



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

UNIVERSITY OF PIRAEUS

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

στη ΝΑΥΤΙΛΙΑ

**ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ, LNG-ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ
ΝΑΥΤΙΛΙΑ, ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ**

ΛΑΤΣΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

MN 15053

15^{ος} ΚΥΚΛΟΣ

Διπλωματική Εργασία

Πειραιάς

Δεκέμβριος 2017

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Ο Καθηγητής Αναστάσιος Τσελεπίδης (Επιβλέπων)
- Ο Καθηγητής Βασίλειος – Στυλιανός Τσελέντης
- Ο Καθηγητής Ερνεστοσπυρίδων Τζαννάτος

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.

Δήλωση Αυθεντικότητας / Ζητήματα Copyright

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Ευχαριστίες

Κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών είχα την ευκαιρία να έλθω σε επαφή με πολύ σημαντικές προσωπικότητες, χωρίς τη βοήθεια των οποίων δεν θα ήμουν σε θέση να ολοκληρώσω την εργασία αυτή.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ βάθους καρδίας τον Επιβλέποντα Καθηγητή, κ. Αναστάσιο Τσελεπίδη, Καθηγητή Θαλάσσιου Περιβάλλοντος στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς, για την πολύτιμη καθοδήγηση και την ουσιαστική αρωγή που μου προσέφερε, όπως επίσης και για τις ενδιαφέρουσες συζητήσεις που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Εκφράζω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στα άλλα δύο μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής: στον κ. Ερνέστο Σπυρίδων Τζαννάτο, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς και στον κ. Τσελέντη Βασίλειο-Στυλιανό, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς και Διευθυντή του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών για τις εύστοχες υποδείξεις τους.

Αναμφίβολα, το μεγαλύτερο ευχαριστώ απευθύνεται στην οικογένεια μου, για την αμέριστη συμπαράσταση και την υπομονή που επέδειξαν κατά την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, δίνοντας μου δύναμη να συνεχίσω μέχρι την περάτωσή της.

Περίληψη

Στις μέρες μας είναι ευρέως γνωστό, πως με τη συνεχή και ραγδαία αύξηση του πληθυσμού παγκοσμίως υπάρχει συνεχώς αναπτυσσόμενη ζήτηση ενέργειας σε όλους τους τομείς, με αποτέλεσμα τη διαρκή αναζήτηση νέων πηγών. Ειδικότερα για τον τομέα της Ναυτιλίας που πρέπει να επιλύσει περιβαλλοντικά θέματα σχετικά με τις εκπομπές ρύπων από τη χρήση συμβατικών καυσίμων του πετρελαίου, αλλά και θέματα κόστους το LNG συνεχώς κερδίζει έδαφος στη Ναυτιλιακή Βιομηχανία.

Στη παρακάτω μελέτη θα γίνει περιγραφή στους λόγους για τους οποίους η Ναυτιλία στρέφεται προς τη χρήση LNG. Περαιτέρω θα αναλυθούν οι κανονισμοί επιβολής διαφόρων Διεθνών Οργανισμών που επιτάσσουν τη λήψη μέτρων για λόγους συνεισφοράς προς το περιβάλλον.

Η διπλωματική εργασία αυτή έχει ως σκοπό την αναφορά και την ανάλυση της χρήσης του φυσικού αερίου και του LNG στην καθημερινή ζωή και κυρίως στον τομέα της Ναυτιλίας. Θα ακολουθήσει η περιγραφή του παγκοσμίου εμπορίου LNG και θα συγκριθεί με τη χρήση άλλων καυσίμων, αναλύοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης του, με ιδιαίτερη αναφορά στους κανονισμούς που υπάρχουν για τη χρήση του.

Τέλος θα αναλυθούν τα χρήσιμα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία και θα διατυπωθούν οι προτάσεις και προοπτικές για το μέλλον.

Abstract

Nowadays, it is widely known that with the constant and rapid population growth, there is an increasing demand for energy in all sectors. Regarding shipping, a suite of environmental issues relating to pollutant emissions from the use of conventional oil fuels and the resultant costs have to be resolved. Within this framework, LNG is constantly gaining ground in the Shipping Industry.

The following study outlines the reasons why Shipping is turning to the use of LNG. The enforcement regulations of various International Organizations that require actions to be taken for the purpose of contributing to the environment is further analyzed.

More specifically, the purpose of this thesis, aims at reporting and analyzing the use of natural gas and LNG in daily life and in the Shipping Sector. The world's LNG trade and use is compared to other fuels by analyzing the advantages and drawbacks with particular reference to the existing regulations.

Finally useful conclusions from the thesis are analyzed and proposals and prospects for the future are formulated.

Λέξεις κλειδιά:

LNG (Liquefied Natural Gas), Εκπομπές Ρύπων, Τερματικοί Σταθμοί LNG, SO_x-NO_x,
IMO, HFO-MGO

Πίνακας Περιεχομένων

Δήλωση Αυθεντικότητας / Ζητήματα Copyright	III
Ευχαριστίες.....	IV
Περίληψη.....	i
Abstract	ii
Πίνακας Περιεχομένων	iii
Κατάλογος Εικόνων	v
Κατάλογος Γραφημάτων	vi
Κατάλογος Πινάκων.....	vii
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2 ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ-ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	4
2.1 Λόγοι στροφής σε χρήση εναλλακτικών καυσίμων	4
2.1.1 Αναφορά για τις ECAs του ισχύοντος καθεστώτος:	5
2.2 Διαθεσιμότητα καυσίμων-Κόστος-Αποθέματα Πετρελαίου-Αερίου	6
2.3 Καθεστάτα εισφοράς πλοίων για μείωση εκπομπών (GHG) στην Παγκόσμια Ναυτιλία	7
2.4 Ναυτιλία ως μέρος των εκπομπών αερίων-Διεθνείς κανονισμοί-Κατανάλωση καυσίμου-Ανάλυση Εκπομπών Αερίων-Διαγράμματα	9
2.5 Χρήση καυσίμου παγκοσμίως από πλοία.....	12
2.6 Γραφήματα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου	13
2.7 Σύγκριση γραφημάτων εκπομπών για την παγκόσμια ναυτιλία.....	14
3 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ-ΕΞΕΛΙΞΗ-ΧΡΗΣΕΙΣ.....	15
3.1 Φυσικό αέριο-Ιστορική αναδρομή	15
3.2 Αποθέματα φυσικού αερίου- Αποδεδειγμένα αποθέματα	17
3.2.1 Διαχρονική εξέλιξη φυσικού αερίου	17
3.3 Συγκεντρώσεις Φυσικού Αερίου ανά Χώρα.....	19
3.4 Εισαγωγή φυσικού αερίου στην καθημερινότητα	21
3.4.1 Ηλεκτροπαραγωγή.....	21
3.4.2 Βιομηχανία	21
3.4.3 Οικιακός τομέας	22
3.4.4 Εμπορικός Τομέας.....	22
3.4.5 Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού-Θερμότητας.....	22
3.4.6 Θερμοκήπια	24
3.4.7 Κλιματισμός	24

3.4.8	Κίνηση Οχημάτων	24
3.5	Πλεονεκτήματα χρήσης Φυσικού Αερίου-Προστασία Περιβάλλοντος	25
3.5.1	Εξοικονόμηση Ενέργειας	26
3.5.2	Ενίσχυση της Απασχόλησης.....	26
4	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ LNG-ΕΜΠΟΡΙΟ LNG ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ.....	27
4.1	LNG σύσταση-ιδιότητες.....	27
4.2	Διαδικασία μετατροπής φυσικού αερίου σε LNG.....	28
4.3	Παγκόσμιο Εμπόριο LNG.....	30
4.3.1	Περιγραφή της δραστηριότητας μεταφοράς σε περιοχές ανά τον κόσμο	30
4.4	Εξαγωγές LNG ανά χώρα.....	34
4.5	Εισαγωγές LNG ανά τον κόσμο	36
4.6	Τιμολόγηση LNG.....	40
4.7	Τερματικοί Σταθμοί LNG.....	42
5	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	47
5.1	Στροφή προς τη χρήση του LNG ως καύσιμο πλοίων-Ανάλυση	47
5.2	Στόλος LNG	50
5.2.1	Σχετικά γραφήματα με την εξέλιξη του στόλου LNG.....	52
5.3	Συστήματα πρόωσης-Σύγκριση LNG με άλλα καύσιμα	53
5.3.1	Συστήματα πρόωσης πλοίων LNG.....	53
5.3.2	Σύγκριση LNG με άλλα είδη καυσίμων γενικά.....	54
5.3.3	Σύγκριση μεταξύ LNG και HFO-MGO	55
5.3.4	Κανόνες-Κανονισμοί για LNG ως καύσιμο πλοίου	57
5.4	Πρότυπα Ασφαλείας για το LNG.....	61
6	ΣΥΝΟΨΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	62

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2-1: https://maritimecyprus.com/2014/12/08/north-american-and-caribbean-emissions-control-area-eca-update/	4
Εικόνα 2-2: Υπάρχουσες και δυνητικά νέες ECAs παγκοσμίως. Πηγή: DNV Report	10
Εικόνα 3-1: Χημική ανάλυση Μεθανίου.....	15
Εικόνα 3-2: Εθνικό σύστημα αγωγών φυσικού αερίου Ελλάδας.....	26
Εικόνα 4-1: Qatar Gas LNG Trains.....	29
Εικόνα 4-2: Sabine Pass LNG – Cheniere.....	30
Εικόνα 4-3: LNG TRAIN.....	31
Εικόνα 4-4: Snøhvit LNG Νορβηγία. Πηγή: http://www.lngworldnews.com/tag/snohvit/	35
Εικόνα 4-5: Πηγή: http://www.anave.es/images/seguridad/marintek-lng_fuelled_ships_norwegian_experience-nov_09.pdf	44
Εικόνα 4-6: Μεγαλύτερες εξαγωγές και εισαγωγές χωρών στον κόσμο.....	44
Εικόνα 4-7: Πηγή: http://www.anave.es/images/seguridad/marintek-lng_fuelled_ships_norwegian_experience-nov_09.pdf	45
Εικόνα 4-8: Πηγή: http://www.desfa.gr/wp-content/uploads/2014/11/slider3-1144x765.jpg (15)	45
Εικόνα 4-9: Πηγή: www.entsogeu.eu :.....	46
Εικόνα 5-1: MF Gultra. Πηγή DNV-GL	48
Εικόνα 5-2: Q-Max LNG Tanker. Πηγή: www.lngworldnews.com	51

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 2-1: Πηγή: DNV-GL, Maritime IN FOCUS-LNG AS SHIP FUEL, latest developments and projects in the LNG industry	7
Γράφημα 2-2: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) ανά είδος πλοίου (διεθνής ναυτιλία μόνο) υπολογισμένες με τη μέθοδο από πάνω προς τα κάτω για τα χρόνια 2007-2012.	12
Γράφημα: 2-3: Συνολικό γράφημα της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου από όλα τα πλοία χρησιμοποιώντας την από πάνω προς τα κάτω και την από κάτω προς τα πάνω μέθοδο δείχνοντας τις εκτιμήσεις και τα αβέβια φάσματα στην δεύτερη μελέτη του IMO 2009 (Second IMO GHG Study 2009) για τα αέρια του θερμοκηπίου	12
Γράφημα 2-4: Συνολικό γράφημα της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου από όλα τα πλοία χρησιμοποιώντας την από πάνω προς τα κάτω και την από κάτω προς τα πάνω μέθοδο δείχνοντας τις εκτιμήσεις και τα αβέβια φάσματα στην δεύτερη μελέτη του IMO 2009 (Second IMO Study)	13
Γράφημα 2-5: Εκπομπές με χρήση της μεθόδου κάτω προς τα πάνω (bottom-up) για CO ₂ e για α) το σύνολο της ναυτιλίας και β) της παγκόσμιας ναυτιλίας.	14
Γράφημα 2-6: α) Εκπομπές CO ₂ συγκρινόμενες όπου το ποσοστό υποδεικνύει τις εκπομπές CO ₂ της παγκόσμιας ναυτιλίας σαν ένα ποσοστό του παγκοσμίου CO ₂ από ορυκτά καύσιμα.	14
Γράφημα 2-7: β) Εκπομπές CO ₂ e συγκρινόμενες, όπου το ποσοστό υποδεικνύει τις εκπομπές CO ₂ e της παγκόσμιας ναυτιλίας ως ένα ποσοστό των παγκόσμιων CO ₂ e από ορυκτά καύσιμα.	15
Γράφημα 3-1: Αποθέματα φυσικού αερίου ανά δεκαετία και κατά περιοχή	17
Γράφημα 3-2: Η απογραφή του μη συμβατικού αερίου βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο	18
Γράφημα 3-3: Πηγή DOE ENERGY INFORMATION ENERGY (12/2/2014)	18
Γράφημα 3-4: Πηγή: DOE ENERGY INFORMATION AGENCY	19
Γράφημα 3-5: Πηγή: 2012 Annual Reports	20
Γράφημα 3-6: Πηγή: 2012 Annual Reports	20
Γράφημα 4-1: Το παραπάνω γράφημα δείχνει ότι το LNG δεν απαιτεί επιπλέον συμπίεση πέραν της ατμοσφαιρικής πίεσης μόλις φθάσει τους -260 ° F. Καθώς θερμαίνεται, απαιτείται περισσότερη πίεση για να διατηρηθεί η υγρή μορφή του.	28
Γράφημα 4-2: Όγκος των συναλλαγών LNG, 1990-2016.	34
Γράφημα 4-3: Εξαγωγές LNG σε MT κατά το έτος 2016 ανά μερίδιο χώρας.	36
Γράφημα 4-4: Εισαγωγές LNG ανά μερίδιο αγοράς κατά χώρα(MTPA).	39
Γράφημα 4-5: Ευρωπαϊκός σχηματισμός τιμών εισαγωγής, 2005 έως 2015. Πηγή IGU Wholesale Gas Price Survey – 2016 Edition	42
Γράφημα 5-1: Πηγή: HIS Markit	52
Γράφημα 5-2: Πηγή: DNV-GL	53
Γράφημα 5-3: Πηγή: DNV-GL	53
Γράφημα 5-4: Πηγή: Overview of alternative fuels with emphasis on the potential of LNG as future marine fuel	56

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1: Διαθέσιμες πηγές για μείωση των εκπομπών λόγω των πλοίων	11
Πίνακας 3-1: Χημική σύσταση φυσικού αερίου	17
Πίνακας 3-2: Εκπεμπόμενοι ρύποι σε σχέση με άλλα καύσιμα ανά μονάδα mg/Mj εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου.....	25
Πίνακας 4-1: Βασικά Φυσικά και Χημικά χαρακτηριστικά του LNG.....	27
Πίνακας 4-2: Πηγή: www.globalnginfo.com	42
Πίνακας 4-3: Πηγή: IHS Markit, IGU.....	43
Πίνακας 5-1: Συντελεστής πετρελαίου/αέριο κατανάλωσης, σε όρους ενεργειακού περιεχομένου. Η κατανάλωση σε όλους τους τομείς και τις βιομηχανίες περιλαμβάνονται. .	50

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται όλο και μεγαλύτερη ζήτηση σε LNG, καθώς λόγω της αυξανόμενης ζήτησης και τις εναλλαγές στις τιμές του πετρελαίου που κανείς δεν μπορεί να προβλέψει, οι παγκόσμιες βιομηχανίες έχουν στραφεί σε εναλλακτικές πηγές καυσίμων. Σύμφωνα με μελέτες το παγκόσμιο εμπόριο δια θαλάσσης σχεδόν θα διπλασιαστεί μέχρι το 2010. (1)

Αυτό θα επιφέρει και αλλαγές στη ναυτιλία, καθώς θα υπάρξει αύξηση των πλοίων, αύξηση της ταχύτητας και συνεπώς των τεχνολογιών, αλλά και του μεγέθους. Ακόμη πολλές έρευνες έχουν εκτιμήσει πως η παραγωγή πετρελαίου θα φτάσει στη μεγαλύτερη της τιμή σχεδόν όταν και θα έχουν εξορυχθεί οι μισές από τις φυσικές πηγές του. Έτσι το LNG λόγω της διαθεσιμότητας του αλλά και την προσιτή τιμή ολοένα και προτιμάται από τους πλοιοκτήτες και η ανάπτυξη αυτή αναμένεται ραγδαία στο μέλλον.

