια ώστε να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που αφορούν τις θάλασσες και τους ωκεανούς. Η προσφορά του θαλάσσιου χώρου είναι μεγάλη καθώς συνεισφέρει σε διάφορους τομείς όπως η ναυσιπλοΐα, η αλιεία, η ανάπτυξη της οικονομίας και οι μεταφορές. Επομένως, η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί καθήκον όλων μας. Ο ρυθμός ανάπτυξης της παγκόσμιας οικονομίας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν τη ζήτηση για θαλάσσιες μεταφορές. Άρρηκτα συνδεδεμένα με αυτό είναι και ο ρυθμός ανάπτυξης χωρών και περιοχών και κέντρων παραγωγής και κατανάλωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ρυθμός ανάπτυξης του διεθνούς εμπορίου συνέβαλε σε ένα αξιόλογο βαθμό στην μεγαλύτερη ζήτηση για θαλάσσιες μεταφορές. Η ναυτιλία αποτελεί υψηλής σημασίας παράγοντα για την παγκόσμια οικονομία και συμβάλλει στην ευημερία, στην ανάπτυξη και την ενοποίηση των αγορών καθώς μειώνεται το κόστος μεταφοράς. Να σημειωθεί ότι η θαλάσσια μεταφορά έχει χαμηλότερο μεταφορικό κόστος συγκριτικά με άλλα μέσα μεταφοράς [11].

Συμπερασματικά, οι θαλάσσιες μεταφορές δημιούργησαν ευρύτερες ευνοϊκές συνέπειες για την ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας. Η μαζική διακίνηση φορτίων από τα κέντρα παραγωγής προς τα κέντρα κατανάλωσης παρατηρήθηκε ότι, οικονομικά είναι πιο συμφέρουσα μέσω της θαλάσσιας μεταφοράς. Τέλος τα 4/5 του διεθνούς θαλάσσιου εμπορίου διακινούνται μέσω θαλάσσης το οποίο αναπτύχθηκε με γρήγορους ρυθμούς στη μεταπολεμική περίοδο.

Κάποτε οι άνθρωποι δεν ξεχώριζαν πλοία και όταν μιλούσαν για πλοίο εννοούσαν κάθε πλεύσιμο που μπορεί να μεταφέρει φορτίο διά θαλάσσης. Με την πάροδο του χρόνου όμως έγινε εμφανής η ανάγκη για το διαχωρισμό τους. Ο διαχωρισμός γίνεται με βάση την περιοχή που ταξιδεύουν (ποντοπόρα, ακτοπλοϊκά, εγχώριων υδάτων), το υλικό κατασκευής τους (ξύλινα, μεταλλικά ή μικτής κατασκευής), το μέσο πρόωσης τους (μηχανοκίνητα, ιστιοφόρα, κωπήλατα ή ρυμουλκούμενα), το είδος μεταφοράς και τον προορισμό τους.

Παρακάτω γίνεται αναφορά στις βασικές κατηγορίες πλοίων με βάση το είδος μεταφοράς και τον προορισμό τους [14].

- **Φορτηγά πλοία** (cargo ships): χαρακτηρίζονται όσα πλοία μεταφέρουν κάθε είδους φορτίο και διαχωρίζονται σε **φορτηγά πλοία ξηρών φορτίων**, σε **φορτηγά πλοία υγρών φορτίων** και **φορτηγά πλοία συνδυασμένων μεταφορών**. Τα φορτηγά πλοία ξηρών φορτίων διακρίνονται σε πλοία που μεταφέρουν **χύδην ομοειδή φορτία** (bulk carriers) όπως είναι η ζάχαρη, τα σιτηρά, ο άνθρακας κ. α και σε **πλοία μεταφοράς γενικών φορτίων** (general cargo). Στη σημερινή εποχή τέτοιου είδους φορτία τα μεταφέρουν τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (containerships). Τέτοια φορτία είναι ηλεκτρικά είδη, ρούχα και οτιδήποτε στοιβάζεται σε εμπορευματοκιβώτια. Τα φορτηγά πλοία υγρών φορτίων είναι τα δεξαμενόπλοια (tankers) τα οποία διαθέτουν δεξαμενές ανάλογες των φορτίων τους. Επίσης υπάρχουν τα πλοία που μεταφέρουν υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG) και υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) με τα οποία θα ασχοληθούμε και στη συνέχεια. Μία άλλη τέλος υποκατηγορία είναι τα φορτηγά πλοία συνδυασμένων μεταφορών τα οποία μεταφέρουν εναλλακτικά υγρά και ξηρά χύμα φορτία.
- **Επιβατηγά πλοία** (passenger ships): είναι τα πλοία που μεταφέρουν επιβάτες και υπό προϋποθέσεις φορτία και οχήματα. Τέτοια πλοία είναι τα επιβατηγά της ακτοπλοΐας, τα κρουαζιερόπλοια και τα υπερωκεάνεια πλοία.

- **Πλοία ειδικού προορισμού:** τα πλοία αυτά δημιουργήθηκαν είτε λόγω ανάγκης για γρήγορες μεταφορές είτε λόγω της εξέλιξης τεχνολογίας. Τέτοιου είδους πλοία είναι τα πλοία ψυγεία, τα αλιευτικά τα ωκεανογραφικά, τα πλοία τοποθετήσεις καλωδίων, τα εκπαιδευτικά, τα μετεωρολογικά.
- **Πλοία βοηθητικής ναυτιλίας:** σε αυτήν την κατηγορία υπάγονται τα πλοία που δε μεταφέρουν φορτία ή ανθρώπους αλλά βοηθούν τα υπόλοιπα πλοία για την ασφαλή και ομαλή διέλευση τους. Έχουμε τα παγοθραυστικά, τα ρυμούλκα, τις βυθοκόρους, τα ναυαγοσωστικά, τις πλοηγίδες, τους πλωτούς γερανούς, τα φαρόπλοια [14].

1.2 ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Η χρήση του φυσικού αερίου έγινε για πρώτη φορά στην Κίνα το 900 π.Χ. όπου ανοίχτηκαν γύρω στα 900 με 1100 φρεάτια και το αέριο μεταφερόταν με αγωγούς από μπαμπού. Στην Ευρώπη αυτές οι εξελίξεις δεν ήταν γνωστές για αρκετούς αιώνες και το φυσικό αέριο ανακαλύφθηκε το 1659 στην Αγγλία. Το αέριο από απόσταξη ανθράκων που ανακαλύφθηκε το 1670 άρχισε να χρησιμοποιείται το 1790 επειδή ήταν πιο εύκολη η μεταφορά, η αποθήκευση και η χρησιμοποίησή του στις μηχανές εσωτερικής καύσης έως και στο φωτισμό δρόμων και σπιτιών. Το 1821 η πόλη Φριντονία της Ν. Υόρκης φωτιζόταν με φυσικό αέριο αλλά η χρησιμοποίησή του εξακολουθούσε να είναι περιορισμένη καθώς δεν υπήρχε τρόπος μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις. Τη δεκαετία του 1920 αναπτύχθηκε η μεταφορά του φυσικού αερίου μέσω αγωγών. Το 1960 η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ήταν 470 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα και το 1979 ήταν 1459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Πρωταγωνιστικό ρόλο στην αγορά φυσικού αερίου της Μεσογείου και των Βαλκανίων ανέλαβε η Ελλάδα το 1996 [1].

Το φυσικό αέριο είναι μία πηγή καυσίμου που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο κατά 85% που είναι και ο ελαφρύτερος υδρογονάνθρακας. Σε αυτό συνυπάρχουν ποσότητες αιθανίου, προπάνιου και βουτανίου καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, υδρογόνο, ήλιο και υδρόθειο. Σύμφωνα με ορισμένους, το φυσικό αέριο μπορεί να θεωρηθεί ως μία πηγή καυσίμων κάπως αδιάφορη και απλοϊκή. Ωστόσο κάποιοι άλλοι που αναζητούν μία μεγάλη πηγή αξιόπιστης ενέργειας βρίσκουν πραγματικά το αέριο αρκετά ενδιαφέρον. Το αρχικό αέριο είναι άχρωμο, άμορφο και άοσμο στην καθαρότερη μορφή του. Είναι εύφλεκτο αρκετά

και όταν καεί αποτελεσματικά εκπέμπει μία τεράστια ποσότητα ενέργειας. Καίγεται εξαιρετικά καθαρά και εκπέμπει εντυπωσιακά χαμηλά επίπεδα επιβλαβών αποβλήτων και υποπροϊόντων στον αέρα [9].

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί το φυσικό αέριο ως καύσιμο πρέπει να υποβληθεί σε εκτεταμένη επεξεργασία ώστε να αφαιρεθούν σχεδόν όλα τα άλλα στοιχεία του εκτός από το μεθάνιο. Μερικά από τα πολύτιμα υποπροϊόντα που προκύπτουν από την διαδικασία εξευγενισμού, περιλαμβάνουν βουτάνιο, αιθάνιο, πεντάνιο, προπάνιο όπως και μερικούς υδρογονάνθρακες με υψηλότερο μοριακό βάρος, στοιχειακό θείο και σε ορισμένες περιπτώσεις ήλιο και άζωτο [9].

Κάτω από την επιφάνεια της γης μπορούμε να βρούμε το φυσικό αέριο σε δεξαμενές και συχνά ανακαλύπτεται σε περιοχές σε κοντινή απόσταση από κοιτάσματα πετρελαίου. Αφού εντοπιστούν οι βιώσιμες ποσότητες φυσικού αερίου από ομάδα γεωλόγων εξερεύνησης και γεωφυσικών, τότε ομάδα εμπειρογνομόνων γεώτρησης ανασκάπτει την περιοχή όπου αυτό βρίσκεται. Αφού το αέριο εκχυλιστεί αποτελεσματικά, μεταφέρεται σε διυλιστήριο για να διαχωριστούν άλλα στοιχεία και να αφαιρεθούν ακαθαρσίες όπως το νερό, άλλα αέρια, άμμος, διάφορα υλικά, στοιχεία και ενώσεις. Μερικοί υδρογονάνθρακες όπως το προπάνιο, το βουτάνιο και το υδρόθειο αφαιρούνται και πωλούνται ξεχωριστά ώστε να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή θείου. Στη συνέχεια το φυσικό αέριο μεταφέρεται μέσω ενός δικτύου αγωγών και παραδίδεται στο τελικό σημείο χρήσης του. Όλες αυτές οι διαδικασίες θα αναλυθούν στη συνέχεια [9].

Όσον αφορά τη μεταφορά του φυσικού αερίου, αυτή εξαρτάται από την κατάσταση του. Σε αέρια κατάσταση μεταφέρεται με αγωγούς υπό υψηλή πίεση ενώ σε υγρή κατάσταση μεταφέρεται με πλοία. Οι μεγάλοι αγωγοί υψηλής πίεσης καθιστούν δυνατή την μεταφορά του αερίου σε απόσταση χιλιάδων χιλιομέτρων. Παραδείγματα τέτοιων αγωγών είναι οι αγωγοί της Βόρειας Αμερικής που εκτείνονται από το Τέξας και την Λουϊζιάνα μέχρι τη βορειοανατολική ακτή και από την Αλμπέρτα ως τον Ατλαντικό. Επίσης αγωγοί εκτείνονται από τη Σιβηρία μέχρι την Κεντρική και Δυτική Ευρώπη. Κοιτάσματα αερίου έχουν βρεθεί στην Αφρική, Μέση Ανατολή, Αλάσκα και αλλού όπου η μεταφορά από αυτές τις περιοχές γίνεται με πλοία. Ένα κυβικό μέτρο υγρού φυσικού αερίου αντιστοιχεί σε 600 m³ αερίου σε ατμοσφαιρική πίεση [1]. Η Ελλάδα προμηθεύεται φυσικό αέριο από την Ρωσία και την Αλγερία [3].

Στον τομέα της ενέργειας, οι περισσότεροι εμπειρογνώμονες συμφωνούν ότι το φυσικό αέριο είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τη συνολική σύνθεση του σημερινού και του βραχυπρόθεσμου μελλοντικού ενεργειακού εφοδιασμού. Είναι μία από τις καθαρότερες, ασφαλέστερες και πιο χρήσιμες πηγές ενέργειας που διαθέτει ο πλανήτης.

Μία από τις κυριότερες εφαρμογές του φυσικού αερίου είναι η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με τη χρήση γεννητριών, τουρμπινών καυσίμου και ατμού. Επίσης, το φυσικό αέριο συνεργαζόμενο με άλλες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή, έχει πολύ καλή εφαρμογή. Τα περισσότερα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιούν πλέον μόνο φυσικό αέριο αφού αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία σταθμών ενέργειας λειτουργώντας δίπλα σε υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Όσον αφορά τη μετακίνηση, ως καύσιμο το φυσικό αέριο παράγει περίπου 30% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα σε σχέση με το πετρέλαιο ενώ για ισοδύναμη ποσότητα θέρμανσης το φυσικό αέριο παράγει 45% λιγότερο διοξείδιο από τον άνθρακα.

Οι οικιακές χρήσεις του φυσικού αερίου είναι μία άλλη εφαρμογή. Σε μία μόνιμη εγκατάσταση που διανέμεται το φυσικό αέριο μπορεί να παράγει θερμοκρασίες της τάξεως των 1100°C πράγμα που το κάνει ένα πολύ ισχυρό καύσιμο τόσο για το μαγείρεμα όσο και για τη θέρμανση του σπιτιού. Μέσω αγωγών, τα σπίτια μπορούν να προμηθευτούν το φυσικό αέριο για διάφορες χρήσεις.

Στον τομέα της μετακίνησης, το φυσικό αέριο αποτελεί ένα καθαρό, φθινό και εναλλακτικό καύσιμο σε σχέση με την βενζίνη και το diesel. Μέχρι το τέλος του 2012 υπήρχαν 17,25 εκατομμύρια οχήματα που χρησιμοποιούσαν το φυσικό αέριο παγκοσμίως. Η ενεργειακή απόδοση είναι χαμηλότερη σε σχέση με αυτή των μοντέρνων μηχανών diesel όμως είναι ίση με αυτή των βενζινοκίνητων μηχανών. Πολλά οχήματα που είχαν μηχανές βενζινοκίνητες ή πετρελαιοκίνητες μετατράπηκαν ώστε να μπορούν να χρησιμοποιήσουν το αέριο λόγω του χαμηλότερου κόστους. Εκτός από τα αυτοκίνητα, το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα αεροπλάνα καθώς το πλεονέκτημα που προκύπτει είναι ότι κατά την καύση έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από ότι τα μίγματα κηροζίνης, με αποτέλεσμα να ψύχει καλύτερα τον αέρα που συμπτυκνώνει η μηχανή για μεγαλύτερη ογκομετρική απόδοση.

1.3 ΤΟ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Η υγροποίηση του φυσικού αερίου ξεκίνησε από τον 19^ο αιώνα όταν ο χημικός Μιχαήλ Φαραντέϊ πειραματίστηκε με την υγροποίηση αερίων όπως το φυσικό αέριο. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποδείχτηκε βιώσιμη πηγή ενέργειας το 1917 όταν η πρώτη μονάδα Υ.Φ.Α άρχισε να λειτουργεί στη Δυτική Βιρτζίνια για την αποθήκευση του τοπικού φυσικού αερίου και η πρώτη εμπορική μονάδα υγροποίησης κατασκευάστηκε στο Κλίβελαντ του Οχάιο το 1941. Τον Ιανουάριο του 1959 εμφανίστηκε το πρώτο δεξαμενόπλοιο LNG, δηλαδή μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, με το όνομα “The Methane Pioneer” που ήταν ένα ανακαινισμένο φορτηγό πλοίο του Β΄ Παγκόσμιου Πολέμου και το οποίο απέπλευσε από τη Λουϊζιάνα για το Ηνωμένο Βασίλειο. Διέθετε πέντε αλουμινένιες πρισματικές δεξαμενές με υποστηρίγματα από ξύλο μπάλσα και μόνωση από κόντρα πλακέ και πολουρεθάνη. Ήταν το πρώτο πλοίο που μετέφερε υγροποιημένο φυσικό αέριο. Το ταξίδι σηματοδότησε την έναρξη μίας νέας εποχής στο παγκόσμιο ενεργειακό εμπόριο. Το 2005 ξεκίνησε να λειτουργεί η πρώτη υπεράκτια πλωτή εγκατάσταση αεριοποίησης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στον κόλπο του Μεξικού [6] [5].

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (Υ.Φ.Α) ή Liquefied Natural Gas (LNG) είναι το φυσικό αέριο, κυρίως μεθάνιο, που έχει μετατραπεί σε υγρή μορφή με σκοπό την εύκολη μεταφορά ή αποθήκευση του. Το φυσικό αέριο υγροποιείται με πίεση κοντά στην ατμοσφαιρική πίεση και ψύχεται στους -162°C . Ο όγκος του φυσικού αερίου στην υγρή κατάσταση είναι περίπου 600 φορές μικρότερος από τον όγκο του στην αέρια κατάσταση. Μετατρέπεται προσωρινά σε υγρή μορφή για τη διευκόλυνση της αποθήκευσης ή της μεταφοράς. Είναι άοσμο, άχρωμο, μη τοξικό και μη διαβρωτικό [1].

Πριν την υγροποίηση πρέπει να έχει προηγηθεί η αφαίρεση των προσμίξεων όπως το νερό, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο κι άλλες ενώσεις του θείου. Το Υ.Φ.Α είναι ένα εξαιρετικά ψυχρό υγρό που σχηματίζεται από ψυκτικά μέσα και δεν αποθηκεύεται υπό πίεση [1].

Η πυκνότητα του Υ.Φ.Α είναι περίπου 467 γραμμάρια ανά λίτρο, μικρότερη σε σύγκριση με την πυκνότητα του νερού. Επομένως εάν χυθεί το υγροποιημένο φυσικό αέριο στο νερό, επιπλέει και εξατμίζεται καθώς είναι ελαφρύτερο [1].

Επειδή τα φυσικά αέρια αφορούν πάντα μεγάλες ποσότητες πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες διαρροής και να περιοριστούν οι πηγές ανάφλεξης [1].

Το μεγαλύτερο μέρος του υγροποιημένου φυσικού αερίου που κυκλοφορεί διεθνώς χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των μονάδων ηλεκτρικής παραγωγής ενέργειας. Το πυρηνικό ατύχημα στην Φουκουσίμα οδήγησε σε περαιτέρω αύξηση της ζήτησης του Υ.Φ.Α, γεγονός που το καθιστά ταχέως αναπτυσσόμενο προϊόν ενέργειας [1].

Εικόνα 1: Το πρώτο δεξαμενόπλοιο LNG “The Methane Pioneer”



Πηγή: helderline.com

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

2.1 Η ΕΞΟΡΥΞΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το πρώτο βήμα της διαδικασίας της παραγωγής είναι η εξόρυξη φυσικού αερίου. Αφορά την άντληση του από το εσωτερικό της γης. Το φυσικό αέριο μπορεί να εμφανιστεί α) σε υπόγεια φρεάτια, β) σε συμπυκνωμένες δεξαμενές και γ) σε μεγάλες πετρελαιοφόρες περιοχές. Τις περισσότερες φορές το αέριο βρίσκεται κοντά σε κοιτάσματα πετρελαίου και παράγεται ταυτόχρονα με τη διαδικασία άντλησης πετρελαίου [3].

Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι που μπορούν να ανιχνεύσουν κοιτάσματα φυσικού αερίου και στη ξηρά και στη θάλασσα και σχετίζονται με τη δημιουργία σεισμικών κοιτασμάτων με διάφορους τρόπους όπως από κρουστικά, από εκρήξεις ή με τη βοήθεια σόναρ. Ένας άλλος τρόπος ανίχνευσης είναι με τη χρήση ηλεκτρομαγνητικών παλμών. Κατά την διαδικασία των γεωτρήσεων που γίνονται για την ανίχνευση και την εξόρυξη από το βυθό της θάλασσας χρησιμοποιούνται πλατφόρμες που είναι κατάλληλα διαμορφωμένες και είναι είτε υπέργειες είτε υπόγειες.

Η δραστηριότητα εξερεύνησης και παραγωγής ποικίλει ανάλογα με την τοποθεσία που μπορούν να βρεθούν τα κοιτάσματα αερίου. Η διαδικασία αυτή έχει γεωλογικό ρίσκο καθώς υπάρχει πιθανότητα τα κοιτάσματα αερίου σε μία περιοχή ενδιαφέροντος είτε να μην υπάρχουν, είτε να υπάρχουν σε ποσότητες ή γεωλογικές συνθήκες που δεν είναι ευνοϊκές για την επιτυχή και οικονομικά βιώσιμη εξόρυξη του. Οι υψηλές τιμές φυσικού αερίου βέβαια ενθαρρύνουν τις γεωτρήσεις αλλά αυξάνουν και την ποσότητα φυσικού αερίου που μπορεί να εξορυχθεί.

Στη βάση της εξόρυξης, μία ομάδα από ειδικούς γεωλόγους και γεωφυσικούς που έχει εντοπίσει εμπορικά βιώσιμες ποσότητες φυσικού αερίου διενεργεί drilling και το επόμενο βήμα είναι η εξαγωγή του από το έδαφος και η επεξεργασία του. Το φυσικό αέριο που εξάγεται από το έδαφος ονομάζεται “FEED”. Αυτό περιέχει και πετρέλαιο το οποίο είναι άχρηστο και στέλνεται για καύση. Η τελική ποσότητα είναι ικανή για χρησιμοποίησή του ως Υ.Φ.Α. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι το ακατέργαστο φυσικό αέριο πρέπει να καθαριστεί πριν καταναλωθεί. Περιλαμβάνει μία ποικιλία από άλλες ενώσεις και αέρια όπως αιθάνιο,

προπάνιο, βουτάνιο, πεντάνιο, υδρόθειο, διοξείδιο του άνθρακα, το ήλιο και το άζωτο καθώς και πετρέλαιο και νερό το οποίο πρέπει να αφαιρεθεί κατά τη διάρκεια της παραγωγής πριν από την υγροποίηση [5].

2.2 Η ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το φυσικό αέριο παραδίδεται μέσω αγωγών από το πεδίο εξόρυξης του στην μονάδα υγροποίησης που βρίσκεται πλησίον της ακτογραμμής και διαθέτει εξειδικευμένες λιμενικές εγκαταστάσεις. Με την έννοια της υγροποίησης περιγράφεται η διαδικασία της ψύξης του φυσικού αερίου στους -162°C (-260°F) και της μετατροπής του σε υγρή μορφή. Επομένως το επόμενο στάδιο μετά την εξόρυξη είναι η υγροποίησή του κατά την οποία το φυσικό αέριο υφίσταται διάφορες επεξεργασίες [9] [3].

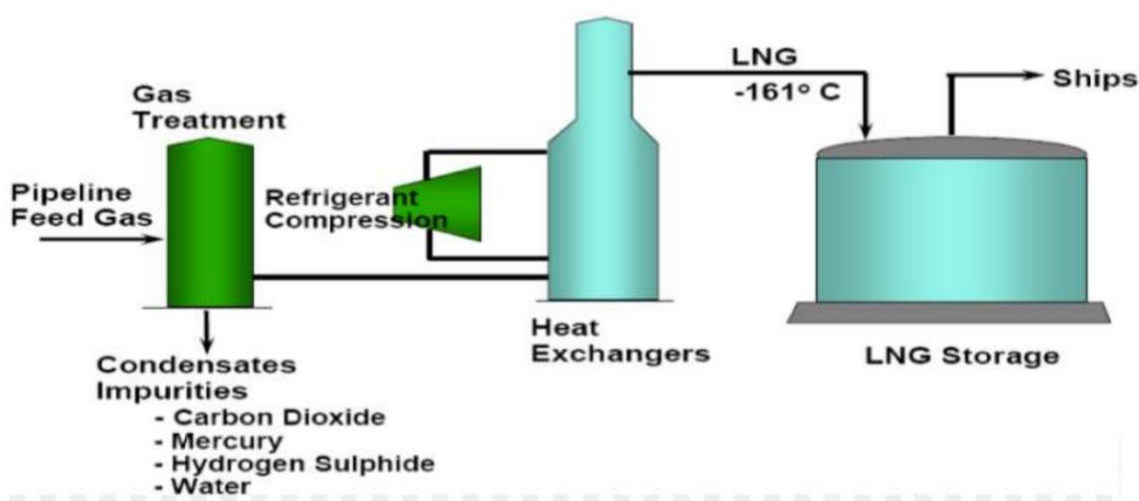
Αρχικά γίνεται ο καθαρισμός του φυσικού αερίου με σκοπό να αφαιρεθεί το διοξείδιο του άνθρακα επειδή στερεοποιούμενο μπορεί να προκαλέσει ζημιά στις εγκαταστάσεις υγροποίησης. Αφαιρείται επίσης το υδρόθειο κι άλλες ενώσεις θείου [9] [3].

Στη συνέχεια γίνεται αφυδάτωση όπου απομακρύνεται το νερό από το αέριο ώστε να προληφθεί ο σχηματισμός ένυδρων αλάτων μεθανίου που εμποδίζουν τη λειτουργία των κρυογονικών εναλλακτών θερμότητας. Επίσης απομακρύνονται τα ίχνη του υδράργυρου καθώς είναι τοξικά και διαβρωτικά για τα κράματα [9]. Στη συνέχεια ακολουθεί η πρόψυξη. Το φυσικό αέριο ψύχεται σε θερμοκρασία -30°C . Η απομόνωση βαρύτερων υδρογονανθράκων όπως το προπάνιο και το βουτάνιο επιτυγχάνεται μέσω σειράς αποστακτήρων σε στήλες καθαρισμού. Οι υδρογονάνθρακες αυτοί πωλούνται ως πρώτη ύλη στην πετροχημική βιομηχανία ή ως καύσιμα.

Στο τέλος έχουμε την υγροποίηση. Το αέριο συμπιέζεται, ψύχεται υπό σταθερή πίεση και στη συνέχεια εκτονώνεται. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται δύο ή τρεις φορές σε ειδικές ψυκτικές στήλες από τις οποίες εξέρχεται το αέριο σε υγρή μορφή (Υ.Φ.Α.) σε θερμοκρασία -162°C υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση [9] [3]. Περίπου το 12% από το σύνολο του αερίου που παραδίδεται χρησιμοποιείται από τις μονάδες υγροποίησης και κυρίως για την λειτουργία των αντλιών θερμότητας. Επομένως, η διαδικασία υγροποίησης απαιτεί σημαντική ποσότητα ενέργειας. Οι βασικότερες διαδικασίες ρευστοποίησης που

επιτρέπουν να ελαττωθεί η θερμοκρασία του μεθανίου περίπου στους -162°C είναι α) η καθαρή διαδικασία ψύξης η οποία χρησιμοποιείται από το 1970 και β) η διαδικασία ψύξης με προ- στάδιο την πτώση θερμοκρασίας.

Εικόνα 2: Διαδικασία υγροποίησης φυσικού αερίου



Πηγή: Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία Ζέτος Α. (2017)

2.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ- ΦΟΡΤΩΣΗ-ΜΕΤΑΦΟΡΑ-ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ Υ.Φ.Α.

Πριν την φόρτωση του Υ.Φ.Α γίνεται η αποθήκευση του υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση σε μεγάλες δεξαμενές κυλινδρικού τύπου και χωρητικότητας $65.000 - 150.000 \text{ m}^3$ οι οποίες βρίσκονται δίπλα στο εργοστάσιο υγροποίησης. Οι δεξαμενές αυτές είναι κατασκευασμένες από μέταλλο ή σκυρόδεμα και διαθέτουν διπλό τοίχωμα καθώς και προηγμένη θερμική μόνωση ώστε να διατηρούν το αέριο σε υγρή κατάσταση (-162°C) και με ελάχιστη εξάτμιση. Περίπου 600 m^3 φυσικού αερίου καταλαμβάνουν υπό κανονική πίεση 1 m^3 σε υγρή κατάσταση [9] [3].