Επίσης με την προσθήκη του LNG ως καύσιμο θα υπάρξει και ουσιαστικό αποτέλεσμα στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που απασχολεί και ανησυχεί τους Διεθνείς Οργανισμούς παγκοσμίως.

Τα τελευταία χρόνια είναι γεγονός πως μειώνοντας τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από 50-80 % σε κατώτερα των επιπέδων του 1990 έως το 2050, είναι απαραίτητο για τη σταθεροποίηση του κλίματος καθώς και για να αποφευχθούν επικίνδυνες κλιματικές επιπτώσεις (IPCC,2007). (2)

Για να αποφευχθούν όλες αυτές οι επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές, θα πρέπει όλοι οι παράγοντες της παγκόσμιας οικονομίας να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Οι εκπομπές σε επίπεδο της παγκόσμιας μεταφοράς εκπροσωπούν το 13% του συνόλου της παγκόσμιας εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Όσο αφορά των το επίπεδο της ναυτιλίας (παγκόσμια και εγχώρια) το ποσοστό αυτό υπολογίζεται λίγο πιο κάτω του 3%. Η χαμηλή μεταφορά άνθρακα από τη ναυτιλία περιγράφει τη μετάβαση της ναυτιλιακής βιομηχανίας σε τωρινά χαμηλότερα επίπεδα εκπομπών. (3) (4)

Είναι ακόμη δύσκολο να γίνει κατανοητό το πώς ακριβώς το σύνολο της μετάβασης μπορεί να είναι και πως μπορεί να επιτευχθεί, καθώς και να μετριαστούν

οι κίνδυνοι των κλιματικών αλλαγών καθώς επίσης να συμβαδίζουν με τη μείωση των επιπέδων σε άνθρακα και σε άλλους τομείς της παγκόσμιας οικονομίας. Αυτή η μείωση πρέπει να είναι σε απόλυτο αριθμό σχετικό με των τωρινών επιπέδων σε επίπεδο της τάξης του 30-80 %, κάτι το οποίο δεν είναι αδιανόητο σαν στόχος (Anderson and Bows 2011). (4)

Οι εκπομπές άνθρακα από τη μεταφορά μπορούν να εκφραστούν σαν ένα προϊόν αποκτήσεως μεταφοράς (χωρητικότητα ανά τόνο, ναυτικά τονομύλια) και προμήθειας μεταφοράς που αντιπροσωπεύεται από εκπομπές gCO_2/tnm , (δηλαδή γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται ανά ναυτικά τονομύλια).

Έτσι υπάρχουν τέσσερις επιλογές διαθέσιμες για να υλοποιηθεί αυτή η μείωση όσο αφορά τη ναυτιλία (Buhaugetal. 2009). (5) Να αναπτυχθεί η παραγωγή χρησιμοποιώντας την ίδια ποσότητα ενέργειας, να χρησιμοποιηθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο ήλιος και ο άνεμος, να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων με βάση την τεχνολογία και η τέταρτη για την οποία θα γίνει ανάλυση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η χρήση καυσίμων πιο φιλικών προς το περιβάλλον και πολύ χαμηλότερες σε εκπομπές όπως είναι το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG).

Στην παρακάτω εργασία θα γίνει εκτενής αναφορά στο φαινόμενο των ρύπων από τα καύσιμα, με συνέπεια της στροφής της βιομηχανίας σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας ιδίως στο LNG. Στη συνέχεια θα αναλυθεί πως γίνεται πλέον η εκμετάλλευση του φυσικού αερίου και το πώς έχει εισχωρήσει στην καθημερινότητα των πολιτών.

Ακολούθως θα γίνει αναφορά για το LNG από το στάδιο της παραγωγής του και της ανάλυσης του παγκόσμιου εμπορίου LNG ανά περιοχή, των τερματικών LNG, καθώς και η αποτίμηση της εξέλιξης της χρήσης του ως καύσιμο στη ναυτιλία, αναλύοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα χρήσης του.

Επίσης θα γίνει η σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα του πετρελαίου που χρησιμοποιούνταν κατά κόρον έως και πρόσφατα και θα προκύψουν διάφορα στοιχεία από αυτήν, τα οποία και θα βοηθήσουν για χρήσιμα συμπεράσματα και προοπτικές του μέλλοντος, με σαφή αναφορά στους κανόνες και τους κανονισμούς οι οποίοι διέπουν το καύσιμο LNG σε όλους τους τομείς του ναυτιλιακού πλέγματος.

2 ΝΑΥΤΙΑΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ-ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

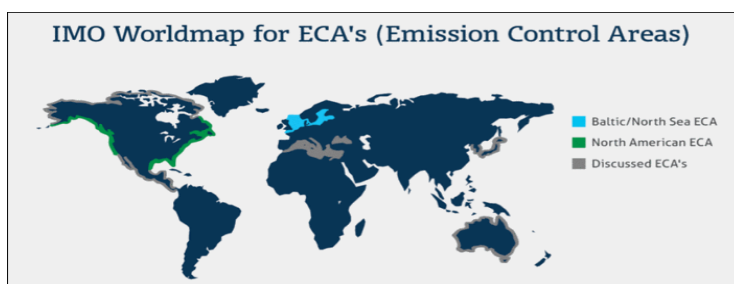
2.1 Λόγοι στροφής σε χρήση εναλλακτικών καυσίμων

Όσον αφορά τον παγκόσμιο στόλο υπήρξε σταδιακή μετάβαση για την κίνηση των πλοίων από τα πανιά μέχρι τη μηχανή από το 1870 έως το 1940. Μέχρι το 1920 κυριαρχούσαν τα ατμόπλοια καύσης άνθρακα και από τότε ο άνθρακας σταδιακά αντικαταστάθηκε από καύσιμα πλοίων, λόγω της στροφής σε κινητήρες diesel και ατμολέβητες πετρελαίου. Έτσι η μετάβαση από τον άνεμο στον άνθρακα προωθήθηκε από τις τεχνολογικές εξελίξεις στις ατμομηχανές και προσφέρθηκε η ευκαιρία για πιο αξιόπιστους χρόνους διέλευσης, που σε μεγάλο βαθμό θα ήταν ανεξάρτητοι των καιρικών συνθηκών και επίσης των κατευθύνσεων των ανέμων. Η επακόλουθη μετάβαση από τον άνθρακα στο πετρέλαιο οδηγήθηκε λόγω της αυξημένης αποδοτικότητας, την ευκολία χειρισμού καθώς και τις πιο καθαρές διαδικασίες. (5)

Έτσι οι βασικοί λόγοι οι οποίοι οδήγησαν στην εμφάνιση εναλλακτικών καυσίμων θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Κανονιστικές απαιτήσεις και περιβαλλοντικές ανησυχίες
- Διαθεσιμότητα των ορυκτών καυσίμων, το κόστος και η ενεργειακή ασφάλεια

Επομένως οι επικείμενες απαιτήσεις για μειωμένη σε περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων αναμένεται να αυξήσει το κόστος των καυσίμων. Αυτό το αποτέλεσμα θα είναι περισσότερο διακριτό μετά το 2020 (ή το 2025, ανάλογα με το πότε οι νέοι κανονισμοί θα ενισχυθούν) οπότε και η περιεκτικότητα σε θείο θα είναι στο 0.5% (ή 5.000 ppm) που είναι πολύ χαμηλότερο από τα τωρινά επίπεδα των ECAs (Sulphur Emission Control Areas). (6)



Εικόνα 2-1: <https://maritimecyprus.com/2014/12/08/north-american-and-caribbean-emissions-control-area-eca-update/>

2.1.1 Αναφορά για τις ECAs του ισχύοντος καθεστώτος:

Το 2015 το επίπεδο του θείου στα καύσιμα που έχει περιεκτικότητα 0.10 % (1,000 ppm) αναμένεται να μειώσει τις εκπομπές σωματιδίων (PM) και οξειδίου του θείου (SO_x), κατά περισσότερο από 85% από τα σημερινά επίπεδα του θείου τα οποία και πρέπει να πληρούνται μέσω της αλλαγής καυσίμων. Στα περισσότερα πλοία υπάρχει ήδη η δυνατότητα αποθήκευσης δύο η περισσότερων καυσίμων. Όμως για να ικανοποιηθεί αυτός ο στόχος για την περιεκτικότητα του θείου, ορισμένα πλοία θα πρέπει να τροποποιηθούν για να μπορεί να υπάρξει πρόσθετος χώρος αποθήκευσης καυσίμου απόσταξης. Ως εναλλακτική λύση στη χρήση καυσίμου χαμηλότερου σε περιεκτικότητα θείου οι πλοιοκτήτες έχουν τη δυνατότητα την επιλογή εξοπλισμού με συσκευές καθαρισμού καυσαερίων (scrubbers). Σε αυτήν την περίπτωση οι συσκευές αυτές θα μπορούν να απορροφούν το θείο από τα καυσαέρια. Σε ότι αφορά την Αμερική τα πλοία που κινούνται στις περιοχές της US and Caribbean ECAs είναι υποχρεωμένα να αλλάξουν τη χρήση του 1% σε θείο των βαρέων ή μέσων καυσίμων (HFO/IFO) σε συμμόρφωση των απαιτήσεων του 0.10% χαμηλής περιεκτικότητας θείου (LFSO-Low Sulphur Fuel Oil), οι οποίοι κανονισμοί αυτοί έχουν τεθεί από την 1 Ιανουαρίου 2015, ενώ για τα υπόλοιπα πλοία που έχουν διαλέξει χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο καύσιμα θα μπορούν να μεταφερθούν 2 ειδών καύσιμα. Αυτό ήδη αποτελεί εφαρμογή των πλοίων που κινούνται τακτικά στην περιοχή της Καλιφόρνια. Το Συμβούλιο Αερίων Πόρων (ARB) της Καλιφόρνια απαίτησε καθώς και ενθάρρυνε τη χρήση καυσίμων απόσταξης με η κάτω του 0.10% περιεκτικότητας σε θείο σε νερά υπό ρυθμίσεις της Καλιφόρνια (RCW) από την 1^η Ιανουαρίου του 2014.

Η εισαγωγή συστημάτων μετεπεξεργασιών των καυσαερίων, όπως είναι οι καθαριστές SO_x, και καταλυτών για τη μείωση των NO_x (οξειδίων του Αζώτου) μπορεί να επιβαρύνουν ιδιαίτερα σημαντικά το λειτουργικό κόστος ενός πλοίου. Όμως και τα δύο αυτά συστήματα είναι ιδιαίτερα απαιτητικά και δαπανηρά και παράλληλα μπορούν να αυξήσουν την κατανάλωση του καυσίμου κατά 2-3%. Από την άλλη όμως επιτρέπουν τη χρήση λιγότερο ακριβών, υψηλής περιεκτικότητας σε θείο καύσιμα. Η εισαγωγή τέτοιων νέων, χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο καύσιμα μπορεί να είναι μία βιώσιμη λύση για το πρόβλημα, υπό την προϋπόθεση ότι η απαραίτητη τεχνολογία και τα καύσιμα να προσφέρονται σε ανταγωνιστικά επίπεδα τιμών στην αγορά. Η κατανάλωση καυσίμου στις ECAs υπολογίζεται σε περίπου 30-

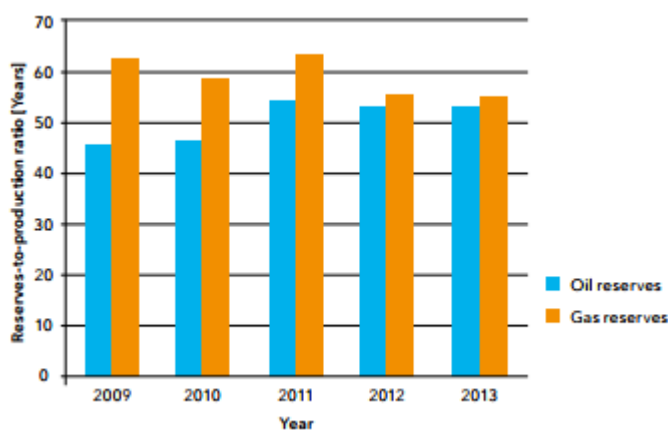
50 εκατομμύρια τόνους καυσίμου ανά τον χρόνο και πρόκειται να αυξηθεί αν συμπεριληφθούν νέες περιοχές στις ECAs μελλοντικά.

2.2 Διαθεσιμότητα καυσίμων-Κόστος-Αποθέματα Πετρελαίου-Αερίου

Οι προβλέψεις σχετικά για το μέλλον όσο αφορά την παραγωγή πετρελαίου ποικίλουν και είναι αμφιλεγόμενες καθώς κανείς δεν μπορεί να προβλέψει το τι μπορεί να γίνει. Οι προχωρημένες λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας μέθοδοι για την εξόρυξη πετρελαίου έχουν αρχίσει πλέον να γίνονται εφικτές, ενώ στο μέλλον μπορεί να υπάρξει η χρήση μη συμβατικών πόρων όπως πετρέλαιο από σχιστόλιθο και πίσσα από άμμο, τεχνικές οι οποίες όλο και κερδίζουν έδαφος, καθώς στο μέλλον πρόκειται να ασκηθεί η πίεση για επέκταση πετρελαϊκών δραστηριοτήτων και φυσικού αερίου στην Αρκτική. Στην Αμερική η παραγωγή τέτοιου είδους πετρελαίου τα τελευταία χρόνια αναμόρφωσε την αγορά ενέργειας της Βορείου Αμερικής. Έτσι παρόλο της ύπαρξης δυνατότητας για παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Αρκτική δεν μπορεί να καταστεί σαφές πως η παγκόσμια παραγωγή θα μπορεί να αυξήσει τους δείκτες της μελλοντικά. Αυτό γίνεται εξαιτίας του υψηλού κόστους αλλά και των δύσκολων συνθηκών, ακόμη και λόγω του φαινομένου των πάγων. Ένα τέτοιου είδους ατύχημα στην περιοχή της Αρκτικής θα μπορούσε να επιφέρει σοβαρές συνέπειες ακόμη και παγκοσμίως. (1)

Όπως θα παρουσιαστεί και στο παρακάτω γράφημα για τα αποθέματα φυσικού πετρελαίου και φυσικού αερίου για την περίοδο 2009-2013, όταν αποθέματα τα οποία μένουν στο τέλος κάθε χρόνου διαιρούνται με την παραγωγή του χρόνου αυτού και το αποτέλεσμα είναι η διάρκεια του χρόνου η οποία συνεχίζει με τους ρυθμούς αυτούς. Περαιτέρω βάσει γεωλογικών και μηχανολογικών πληροφοριών, αλλά και ενδείξεων υπάρχει η βεβαιότητα πως μπορεί να υπάρξει ανανέωση των ποσοτήτων των πηγών αυτών από γνωστές δεξαμενές κάτω από ισχυρές και βοηθητικές οικονομικές και λειτουργικές συνθήκες. Επιπροσθέτως κανείς δεν μπορεί να ισχυριστεί με βεβαιότητα σχετικά για την ποσότητα των παγκοσμίων αποθεμάτων πετρελαίου γιατί πολλά κράτη τα οποία συμμετέχουν στην παραγωγή πετρελαίου κάνουν ισχυρισμούς που μπορούν πολύ δύσκολα να επαληθευτούν. Η προμήθεια επίσης σε πετρέλαιο εξαρτάται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από χώρες και περιοχές με αρκετές αναταραχές

και πολιτική αστάθεια, που μπορούν να έχουν αρνητικές συνέπειες ως αποτέλεσμα στην ασφάλεια των καυσίμων.



Γράφημα 2-1: Πηγή: DNV-GL, Maritime IN FOCUS-LNG AS SHIP FUEL, latest developments and projects in the LNG industry

Είναι γεγονός ότι η προσπάθεια μειώσεων των ρύπων του άνθρακα ποικίλει ανάλογα και με τον τύπο των πλοίων, το μέγεθος την ηλικία. Έτσι για παράδειγμα η δυνητική μείωση των ρύπων μέσω την διαδικασία της μείωσης της ταχύτητας (low steaming) που εφαρμόζεται είναι πολύ μεγαλύτερη για πλοία μεταφοράς containers σε συγκρινόμενη με αυτή σε τάνκερς και φορτηγά πλοία που είναι πολύ χαμηλότερης ταχύτητας πλοία και στρέφονται σε άλλους τρόπους όπως είναι τα εναλλακτικά καύσιμα (LNG).

Όμως υπάρχουν και δυνητικοί κίνδυνοι όπως είναι το ρίσκο των εταιριών που περιλαμβάνουν οικονομικό κίνδυνο και τάσεις σε διάφορους τομείς. Μεγάλο πρόβλημα για τους πλοιοκτήτες αποτελούν τα λειτουργικά έξοδα (έξοδα του πλοίου) καθώς και η αποπληρωμή τους. Για διάφορες ναυτιλιακές αγορές υπάρχουν κίνδυνοι που είναι διαχρονικές επιλογές όπως η ανάπτυξη των περιοχών εκπομπών (ECAs) καθώς και η χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG).

2.3 Καθεστώτα εισφοράς πλοίων για μείωση εκπομπών (GHG) στην Παγκόσμια Ναυτιλία

Οι εκπομπές που παράγονται από την παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία αυξάνονται ραγδαία (IMO 2014) παρόλο του ότι έχουν εισαχθεί περιβαλλοντικοί κανονισμοί, επίσης παράλληλα με την ενίσχυση των περιοχών εκπομπών (ECA's) τον δείκτη EEDI (Energy Environmental Design Index) και το ενεργειακά αποδοτικό σχέδιο διαχείρισης πλοίων (SEEMP). (7)

Αυτές οι πρωτοβουλίες απέδειξαν να έχουν αναπάντεχες σημαντικά επιπτώσεις. Έτσι οι περιοχές ελέγχου ECAs που επιπροσθέτως έχουν ως σκοπό την μείωση NO_x και SO_x μπορεί να οδηγήσουν σε μία αύξηση των εκπομπών CO₂, δείχνοντας ότι ο δείκτης EEDI (Energy Efficiency Design Index) δεν είναι τόσο αποδοτικός για να μειώσει τις εκπομπές CO₂ σε επίπεδα για να επιτευχθούν οι στόχοι των κλιματικών αλλαγών. Επιπλέον του δείκτη αυτού, μπορεί να είναι περισσότερο αποδοτικό στο να μειώσει τις εκπομπές αν μπορεί να εφαρμοσθεί και να υπολογισθεί από παλαιότερων ετών πλοία.

Όσον αφορά το SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan), έχουν κρίσιμα κενά έχουν αποδειχθεί στη διατύπωση των κανονισμών που συγκρίνονται με πιστοποιήσεις καλύτερης εφαρμογής (π.χ. ISO 50001 και ISM) στο πως οι εταιρίες πρέπει να ερμηνεύσουν τις προβλέψεις και έτσι ως εκ τούτου αυτό το μέτρο να μην συνεισφέρει στην αύξηση των συστημάτων διαχείρισης των πλοιοκτητριών εταιριών. Έτσι είναι προφανές ότι πρέπει να παρθούν συμπληρωματικές πολιτικές παρέμβασης για να επηρεάσουν και να διαμορφώσουν σε ότι είναι απαραίτητες.

Επιπροσθέτως είναι επιτακτικό ότι οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις είναι εκ των προτέρων κατανοητές στο έπακρο. Αυτό μπορεί να συμβεί πολύ σύντομα αν η βιομηχανία μπορεί να συνεισφέρει σε ικανοποιητικό βαθμό ώστε να εμποδίσει τις κλιματικές αυτές αλλαγές.

Ο παγκόσμιος χαρακτήρας της παγκόσμιας μεταφοράς στη ναυτιλία και οι πιο πρώιμες μορφές εταιριών είναι κάποια από τα εμπόδια στην ανάπτυξη αποδοτικών κανονισμών της ναυτιλίας. Συγκρινόμενη η ναυτιλία με άλλους τομείς, εφαρμόζει πολιτικές για την μείωση των εκπομπών, οι οποίες βρίσκονται ήδη σε ισχύ σε διάφορες χώρες με διάφορες μορφές (φόρος καυσίμου ή μηχανής).

Για παράδειγμα περιβαλλοντικοί φόροι επιβάλλονται έτσι ώστε να μετριαστεί η μείωση των ρύπων όσο αφορά τον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας (Roganetal.,2011, Hennessy and Toll 2011) καθώς και στον τομέα της αεροπλοΐας (Swedavia, 2015, Flughafen Zurich, 2010). (7)

Μόνο τον Ιούλιο του 2009 τα μέλη της MEPC 59 (Marine Environment Protection Committee) ζήτησαν από τα κράτη μέλη, συνεργάτες και οργανώσεις

παρατηρητών να προσκομίσουν προτάσεις για αποτελεσματική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως σε δύο:

- Η παροχή κινήτρων σε πλοιοκτήτριες εταιρίες σε περισσότερα φιλικές τεχνολογίες προς το περιβάλλον και να αυξήσουν τη λειτουργική τους αποδοτικότητα
- Να προσφέρουν μηχανισμούς έτσι ώστε να αντισταθμιστούν οι εκπομπές CO₂ έξω από την παγκόσμια ναυτιλία

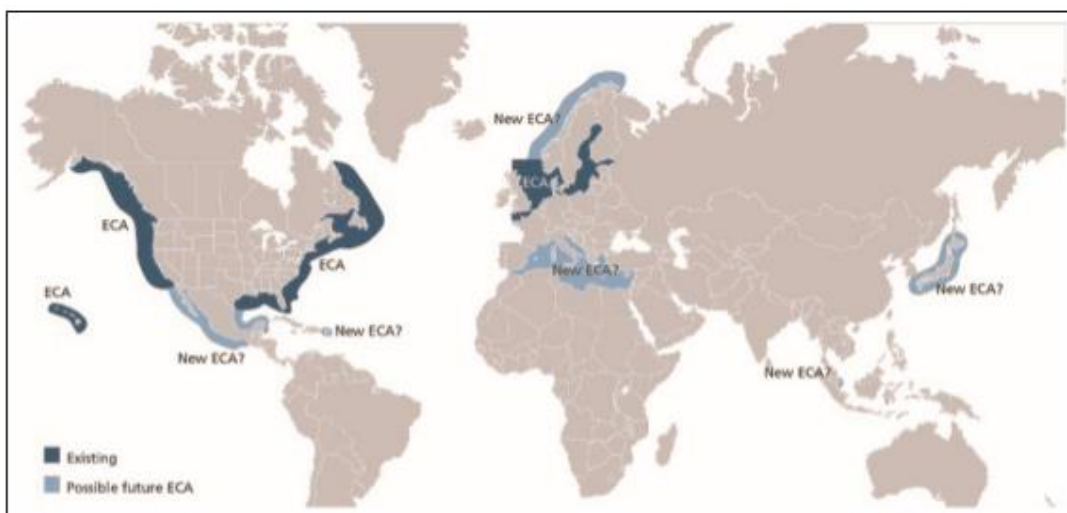
2.4 Ναυτιλία ως μέρος των εκπομπών αερίων-Διεθνείς κανονισμοί- Κατανάλωση καυσίμου-Ανάλυση Εκπομπών Αερίων- Διαγράμματα

Εξαιτίας του γεγονότος ότι περισσότερο από το 50% των λειτουργικών εξόδων ενός πλοίου είναι τα έξοδα των καυσίμων του, οι περισσότεροι εκ των πλοιοκτητών χρησιμοποιούν βαρύ μαζούτ (HFO) ως καύσιμο για τα πλοία τους, για λόγους οικονομίας, αλλά και της διαθεσιμότητας. Ανεξαρτήτως των τεχνικών του προβλημάτων η περιεκτικότητά του είναι υψηλή σε θείο και έτσι έχει άσχημο αντίκτυπο στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Έτσι ο IMO έχει εισάγει κανονισμό ο οποίος αφορά τον περιορισμό των εκπομπών από τις μηχανές των πλοίων. Τον Μάιο του 2005 ήταν η ημερομηνία έναρξης για την εφαρμογή της διάταξης περί διεθνούς σύμβασης για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία (8)73/78/97 (MARPOL) , διάταξη η οποία στοχεύει στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία , ειδικά των οξειδίων του Αζώτου (NO_x) και των οξειδίων του θείου (SO_x). Το ισχύον επιτρεπτό επίπεδο εκπομπής NO_x σύμφωνα με τον κανονισμό του IMO, εξαρτάται από την κατηγορία ταχύτητας του κινητήρα και κυμαίνεται από 17 g/KWxh για κινητήρα ταχύτητας <130 r/min έως 9,984 g/KWxh για κινητήρα ταχύτητας >2000 (στροφές ανά λεπτό). Για να υπάρξει συμμόρφωση στους κανονισμούς επιβάλλεται τα πλοία που εκτελούν τις μεταφορές να έχουν στην κατοχή τους τα πιστοποιητικά EAPP (Engine Air Pollution Prevention) και IAPP (International Air Pollution Prevention) για τυχόν ελέγχους από κρατικούς ελέγχους λιμένων.

Ο IMO και η Ευρωπαϊκή Ένωση (EU) προχώρησαν το θέμα των κανονισμών σχετικά με τη μείωση στις εκπομπές SO_x, μέσω διαφορετικού χρονοδιαγράμματος

και σε διαφορετική γεωγραφική κλίμακα. Η επιτροπή προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος του ΙΜΟ υιοθέτησε συγκεκριμένες τροποποιήσεις της διεθνούς σύμβασης σχετικά με την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία (MARPOL). Το παράρτημα VI του κανονισμού απαιτούσε ως μέγιστο για την περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο το 3.5% από την 1 Ιανουαρίου 2012 και 0.50% από την 1 Ιανουαρίου 2020 παγκοσμίως. Επιπλέον το παράρτημα VI επέβαλε ένα όριο της τάξης του 1.5% για την περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών (ECAs) σε ισχύ από τον Μάιο του 2006. Αυτό το όριο μειώθηκε περισσότερο, στο 0.1% με αρχή τον Ιανουάριο του 2015. Η εικόνα που ακολουθεί αποτυπώνει την κατάσταση των ECAs παγκοσμίως.



Εικόνα 2-2: Υπάρχουσες και δυνητικά νέες ECAs παγκοσμίως. Πηγή: DNV Report

Υπάρχουν διάφορες διαθέσιμοι μέθοδοι για να μειωθούν οι εκπομπές των πλοίων με σκοπό να συμβαδίσουν με τις απαιτήσεις του ΙΜΟ οι οποίες και προσέθεσαν κόστος στο πλοίο. Στον πίνακα που ακολουθεί παραθέτονται αυτές συνοπτικά.