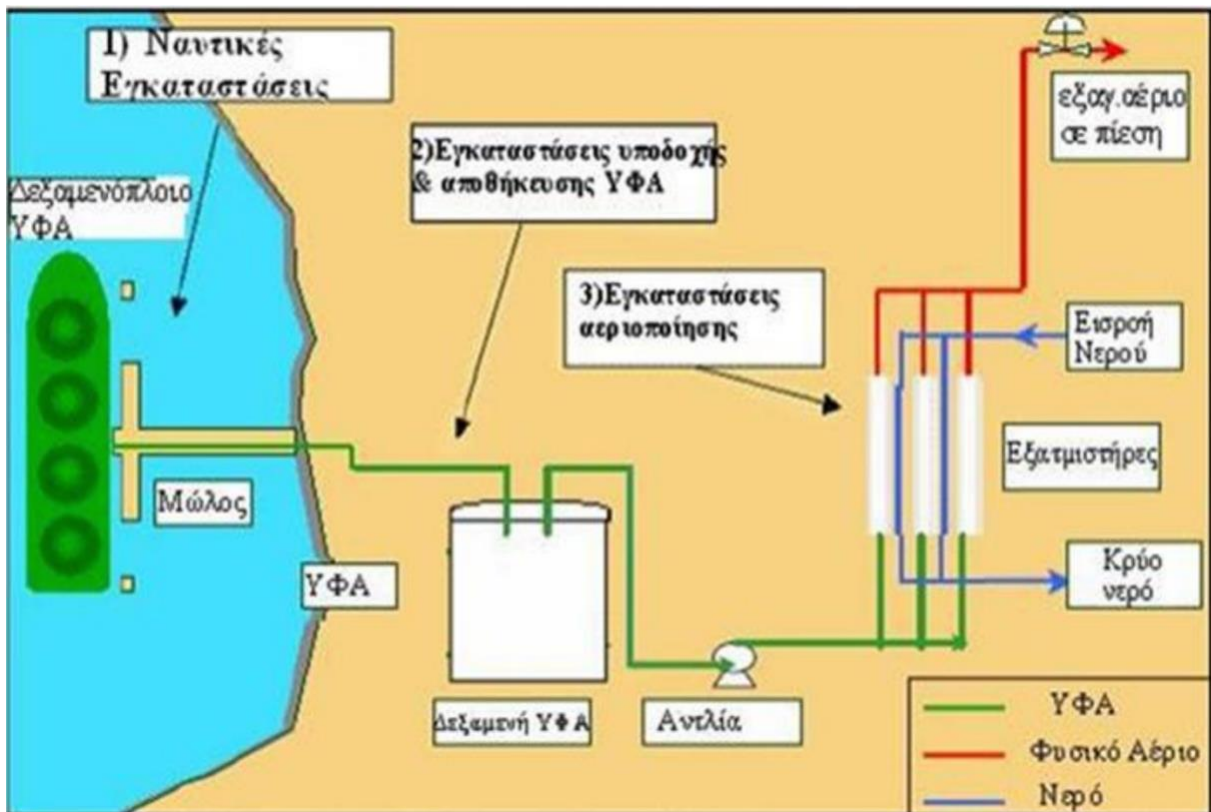
Στη συνέχεια το υγροποιημένο φυσικό αέριο από τον τερματικό σταθμό φορτώνεται σε ειδικά δεξαμενόπλοια που έχουν θερμικά μονωμένες “αδιαβατικές” δεξαμενές ώστε να κρατούν το αέριο σε υγρή κατάσταση και να ελαχιστοποιούν τις απώλειες ενέργειας [9] [3]. Επιπλέον αυτό το σύστημα μόνωσης περιορίζει το ποσό του Υ.Φ.Α το οποίο μπορεί να εξατμιστεί κατά τη διάρκεια των ταξιδιών. Σε ένα τυπικό ταξίδι εκτιμάται ότι περίπου το $0,1\% - 0,25\%$ του φορτίου Υ.Φ.Α εξατμίζεται κάθε μέρα ανάλογα με την

αποτελεσματικότητα της μόνωσης και την ταχύτητα του ταξιδιού. Σε ένα τυπικό ταξίδι 20 ημερών μπορεί να εξατμιστεί το 2% – 6% του συνολικού όγκου του Υ.Φ.Α. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή, η μεταφορά και η αποθήκευση του Υ.Φ.Α μετράται σε κυβικά πόδια ή κυβικά μέτρα [5].

Όταν φτάσει το πλοίο στον προορισμό του γίνεται η εκφόρτωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου στις ειδικές εγκαταστάσεις υποδοχής του τερματικού σταθμού και η αποθήκευση του στις κρυογονικές δεξαμενές αποθήκευσης Υ.Φ.Α οι οποίες διατηρούν το υγρό σε χαμηλή θερμοκρασία και ελαχιστοποιούν το πόσο της εξάτμισης [3]. Η εργασία της εκφόρτωσης του Υ.Φ.Α γίνεται με ειδικά σχεδιασμένους βραχίονες ώστε να μεταφέρουν το φορτίο με ασφάλεια από το πλοίο προς τις δεξαμενές. Όταν το πλοίο είναι αγκυροβολημένο τότε οι βραχίονες έγχυρης φόρτωσης σταδιακά ψύχονται στους -162°C πριν από την έναρξη της εκφόρτωσης του. Οι βραχίονες εκφόρτωσης είναι σε θέση να αντέξουν την διαστολή και συστολή που προκύπτει από αλλαγές στην θερμοκρασία.

Στην Ελλάδα το σύστημα μεταφοράς και διανομής του Υ.Φ.Α. αποτελείται από τα παρακάτω υποσυστήματα: 1) τον κύριο αγωγό μεταφοράς από τα Ελληνο- βουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) μέχρι την Αθήνα. Ο κύριος αγωγός έχει μήκος 511 χλμ. και ακολουθεί τη διαδρομή Προμαχώνας- Θεσσαλονίκη- Λάρισα- Αθήνα και είναι σχεδιασμένος για πίεση λειτουργίας 67 bar. 2) τον τερματικό σταθμό του υγροποιημένου φυσικού αερίου στην νήσο Ρεβυθούσα στα Μέγαρα που αποτελείται από δύο δεξαμενές χωρητικότητας 65.000 m^3 Υ.Φ.Α, τις λιμενικές εγκαταστάσεις για υποδοχή και ελλιμενισμό πλοίων μέχρι 130.000 m^3 Υ.Φ.Α, τις κρυογονικές εγκαταστάσεις για τη διαχείριση του αερίου καθώς και το δίδυμο υποθαλάσσιο αγωγό μεταφοράς από το νησί στην ξηρά. 3) τα χαλύβδινα δίκτυα κατανομής αερίου μέσης πίεσης και 4) τα δίκτυα διανομής αερίου χαμηλής πίεσης [11].

Εικόνα 3: Τερματικός σταθμός



Πηγή: BP LNG

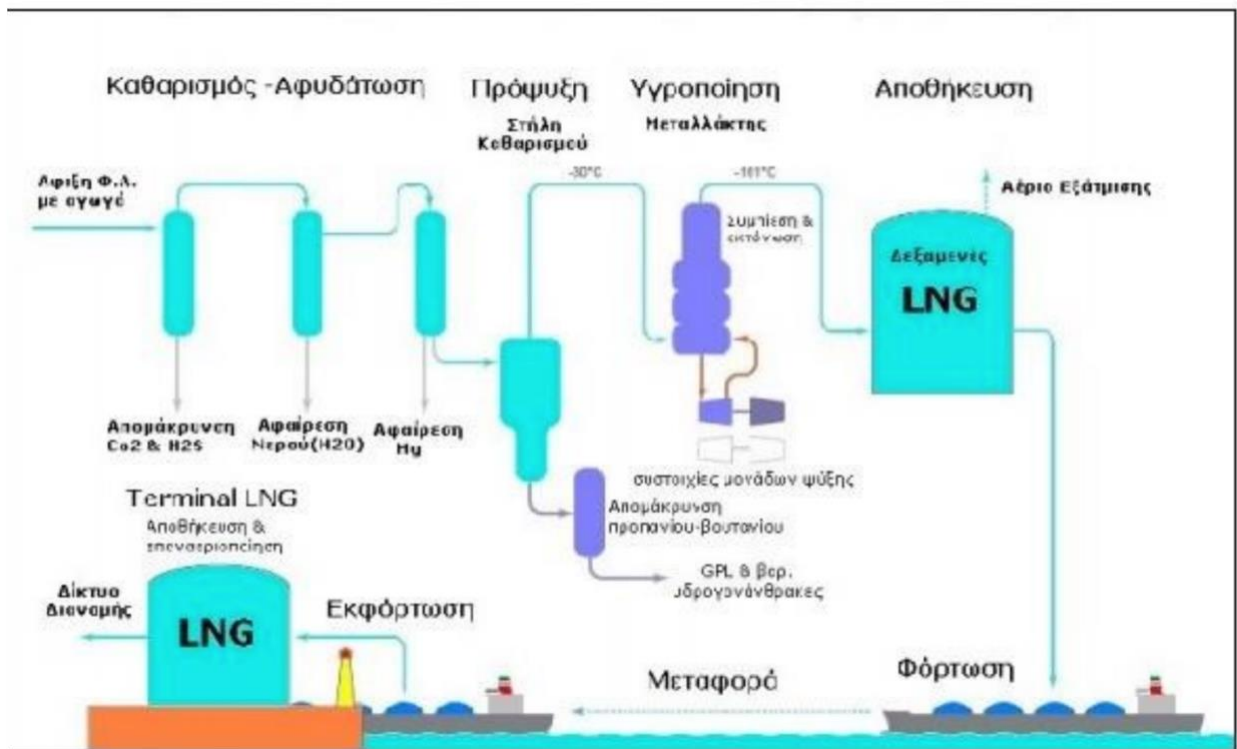
2.4 ΕΠΑΝΑΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ- ΔΙΑΝΟΜΗ Υ.Φ.Α.

Στο τελικό στάδιο έχουμε την επανααεριοποίηση του Υ.Φ.Α. Αυξάνεται η θερμοκρασία από -162°C σε πάνω από 0°C υπό υψηλή πίεση (μεταξύ 60 + 100 bar) μέσω της χρήσης εναλλακτών που θερμαίνονται με την απορροφή θαλασσινού νερού ή με την καύση ενός μέρους του αερίου [9] [5].

Η δεξαμενή αεριοποίησης είναι διπλού τοιχώματος και είναι εξοπλισμένη με βυθιζόμενες αντλίες που μεταφέρουν το Υ.Φ.Α σε αντλίες υψηλής πίεσης. Το υπό πίεση Υ.Φ.Α μεταφέρεται στη συνέχεια σε αέρια κατάσταση σε εξατμιστήρες. Πριν αποσταλεί το φυσικό αέριο το οποίο έχει επιστρέψει στην αέρια του κατάσταση στο εθνικό δίκτυο μεταφοράς δέχεται διάφορες επεξεργασίες. Το φυσικό αέριο είναι άοσμο επομένως αποχρωματίζεται τεχνητά με μία μικρή ποσότητα τετραϋδροθειοφαινίου που του δίνει χαρακτηριστική οσμή. Αυτό αποτελεί ένα μέτρο ασφαλείας γιατί οποιαδήποτε διαρροή του

μπορεί να ανιχνευθεί από την οσμή του. Τέλος, μειώνεται ελαφρώς η πίεση του ώστε να τροφοδοτήσει ένα τοπικό δίκτυο διανομής φυσικού αερίου.

Εικόνα 4: Παραγωγική διαδικασία Υ.Φ.Α.



Πηγή: piraeusbankgroup.com

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΛΟΙΑ LNG ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ LNG

Λόγω της αυξημένης επικινδυνότητας των υγραεριοφόρων πλοίων απαιτείται η κατασκευή τους να είναι υψηλής και εξειδικευμένης τεχνολογίας και να τηρούνται μέτρα ασφαλείας και αυστηρών περιορισμών κατά τη μεταφορά. Η προσέγγιση των υγραεριοφόρων πλοίων επιτρέπεται μόνο σε ειδικές προβλήτες που διαθέτουν τα ενδεδειγμένα μέσα και μέτρα ασφαλείας, σχετικά με τη πρόβλεψη και αντιμετώπιση εκτάκτων καταστάσεων [1].

Τα υγραεριοφόρα πλοία σχεδιάζονται με σκοπό να αποτρέψουν την επαφή των εσωτερικών και εξωτερικών τοιχωμάτων της γάστρας με το υγροποιημένο φυσικό αέριο. Αν προκύψει απελευθέρωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου στο εσωτερικό τοίχωμα είναι δυνατόν να προκαλέσει χαμηλές θερμοκρασίες σε περιοχές του τοιχώματος που δεν σχεδιάζονται για αντοχή σε κρυογόνες θερμοκρασίες.

Η γάστρα ενός δεξαμενόπλοιου LNG κατασκευάζεται συνήθως από ένα συνδυασμό διαφόρων βαθμών ελαφρού χάλυβα. Σύμφωνα με το Lloyd's Register χάλυβες βαθμού A χρησιμοποιούνται συνήθως για ελάχιστες θερμοκρασίες κοντά στους 0⁰ C, ενώ βαθμού D από -10⁰ C έως -5⁰ C. Κύριος σκοπός είναι να αποφευχθεί η άμεση επαφή του Υ.Φ.Α με τη μεταλλική κατασκευή της γάστρας του πλοίου ώστε η θερμοκρασία του χάλυβα να μην πέσει πιο κάτω από εκείνη για την οποία έχει δοκιμαστεί και εγκριθεί [1].

Επομένως είναι σημαντικό πολλές φορές να χρησιμοποιούνται κάποια μέσα πρόσδοσης θερμότητας στις κοντινές χαλύβδινες περιοχές των δεξαμενών. Ισχύουν κάποιες προϋποθέσεις για την επιλογή των υλικών κατασκευής της γάστρας του πλοίου αλλά και των δεξαμενών φύλαξης του Υ.Φ.Α. Τα υλικά θα πρέπει να είναι ικανά ώστε να αντέχουν σε όλες τις πιέσεις των γειτονικών θερμοκρασιών και επίσης να είναι λειτουργικά τόσο ως προς την καλή κατασκευή, δηλαδή τις συγκολλήσεις, όσο και ως προς τον οικολογικό τομέα [2].

Τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι διπλού τοιχώματος και με ειδική μόνωση ώστε να παρέχουν προστασία από διαρροή αερίου σε περίπτωση επικίνδυνων καταστάσεων. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία μονωτικών υλικών που

χρησιμοποιούνται και μερικά από αυτά είναι το ξύλο από Balsa, ίνες γυαλιού, πολυουρεθάνη και σιλικόνη με περλιτική επίστρωση [2].

Μια τυπική διάταξη δεξαμενών πλοίου LNG συνίσταται σε τέσσερις έως έξι δεξαμενές κατά μήκος του άξονα του πλοίου. Στο εσωτερικό τους οι δεξαμενές περιλαμβάνουν τρεις αντλίες οι οποίες περιέχονται στο πύργο άντλησης που κρέμεται από την οροφή τους. Οι δύο από τις τρεις αντλίες φορτίου είναι οι κύριες για την εκφόρτωση και η τρίτη αφορά την εκ νέφωση είτε για να αντληθεί υγρό Υ.Φ.Α ως καύσιμο μέσω εξαμιστήρα, είτε για να ψυχθούν οι δεξαμενές φορτίου, είτε για να αντληθούν οι εναπομείνουσες ποσότητες φορτίου κατά την εκφόρτωση. Επίσης στον πύργο άντλησης περιλαμβάνεται το σύστημα σταθμομέτρησης και η γραμμή πλήρωσης της δεξαμενής. Στα πλοία LNG τύπου μεμβράνης υπάρχει και ο πύργος άντλησης εκτάκτου ανάγκης. Όσον αφορά την κινητήρια δύναμη ενός δεξαμενόπλοιου, αυτή αντλεί ενέργεια από ατμοστρόβιλους με λέβητες. Οι λέβητες είναι διπλού καυσίμου δηλαδή μπορούν να λειτουργήσουν είτε με μεθάνιο, είτε με πετρέλαιο, είτε με συνδυασμό των δύο. Η επιλογή του καυσίμου εξαρτάται από παράγοντες όπως είναι η διάρκεια του ταξιδιού, η τιμή του πετρελαίου κ.α. [2].

3.2 ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ ΠΛΟΙΩΝ LNG ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΤΟΥΣ

Τα δεξαμενόπλοια LNG διακρίνονται σε τρεις βασικούς τύπους με βάση τον τρόπο κατασκευής των δεξαμενών τους.

- **Τύπου Μεμβράνης (Gaz Transport & Technigaz)**

Οι δεξαμενές είναι ενσωματωμένες στο κήτος του σκάφους. Τα δεξαμενόπλοια τύπου μεμβράνη χωρίζονται σε υποκατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος τους το οποίο κυμαίνεται από 125.000 m³ μέχρι 250.000 m³. Διαχωρίζονται σε τύπου Standard, Q- Flex και Q- Max. Το κέλυφος των δεξαμενών σε αυτόν τον τύπο είναι ιδιαίτερα σύνθετο. Τα τοιχώματα του είναι φτιαγμένα από κράματα σίδηρο- νικελίου ενώ η εξωτερική του πλευρά καλύπτεται από ένα στρώμα πάχους 200 mm φτιαγμένο από περλίτη για μόνωση ενώ υπάρχουν και αισθητήρες για την ανίχνευση διαρροών. Το στρώμα περλίτη χρησιμοποιείται και για την δεύτερη μεμβράνη. Στόχος αυτών των

στρωμάτων είναι η αποφυγή απωλειών θερμότητας αλλά και η καλύτερη προστασία. Τα δεξαμενόπλοια τύπου μεμβράνης αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό των πλοίων LNG που είτε έχουν κατασκευαστεί είτε πρόκειται να κατασκευαστούν [6] [10] [3].

Εικόνα 5: Δεξαμενή τύπου μεμβράνης



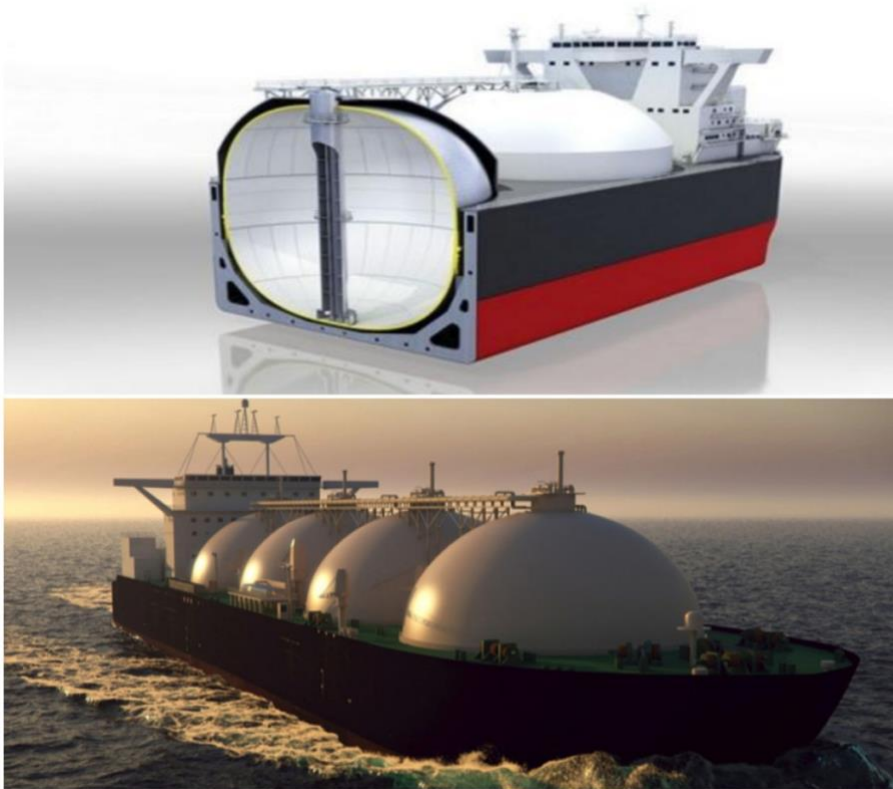
Πηγή: Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία Ζέτος Α. (2017)

- **Σφαιρικού Τύπου (Moss)**

Υπάρχουν συνήθως 4 - 5 σφαιρικές δεξαμενές αλουμινίου επί του πλοίου οι οποίες προεξέχουν από το κατάστρωμα. Τα πλοία με σφαιρικές δεξαμενές έχουν το μειονέκτημα της μικρότερης ορατότητας μπροστά από τη γέφυρα του πλοίου ενώ είναι και αρκετά πιο ευάλωτα σε πλάγιους ανέμους λόγω μεγαλύτερης επιφάνειας. Το σχέδιο των δεξαμενών Moss ξεκίνησε το 1973 από την εταιρεία Moss Maritime. Η χωρητικότητα αυτού του δεξαμενόπλοιου κυμαίνεται από 125.000 m³ έως 145.000 m³. Το σχέδιο ανήκει σε μία νορβηγική ναυπηγό- κατασκευαστική εταιρία. Τα περισσότερα πλοία αυτού του τύπου έχουν τέσσερις δεξαμενές. Το εξωτερικό της δεξαμενής έχει ένα παχύ στρώμα από μονωτικό αφρό που είτε τοποθετείται σε πάνελ, είτε τυλίγεται γύρω από την δεξαμενή. Τέλος πάνω από την μόνωση τοποθετείται ένα

λεπτό στρώμα αλουμινίου για λόγους στεγανότητας και για να υπάρχει έλεγχος για τυχόν διαρροές. Επίσης ελέγχεται και το εξωτερικό μέρος της δεξαμενής για τυχόν κρυσπαγήματα που μπορεί να καταστρέψουν τη μόνωση. Η δεξαμενή κατά μήκος της περιφέρειας της έχει ένα ισημερινό δακτύλιο με μία μεγάλη ποδιά που μεταφέρει το βάρος της δεξαμενής στην δομή του πλοίου. Όσον αφορά τις σωληνώσεις, αυτές κατέρχονται από την κορυφή της δεξαμενής και συνδέονται με αυτές του πλοίου με εύκαμπτα πτυσσόμενα τμήματα [6] [10] [3].

Εικόνα 6: Δεξαμενή σφαιρικού τύπου



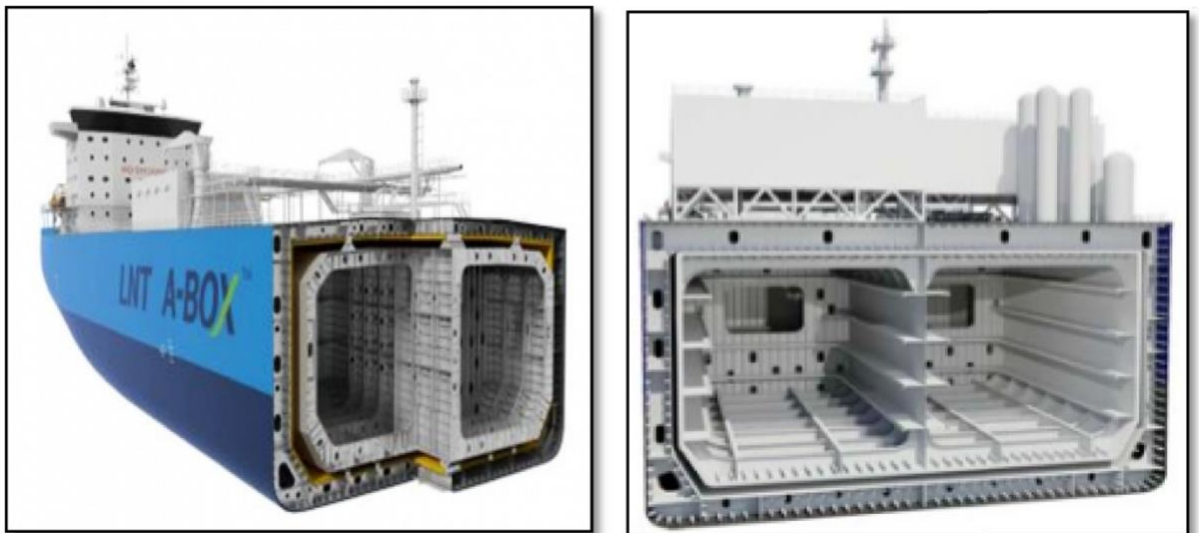
Πηγή: naftikachronika.gr

- **Πρισματικού Τύπου (SPB)**

Οι δεξαμενές αποτελούνται από ανεξάρτητα containers από αλουμίνιο που βρίσκονται τοποθετημένα εντός του κήτους. Η πρισματική δεξαμενή ανήκει σε μία ευρύτερη

ομάδα δεξαμενών, όπως και η σφαιρικού τύπου, στις δεξαμενές ανεξάρτητου τύπου. Σχεδιάστηκε από την Ishikawajima-Harima Heavy Industries και έχει εφαρμοστεί σε πολύ λίγα πλοία αποτελώντας το λιγότερο διαδεδομένο τύπο σε σχέση με τους άλλους δύο τύπους δεξαμενών. Σκοπός της δημιουργίας της ήταν η αποφυγή της δημιουργίας πιθανών ρωγμών που συναντάται κυρίως στα πλοία τύπου μεμβράνης. Οι δεξαμενές αυτές δεν είναι προσκολλημένες στο πλαίσιο αλλά είναι ανεξάρτητες. Γύρω από την δεξαμενή και σε μικρή απόσταση υπάρχει ένα επιπλέον τοίχωμα το οποίο αντί να εφάπτεται στο κέλυφος της δεξαμενής δημιουργεί ένα κενό αέρα το οποίο την προστατεύει από μία τυχόν διαρροή [6] [10] [3].

Εικόνα 7: Δεξαμενή πρισματικού τύπου



Πηγή: Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία Ζέτος Α. (2017)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΛΟΙΑ LNG ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΜΠΟΡΙΟ Υ.Φ.Α.

4.1 Ο ΣΤΟΛΟΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ LNG, ΟΙ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΕΣ ΣΤΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΛΛΗΝΕΣ ΠΛΟΙΟΚΤΗΤΕΣ

Η μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι ένας αναπτυσσόμενος κλάδος της παγκόσμιας ναυτιλίας με αποτέλεσμα να συγκεντρώνει έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον από την ελληνική ναυτιλιακή κοινότητα σε βαθμό ώστε το ένα τέταρτο των παραγγελιών για πλοία LNG σε παγκόσμιο επίπεδο να προέρχονται από ελληνικές εταιρείες. Η ελληνική εφοπλιστική κοινότητα αποτελεί την πλέον ισχυρή και αναγνωρίσιμη ομάδα που δραστηριοποιείται στην παγκόσμια ναυτιλία η οποία διαμορφώνει τις τάσεις της αγοράς αλλά λειτουργεί καταλυτικά και για τις μελλοντικές εξελίξεις στον κλάδο [9] [1].

Ο ρόλος των υγραεριοφόρων πλοίων στην μεταφορά του φυσικού αερίου είναι πολύ σημαντικός και δημιουργεί νέες δυνατότητες στους προμηθευτές και αγοραστές. Έχουμε μείωση του κόστους λόγω της βελτίωσης της τεχνολογίας στην υγροποίηση του φυσικού αερίου στα LNG πλοία. Η σύγχρονη τεχνολογική πραγματικότητα σε αυτά τα πλοία επιτρέπει την κάλυψη μεγαλύτερων μεταφερόμενων ποσοτήτων σε σχέση με το παρελθόν, η οποία οφείλεται στη βελτίωση της μεθόδου της υγροποίησης και αποθήκευσης του φυσικού αερίου στο δεξαμενόπλοιο. Επιπλέον, τόσο η αύξηση του στόλου πλοίων LNG όσο και η αύξηση της μεταφορικής ικανότητας στα επόμενα χρόνια οδηγεί την αγορά σε πιο ανταγωνιστικές συνθήκες προς όφελος του κόστους μεταφοράς και του τελικού κόστους κατανάλωσης. Η ανάγκη για την τέλεση μεγαλύτερου μεταφορικού έργου, το οποίο δηλώνει και την ύπαρξη περισσότερης διαθέσιμης χωρητικότητας οδηγεί στο άνοιγμα των αγορών του φυσικού αερίου και την αύξηση της απόστασης από την εξαγωγική χώρα προς την εισαγωγική [9] [1].