Πίνακας 2-1: Διαθέσιμες πηγές για μείωση των εκπομπών λόγω των πλοίων

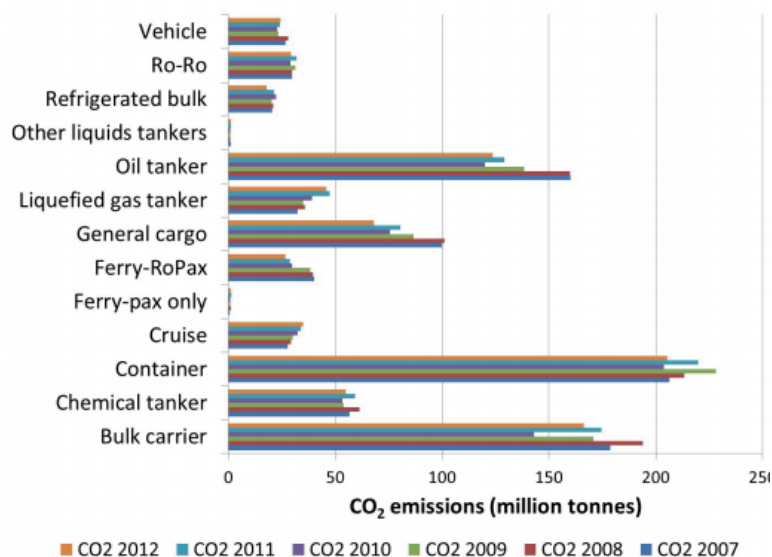
Component	Reduction method	Potential reduction
NO _x	Selective catalytic reduction (SCR)	95%
	Emulsification	20%–25%
	Humid air	70%
	Engine tuning	50%–60%
SO _x	Exhaust gas recirculation	10%–30%
	Fuel switching process ^a	60%–90%
	Seawater scrubbing; exhaust below water line	Up to 95%
CO ₂	Energy management	1%–10%
PM	Electrostatic filters	Up to 85%

. Πηγή: *Overview of alternative fuels with emphasis of LNG as future marine oil*

Ωστόσο η πίεση για ευρύτερα και περισσότερο αυστηρά όρια για τα SO_x, NO_x, και τα αιωρούμενα σωματίδια θα επισπευσθεί, ιδίως σε χώρες με ανεπτυγμένες οικονομίες αλλά και σε παράκτιες περιοχές. Ορισμένες χώρες έχουν ήδη επιβάλλει τους δικούς τους κανονισμούς έτσι ώστε να μπορούν να ελεγχθούν οι εκπομπές που προέρχονται από τη ναυτιλία, σε τοπικό επίπεδο, όπως το κλείσιμο όλων των μηχανών και να υπάρχει η σύνδεση παροχών μέσω της ξηράς. Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης απαιτεί τον κανονισμό πως όλα τα πλοία σε λιμάνια της Ευρωπαϊκής Ένωσης να καταναλώνουν καύσιμα με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο το 0.1%, το οποίο υποχρεώνει τα πλοία να έχουν κατανάλωση καυσίμων χαμηλά σε θείο ειδικά για τέτοιες περιοχές. (9)

Αποθέματα των εκπομπών των πλοίων μπορούν να συγκριθούν με την παγκόσμια ανθρωπογενή δράση για να προσδιοριστεί και να γίνει η ποσοτικοποίηση της συνεισφοράς της ναυτιλίας στο σύνολο των εκπομπών του συνόλου των εκπομπών του θερμοκηπίου (GHG) επί το σύνολο της συνολικής ανθρώπινης δραστηριότητας.

Στο ακόλουθο γράφημα αναπαρίστανται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για όλους τους τύπους πλοίων τις παγκόσμιες ναυτιλίας συγκρινόμενες μεταξύ τους για τα έτη 2007-2012 με βάση την τρίτη έρευνα του IMO για τα αέρια του θερμοκηπίου το 2014.

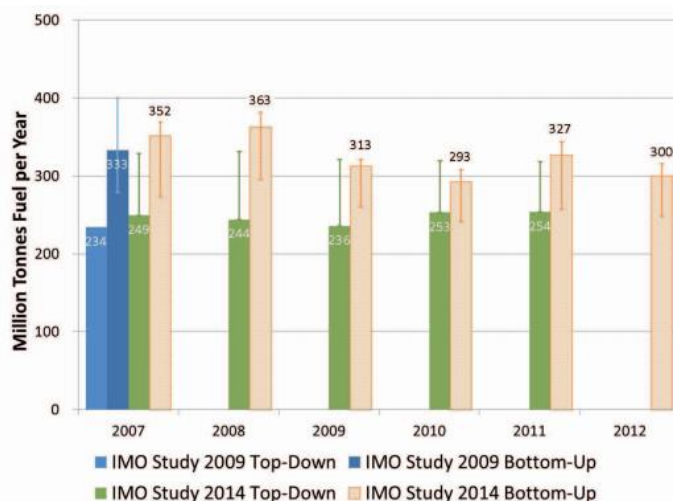


Γράφημα 2-2: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ανά είδος πλοίου (διεθνής ναυτιλία μόνο) υπολογισμένες με τη μέθοδο από πάνω προς τα κάτω για τα χρόνια 2007-2012.

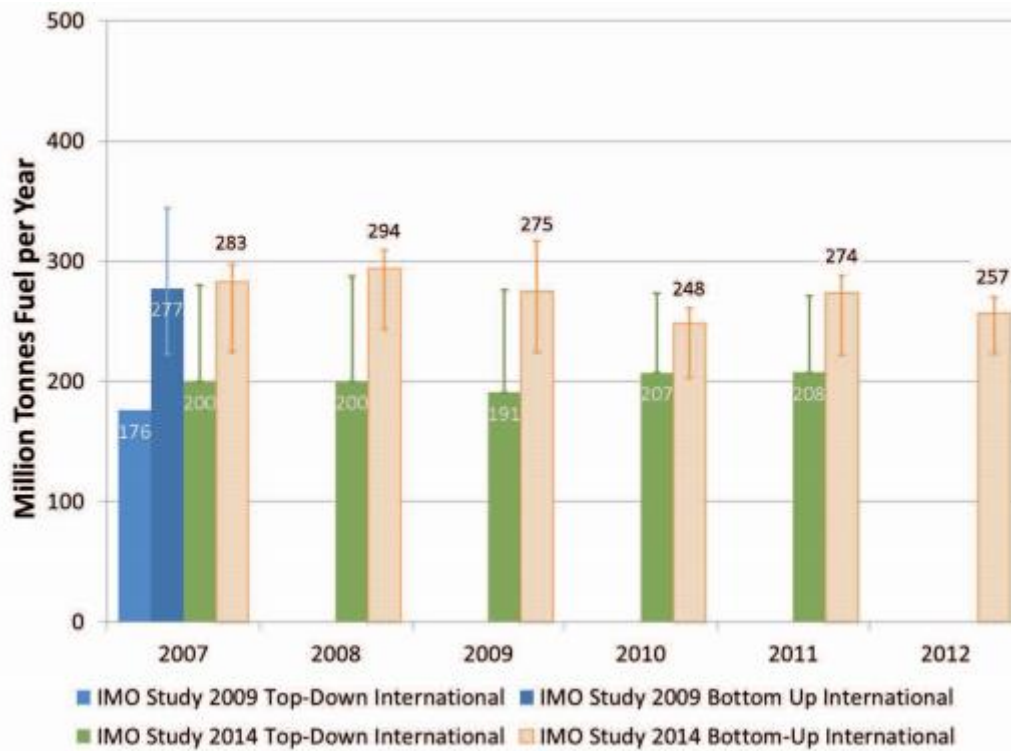
Πηγή: Third IMO GHG Study 2014.

2.5 Χρήση καυσίμου παγκοσμίως από πλοία

Επίσης όσον αφορά τη χρήση καυσίμων βάσει της (Third IMO GHG Study 2014) έχουμε για την κατανάλωση καυσίμου βάσει των μελετών του ΙΜΟ του 2009 και του 2014 ακολουθεί η απεικονιστική κατάσταση στα γραφήματα παρακάτω. (10)



Γράφημα: 2-3: Συνολικό γράφημα της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου από όλα τα πλοία χρησιμοποιώντας την από πάνω προς τα κάτω και την από κάτω προς τα πάνω μέθοδο δείχνοντας τις εκτιμήσεις και τα αβέβαια φάσματα στην δεύτερη μελέτη του ΙΜΟ 2009 (Second IMO GHG Study 2009) για τα αέρια του θερμοκηπίου

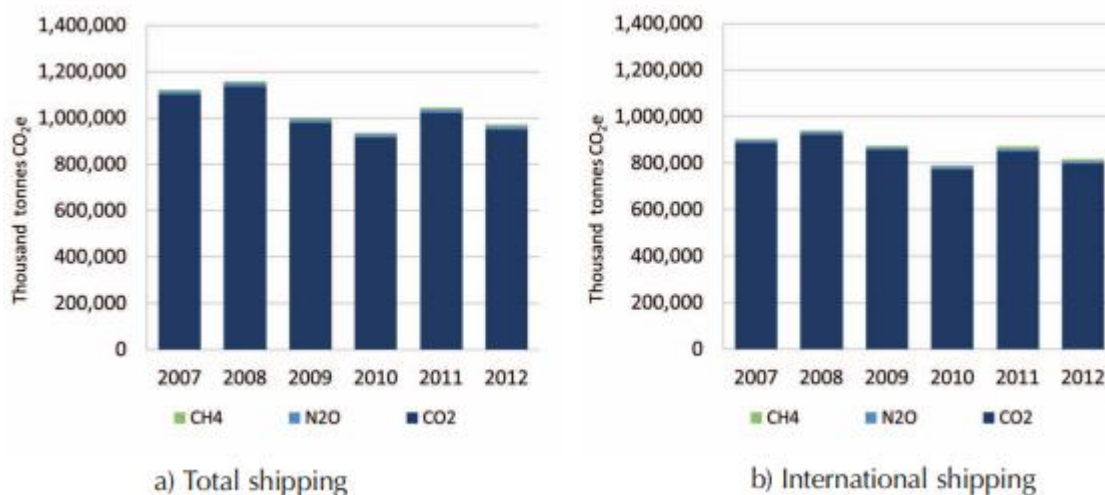


Γράφημα 2-4: Συνολικό γράφημα της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου από όλα τα πλοία χρησιμοποιώντας την από πάνω προς τα κάτω και την από κάτω προς τα πάνω μέθοδο δείχνοντας τις εκτιμήσεις και τα αβέβια φάσματα στην δεύτερη μελέτη του IMO 2009 (Second IMO Study)

2.6 Γραφήματα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Για το έτος 2012 που έγινε και η έρευνα του IMO του οποίου στοιχεία παρατίθενται οι συνολικές εκπομπές των αερίων προερχόμενες από τη ναυτιλία ήταν περίπου 938 εκατομμύρια τόνοι CO₂ και 961 εκατομμύρια τόνοι αντίστοιχων, ισοδύναμων αερίων CO_{2e} (CO₂equivalents) αερίων του θερμοκηπίου συνδυάζοντας CO₂, CH₄ και N₂O. (9)

Το ποσοστό που αντιστοιχεί στην παγκόσμια ναυτιλία είναι περίπου στο 2,2% και 2,1% αντίστοιχα για το CO₂ και τα υπόλοιπα αέρια (GHGs) σε μια βάση CO_{2e} αντίστοιχα.

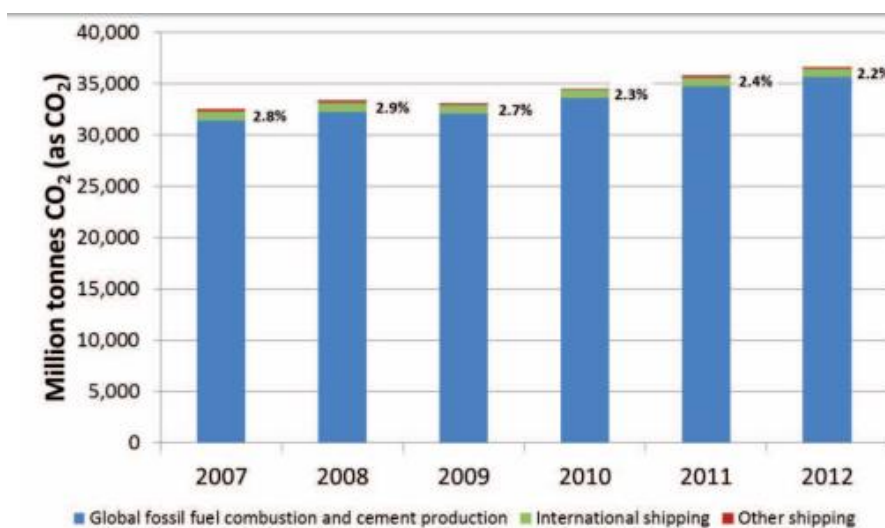


Γράφημα 2-5: Εκπομπές με χρήση της μεθόδου κάτω προς τα πάνω (bottom-up) για CO_{2e} για α) το σύνολο της ναυτιλίας και β) της παγκόσμιας ναυτιλίας.

Πηγή: Third IMO GHG Study 2014

2.7 Σύγκριση γραφημάτων εκπομπών για την παγκόσμια ναυτιλία

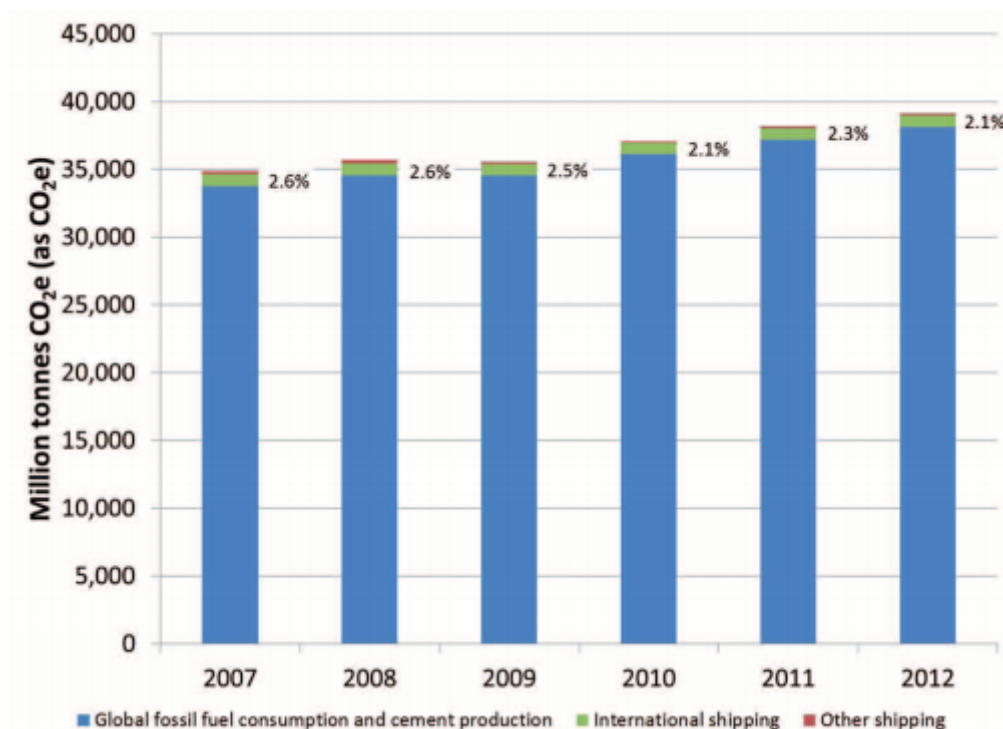
Σύμφωνα με την έρευνα του IMO του 2014 για τα αέρια του θερμοκηπίου ακολουθούν τα παρακάτω γραφήματα σχετικά με τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και των ισοδύναμων του (CO_{2e}) από τις δραστηριότητες της παγκόσμιας καύσης ορυκτών καυσίμων, της διεθνούς ναυτιλίας, αλλά και τη δραστηριότητα της υπόλοιπης ναυτιλίας.



Γράφημα 2-6: α) Εκπομπές CO₂ συγκρινόμενες όπου το ποσοστό υποδεικνύει τις εκπομπές CO₂ της παγκόσμιας ναυτιλίας σαν ένα ποσοστό του παγκοσμίου CO₂ από ορυκτά καύσιμα.

Πηγή: Third IMO GHG Study 2014

Στο ακόλουθο γράφημα αποτυπώνονται οι εκπομπές CO₂e από την παγκόσμια καύση των ορυκτών καυσίμων, την παραγωγή τσιμέντου, της διεθνούς και της υπόλοιπης ναυτιλίας από το 2007-2012. (9)



Γράφημα 2-7: β) Εκπομπές CO₂e συγκρινόμενες, όπου το ποσοστό υποδεικνύει τις εκπομπές CO₂e της παγκόσμιας ναυτιλίας ως ένα ποσοστό των παγκόσμιων CO₂e από ορυκτά καύσιμα.

Πηγή: Third IMO GHG Study 2014

3 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ-ΕΞΕΛΙΞΗ-ΧΡΗΣΕΙΣ

3.1 Φυσικό αέριο-Ιστορική αναδρομή

Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, το οποίο και αποτελεί την πιο απλή μορφή υδρογονάνθρακα με ένα άτομο άνθρακα και τέσσερα άτομα υδρογόνου.



Εικόνα 3-1: Χημική ανάλυση Μεθανίου

Πηγή: <http://www.lngamerica.com>

Πρώτη ιστορική καταγραφή της ύπαρξης του φυσικού αερίου έχει σημειωθεί από πολύ παλιά σκεπτόμενος κάποιος ότι έχει γίνει από το 6000 και 2000 π.Χ. στην ευρύτερη περιοχή την οποία βρίσκεται το σημερινό Ιράν. (11)

Επίσης υπάρχουν μελέτες που κάνουν αναφορά για τους πρώτους οι οποίοι το χρησιμοποίησαν ήταν οι Κινέζοι περίπου κατά το 900 π.Χ. και ο τρόπος μεταφοράς τους ήταν σε πρώιμης μορφής αγωγούς κατασκευασμένους από μπαμπού. Η αναφορά του για την ύπαρξή του στην Ευρώπη αργεί πολύ χρονικά και σημειώνεται κατά το 1659 στην Αγγλία. Ένα αξιοσημείωτο γεγονός είναι πως το 1821 στην πόλη Fredonia στην περιφέρεια της Νέας Υόρκης ο φωτισμός διεξαγόταν με φυσικό αέριο. Παρόλο αυτού του γεγονότος η χρήση του συνέχιζε να είναι όχι διαδεδομένη, διότι δεν υπήρχε ο τρόπος μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις και έτσι για έναν αιώνα παρέμεινε όχι στο προσκήνιο της βιομηχανικής εξέλιξης, η οποία συνέχιζε να βασίζεται στον άνθρακα το πετρέλαιο και στον ηλεκτρισμό. Έτσι η μέθοδος μεταφοράς συναντάται στην δεκαετία του 1920 κάτι το οποίο το βοήθησε να διαδοθεί. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ακολουθεί περίοδος τεράστιας κατανάλωσης του που όλο και συνεχίζεται αλλά και διευρύνεται μέχρι τώρα. Έτσι ενώ το 1960 η παγκόσμια παραγωγή του έφτανε μόλις τα 470 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα το 1979 έφτανε τα 1.459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Άλλο ένα στοιχείο είναι πως από το 12% της καταναλισκόμενης παγκοσμίου ενέργειας που έφτανε το φυσικό αέριο το 1950 το 1960 έφθανε το 14,6% και το 25% το 1980. Ακόμη σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργεια (ΔΟΕ) η κατανάλωση του φυσικού αερίου θα υπερβεί στην κατανάλωση παγκοσμίως τη χρήση του άνθρακα έπειτα του 2010 και περίπου το 2030 θα φθάνει να καλύπτει το ¼ των παγκοσμίων ενεργειακών αναγκών.

Βασικό συστατικό του Φυσικού αερίου αποτελεί το μεθάνιο (CH_4), όμως υπάρχουν σε αυτό και σημαντικές ποσότητες αιθανίου (C_2H_6), προπανίου (C_3H_8) και βουτανίου (C_4H_{10}), όπως επίσης και διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), ηλίου (He), υδρόθειου (H_2S).

Πίνακας 3-1: Χημική σύσταση φυσικού αερίου

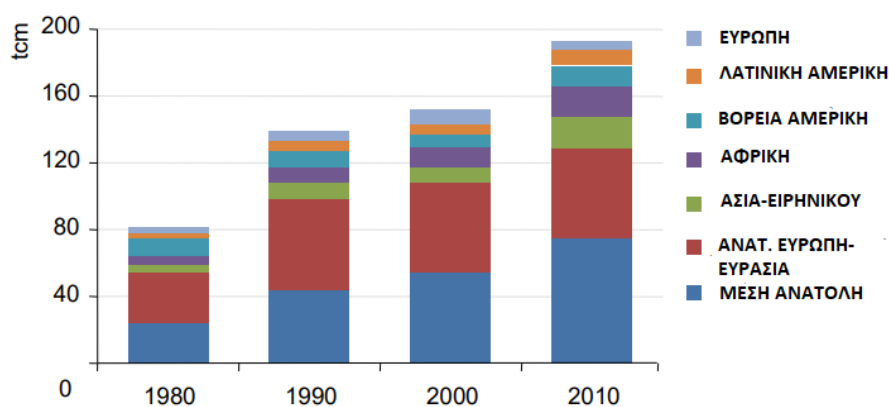
Συστατικά	% κατά όγκο σύσταση
Μεθάνιο (CH ₄)	70-90
Αιθάνιο (C ₂ H ₆)	5-15
Προπάνιο (C ₃ H ₈) και Βουτάνιο (C ₄ H ₁₀)	< 5
CO ₂ , N ₂ , H ₂ S, κτλ.	μικρότερες ποσότητες

Πηγή: www.depa.gr

Η χρήση του φυσικού αερίου σε μηχανές εσωτερικής καύσης έχει ερευνηθεί αρκετά ώστε να φτάσει στο βέλτιστο σημείο της απόδοσης της μηχανής αλλά και του περιβαλλοντικού αντικτύπου το οποίο και είναι στόχος των ημερών αλλά και του μέλλοντος. Έτσι έχουν μελετηθεί οι τύποι της εσωτερικής καύσης μηχανές (αυτές τις ανάφλεξης με συμπίεση αλλά και της ανάφλεξης με σπινθήρα) μηχανές. Όλα τα προβλήματα τα οποία εντοπίστηκαν σχετίζονται σχετικά με τη χρήση του φυσικού αερίου στις μηχανές εξαρτιόταν από τον χρόνο έγχυσης μέσα στους κυλίνδρους της μηχανής καθώς και στην γεωμετρία των κυλίνδρων. Ο ακριβής έλεγχος να αποφευχθούν χτυπήματα στον κινητήρα και ο σχηματισμός υψηλών επιπέδων εκπομπών. Έννοιες ατελούς καύσης ερευνήθηκαν για να επιτευχθούν συνθήκες χαμηλότερων εκπομπών.

3.2 Αποθέματα φυσικού αερίου- Αποδεδειγμένα αποθέματα

3.2.1 Διαχρονική εξέλιξη φυσικού αερίου

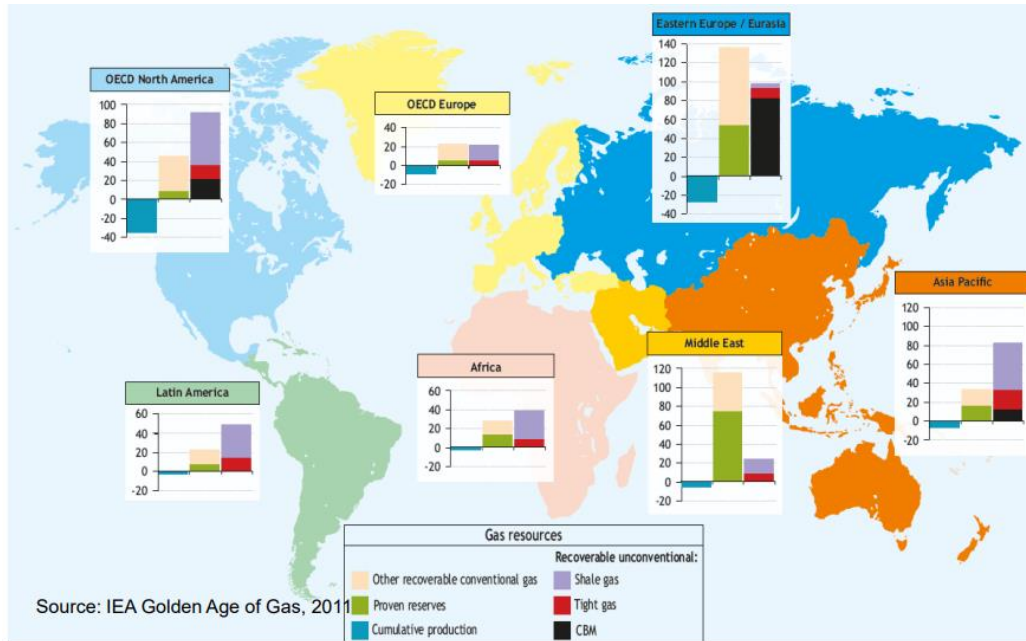


Γράφημα 3-1: Αποθέματα φυσικού αερίου ανά δεκαετία και κατά περιοχή

Πηγή: (International Energy Agency)

Το παραπάνω γράφημα περιγράφει πως τα παγκοσμίως αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου υπερδιπλασιάστηκαν από το 1980, φθάνοντας τα 190 τρισ. κυβικά μέτρα (tcm) στις αρχές του 2010 (12)

Παγκόσμιες πηγές φυσικού αερίου ανά μείζονα περιοχή (tcm) σημαντικές μη συμβατικές προοπτικές παγκοσμίως



Γράφημα 3-2: Η απογραφή του μη συμβατικού αερίου βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο

Πηγή: IEA Golden Age of Gas 2011

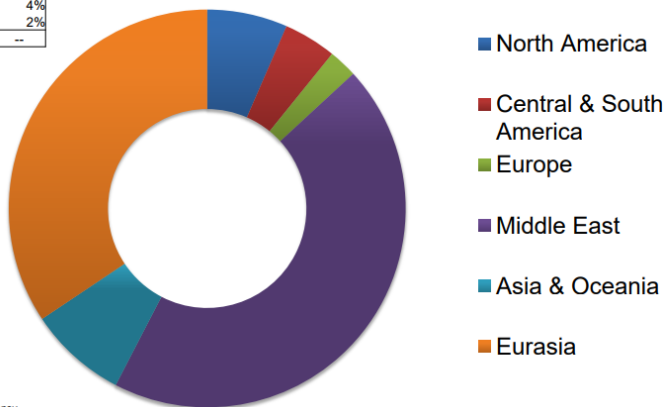
Αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου ανά περιοχή (12)

Region	Proved Reserve	Share
Middle East	2799.98	41%
Eurasia	2164.80	32%
Africa	545.69	8%
Asia & Oceania	504.75	7%
North America	412.39	6%
Central & South America	270.05	4%
Europe	146.94	2%
World	6844.60	--

Αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου ανά περιοχή (Tcf)-2012

Σημείωση:

1 τρισεκατομμύριο κυβικά πόδια είναι ισοδύναμο προς 0,0283 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα

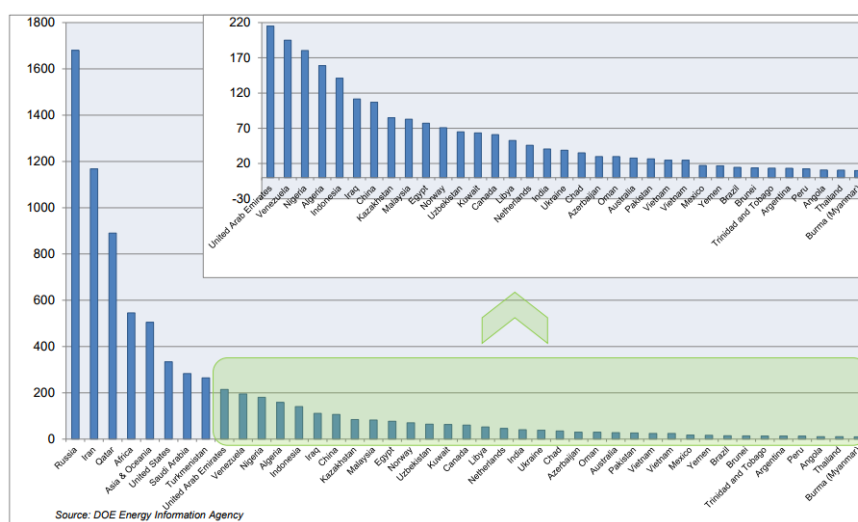


Source: DOE Energy Information Agency

Γράφημα 3-3: Πηγή DOE ENERGY INFORMATION ENERGY (12/2/2014)

3.3 Συγκεντρώσεις Φυσικού Αερίου ανά Χώρα

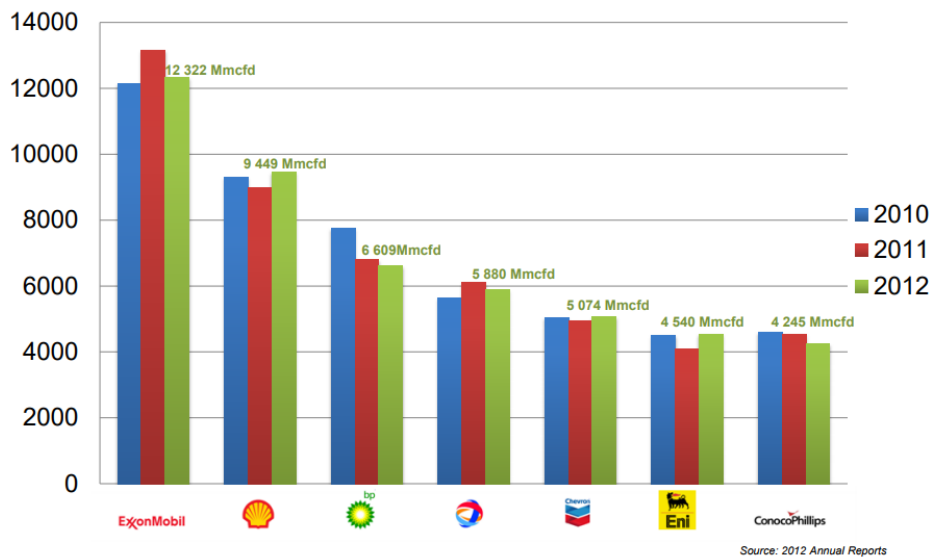
Σύμφωνα με την IGU (INTERNATIONAL GAS UNION) τα αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου ανά χώρα σε tbc (τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια) το 2012 ήταν: (12)