Η πορεία του στόλου LNG εμφανίζει αυξητικές τάσεις με το πέρασμα του χρόνου. Μέχρι το τέλος του 1979, μετά από μία απότομη αύξηση των νεότευκτων πλοίων κατά το δεύτερο ήμισυ της δεκαετίας του 1970, ο παγκόσμιος στόλος αποτελούνταν από 52 πλοία. Το 1993 ο στόλος διέθετε 76 πλοία με χωρητικότητα πάνω από 4,3 εκατομμύρια dwt ενώ το 2003 υπήρχαν 156 πλοία με την διπλάσια και πλέον προσφερόμενη χωρητικότητα, δηλαδή πάνω από 9,4 εκατομμύρια dwt. Το Δεκέμβριο του 2014 ο στόλος των LNG αποτελούνταν

από 350 πλοία ενώ στις αρχές του 2016 ανήλθε σε 426 πλοία. Ο στόλος αυτός είναι μεταφορικής ικανότητας 62 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων. Μέχρι το 2030 ο στόλος αναμένεται να αυξηθεί στα 900 πλοία συνολικής χωρητικότητας 90 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση για μεταφορά [9] [1].

Το ενδιαφέρον στρέφεται στην παγκόσμια υπερδύναμη του ναυτιλιακού χώρου την Ελληνική Ναυτιλία και τις ευκαιρίες που διανοίγονται για αυτήν. Οι ναυτιλιακές εταιρείες ελληνικών συμφερόντων είναι ένας από τους ισχυρότερους διεθνείς στόλους με πλοία LNG carriers. Πιο συγκεκριμένα ο ελληνόκτητος στόλος διαθέτει 84 πλοία καθώς επίσης υπάρχει σε εξέλιξη και ναυπηγικό πρόγραμμα για άλλα 28 πλοία LNG. Έτσι η δύναμη του ελληνόκτητου στόλου με δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν Υ.Φ.Α θα ανέλθει στα 112.

Στο χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης υπάρχουν ήδη δύο ελληνικές εταιρείες με πλοία μεταφοράς αερίου. Αυτές είναι οι GasLog του Πίτερ Γ. Λιβάνου και τη Dynagas LNG Partners του Γιώργου Προκοπίου. Σύμφωνα με στοιχεία που συγκέντρωσε το “business stories” από ναυλομεσιτικούς οίκους, την πρώτη θέση από ελληνικής πλευράς την κατέχει ο Γιάννης Αγγελικούσης με την Maran Gas της οποίας ο στόλος αποτελείται από 36 πλοία LNG συνολικής μεταφορικής ικανότητας 5,5 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων, ενώ υπό ναυπήγηση έχει άλλα εννιά πλοία LNG. Το πρώτο πλοίο το παρήγγειλε το 2003 σε ναυπηγείο της Ν. Κορέας. Μία παραγγελία που γρήγορα αυξήθηκε στα τέσσερα πλοία. Η Maran Gas έχει συστήσει κοινοπραξία με τη Nakilat του Κατάρ όπου και δραστηριοποιούνται σχεδόν τα μισά από τα πλοία του ομίλου Αγγελικούση [9].

Η GasLog, που βρίσκεται στη δεύτερη θέση, διαθέτει 35 πλοία, από τα οποία τα 15 ανήκουν στην θυγατρική GasLog Partners. Στην τρίτη θέση βρίσκεται η Dynagas με 13 πλοία LNG, ενώ έχει άλλα τέσσερα πλοία υπό ναυπήγηση. Ο Γιώργος Προκοπίου είναι από τους πρώτους πλοιοκτήτες στο βόρειο θαλάσσιο πέρασμα το “Northern sea route” της Αρκτικής. Πρόκειται για πέρασμα στο Βερίγγειο Πορθμό και η διέλευση μέσω αυτού συντομεύει κατά 30 ημέρες περίπου τα ταξίδια από λιμάνια της Άπω Ανατολής προς Δυτική Ευρώπη. Έτσι, δεν χρειάζεται η διέλευση της διώρυγας του Παναμά ενώ περιορίζονται και τα κόστη για τους ναυλωτές.

Στις 31 Ιουλίου του 2020, το παγκόσμιο βιβλίο παραγγελιών αποτελείτο από 109 LNG carriers με χωρητικότητα μεγαλύτερη των 100.000 κυβικών μέτρων το καθένα. Από αυτά, τα 70 πλοία έχουν δρομολογηθεί για μακροχρόνιες ναυλώσεις.

Γενικότερα πάντως η ελληνική παρουσία στον παγκόσμιο στόλο LNG carriers είναι ιδιαίτερα έντονη. Σύμφωνα με τον ετήσιο κατάλογο των Lloyd's List για τις 100 προσωπικότητες με τη μεγαλύτερη επιρροή στη ναυτιλιακή βιομηχανία μέσα στο 2020, την παγκόσμια πρωτοπορία της αποδεικνύει η ελληνόκτητη ναυτιλία με 12 εκπροσώπους του ελληνικού εφοπλισμού οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω [17] [18].

Πρώτος εκπρόσωπος του ελληνικού εφοπλισμού θεωρείται ο Έλληνας πλοιοκτήτης, Γιάννης Αγγελικούσης. Η Lloyd's τον έχει κατατάξει στην 7^η επισημαίνοντας πως ο στόλος του ομίλου συνεχίζει να αυξάνεται ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν παγκοσμίως με την πανδημία του covid- 19. Ο στόλος του αποτελείται από 49 bulk carriers, 46 δεξαμενόπλοια και ένα υπό κατασκευή, καθώς και 36 LNG carriers και ακόμη εννιά υπό ναυπήγηση.

Στην 13^η θέση βρίσκεται ο Γιώργος Προκοπίου ο οποίος ελέγχει ένα στόλο άνω των 50 δεξαμενοπλοίων ενώ έχει και επτά υπό ναυπήγηση. Επίσης διαθέτει 13 LNG carriers και τέσσερα υπό παραγγελία εκ των οποίων τα δύο μπορούν να λειτουργήσουν και ως πρώτη σταθμοί επαναεριοποίησης. Τέλος, διαθέτει 38 bulk carriers και δύο πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Στην 24^η θέση βρίσκεται ο Γιώργος Οικονόμου ο οποίος ελέγχει ένα στόλο από 35 bulk carriers και 50 δεξαμενόπλοια. Παράλληλα, έχει ένα ναυπηγικό πρόγραμμα αξίας δύο δις δολαρίων για την κατασκευή 11 LNG carriers. Μία θέση πιο κάτω, στην 25^η, βρίσκεται η Αγγελική Φράγκου η οποία μέσω του ομίλου Navios διαχειρίζεται ένα στόλο από περίπου 200 πλοία αποτελούμενα από δεξαμενόπλοια, bulk carriers και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Στην 35^η θέση είναι ο Πίτερ Λίβανος ο οποίος διαθέτει στόλο αποτελούμενο από 35 LNG carriers συμπεριλαμβανομένων και τριών υπό ναυπήγηση, από τα οποία τα 15 ανήκουν στη θυγατρική της GasLog Partners ενώ ακόμη ένα έχει πωληθεί σε θυγατρική της Mitsui & Co. LTD. και με Leasing το ανέλαβε και πάλι η GasLog. Εντός του 2020 παρέλαβε άλλα τρία LNG Carriers και συγκεκριμένα το «GasLog Windsor», το «GasLog Wales» και το «GasLog Westminster» 180.000 κυβικών μέτρων το καθένα και όλα ναυλωμένα με πολυετείς χρονοναυλώσεις. Υπό ναυπήγηση η εταιρεία έχει ακόμη τρία πλοία. Ο Π. Λιβανός είναι ο ιδρυτής της Euronav, της μεγαλύτερης εταιρείας super tankers στον κόσμο ενώ ο όμιλός του έχει επεκτείνει τη δραστηριότητα του και στις πρώτες μονάδες αποθήκευσης και

επαναεριοποίησης. Εξάλλου συμμετέχει και στην Gas trade το ελληνικό έργο που βρίσκεται σε εξέλιξη για εισαγωγή φυσικού στην Αλεξανδρούπολη.

Στην 37^η θέση βρίσκεται ο Πέτρος Παππάς και στην 38^η θέση ο Πρόεδρος της Ένωσης Ελλήνων Εφοπλιστών Θεόδωρος Βενιάμης. Ο Βαγγέλης Μαρινάκης είναι στην 59^η θέση όπου μέσα στο 2021 παρέλαβε το πρώτο από τα επτά LNG carriers του ναυπηγικού του προγράμματος. Στην 60^η θέση τοποθετείται ο Κωστής Κωνσταντακόπουλος με τη μεγαλύτερη ελληνική εταιρεία στον τομέα των containerships. Η Αγγελικούση είναι στη θέση 81^η, η οποία διαχειρίζεται ένα στόλο από 30 δεξαμενόπλοια ενώ έχει υπό ναυπήγηση ακόμη τέσσερα. Επίσης, έχει δύο LNG carriers και τρία υπό παραγγελία ενώ στα bulk carriers διαθέτει 33 πλοία. Τέλος, στη θέση 83^η βρίσκεται ο Νίκος Τσάκος και στη θέση 86^η ο Δημήτρης Φαφαλιός [17] [18].

4.2 ΧΩΡΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ Υ.Φ.Α.

Ο σημαντικότερος παράγοντας στο εμπόριο φυσικού αερίου είναι η μεταφορά του από τις προμηθεύτριες χώρες στις καταναλώτριες χώρες. Η πρώτη μεταφορά LNG έγινε το 1964 από το Ηνωμένο Βασίλειο και την Γαλλία οι οποίες προμηθεύτηκαν φυσικό αέριο από την Αλγερία ξεκινώντας παράλληλα μία νέα εποχή για τον τομέα της ενέργειας.

Τα περισσότερα αποθέματα βρίσκονται σε πιο απομακρυσμένες περιοχές από τις αγορές. Το 2010 οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή Υ.Φ.Α ήταν το Κατάρ, Ινδονησία, Μαλαισία, Αυστραλία, Νιγηρία, Τρινιντάντ και Τομπάγκο, Αλγερία και Ρωσία. Χώρες όπως η Αγκόλα και η Βενεζουέλα προσπαθούν να αποκτήσουν ρόλο στην παγκόσμια αγορά ως παραγωγοί και εξαγωγείς Υ.Φ.Α ενώ η Σαουδική Αραβία και το Ιράν έχουν σημαντικά αποθέματα φυσικού αερίου και μπορούν να έχουν μεγαλύτερο ρόλο στην αγορά Υ.Φ.Α. Τελευταίες εμφανίζονται ο Καναδάς και οι Η.Π.Α. [6].

Σύμφωνα με στοιχεία του 2016 η αγορά του Υ.Φ.Α ισοδυναμεί με το 72% της αγοράς του αργού πετρελαίου με την αγορά όμως του Υ.Φ.Α να αυξάνεται συνεχώς και με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Μεγάλο ρόλο σε αυτήν την ταχεία ανάπτυξη έπαιξε η αύξηση των προμηθευτριών χωρών αλλά και η κατασκευή νέων εργοστασίων.

Με εξαγωγές κοντά στους 80 εκατ. τόνους το Κατάρ είναι ο μεγαλύτερος προμηθευτής Υ.Φ.Α εδώ και μία δεκαετία και αντιπροσωπεύει το ένα τρίτο της παγκόσμιας εξαγωγής Υ.Φ.Α. Για το έτος 2016 παρατηρούμε ότι για πρώτη φορά η Αυστραλία ξεπέρασε την Μαλαισία για να γίνει ο δεύτερος μεγαλύτερος προμηθευτής στον κόσμο με 29,4 εκατ. τόνους. Αυτή η τάση προβλέπεται να συνεχιστεί αφού και οι δύο προμηθευτές έχουν επενδύσει πολλά στην παραγωγή χρηματοδοτώντας σε διάφορα ερευνητικά σχέδια και κατασκευές που θα οδηγήσουν στην εξέλιξη της εξαγωγής Υ.Φ.Α με την Αυστραλία όμως να προηγείται. Γενικότερα στην Ασία παρατηρείται μία αύξηση στις εξαγωγές η οποία οφείλεται στην δημιουργία έργων που αύξησαν την παραγωγή κατά 3,8 εκατ. τόνους.

Το 2017 ο αριθμός των εξαγωγικών χωρών ανερχόταν σε 18. Η επιπρόσθετη προσφορά Υ.Φ.Α ήταν σχετικά ομοιόμορφη μεταξύ της λεκάνης του Ατλαντικού και του Ειρηνικού με την Αυστραλία και τις Ηνωμένες Πολιτείες να αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 60% της νέας προσφοράς. Με εξαγωγές 81 εκατ. τόνων το Κατάρ συνέχισε να είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας Υ.Φ.Α. θέση που διατηρούσε επί μία δεκαετία. Στο διάστημα μεταξύ 2015 και 2017 η σειρά των κορυφαίων εξαγωγών παρέμεινε ίδια με πρώτο το Κατάρ, δεύτερη την Αυστραλία, τρίτη τη Μαλαισία και ακολουθεί η Νιγηρία και Ινδονησία. Η Αυστραλία το 2017 κέρδισε σημαντικό έδαφος γι' αυτό και ανήλθε δεύτερη ενώ και το Καμερούν έχει σκοπό να ενταχθεί στις χώρες εξαγωγής Υ.Φ.Α [6].