Γράφημα3-4: Πηγή: DOE ENERGY INFORMATION AGENCY

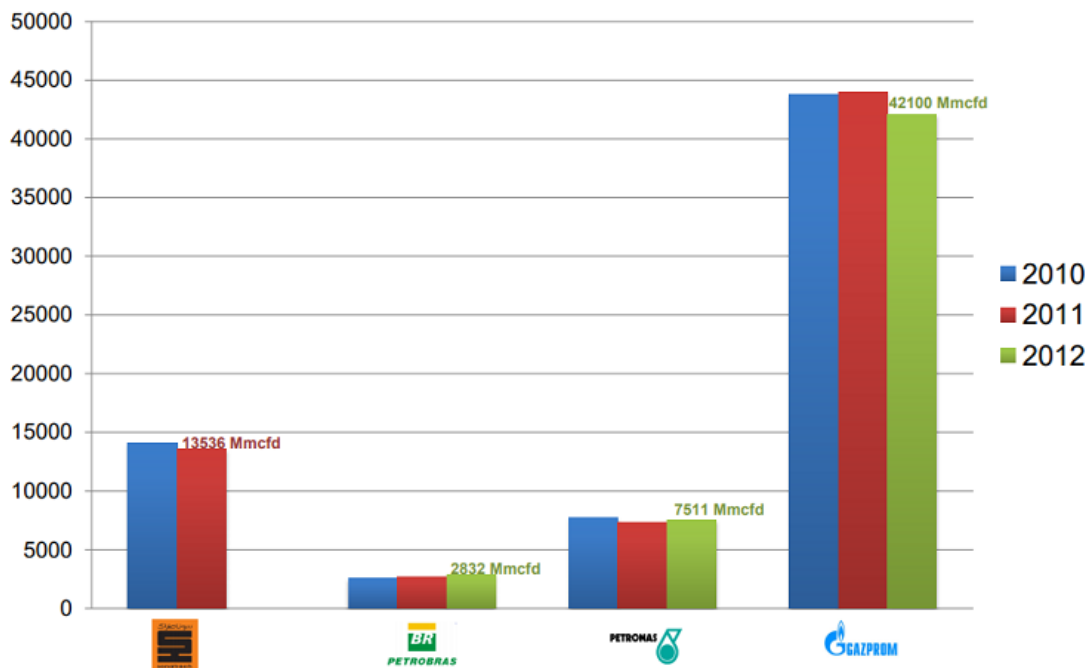
Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί πως οι IOCs (International Oil Companies) δεν μπορούν να φέρουν σε πέρας την είσοδό τους σε έργα (projects) με μεγάλη επιτυχία καθώς οι δυνατότητες τους είναι περιορισμένη. Ακόμη αληθεύει πως ότι πλέον οι (NOCs) εθνικές εταιρίες πετρελαίου (National Oil Companies) έχουν αναπτύξει επαρκή χρηματοδοτική ικανότητα για επέκταση των δραστηριοτήτων τους σε διεθνές, αλλά και σε εγχώριο επίπεδο. Επιπλέον δεν πρέπει να παραληφθεί πως οι IOCs και οι NOCs αντιμετωπίζουν προκλήσεις μεγάλων διαστάσεων. (12)

Έτσι στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται η παραγωγή φυσικού αερίου των παγκόσμιων πετρελαϊκών εταιριών IOCs (International oil companies) (Mmcf/d) δηλαδή εκατομμυρίων κυβικών μέτρων ανά ημέρα για τα έτη 2010-2012.



Γράφημα 3-5: Πηγή: 2012 Annual Reports

Για τις NOCs (National Oil Companies) έχουμε αντίστοιχα την παραγωγή (Mmcfd) για τα έτη 2010-2012. (12)



Γράφημα 3-6: Πηγή: 2012 Annual Reports

3.4 Εισαγωγή φυσικού αερίου στην καθημερινότητα

Το φυσικό αέριο αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής μας ζωής. Όσον αφορά τους τομείς της καθημερινότητας στους οποίους υπάρχει η χρήση του είναι οι εξής: (11)

3.4.1 Ηλεκτροπαραγωγή

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση του φυσικού αερίου επεκτείνεται συνεχώς ανά όλη την Ευρώπη. Όσο αφορά την Ελλάδα, έπειτα από την ψήφιση των νομοσχεδίων για απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς υπάρχει συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού καθώς και σταθμού συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου, οι οποίοι αποκτούν ζωτικό και νευραλγικό χαρακτήρα στην καθημερινή ζωή των πολιτών.

3.4.2 Βιομηχανία

Το φυσικό αέριο πλέον αποτελεί την φυσική ενεργειακή επιλογή για αρκετές βιομηχανίες με άμεσες αλλά και έμμεσες θερμικές ανάγκες οι οποίες συνεχώς βελτιώνουν την ανταγωνιστική θέση των μονάδων. Έτσι αν επιχειρηθεί να αποδοθεί πιο απλά η εικόνα του φυσικού αερίου θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι ένα εύχρηστο αποδοτικό, καθαρό αλλά και οικονομικό καύσιμο σε σύγκριση με άλλα. Σημειώνοντας επίσης την πληθώρα διαθεσιμότητας του ανά τον κόσμο, τις συνεχώς εξελιγμένες αλλά και εξελισσόμενες τεχνολογίες σε συνδυασμό με την αξιοπιστία στην παροχή του, τότε μπορούμε να πούμε ότι η βιομηχανία επιβάλλεται να στραφεί προς τη χρησιμοποίησή του.

Έτσι επιγραμματικά τα βασικά χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου στην βιομηχανική δραστηριότητα αφορούν:

- Την συνεχή παροχή καυσίμου η οποία διασφαλίζει στην αδιάκοπη και συνεχή λειτουργία και ταυτόχρονα απελευθερώνει κεφάλαια για την διατήρηση αποθεμάτων αλλά και αποθηκευτικών χώρων.
- Μειωμένες εκπομπές ρύπων, οι οποίοι συνεισφέρουν άμεσα και δραστικά σε ένα καθαρότερο περιβάλλον, αλλά και στην συρρίκνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

- Αξιοσημείωτα χαμηλότερο λειτουργικό κόστος σε ότι αφορά την διαχείριση καυσίμου, αλλά και της συντήρησης.
- Εμφανώς αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία.
- Συνεχή βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου.
- Αποκέντρωση των θερμικών χρήσεων.

3.4.3 Οικιακός τομέας

Η ύπαρξη φυσικού αερίου στα σπίτια των πολιτών παρέχει μεγαλύτερη ευκολία, αυτονομία, ασφάλεια, αλλά και οικονομία. Έτσι με μόνιμα σταθερή παροχή φυσικού αερίου, το κάθε νοικοκυριό μπορεί να εξασφαλίσει:

- ✓ Θέρμανση, χωρίς να υπάρχει ο φόβος της εξάρτησης και με αδιάκοπη και συνεχή παροχή.
- ✓ Μαγείρεμα αλλά και ζεστό νερό χωρίς να υπάρχει ο χρόνος της αναμονής ο οποίος υπάρχει με άλλες παροχές ενέργειας και πρωτίστως με άμεση ρύθμιση της θερμοκρασίας.

3.4.4 Εμπορικός Τομέας

Όλο και περισσότεροι επαγγελματίες μέρα με τη μέρα θα ανακαλύψουν πως η χρήση του φυσικού αερίου αποτελεί την πιο βέλτιστη και συμφέρουσα λύση για τις ανάγκες των επιχειρήσεών τους. Έτσι σε νοσοκομεία, ξενοδοχεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, αθλητικά και πολιτιστικά κέντρα, μεγάλα κτίρια γραφείων, χώρους αναψυχής, εμπορικά κέντρα και καταστήματα υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το φυσικό αέριο για τη θέρμανση χώρων, παραγωγής ζεστού νερού, μαγείρεμα αλλά και για πιο εξειδικευμένες εργασίες.

3.4.5 Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού-Θερμότητας

Τα συστήματα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας μπορούν να παράγουν συγχρόνως διαθέσιμη και αξιοποιήσιμη θερμική ενέργεια μέσω της χρήσης ενιαίου συστήματος. Ακόμη βασικό αποτελεί και κίνητρο εφαρμογής της αυξημένης απόδοσης του συστήματος, έναντι της χωριστής λειτουργίας των συμβατικών

συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής αλλά και θερμικής ενέργεια. Η θερμότητα η οποία παράγεται μπορεί να είναι διαθέσιμη για τη χρήση της τόσο για θερμικούς σκοπούς, αλλά και για ψύξη και κλιματισμό. Στις μέρες μας επίσης είναι αποδεδειγμένο πως βάση της αξιοποίησης των συστημάτων Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας μπορεί να επιτευχθεί και η συνολική απόδοση του καυσίμου έως και 90 % (σε σχέση με το 30-45% ο οποίος είναι και ο βαθμός απόδοσης των ηλεκτρικών συμβατικών συστημάτων) και έτσι να μπορεί να εξοικονομηθεί η ενέργεια κατά ποσοστό 15-40% σε σχέση με την ηλεκτρική και θερμική ενέργεια που παράγεται, ανεξαρτήτως των συστημάτων. Έτσι αυτή η εξοικονόμηση μπορεί να προκύψει από την αξιοποίηση της θερμότητας που με διαφορετικό τρόπο θα είχε απορριφθεί από το περιβάλλον.

Τα πλεονεκτήματα τα οποία προκύπτουν από την αξιοποίηση των τεχνολογιών Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας είναι επιγραμματικά τα ακόλουθα:

- ✓ Εξοικονόμηση καυσίμου
- ✓ Ενεργειακή αυτονομία
- ✓ Υψηλότερος βαθμός απόδοσης έναντι των υπολοίπων συμβατικών τεχνολογιών διαφορετικής ηλεκτροπαραγωγής και διαφορετικής παραγωγής θερμότητας.
- ✓ Άνεση, ευελιξία, μείωση-ελαχιστοποίηση των απωλειών προσαρμοστικότητας σε τοπικές ανάγκες ενέργεια αλλά και συμβολή στο ενεργειακό δυναμικό και την ασφάλεια εφοδιασμού.
- ✓ Μείωση εκπομπών ρύπων προς το περιβάλλον.

Τα Συστήματα Συμπααραγωγής διακρίνονται σε

- ✓ Συστήματα με αεριοστρόβιλο.
- ✓ Συστήματα με ατμοστρόβιλο.
- ✓ Συστήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης.
- ✓ Συστήματα με κυψέλες καυσίμου.
- ✓ Εφαρμογή Συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής-θερμότητας.

Τα Συστήματα Συμπαραγωγής Ηλεκτροπαραγωγής και θερμότητας μπορούν να βρουν εφαρμογές στον Βιομηχανικό τομέα στον Εμπορικό και κτιριακό τομέα αλλά και στα θερμοκήπια.

3.4.6 Θερμοκήπια

Με τη σχεδίαση, ανάπτυξη και χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργεια όπως η χρήση φυσικού αερίου στη γεωργία δημιουργούνται οι κατάλληλες προϋποθέσεις για τη μεγαλύτερη αξιοποίηση πλεονεκτημάτων του φυσικού αερίου. Έτσι η σημαντική εφαρμογή του φυσικού αερίου στον γεωργικό τομέα είναι η χρήση σε θερμοκήπια. Το φυσικό αέριο στα θερμοκήπια χρησιμοποιείται ως θερμαντική πηγή για τον εμπλουτισμό του χώρου με CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα). Οι περισσότερες εφαρμοζόμενες τεχνολογίες είναι οι υδροπονικές καλλιέργειές που με χρήση του φυσικού αερίου επιτυγχάνουν την υψηλότερη παραγωγή και καλύτερη ποιότητα των τελικών προϊόντων καθώς και παράταση της περιόδου καλλιέργειας τους χειμερινούς μήνες αλλά και σε μεγάλες εκτάσεις θερμοκηπίων. Όσον αφορά την Ελλάδα ήδη υπάρχουν τέσσερις θερμοκηπιακές μονάδες που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο.

3.4.7 Κλιματισμός

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό-ψύξη χώρων. Οι εφαρμοζόμενες τεχνολογίες είναι συστήματα απορρόφησης για τον κλιματισμό και τα συστήματα με συμπιεστή για την παραγωγή ψύξης ή κλιματισμού. Έτσι στην πρώτη περίπτωση ο κλιματισμός των χώρων μπορεί να επιτευχθεί σε συνδυασμό με συστήματα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας κάνοντας χρήση της θερμικής ενέργειας που παράγεται από αυτά. Έτσι κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης του φυσικού αερίου σε αυτόν τον τομέα είναι η συμβολή του στη μείωση των αιχμών ηλεκτρικής ενέργεια και έτσι συνεισφέρει και συμβάλλει στο Εθνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας κατά τους θερινούς μήνες, η οποία είναι και περίοδος αιχμής και εξασφαλίζει την καλύτερη κατανομή του φορτίου όλο το χρόνο προς όφελος του πελάτη. Ήδη η χρήση του για κλιματισμό γίνεται σε μεγάλες κτιριακές μονάδες (νοσοκομεία, ξενοδοχεία κλπ.)

3.4.8 Κίνηση Οχημάτων

Χρήση του φυσικού αερίου το οποίο είναι (CNG-Compressed Natural Gas) είναι μίγμα υδρογονανθράκων που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH₄). Είναι ελαφρύτερο από τον αέρα, και μπορεί να διαφεύγει πολύ εύκολα από χώρους που

είναι κλειστοί, και η αποθήκευσή του γίνεται σε δεξαμενές υπό πίεση 200 bar. Επίσης πολύ σημαντικό είναι πως δεν μπορεί να γίνει η νόθευσή του αφού η προμήθευσή του γίνεται υπό πίεση από ειδικούς αγωγούς κατευθείαν από το εθνικό σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου σε ειδικό εξοπλισμό σε πρατήρια. Συνεχώς υφίστανται ποιοτικό έλεγχο. Όσον αφορά την Ελλάδα οι φυσικοχημικές ιδιότητες του φυσικού αερίου κίνησης ανταποκρίνεται στο μέγιστο βαθμό των προδιαγραφών οι οποίες ισχύουν σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Βορείου Αμερικής. Θεωρείται ένα από τα ασφαλέστερα καύσιμα κίνησης στον κλάδο των μεταφορών. Πρόκειται για το οικονομικότερο καύσιμο σε σχέση με τα υπόλοιπα συμβατικά, του οποίου η καύση στον κινητήρα είναι διακριτά αθόρυβη (χαμηλή ηχορύπανση) και επιπροσθέτως είναι σημαντικά φιλικό προς το περιβάλλον λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας των καυσαερίων σε ρύπους και αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η χρήση του μπορεί να γίνει από κινητήρες εσωτερικής καύσης και για εργοστασιακά αλλά και οχήματα που έχουν μετατραπεί. Στη χώρα μας η χρήση γίνεται ήδη από απορριμματοφόρα δήμων, λεωφορεία του ΟΣΥ, ταξί αλλά και σε όλο και περισσότερα ΙΧ.

3.5 Πλεονεκτήματα χρήσης Φυσικού Αερίου-Προστασία Περιβάλλοντος

Το φυσικό αέριο αποτελεί την καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, έπεται των ανανεώσιμων μορφών. Οι εκπομπές ρύπων είναι αξιοσημείωτα μικρότερες σε σχέση με τα υπόλοιπα συμβατικά καύσιμα, ενώ παράλληλα η προσπάθεια βελτίωσης του βαθμού απόδοσης ολοένα και μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου συρρικνώνοντας παράλληλα την ατμοσφαιρική πίεση

Πίνακας 3-2: Εκπεμπόμενοι ρύποι σε σχέση με άλλα καύσιμα ανά μονάδα mg/Mj εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου.

Τύπος καυσίμου	Σωματίδια	Οξείδια του Αζώτου	Διοξείδιο του Θείου	Μονοξείδιο του Άνθρακα	Υδρογονάνθρακες
Κάρβουνο	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντίζελ	6	100	220	16	3
Φ.Α.	4	100	0,3	17	1

Πηγή: Συμπλήρωμα Α στον «Κατάλογο των Εκπεμπόμενων στον Αέρα Ρυπαντών», Οκτώβριος 1986, Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ.

3.5.1 Εξοικονόμηση Ενέργειας

Η χρήση του φυσικού αερίου έχει ως συνέπεια ραγδαία αύξηση του βαθμού απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού σε 52-55% έναντι 35-40% των συμβατικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών. Λόγω της «καθαρότητας» των προϊόντων του μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές. Επίσης με την χρήση του για υποκατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας από αυτό σε τελική κατανάλωση, αποφεύγονται οι απώλειες μετατροπής της πρωτογενούς πηγής ενέργειας σε ηλεκτρισμό όπως και κατά τη μεταφορά σε οικιακές και εμπορικές χρήσεις του.

3.5.2 Ενίσχυση της Απασχόλησης

Εκτός του ότι το φυσικό αέριο προσφέρει δυνατότητα εισαγωγής νέων τεχνολογιών αυξημένης ενεργειακής απόδοσης σε πολλούς βιομηχανικούς κλάδους, προσφέρει και εκσυγχρονισμό του εξοπλισμού των μονάδων. Έτσι με τη διεύρυνση χρήσης του σε όλους τους τομείς συμβάλλει στην αντιμετώπιση της ανεργίας με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.



Εικόνα 3-2: Εθνικό σύστημα αγωγών φυσικού αερίου Ελλάδας.

Πηγή: <http://www.desfa.gr> (13)

4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ LNG-ΕΜΠΟΡΙΟ LNG ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ

4.1 LNG σύσταση-ιδιότητες

Ως απόρροια των προσπαθειών που έχουν τεθεί σε ισχύ για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου έχουμε οδηγηθεί στην προσπάθεια ανάπτυξης της χρήσης και άλλων εναλλακτικών καυσίμων, όπως είναι το LNG (LIQUIFIED NATURAL GAS), ΥΦΑ (ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ). Το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποτελεί μίξη κυρίως μεθανίου, αζώτου καθώς και άλλων συστατικών τα οποία εξαρτώνται από την πηγή την οποία αντλείται το φυσικό αέριο. (14)

Η θερμοκρασία βρασμού του τυπικά ποικίλει από $-166\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $-157\text{ }^{\circ}\text{C}$ σε ατμοσφαιρική πίεση και η πυκνότητά του ποικίλει από $470\text{-}430\text{ kgm}^{-3}$, τα οποία και τα δύο εξαρτώνται από την ακριβή σύσταση. Το φυσικό αέριο σε υγρή μορφή χρειάζεται περισσότερο από 600 φορές λιγότερο χώρο από ότι στην αέρια του μορφή, κάτι το οποίο το κάνει να πλεονεκτεί για αποθήκευση σε δεξαμενές, σε χώρους δηλαδή που δεν μπορεί να υφίσταται σύνδεση με αγωγούς.

Πίνακας 4-1: Βασικά Φυσικά και Χημικά χαρακτηριστικά του LNG.

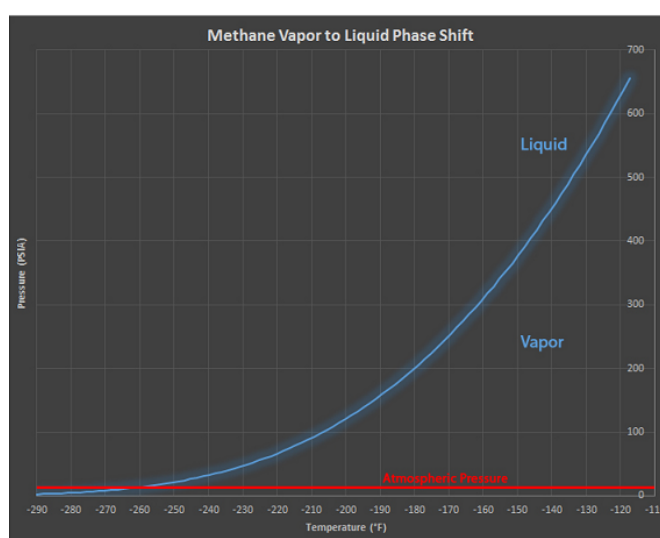
Χρώμα	Άχρωμο
Οσμή	Άοσμο
Μοριακό Βάρος	16,045 gr
Πυκνότητα	450 kg/m^{-3}
Σημείο Βρασμού	$-161,48^{\circ}\text{C}$
Πυκνότητα Ατμών	0.55 (σχετικά με αέρα)

Πηγή: www.lngbunkering.org

Η σύσταση του LNG (ΥΦΑ) μπορεί να διαφέρει όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, εξαιτίας και του σημείου βρασμού (εκτός από το που αντλείται το φυσικό αέριο), καθώς τα ελαφρύτερα συστατικά του παρουσιάζουν χαμηλότερα σημεία βρασμού στην ατμοσφαιρική πίεση, με πρώτη την διαδικασία της εξάτμισής του. Έτσι η ποσότητα LNG η οποία θα εκφορτωθεί θα έχει χαμηλότερη σε ποσοστό περιεκτικότητα σε άζωτο και μεθάνιο από αυτήν την οποία έχει φορτωθεί και έτσι θα έχει ένα μικρότερα υψηλότερο ποσοστό σε αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο, εξαιτίας του ότι το μεθάνιο και το υδρογόνο βράζουν κατά προτίμηση σε βαρύτερα αέρια.

Το εύρος αναφλεξιμότητας στον αέρα (δηλαδή περιεκτικότητα 21% σε οξυγόνο) κυμαίνεται από περίπου 5.3-14% (κατ' όγκο). Έτσι για να μειωθεί αυτό το εύρος ο αέρας συνεχίζει να αραιώνεται μαζί με το υδρογόνο μέχρις ότου η περιεκτικότητα σε οξυγόνο να μειωθεί κατά ένα ποσοστό 2% πριν φορτωθεί έπειτα από την διαδικασία του δεξαμενισμού (dry-dock). Έτσι μία έκρηξη δεν μπορεί να γίνει αν το περιεχόμενο σε οξυγόνο είναι του 13% ανεξαρτήτως της περιεκτικότητας σε μεθάνιο, αλλά για πρακτικούς λόγους συνεχίζεται να υφίσταται εκκαθάριση μέχρις ότου το οξυγόνο O₂ να φτάσει σε ποσοστό του 2%.

Υγρή φάση του μεθανίου



Γράφημα 4-1: Το παραπάνω γράφημα δείχνει ότι το LNG δεν απαιτεί επιπλέον συμπίεση πέραν της ατμοσφαιρικής πίεσης μόλις φθάσει τους -260°F . Καθώς θερμαίνεται, απαιτείται περισσότερη πίεση για να διατηρηθεί η υγρή μορφή του.

Πηγή: <http://www.lngamerica.com>

4.2 Διαδικασία μετατροπής φυσικού αερίου σε LNG

Περιλαμβάνει τρία στάδια: την επεξεργασία, τη συμπίεση και τη ψύξη του αερίου. Επειδή το φυσικό αέριο περιέχει αρκετά αέρια και προσμίξεις πέρα από το μεθάνιο και το νερό που μπορεί να παγώσει και να καταστρέψει τον εξοπλισμό κατά τη φάση συμπίεσης, πρέπει να γίνει επεξεργασία για την απομάκρυνση των συνθετικών ή των NGL. Τα NGL είναι συστατικά τα οποία χωρίζονται από την αέρια κατάσταση με τη μορφή υγρών (Natural Gas Liquids). Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται

σε εγκατάσταση εργοστασίου μέσω απορρόφησης, συμπύκνωσης ή άλλης μεθόδου. Αυτά τα υγρά ταξινομούνται με βάση την τάση ατμών τους.

Στη συνέχεια το καθαρισμένο μεθάνιο συγκεντρωμένο στο 99% στα τραίνα συμπιεστών (LNG TRAINS) για να μετασχηματιστεί από αέριο σε υγρό. Η υγροποίηση ολοκληρώνεται με κρυογονική ψύξη με συμπυκνωτές προπανίου στους -- 162 °C. Ανάλογα με τις άδειες χρήσης, οι φάσεις συμπίεσης και ψύξης μπορούν να συνδυαστούν με διάφορους τρόπους για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης ή της αξιοπιστίας. Αυτοί οι συμπιεστές μπορούν να κινούνται με στροβίλους, που ονομάζονται μηχανικά τραίνα ή μεγάλες ηλεκτρικές μηχανές που οδηγούν σε τραίνα ηλεκτρισμού. Και στις δύο περιπτώσεις η ρύθμιση των συμπιεστών είναι κρίσιμη εξαιτίας τους μεγέθους τους σε σχέση με το συνολικό εργοστάσιο LNG και την πηγή τροφοδοσίας της ενέργειας (φυσικό αέριο, ατμός ή ηλεκτρισμός) καθώς και σε τροφοδοσία φυσικού αερίου. Συνεπώς, η διαδικασία απαιτεί επίσης πολύ αυστηρά μέτρα ασφαλείας και προφυλάξεις κατά τη διάρκεια όλων των σταδίων υγροποίησης, λόγω της ιδιαίτερα εύαλπτης και εύφλεκτης φύσης του αερίου που εμπλέκεται. Για τους λόγους αυτούς, όλες οι εγκαταστάσεις LNG χρησιμοποιούν κανονικά δύο LNG TRAINS που εκτελούν παράλληλα. Αυτός ο σχεδιασμός απαιτεί περισσότερες κεφαλαιουχικές δαπάνες, αλλά παρέχει καλύτερη ισορροπημένη παραγωγή και εξαλείφει τους κινδύνους διακοπής της λειτουργίας σε περίπτωση που απαιτούνται μη προγραμματισμένες λειτουργίες εξυπηρέτησης



Εικόνα 4-1: Qatar Gas LNG Trains.

Πηγή: <https://www.2b1stconsulting.com/lng-train/>

4.3 Παγκόσμιο Εμπόριο LNG

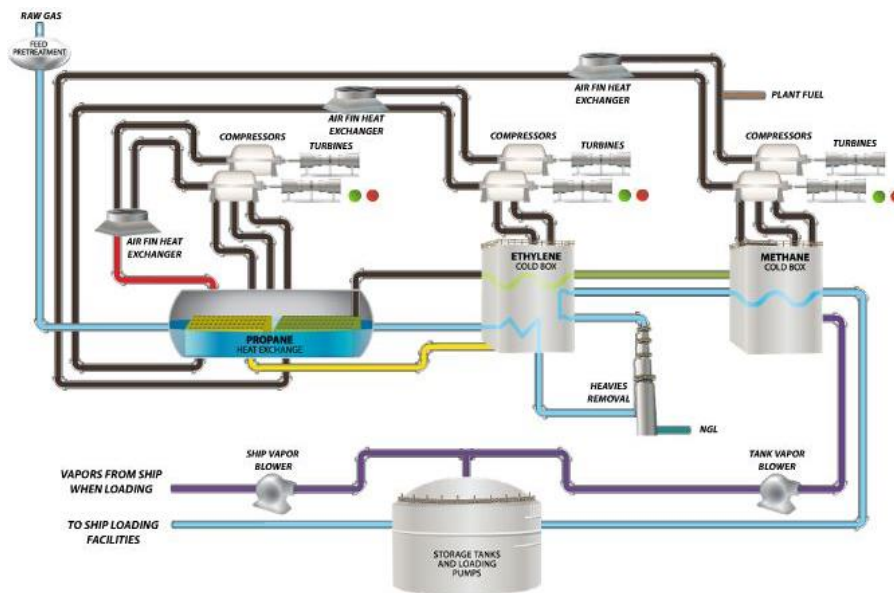
4.3.1 Περιγραφή της δραστηριότητας μεταφοράς σε περιοχές ανά τον κόσμο

Το 2016 το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) έφτασε ένα νέο ρεκόρ, αυτό των 258 MT (MILLION TONES), σε αυξανόμενη ανάπτυξη κατά τρίτο συνεχή χρόνο. Η πλειοψηφία της ανάπτυξης παροχής υποστηρίχθηκε από την εμπορική χρήση νέων εργοστασίων υγροποίησης στην Ασία και στην Δυτική Αυστραλία και την έναρξη λειτουργίας ενός νέου τραίνου LNG (τραίνο LNG αναφέρεται στο τραίνο συμπιεστών που χρησιμοποιείται στη βιομηχανική διαδικασία για τη μετατροπή φυσικού αερίου σε υγροποιημένο φυσικό αέριο το οποίο καλείται LNG, βλέπε εικόνα 4-3) στη Μαλαισία. Ο συντελεστής ανάπτυξης το 2016 ήταν μια αξιοσημείωτη αύξηση από τον κατά μέσο όρο 0,5% παραπάνω των τελευταίων 4 ετών όταν δεν υπήρχαν αρκετά πολλές νέες προσθήκες προμηθειών. Η συνεχιζόμενη προσθήκη εφοδιασμού στη Λεκάνη του Ειρηνικού (Pacific Basin), κυρίως στην Αυστραλία, καθώς και την έναρξη εξαγωγών από την περιοχή του κόλπου του Μεξικού (United States Gulf of Mexico -US GOM) ενεργοποίησαν αυτή την αύξηση. Η ανάπτυξη της ζήτησης ήταν πιο έντονη στην Ασία: Η Κίνα, η Ινδία και το Πακιστάν πρόσθεσαν συνολικά 13,0 MT σε αυξανόμενη ζήτηση ΥΦΑ. Οι εμπορικές ροές μεταξύ των λεκανών ΥΦΑ έχουν μειωθεί καθώς οι προμήθειες της λεκάνης του Ειρηνικού συνέχισαν να καλύπτουν την υψηλή ζήτηση στην περιοχή αυτή. Έτσι η επιτυχής και έγκαιρη ολοκλήρωση των δύο πρώτων τραίνων LNG στην περιοχή Sabine Pass σηματοδότησαν την έναρξη των εξαγωγών του κόλπου του Μεξικού (GOM). (12)



Εικόνα 4-2: Sabine Pass LNG – Cheniere.