Παρατηρείται χώρες όπως η Νιγηρία, η Αλγερία, το Τρινιντάντ, το Μπρούνεϊ και η ισημερινή Γουινέα που κατά τη διάρκεια του 2016 εξήγαγαν λιγότερες ποσότητες Υ.Φ.Α, το 2017 ανέκαμψαν. Στη Νιγηρία η ισχυρή παραγωγή φυσικού αερίου επέτρεψαν στις εξαγωγές να φτάσουν τους 21,3 εκατ. τόνους. Στην Αλγερία γίνονται έργα φυσικού αερίου με αποτέλεσμα οι εξαγωγές να φτάσουν τους 12,4 εκατ. τόνους. Στο Τρινιντάντ το έτος αυτό ολοκληρώθηκε με αύξηση των εξαγωγών εξαιτίας μίας σειράς νέων έργων παρά την μείωση των εξαγωγών που σημειώθηκε το πρώτο εξάμηνο. Επίσης η παραγωγή της Αγκόλας είχε υψηλή ετήσια παραγωγή φτάνοντας τα 3,7 εκατ. τόνους.

Κατά το 2016 η πρωτιά στην παραγωγή Υ.Φ.Α δημιουργήθηκε από την περιοχή της Ασίας – Ειρηνικού και επεκτάθηκε το 2017 σε 113,5 εκατ. τόνους (αύξηση κατά 14 εκατ. τόνους). Λόγω της ικανότητας του Κατάρ που είχε το 2016 παραγωγή 77 εκατ. τόνων Υ.Φ.Α, η μέση Ανατολή παρέμεινε η δεύτερη σε σειρά χώρα εξαγωγής.

4.3 ΧΩΡΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ Υ.Φ.Α.

Από την άλλη πλευρά ο αριθμός των χωρών που εισάγουν Υ.Φ.Α αυξήθηκε μέσα στο 2015 με τέσσερις νέες αγορές. Έχουμε την προσθήκη της Ιορδανίας, του Πακιστάν, της Πολωνίας και της Αιγύπτου. Μάλιστα η Αίγυπτος είναι και η πρώτη χώρα της Αφρικής που μπήκε στην αγορά Υ.Φ.Α διαμορφώνοντας τον αριθμό των χωρών που καταναλώνουν Υ.Φ.Α σε 33 [1].

Το Πακιστάν, μία νέα αγορά του 2015, σημείωσε ισχυρή ανάπτυξη το 2017, ενώ η Ιορδανία και η Πολωνία σημείωσαν βραδεία ανάπτυξη. Οι χώρες που ενίσχυσαν τις εισαγωγές Υ.Φ.Α είναι οι μεγάλες αγορές της Ασίας και αυτές του Ειρηνικού Ωκεανού, με την Κίνα και την Νότια Κορέα να αυξάνουν τις εισαγωγές τους κατά 12,7 εκατ. τόνους και 4,9 εκατ. τόνους αντίστοιχα. Η Ασία – Ειρηνικός το 2017 παρέμεινε η μεγαλύτερη περιοχή εισαγωγής λαμβάνοντας περίπου το ήμισυ της παγκόσμιας προσφορά. Η ζήτηση στην Ασία-Ειρηνικό εξακολουθεί να καθοδηγείται από την Ιαπωνία με 84,5 εκατ. τόνους και με τη Νότια Κορέα με 38,6 εκατ. τόνους να είναι η δεύτερη μεγαλύτερη στην περιοχή. Το 2016 αγοραστές της Ασίας – Ειρηνικού έλαβαν μία αξιόλογη ποσότητα Υ.Φ.Α από τους πωλητές στην περιοχή, με συνέπεια το ενδοπεριφερειακό εμπόριο να αυξηθεί το 2017 σε 83,9 εκατ. τόνους από 76,5 εκατ. τόνους που ήταν το 2016. Κατά αυτόν τον τρόπο η Ασία επιβεβαίωσε την θέση της ως δεύτερη μεγαλύτερη περιοχή εισαγωγής κατά το 2017. Επίσης ήταν και ο κύριος παράγοντας αύξησης των εισαγωγών Υ.Φ.Α στην Κίνα και την Ινδία. Την ασιατική αγορά ακολουθεί η Ευρωπαϊκή.

Το 2017 λόγω της αυξημένης χρήσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σημειώθηκε αύξηση των εισαγωγών στην Ευρώπη. Στην Τουρκία παρουσιάστηκε μεγάλη ανάγκη για φυσικό αέριο κατά τους ψυχρούς μήνες για θέρμανση, με αποτέλεσμα οι ετήσιες εισαγωγές Υ.Φ.Α να αυξηθούν κατά 2,3 εκατ. τόνους. Το 2015 η Πολωνία ξεκίνησε τις εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου και το 2017 έλαβε αυξημένα φορτία. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η Ευρώπη το 2017 έλαβε μεγάλες ποσότητες υγροποιημένου φυσικού αερίου από την Βόρεια Αμερική και τη Λατινική Αμερική από αυτές που είχε λάβει το 2016. Οι αγορές της Βόρειας Αμερικής, των Ηνωμένων Πολιτειών και του Καναδά, συνέχισαν να έχουν ελάχιστη ανάγκη από υγροποιημένο φυσικό αέριο, ενώ οι εισαγωγές στην Αργεντινή συνέχισαν να μειώνονται καθώς αυξήθηκε η εγχώρια παραγωγή φυσικού αερίου.

Η Κίνα, η Νότια Κορέα, η Ισπανία, η Πορτογαλία και η Ταϊβάν είναι ισχυροί οδηγοί στην αύξηση των εισαγωγών. Στην Κίνα έχουμε τη μετάβαση από τον άνθρακα στο φυσικό

αέριο καθώς οι περιβαλλοντικοί πολίτες επέβαλαν τη χρήση φυσικού αερίου αντί του άνθρακα στους βιομηχανικούς λέβητες και στους λέβητες θέρμανσης. Έτσι οι κινεζικές εισαγωγές Υ.Φ.Α αυξήθηκαν κατά 12,7 εκατομμύρια καθιστώντας τη, τη δεύτερη μεγαλύτερη σε μέγεθος Υ.Φ.Α χώρα εισαγωγής καθώς υπερέβη και τη Νότια Κορέα. Στη Νότια Κορέα και την Ταϊβάν συνεχίστηκε η εισαγωγή του Υ.Φ.Α λόγω της χαμηλής διαθεσιμότητας της πυρηνικής ενέργειας.

4.4 ΤΙΜΕΣ ΠΛΟΙΩΝ LNG

Τα πλοία υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι τεχνολογικά προηγμένα σκάφη, κατασκευασμένα από ακριβά υλικά και απαιτούν εξελιγμένες ρυθμίσεις φορτίου. Τα νεότευκτα LNG πλοία είναι πολύ πιο ακριβά σε σχέση με τα άλλα εμπορικά πλοία. Ιδιαίτερα μετά την οικονομική κρίση η αλλαγή δυναμικής στον τραπεζικό και χρηματοοικονομικό τομέα έχουν επηρεάσει τον τομέα των νεότευκτων πλοίων. Επίσης, τα ναυπηγεία που έχουν την εμπειρία, την τεχνογνωσία και την ικανότητα να κατασκευάσουν ποιοτικά πλοία LNG είναι λίγα. Πλέον τα ναυπηγεία που πρωτοστατούν από οικονομική και τεχνολογική άποψη είναι τα ασιατικά ενώ στο παρελθόν ήταν τα αμερικάνικα και τα ευρωπαϊκά. Αναλυτικότερα: [9] [1] [19] [15].

Το 2005 οι τιμές των νεότευκτων πλοίων ξεπερνούσαν τα 200 εκατομμύρια δολάρια το καθένα ενώ στα μέσα του 2008 οι τιμές έφτασαν τα 250 εκατομμύρια δολάρια, το υψηλότερο σημείο όλων των εποχών. Η τιμή αυτή των 250 εκατομμυρίων δολαρίων ενός LNG ήταν ωθούμενη από παράγοντες που κυμαίνονταν από μία μείωση της συναλλαγματικής ισοτιμίας του δολαρίου και το σφίξιμο των νομισματικών πολιτικών έως την έλλειψη ικανότητας από την ναυπηγική ικανότητα και των υψηλών τιμών του χάλυβα. Στα τέλη του 2015 παρατηρείται οι τιμές να έχουν μειωθεί φτάνοντας στα 160 εκατομμύρια δολάρια ανά πλοίο. Οι κεφαλαιουχικές δαπάνες εκ μέρους των πλοιοκτητών μειώθηκαν περίπου 10% σε σχέση με τις παραγγελίες πλοίων το 2009 όταν οι τιμές κυμαίνονταν στα 225 εκατομμύρια δολάρια για ένα πλοίο 173.000 κυβικών μέτρων. Το 2014 παρατηρήθηκε μία αύξηση της ζήτησης καινοτόμων πλοίων ιδίως για τα πλοία με πρόωση τριπλού καυσίμου. Τα κορεάτικα ναυπηγεία επειδή υπέφεραν από τη συνολική μείωση της ναυτιλίας ήταν αρκετά επιθετικά ως προς την τιμολόγηση τους, υποχρεώνοντας τα ιαπωνικά και κινεζικά ναυπηγεία

να προσφέρουν και αυτά ανταγωνιστικές προσφορές για τα νεότευκτα πλοία. Το κόστος κεφαλαίου έχει μεγάλο μερίδιο στο συνολικό κόστος του έργου και οι χαμηλές τιμές σε περιόδους χαμηλών ναύλων οδηγούν τους πλοιοκτήτες να προβούν σε νέες παραγγελίες .

Προτού αναφερθούμε στην τάση των εφοπλιστών να παραγγέλνουν τέτοιου είδους πλοία θα επισημάνουμε τα κόστη που απορρέουν από την αγορά τους. Τα λειτουργικά έξοδα, τα οποία συμπεριλαμβάνονται στα μεταβλητά κόστη σχετίζονται με τη στελέχωση του πλοίου, τις επισκευές και τη συντήρησή του, την ασφάλισή του, τα εφόδια και τα ανταλλακτικά και τέλος το κόστος διοίκησης. Το ύψος του λειτουργικού κόστους, ανάλογα με το πλοίο, κυμαίνεται στο 15%- 35% του συνολικού κόστους του πλοίου και είναι ανεξάρτητο από τον τύπο ναύλωσης. Η δομή αυτού του κόστους εξαρτάται από παράγοντες όπως είναι το μέγεθός του, η εθνικότητα του πληρώματος, η πολιτική συντήρηση του πλοίου από τον πλοιοκτήτη, η ηλικία και η ασφαλιστική αξία του πλοίου καθώς και η διοικητική αποτελεσματικότητα της διαχείρισης της εταιρείας.

Τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι εξελιγμένα πλοία που απαιτούν εξειδικευμένα πληρώματα υψηλού επιπέδου. Οι διαδικασίες που κοστίζουν αφορούν τη συντήρηση και την επισκευή του πλοίου ιδιαίτερα όταν πρόκειται για πλοίο παλιό. Αυτό το κόστος μπορεί να επιμεριστεί σε τρεις κατηγορίες που είναι η συντήρηση ρουτίνας, οι επισκευές που προκύπτουν από μηχανικές ή άλλες βλάβες και η περιοδική υποχρεωτική συντήρηση η οποία επιβάλλεται από το νηογνώμονα για να διατηρήσει το πλοίο την κλάση του. Όσον αφορά το κόστος ασφάλισης, αυτό είναι μεταξύ 15%- 40% του λειτουργικού κόστους και το μεγαλύτερο ποσοστό του καθορίζεται από την ασφάλιση του σκάφους και της μηχανής. Τέλος, έχουμε τα κόστη ταξιδιού που είναι η πιο δαπανηρή κατηγορία εξόδων για ένα πλοίο και αποτελείται από τα έξοδα καυσίμων, τα έξοδα λιμένων, τα τέλη διέλευσης καναλιών, το κόστος χειρισμού του φορτίου και το κόστος της πρόσθετης ασφάλισης.

Παρακάτω αναφέρεται η σημερινή κατάσταση.

Σχετικά με την προσφορά και τη ζήτηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου, το 2020 και πιο συγκεκριμένα κατά το δεύτερο τρίμηνο του 2020, η ζήτηση για υγροποιημένο φυσικό αέριο διαμορφώθηκε στους 86 εκατ. τόνους έναντι 87 εκατ. τόνων για το αντίστοιχο διάστημα του 2019. Άρα έχουμε μία μείωση περίπου στο 2%. Η κινεζική ζήτηση αυξήθηκε κατά 20% σε ετήσια βάση στους 16 εκατ. τόνους ενώ η ζήτηση από τη Μέση Ανατολή ενισχύθηκε κατά 39% στους 5 εκατ. τόνους. Από την άλλη μεριά η ζήτηση από την Ασία,

εξαιρουμένης της Κίνας, μειώθηκε κατά 8%, ενώ η ζήτηση από την Ευρώπη διολίσθησε κατά 3%. Επίσης, κατά το πρώτο τρίμηνο του 2020 η προσφορά για υγροποιημένο φυσικό αέριο ανήλθε στους 89 εκατ. τόνους, αύξηση 2% (ή 2 εκατ. τόνους) σε σχέση με το δεύτερο εξάμηνο του 2019. Στις Η.Π.Α. υπήρξε άνοδος κατά 39% ως αποτέλεσμα της ενισχυμένης παραγωγής από μεγάλα έργα. Αυτή η ανάπτυξη αντισταθμίστηκε από τη μείωση της παραγωγής στη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική κατά 2 εκατ. τόνους ή 8%.

Σχετικά με τα πλοία LNG. Εκτιμάται πως ένα LNG πλοίο 174.000 m³ αντιστοιχεί περίπου σε ένα πλοίο μεταφορικής ικανότητας 80.000 dwt. Επομένως η τιμή του συγκρίνεται με το αντίστοιχο Panamax πλοίο για τα Bulk carriers και με το Aframax για τα δεξαμενόπλοια. Το 2021 ένα νεότευκτο πλοίο LNG των 174.000 m³ κοστίζει 186 εκατ. δολάρια, ενώ τα έτη 2019, 2018 και 2017 κόστιζε 186 εκατ. δολάρια, 181 εκατ. δολάρια και 186 εκατ. δολάρια αντίστοιχα. Στην κατηγορία των Bulk Carriers, το LNG μπορεί να συγκριθεί με το Kamsarmax (τύπος της κατηγορίας Panamax) όπου κοστίζει στα ναυπηγεία 26 εκατ. δολάρια, ενώ για τα έτη 2019, 2018 και 2017 οι τιμές ήταν αντίστοιχα 29 εκατ. δολάρια, 28 εκατ. δολάρια και 5 εκατ. δολάρια. Στην κατηγορία των δεξαμενοπλοίων θα συγκριθεί με το Aframax των 115.000 dwt καθώς δεν έχουμε στοιχεία για μικρότερο πλοίο γύρω στα 80.000 με 85.000 dwt. Το Aframax κοστίζει 47 εκατ. δολάρια στις αρχές του 2021, ενώ για τα έτη 2019, 2018 και 2017 οι τιμές είναι αντίστοιχα στα 49 εκατ. δολάρια, 47 εκατ. δολάρια, 44 εκατ. δολάρια. Μια παραγγελία που έγινε γνωστή στις αρχές του 2021, αφορούσε ένα LNG πλοίο 174.000 m³ με τιμή 182, 9 εκατ. δολάρια, το οποίο το παρήγγειλαν Ρώσοι πλοιοκτήτες στα ναυπηγεία της Hyundai στην Κορέα. Η παράδοση του πλοίου θα γίνει το 2023 και είναι ήδη χρονοναυλωμένο στην Total.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, δηλαδή για σύγκριση πλοίων παρεμφερούς μεταφορικής ικανότητας, το LNG πλοίο είναι σαφώς το πιο ακριβό απ' όλα [9] [1] [19] [15].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ Υ.Φ.Α. ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

5.1 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ Υ.Φ.Α.

Οι κύριοι κίνδυνοι από το υγροποιημένο φυσικό αέριο προκύπτουν από την ευφλεκτότητα του την κρυογόνα θερμοκρασία του (-162°C) και τη διασπορά του ατμού που δημιουργείται.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο όταν βρίσκεται σε υγρή μορφή δεν θα καεί ούτε θα εκραγεί από μόνο του. Το μεθάνιο, που είναι άχρωμο και άοσμο και αποτελεί το κύριο στατικό του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι ταξινομημένο ως απλό ασφυξιογόνο όταν εκτίθεται στον άνθρωπο. Όταν το υγροποιημένο φυσικό αέριο διαρρεύσει πάνω στο νερό παράγει αρχικά ένα σύννεφο ατμού το οποίο αναμειγνύεται με τον αέρα, θερμαίνεται και διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα. Αν δεν υπάρξει ανάφλεξη, το εύφλεκτο σύννεφο ατμού θα παρασυρθεί από τον αέρα έως ότου τα αποτελέσματα της διασποράς να αραιώσουν τους ατμούς σε επίπεδα κάτω από την ελάχιστη συγκέντρωση που το κάνει εφικτό. Κάτω από αυτήν την αναλογία ατμού- αέρα το σύννεφο είναι αρκετά αραιωμένο ώστε να υπάρξει ανάφλεξη. Ανάφλεξη μπορεί να υπάρξει όταν το εύφλεκτο όριο κυμαίνεται μεταξύ 5-15%. Συγκεκριμένα: [3] [12] [10].

Στην περίπτωση που ένα εύφλεκτο μείγμα αέρα- αερίου από μία διαρροή Υ.Φ.Α αναφλεγεί, μπορεί να οδηγήσει σε “πυρκαγιά λάμψης” η οποία καίει τους ατμούς που ήδη αναμείχθηκαν με τον αέρα σε εύφλεκτες συγκεντρώσεις. Αν η συγκέντρωση ατμού είναι αρκετά υψηλή τότε κατά μήκος αυτής της πορείας το μέτωπο της φλόγας κατευθύνεται στην προς τα πίσω περιοχή της διαρροής. Δεν υπάρχει κάποια ένδειξη που να λέει ότι το Υ.Φ.Α εκρήγνυται σε περίπτωση ανάφλεξης σε ανοιχτό χώρο και έκρηξη γίνεται μόνο αν υπάρξει ανάφλεξη μέσα σε περιορισμένο χώρο όπως ένα κτίριο, μία αποθήκη, ένα αμπάρι. Μόνο τότε μπορούν να εκραγούν οι ατμοί υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Από τους σοβαρότερους κινδύνους των υγροποιημένων φυσικών αερίων αποτελούν οι “πυρκαγιές λίμνης”. “Πυρκαγιά λίμνης” υπάρχει όταν ένα εύφλεκτο υγρό απελευθερώνεται από μία δεξαμενή αποθήκευσης ή μία σωλήνωση δημιουργώντας μία υγρή λίμνη. Καθώς σχηματίζεται αυτή η λίμνη ένα μέρος του υγρού θα εξατμιστεί και αν αυτό το εύφλεκτο σύννεφο που θα προκύψει βρει κάποια πηγή ανάφλεξης τότε η φλόγα θα ταξιδέψει προς τα πίσω μέχρι τη διαρροή προκαλώντας πυρκαγιά λίμνης πάνω από την οποία καίγεται

το σύννεφο ατμού που είχε εξατμιστεί. Μία τέτοιου είδους πυρκαγιά είναι πολύ έντονη, αναπτύσσει πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι μία φωτιά πετρελαίου ή βενζίνης και η καύση της είναι αρκετά γρήγορη με αποτέλεσμα να μην μπορεί να κατασβησθεί. Για να σβήσει θα πρέπει να αναλωθεί πρώτα όλο το Υ.Φ.Α. Η θερμική ακτινοβολία που προκύπτει από τις υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να τραυματίσει ανθρώπους και να προκαλέσει ζημιές σε ιδιοκτησίες που βρίσκονται ακόμη και σε μεγάλη απόσταση από την πυρκαγιά. Πολλοί ειδικοί συμφωνούν ότι πρόκειται για τον πιο σοβαρό κίνδυνο από το υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Ένας άλλος κίνδυνος έχει να κάνει με την “άμεση μεταβατική φάση”. Είναι όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα φαινόμενο που εμφανίζεται σε μερικά πειράματα απελευθέρωσης του Υ.Φ.Α. και αφορά τη στιγμιαία μετάβαση του υγρού στη φάση του ατμού και μία σχετικά γρήγορη αύξηση της πίεσης. Η άμεση μεταβατική φάση οφείλεται στην υπερθέρμανση του Υ.Φ.Α. Αν απελευθερωθεί ποσότητα Υ.Φ.Α στο νερό, αυτό επιπλέει και εξατμίζεται καθώς η πυκνότητά του είναι χαμηλότερη από αυτήν του νερού. Εάν όμως απελευθερωθεί στο νερό μεγάλη ποσότητα από αυτό τότε θα εξατμιστεί αρκετά γρήγορα και θα προκαλέσει “απότομη μεταβατική φάση”. Η πιθανότητα για “απότομη μεταβατική φάση” επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του νερού όταν μεγάλη ποσότητα ενέργειας θα απελευθερωθεί και θα προκαλέσει φυσική έκρηξη (χωρίς φλόγα) παρόλο που δεν υπάρχει καύση. Η έκρηξη αυτή είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο καθώς αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τα υγραεριοφόρα πλοία και πρέπει να ελέγχεται με τη χρήση διπλού κήτους. Αυτός ο κίνδυνος μπορεί να οδηγήσει σε δύο τύπους αποτελεσμάτων: 1) υπερπίεση ως αποτέλεσμα της γρήγορης αλλαγής φάσης και 2) διασπορά της ριπής Υ.Φ.Α που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα. Οι γρήγορες αλλαγές φάσης έχουν προκαλέσει πολλές εκρήξεις ατμού σε χυτήρια και βιομηχανικές διαδικασίες αλλά δεν έχουν οδηγήσει σε σημαντικά ατυχήματα όσον αφορά τη μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Όσον αφορά την πυρκαγιά λάμψης, που είναι ένας ακόμη κίνδυνος, αυτό σχετίζεται με την απελευθέρωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου στην ατμόσφαιρα και την ανάφλεξή του. Το μεθάνιο μπορεί να προκαλέσει καταστρεπτικές υπερπιέσεις που οδηγούν σε εκρήξεις ειδικά αν υπάρχει κάποιος περιορισμός στο σύννεφο του αερίου. Αυτός ο περιορισμός μπορεί να δημιουργηθεί αν μέσα στο πλοίο υπάρχουν κενά διαστήματα ή σε γειτονικές κατασκευές όπως κτίρια στην ξηρά ή διπλανά πλοία. Επίσης, καταστρεπτικές υπερπιέσεις μπορούν να προκληθούν και από περιοχές που είναι ασφυκτικά γεμάτες με

εξοπλισμό και κατασκευές και μέσα σε αυτές αναφλέγεται ένα σύννεφο αερίου. Για παράδειγμα, ένα τμήμα από το σύννεφο ατμού μέσα στη γεμάτη περιοχή μπορεί να παράγει αυτές τις υπερπίεσεις εάν διεισδύσει σε μέρη που μπορούν να γίνουν χημικές διαδικασίες π.χ. σε μία περιοχή με διάφορες κατασκευές ή σωληνώσεις όπου και το σύννεφο θα αναφλεγεί. Ένα μεγαλύτερο μέρος όγκου των βαρύτερων υδρογονανθράκων του Υ.Φ.Α μειώνει την ελάχιστη ενέργεια ανάφλεξης που απαιτείται για την εκπυρσοκρότηση και αυξάνει το ειδικό βάρος του μίγματος υδρογονανθράκων. Αυτά τα δύο αποτελέσματα αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης υπερπίεσεων. Για να συμβεί κάτι τέτοιο θα πρέπει να υπάρχει διαρροή υγρού σε περιορισμένο χώρο με την ύπαρξη εμποδίων. Μόνο σε αυτή την περίπτωση έχουμε το φαινόμενο της έκρηξης. Είναι αρκετά δύσκολο να συμβεί αλλά πρέπει να μελετηθεί και αυτό το ενδεχόμενο. Τέτοιο συμβάν δεν έχει σημειωθεί σε υγραεριοφόρο πλοίο αφού το υγρό διαρρέει στη θάλασσα και όχι σε εσωτερικά τμήματα του πλοίου.

Ένας τελευταίος κίνδυνος είναι οι κρουγόνες επιδράσεις. Τα υγραεριοφόρα πλοία σχεδιάζονται ώστε να μην υπάρχει επαφή των εσωτερικών και εξωτερικών τοιχωμάτων της γάστρας του πλοίου. Αν απελευθερωθεί υγροποιημένο φυσικό αέριο στο εσωτερικό τοίχωμα θα προκληθούν χαμηλές θερμοκρασίες και δημιουργούνται διάφορα προβλήματα. Σύμφωνα με μία μελέτη που έγινε από τον Lloyd's το 2001 σχετικά με 10 περιπτώσεις διαρροής Υ.Φ.Α για την περίοδο 1965- 1989, επτά από τις δέκα οδήγησαν σε σπάσιμο των καλυμμάτων του καταστρώματος ή της δεξαμενής αποθήκευσης. Καμία όμως από αυτές τις περιπτώσεις δεν προκάλεσε σοβαρή δομική ζημιά. Με βάση τα σημεία στα οποία προκλήθηκε η ζημιά, είναι πιθανόν όλες αυτές οι απελευθερώσεις να εμφανίστηκαν από τα συστήματα σωληνώσεων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του Υ.Φ.Α στις δεξαμενές. Τα σκάφη που κατασκευάζονται από το 1976 και μετά πρέπει να συμμορφώνονται με τους εκάστοτε κατασκευαστικούς κανόνες του διεθνούς οργανισμού IMO και να χρησιμοποιούν χάλυβα υψηλής αντοχής που απαιτείται για τις χαμηλές θερμοκρασίες [3] [12] [10].

5.2 ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ Υ.Φ.Α.

Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας με τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.

Ο σύγχρονος κόσμος όλο και περισσότερο επηρεάζεται από τα φαινόμενα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Μερικά από τα προβλήματα που μας δείχνουν πόσο μεγάλης σημασίας είναι η προστασία του περιβάλλοντος είναι η καταστροφή των δασών, η ελάττωση του στρώματος του όζοντος, το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Υπάρχει άμεση ανάγκη αντιμετώπισης του προβλήματος με την εφαρμογή υφιστάμενων και νέων κανονισμών και την εισαγωγή αποτελεσματικότερων μέτρων. Αναλυτικότερα: [13] [5].

Η κύρια αιτία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η χρήση καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας. Επομένως είναι αναγκαίο να συνδυάζεται η προστασία του περιβάλλοντος με την ανάπτυξη των ενεργειακών επιλογών. Η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται κατά την διεργασία της καύσης όπου σχηματίζονται χημικές ενώσεις που εκλύονται στο περιβάλλον. Οι κυριότεροι ρίποι είναι το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα αιωρούμενα σωματίδια και οι άκαυστοι πτητικοί υδρογονάνθρακες.

Το φυσικό αέριο λόγω της μορφής και της σύστασής του, θεωρείται οικολογικό καύσιμο και συμβάλλει στον περιορισμό των μεταλλικών ρύπων. Για παράδειγμα στον άνθρακα και στο πετρέλαιο υπάρχουν ίχνη υδραργύρου, μολύβδου, βαναδίου και νικελίου τα οποία δεν υπάρχουν στο φυσικό αέριο.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε πως το φαινόμενο του θερμοκηπίου απειλεί όλο και περισσότερο το περιβάλλον. Πρόκειται για τη μεταβολή που προκαλείται από την παγίδευση θερμικής ακτινοβολίας στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας και έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα και τη δημιουργία φαινομένου ανάλογου με αυτό των κοινών θερμοκηπίων. Στοιχεία όπως το διοξείδιο του άνθρακα, οι αλογονούχοι υδρογονάνθρακες, τα οξείδια του αζώτου, το μεθάνιο και διάφορες άλλες ενώσεις ευθύνονται για τη δημιουργία αυτού του φαινομένου.

Το φυσικό αέριο από την άλλη κατά την καύση του εκπέμπει 43% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από αυτό που εκπέμπει ο άνθρακας και επίσης 30% λιγότερο από το πετρέλαιο. Επομένως έχει θετική επίπτωση στην αντιμετώπιση του φαινομένου και ενώ συμμετέχει στην

κατανάλωση καυσίμων κατά 22,5% ευθύνεται μόνο για το 16% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως.

Όσον αφορά τα πλοία, η κυρία εκπομπή ρύπων προέρχεται από την καύση του καυσίμου. Η καύση γενικώς ορίζεται ως μία εξώθερμη χημική αντίδραση ενός υλικού καυσίμου με οξυγόνο η οποία συντελείται με αρκετά μεγάλο βαθμό απόδοσης θερμότητας έτσι ώστε η εκπεμπόμενη υπό μορφή θερμότητας ενέργεια, να είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη. Κατά τη διαδικασία της καύσης η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε θερμική και από τον αέρα του περιβάλλοντος λαμβάνεται το οξυγόνο που απαιτείται για την διεξαγωγή της. Η καύση είναι μία χημική διαδικασία στην οποία τα συστατικά του καυσίμου οξειδώνονται ταχύτατα από το οξυγόνο που περιέχει ο αέρας καύσης. Τα περισσότερα καύσιμα περιέχουν κυρίως άνθρακα, υδρογόνο και σε μικρότερες ποσότητες θείο.

Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από τα πλοία είναι ανάλογη της κατανάλωσης καυσίμου και της περιεκτικότητας άνθρακα σε αυτό. Η περιεκτικότητα μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια, ενώ η κατανάλωση καυσίμου δεν μπορεί να είναι ακριβής σε εκτιμήσεις μεγάλης κλίμακας. Σύμφωνα με την IMO ένας τόνος Marine Diesel oil παράγει με την καύση του 3,09 kg διοξείδιο άνθρακα ενώ ένας τόνος Heavy Fuel oil 3,2 kg διοξείδιο άνθρακα. Στην περίπτωση των πλοίων LNG υπολογίστηκε πως το 45% της συνολικής ενέργειας για το έμφορτο και υπό έρμα ταξίδι προέρχεται από την καύση των απαερίων και η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα από την καύση του Υ.Φ.Α αντιστοιχεί στο 76% της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα από την χρήση Heavy Fuel oil. Σύμφωνα με μία έκθεση της Intertanko που ζητήθηκε από τον IMO να του υποβληθεί όσον αφορά την παγκόσμια κατανάλωση καυσίμου για διάφορους τύπους πλοίων, φαίνεται ότι τα Container ships έχουν τη μεγαλύτερη εκπομπή σε διοξείδιο του άνθρακα ανά έτος και ακολουθούν τα Crude oil tankers. Τα Container ships ευθύνονται για το 25,94% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα όλων των πλοίων και ακολουθούν τα Crude tankers με ποσοστό 10,62%. Τέλος τα LNG ευθύνονται μόλις για το 3,82% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα όλων των πλοίων αποδεικνύοντας τη φιλικότητα του καυσίμου. Τα πλοία LNG χαρακτηρίζονται από την εξάλειψη των εκπομπών οξειδίων θείου καθώς και τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα, του μονοξειδίου και άλλων άκαυστων υδρογονανθράκων. Ο μόνος ρύπος που η εκπομπή του δεν μειώνεται σημαντικά με τη χρήση του Υ.Φ.Α είναι τα οξείδια του αζώτου που οφείλεται στο ίδιο το άζωτο που πάντα περιέχεται στον αέρα και είναι απαραίτητο για την καύση [13] [5].

Συμπερασματικά, το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο είναι φιλικότερο στο περιβάλλον σε σχέση με άλλα καύσιμα καθώς έχει ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα τόσο ως προς την διακίνηση όσο και ως προς τη χρήση του.

Εικόνα 8: Τερματικός σταθμός Ρεβυθούσας



Πηγή: nautilia.gr

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η θαλάσσια μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου με πλοία LNG αποτελεί τον ταχύτερα αναπτυσσόμενο κλάδο της διεθνούς ναυτιλίας και παρόλο που χαρακτηρίζεται από υψηλές κεφαλαιακές απαιτήσεις και συνδέεται με σημαντικούς κινδύνους η μεταφορά του Υ.Φ.Α διά θαλάσσης είναι ένας κλάδος πολλά υποσχόμενος. Σημαντική βαρύτητα έχει δοθεί στο φυσικό αέριο καθώς υπάρχει ανάγκη για βιώσιμη ανάπτυξη και τα κράτη όπως και η οικονομία λόγω του κινδύνου της περιβαλλοντικής ρύπανσης έχουν στραφεί σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Πρόκειται για ένα καθαρότερο και ασφαλέστερο καύσιμο σε σχέση με τον άνθρακα και το πετρέλαιο και μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οξειδίων του αζώτου. Η κυρία παράμετρος για την ανάπτυξη του φυσικού αερίου είναι το κόστος μεταφοράς του.

Όντως όπως αναφέρθηκε εξ αρχής η θαλάσσια μεταφορά Υ.Φ.Α είναι μία εξειδικευμένη αγορά αρκετά συμφέρουσα που παρουσιάζει ταχεία ανάπτυξη. Η δυνατότητα της μείωσης του όγκου του φυσικού αερίου μέσω της υγροποίησης του επιτρέπει τη μεταφορά του με οικονομικά ανταγωνιστικούς όρους. Όμως, για να εξασφαλιστεί η ασφάλής και αξιόπιστη μεταφορά του προϊόντος θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό και την κατασκευή των πλοίων.

Τα αποθέματα φυσικού αερίου είναι άνισα κατανεμημένα στον κόσμο. Η Μέση Ανατολή έχει τα μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου και ακολουθεί η Σοβιετική Ένωση. Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη αύξηση στην κατανάλωση φυσικού αερίου σύμφωνα με στοιχεία του 2017 είναι η περιοχή της Ασίας – Ειρηνικού με την Κίνα και την Νότια Κορέα να είναι στις δύο πρώτες θέσεις. Οι χώρες που πρωτοστάτησαν στις εξαγωγές φυσικού αερίου, σύμφωνα πάλι με στοιχεία του 2017, είναι η Αυστραλία και οι Ηνωμένες Πολιτείες.

Τη ζήτηση για θαλάσσια μεταφορά Υ.Φ.Α την καθορίζει η παραγωγή και η κατανάλωση φυσικού αερίου. Στο προσεχές μέλλον φαίνεται πως η ζήτηση για φυσικό αέριο θα αυξηθεί με αποτέλεσμα να αυξηθούν και οι παραγγελίες των πλοίων LNG. Στον ελληνικό χώρο παρατηρείται αυξανόμενη δραστηριοποίηση των ελληνικών εταιρειών. Όλες οι εταιρείες απώτερο σκοπό έχουν το κέρδος. Αν και η αγορά πλοίων LNG είναι μεγάλου κόστους καθώς απαιτείται υψηλό κόστος κεφαλαίου, χάρη στην υγροποίηση του προϊόντος μπορεί να μεταφέρεται μεγαλύτερη ποσότητα. Επομένως μακροπρόθεσμα οι πλοιοκτήτες μπορούν να κάνουν απόσβεση του κεφαλαίου.

Παρά την πανδημία, η παγκόσμια αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου το 2020 σύμφωνα με την ετήσια έκθεση της LNG Outlook της Shell άγγιξε τους 360 εκατομμύρια τόνους και παρατηρήθηκε μία οριακή αύξηση από τους 358 εκατομμύρια τόνους το 2019. Η Κίνα και η Ινδία είναι οι πρωταγωνιστές της ζήτησης Υ.Φ.Α μετά το ξέσπασμα της πανδημίας. Η Κίνα ενίσχυσε τις εισαγωγές, κατά 7 εκατομμύρια τόνους, φθάνοντας τους 67 εκατομμύρια τόνους δηλαδή μία αύξηση 11%. Η ανακοίνωση της δέσμευσης της χώρας για ανθρακική ουδετερότητα έως το 2060 αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνει τη ζήτηση. Επίσης και η Ινδία αύξησε τις εισαγωγές της μέσα στο 2020 κατά 11% αξιοποιώντας τις χαμηλότερες διεθνείς τιμές του Υ.Φ.Α ώστε να συμπληρώσει την εγχώρια παραγωγή φυσικού αερίου. Όσον αφορά τις παραγγελίες πλοίων LNG, ο κύριος παράγοντας είναι η ζήτηση του Υ.Φ.Α η οποία είναι αρκετά υψηλή. Άρα, και οι παραγγελίες είναι αυξημένες. Επιπρόσθετα, σύμφωνα και με το βιβλίο παραγγελιών επικρατεί αισιόδοξο κλίμα για την ανάπτυξη των υγραεριοφόρων πλοίων [19].

Ο κλάδος διαθέτει σημαντικούς φραγμούς εισόδου αλλά εξαιτίας της αυξανόμενης διεύρυνσης της αλυσίδας Υ.Φ.Α αναμένεται ότι τα επόμενα χρόνια όλο και περισσότερες ναυτιλιακές, πετρελαϊκές και ενεργειακές εταιρείες ή και κράτη θα προσπαθήσουν να λάβουν θέση σε αυτόν. Στο μέλλον, οι πλοιοκτήτες LNG θα αυξηθούν όπως επίσης και οι πλοιοκτήτες άλλων πλοίων οι οποίοι με κατάλληλες μετατροπές στα υπάρχοντα πλοία τους ή με νέες παραγγελίες θα χρησιμοποιήσουν το φυσικό αέριο ως καύσιμο.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αναστασάκης Ε. (2016), “Αγορά LNG”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα ναυτιλιακών σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
2. Βαμβακινού Ε. (2017), “Ανάλυση της αγοράς των LNG πλοίων”, Προπτυχιακή πτυχιακή εργασία, Τμήμα ναυτιλίας και επιχειρηματικών υπηρεσιών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
3. Δεληγεώρογλου Ν. (2017), “Θαλάσσια μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Σχολή οικονομικών, επιχειρηματικών και διεθνών σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
4. Διαμαντή Κ. (2010), “Θαλάσσιες μεταφορές και θαλάσσια ρύπανση στη Μεσόγειο. Οικολογικές και οικονομικές επιπτώσεις”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα ναυτιλιακών σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
5. Ευαγγελακοπούλου Δ. (2012), “ Περιβαλλοντική εκτίμηση, αξιολόγηση και προτάσεις για μέτρα αντιρρύπανσης κατά τη διαδικασία φόρτωσης απαερίων, ψύξης δεξαμενών πλοίων LNG”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα ναυτιλιακών σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
6. Ζέτος Α. (2017), “Διαμόρφωση μαθηματικού μοντέλου για την υποστήριξη αποφάσεων δρομολόγησης πλοίων Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG) στη Μεσόγειο”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Σχολή ναυπηγών μηχανολόγων μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο .
7. Ζούμη Α. (2015), “Το καθεστώς ευθύνης και αποζημίωσης για περιπτώσεις θαλάσσιας ρύπανσης από τη ναυτιλία στην Ε.Ε.”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα ναυτιλιακών σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
8. Λαγού Β. (2020), “Ανάλυση και αξιολόγηση κινδύνων κατά τη μεταφόρτωση υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) μεταξύ πλοίων ή πλοίου και πλωτού τερματικού σταθμού”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα χημικών μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
9. Λέκκας Π. (2018), “Η αγορά του LNG και οι τάσεις για το μέλλον”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα ναυτιλιακών σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
10. Μάλαμας Χ. (2017), “Στατιστική ανάλυση ναυτικών ατυχημάτων σε πλοία LNG LPG και ανάπτυξη αλγορίθμου εξόρυξης δεδομένων”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα ναυπηγών μηχανολόγων μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
11. Μιχαλοπούλου Ε. (2016), “LNG Φυσικό Αέριο, μεταφορά δια θαλάσσης, οι περιβαλλοντικές και οι οικονομικές του συνέπειες”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα ναυτιλιακών σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
12. Μπίθα Κ. (2014), “Στατιστική ανάλυση ναυτικών ατυχημάτων κατά την περίοδο 1990-2012”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα ναυπηγών μηχανολόγων μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

13. Τσαλικίδη Ι. Σ. (2009), “Η τεχνολογική εξέλιξη των πλοίων LNG”, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα ναυτιλιακών σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιά.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

14. eNautilia ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ PORTAL ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ. (2016, Απρίλιος 17). Κατηγορίες και είδη πλοίων. Retrieved from: <https://e-nautilia.gr/katigories-kai-eidi-ploiwn/>
15. Μαστοράκης Μ. (2020, Ιανουάριος 08). Πως κινήθηκε η αγορά LNG το 2019- Τα ρεκόρ της Ευρώπης και οι προβλέψεις για το 2020, energypress. Retrieved from: <https://energypress.gr/news/pos-kinithike-i-agera-lng-2019-ta-rekor-tis-eyropis-kai-oi-provlepseis-gia-2020>
16. Γεωργίου Γ. (2020, Αύγουστος 13). Η GasLog σκιαγραφεί την αγορά LNG, Reporter. Retrieved from: <https://www.reporter.gr/Eidhseis/Naytilia/448122-H-GasLog-skiagrafei-thn-agera-LNG>
17. Αναμνήσεις Πάνθεον Ελληνισμού (2020, Δεκέμβριος 12). 12 Έλληνες εφοπλιστές στις πιο ισχυρές προσωπικότητες της ναυτιλίας το 2020. Retrieved from: <https://www.anamniseis.net/12-ellines-efoplastes-stis-pio-isxyres-prosopikotites-tis-naftilias-to-2020/>
18. Τσαμόπουλος Μ. (2020, Δεκέμβριος 14). Lloyd’s List: Οι 12 κορυφαίοι Έλληνες στο Top 100 της παγκόσμιας ναυτιλίας, newMoney. Retrieved from: <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/nautilia/lloyds-list-i-12-korifei-ellines-sto-top-100-tis-pagkosmias-naftilias/>
19. Δεληγιάννης Κ. (2021, Μάρτιος 16). Shell: Οριακή αύξηση στην παγκόσμια ζήτηση LNG το 2020 παρά την πανδημία, energypress. Retrieved from: <https://energypress.gr/news/shell-oriaki-ayxisi-stin-pagkosmia-zitisi-lng-2020-para-tin-pandimia>