Πηγή: IGU World LNG Report — 2017 Edition



Εικόνα4-3: LNG TRAIN

Πηγή: www.2b1stconsulting.com/lng-train

Επίσης στη λεκάνη του Ατλαντικού η Αγκόλα συνέχισε τις εξαγωγές LNG, καθώς η μοναδική μονάδα εξαγωγής της επέστρεψε σε λειτουργία. Ωστόσο η παγκόσμια αύξηση του εφοδιασμού με LNG δεν ανταποκρίθηκε στις προσδοκίες που υπήρχαν. Υπήρξαν καθυστερήσεις και διαταραχές του εφοδιασμού οι οποίοι συσχετίστηκαν με την απορρόφηση ζήτησης στην Ασία, ο αναμενόμενος όγκος ΥΦΑ δεν είχε αποτέλεσμα και επ' αυτού οι υπερβολικοί όγκοι LNG που φθάνουν στην Ευρώπη δεν υλοποιήθηκαν.

Το εμπόριο LNG ενισχύθηκε από μεγάλες αγορές όπως της Κίνας, της Ινδίας, της Αιγύπτου καθώς επίσης συνδυασμένη ζήτηση σε Ιαπωνία και Νότια Κορέα υποχώρησε ελαφρά. Νέοι εισαγωγείς από το 2015 συνέχισαν να αυξάνουν τους όγκους, αυξάνοντας την ταχύτητα σε υψηλότερο ρυθμό απ' ότι στο παρελθόν. Ακόμη μια μέτρια αύξηση παρατηρήθηκε σε πολλές άλλες αγορές παγκοσμίως, ωστόσο παρατηρήθηκε απότομη συρρίκνωση της ζήτησης LNG στη Βραζιλία, καθώς η χώρα ήταν σε θέση να καλύψει χαμηλότερες ανάγκες ζήτησης μέσω υδροηλεκτρικής ενέργειάς της και της σταθερής παραγωγής εγχώριων αερίων.

Το 2017 η προσφορά αναμένεται να αυξηθεί καθώς νέα εργοστάσια και τραίνα LNG έρχονται σε απευθείας σύνδεση κυρίως στη λεκάνη του Ειρηνικού. Οικονομίες όπως της Κίνας, της Ινδίας καθώς και νέοι εισαγωγείς στο κομμάτι αυτό του εμπορίου, θα συνεχίσουν να υποστηρίζουν τη βασική ζήτηση. Έτσι η χαμηλότερη

ισορροπία ρυθμού προσφοράς/ζήτησης LNG θα επιφέρει πρόσθετες παραδόσεις σε ευρωπαϊκές αγορές όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, Γαλλία, Ισπανία. Ακόμη υπάρχει η τάση να εντοπιστούν περιοχές μικρής ζήτησης που θα μπορούσαν όμως να συνεισφέρουν στο συνολικό όγκο. Εξαιτίας της μεγάλης αύξησης παραγωγής στο Κατάρ, η Μέση Ανατολή ήταν η μεγαλύτερη εξαγωγική περιοχή για τα έτη 2010-2015. Όμως η περιοχή Asia-Pacific ανέκτησε την πρωτοπορία το 2016 λόγω της παραγωγής σε πολλά εργοστάσια υγροποίησης LNG σε συνδυασμό με το LNG της Υεμένης παραμένοντας εκτός σύνδεσης λόγω των συνεχών αναταραχών στο εσωτερικό της. Οι χώρες της περιοχής Asia-Pacific αντιπροσώπευαν το 38.6% των συνολικών εξαγωγών συγκρινόμενες με το 35.3% των εξαγωγών της Μέσης Ανατολής το 2016. Το Κατάρ συνεχίζει να παραμένει η μεγαλύτερη εξαγωγική χώρα σε LNG αντιπροσωπεύοντας το 30% του παγκόσμιου εμπορίου με συνολικές εξαγωγές 77.2 MT. Η ανάπτυξη της προσφοράς στη περιοχή Asia-Pacific ήταν 15.4 MT κυρίως από νεοσύστατες επιχειρήσεις στην Αυστραλία.

Οι Η.Π.Α διαφοροποιήθηκαν από το πρότυπο πρότυπό τους εξάγοντας μόνο μικρούς όγκους από το KENAI LNG και λίγα επανεξαγόμενα φορτία, εξάγοντας 2.9 MT από το νέο έργο SABINE PASS στο Αμερικανικό Υπουργείο εξωτερικών το 2016. Σε άλλες περιοχές της ίδιας λεκάνης όπως του Τρινιντάντ συνέχισε να υπάρχει ανταγωνισμός με τα όρια της πρώτης ύλης καθώς η παραγωγή LNG στον Ατλαντικό Ωκεανό (ALNG), μειώθηκε δραστικά για δεύτερη συνεχή χρονιά κατά 2.0 MT από έτος σε έτος.

Στη Νιγηρία αντίστοιχα η παραγωγή LNG (NLNG) μειώθηκε κατά 1.8 MT σε σχέση με το 2016 εξαιτίας τοπικών αναταραχών που συνέβησαν στο Δέλτα του Νίγηρα καθώς και μιας περιόδου εκτεταμένης συντήρησης κατά το πρώτο εξάμηνο του έτους. Σε αντίθεση με τις δυσκολίες σε χώρες σαν αυτή υπήρξε επιστροφή της Αγκόλας και της Αιγύπτου στο καθεστώς εξαγωγών η οποία προέβλεπε αύξηση 1.3 MT στην παραγωγή λεκανών του Ατλαντικού.

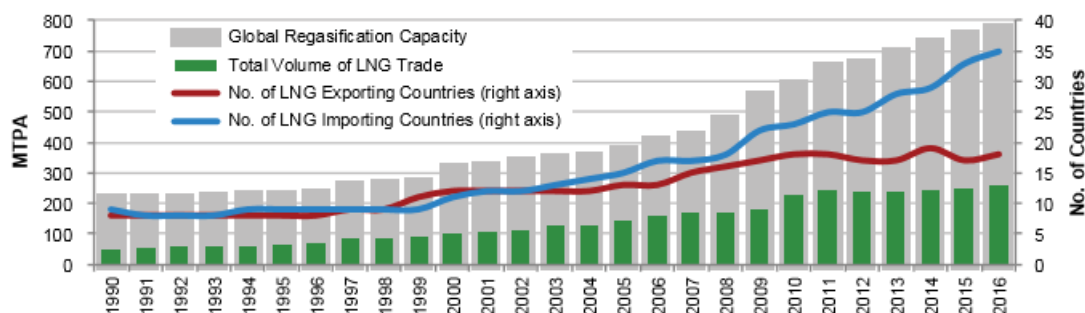
Στην περιοχή Asia-Pacific οι αγορές συνέχισαν να αντιπροσωπεύουν τη μεγαλύτερη δραστηριότητα σε εισαγωγές LNG σημειώνοντας μικρή αύξηση του συνολικού μεριδίου αγοράς από 71.7% το 2015 σε 72.4% το 2016. Υπήρξε μείωση ζήτησης σε Ιαπωνία, Νότια Κορέα και έτσι η μικρή αύξηση ήταν λόγω της ζήτησης σε Κίνα και Ινδία (+6.9 MT και +4.5 MT αντίστοιχα). Η συνεχιζόμενη συγκρατημένη

ανάπτυξη σε μικρότερες αγορές όπως της Ταϊλάνδης, του Πακιστάν και της Σιγκαπούρης βοήθησαν τις περιοχές αυτές να διατηρήσουν σημαντικό ρόλο στο παγκόσμιο εμπόριο LNG. Επίσης υπήρξε η προσθήκη της Τζαμάικα και της Κολομβίας αυξάνοντας τις χώρες εισαγωγής σε 35 παρότι ότι και οι δύο μαζί προσέφεραν 0.1 MT επιπροσθέτως στο σύνολο του εμπορίου. Υπήρξαν 4 νέες αγορές από το 2015 που προστέθηκαν η Αίγυπτος, το Πακιστάν, η Ιορδανία και η Πολωνία που προσέθεσαν στο σύνολό τους 7.7 MT από τους οποίους 4.3 μόνο από την Αίγυπτο. Όσο για το μέλλον η Μάλτα έλαβε το πρώτο φορτίο ανάθεσης τον Ιανουάριο του 2017 και κατά πάσα πιθανότητα θα είναι ο μόνος νέος εισαγωγέας το 2017.

Οι ευρωπαϊκές αγορές αυξήθηκαν στη διάρκεια ενός χρόνου και μάλιστα για δεύτερη συνεχή χρονιά παρόλο που οι ισχυρές τιμές της λεκάνης του Ειρηνικού ήταν ισχυρές κατά το δεύτερο μισό του έτους 2016 και ιδιαίτερα κατά το τελευταίο τρίμηνο του 2016 διατήρησαν κέρδη υπερβαίνοντας τους 0.6 MT. Οι βορειοδυτικές αγορές του Ηνωμένου Βασιλείου, του Βελγίου και της Ολλανδίας μειώθηκαν κατά 3.4 MT στη διάρκεια ενός χρόνου, καθώς υπήρξαν ευρείες προμήθειες από τη Ρωσία και τη Νορβηγία που ήταν άμεσα διαθέσιμες. Αντιθέτως υπήρξαν νέες αγορές όπως αυτές της Πολωνίας και της Λιθουανίας που συνέβαλαν σε αύξηση και από τις δυο τους κατά 1.4 MT το 2016. Η διαδικασία επανεξαγωγής από την Ευρώπη μειώθηκε ελαφρά το 2016 (-6.6%) σε ετήσια βάση με τη μεγαλύτερη μείωση να σημειώνει η Ισπανία (-1.2 MT). Αρκετές αγορές στη Βόρειο και Λατινική Αμερική σημείωσαν ύφεση, με μείωση 5.8 MT και στις δύο αγορές αυτές. Σημαντική ανάπτυξη σε ότι αφορά χώρες του Δυτικού Ημισφαιρίου σε εισαγωγές LNG ήταν η Χιλή (+0.3 MT), η Κολομβία και η Τζαμάικα (0.1 MT και οι δύο μαζί). Συγκεκριμένα οι αγορές της Χιλής ενισχύθηκαν από τις πωλήσεις αερίου κατά μήκος των Άνδεων προς την Αργεντινή για να βοηθήσουν κατά τη χειμερινή περίοδο που είναι και η υψηλή ζήτηση το οποίο λογικά θα επαναληφθεί και το 2017.

Όσο αφορά το μέλλον ένας σημαντικός παράγοντας το 2017 θα συμπεριλαμβάνει την τάση απώλειας διαρθρωτικής ζήτησης σε χώρες όπως η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα, λόγω της ανάπτυξης της πυρηνικής ενέργειας στις δύο αυτές χώρες. Όσο για την Ευρώπη η άφθονη παροχή αερίου μέσω αγωγών τόσο από Ρωσία και Νορβηγία θα συνεχίσει να ανταγωνίζεται το LNG σε καλά ενοποιημένα ευρωπαϊκά δίκτυα φυσικού αερίου. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με φυσικό

αέριο σε Ισπανία, Ελλάδα και Ιταλία θα βοηθήσει τη ζήτηση αερίου και LNG. Όσο για το Ηνωμένο Βασίλειο η τιμολόγηση του άνθρακα βοήθησε σε μεγάλο βαθμό την ανταγωνιστικότητα του φυσικού αερίου έναντι του άνθρακα και σε άλλες ευρωπαϊκές αγορές το φυσικό αέριο θα αντιμετωπίσει ανταγωνισμό τόσο από άνθρακα και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



Γράφημα 4-2: Όγκος των συναλλαγών LNG, 1990-2016.

Πηγή: IHS Markit, IEA, IGU

4.4 Εξαγωγές LNG ανά χώρα

Ο αριθμός των χωρών εξαγωγής LNG επέστρεψαν στον αριθμό των 18 μέσα στο 2016, καθώς η Αγκόλα και η Αίγυπτος επέστρεψαν στην παραγωγή LNG. Η λεκάνη του Ειρηνικού παρείχε την πλειοψηφία των νέων προμηθειών, καθώς 15.0 MT πρόσθετου LNG κατά το πρώτο μισό του 2015, δεν έκανε εξαγωγές φορτίου το 2016 εξαιτίας της συνεχούς αστάθειας και αναταραχής στη χώρα. Οι ΗΠΑ αν και μία κατά βάση χώρα εξαγωγής LNG το 2015 μέσω του εργοστασίου LNG στο Kenai της Alaska καθώς και μικρούς επανεξαγόμενους όγκους, ξεκίνησαν εξαγωγές LNG από τον κόλπο του Μεξικό στο Sabine Pass LNG. (12)

Με εξαγωγές 77.2 MT το Κατάρ συνέχισε να είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας LNG, μια θέση την οποία κατέχει εδώ και παραπάνω από μια δεκαετία. Το παγκόσμιο μερίδιο αγοράς του Κατάρ υποχώρησε σε λιγότερο από 30% καθώς η παραγωγή του παραμένει σταθερή ενώ των άλλων χωρών έχει αυξηθεί.

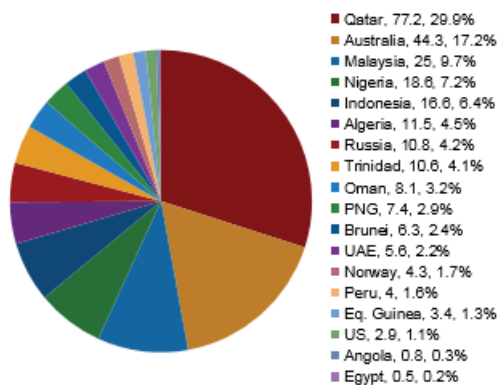
Έτσι η σειρά των μεγαλύτερων 5 χωρών που κάνουν εξαγωγές LNG ανά μερίδιο (Κατάρ, Αυστραλία, Μαλαισία, Νιγηρία, Ινδονησία αντίστοιχα), παρέμεινε το ίδιο μεταξύ του 2015 και του 2016. Το ίδιο αναμένεται να επαναληφθεί το 2017. Με ένα γεμάτο χρόνο παραγωγής στα πρώτα δύο τραίνα LNG τους καθώς και πρόσθετα τραίνα επέκτασης οι Η.Π.Α μπορούν ανεβάσουν τα επίπεδα των

παραγωγών του 2017. Η Αγκόλα είναι έτοιμη να επωφεληθεί από ένα ολόκληρο έτος το 2017.

Η παραγωγή από το Trinidad μειώθηκε κατά τρίτο συνεχές έτος καθώς ελλείψεις πρώτης ύλης στο LNG του Ατλαντικού συνεχίζουν να υπάρχουν. Μειώσεις ήταν διακριτές και στην Υεμένη ως συνέπεια της βίας κατά τον προηγούμενο χρόνο. Παρόλο που το 2015 ήταν δυνατό έτος για τη Νιγηρία η παραγωγή NNLNG μειώθηκε κατά 1,8 MT το 2016, καθώς η δολιοφθορά στις περιοχές του Δέλτα του Νίγηρα επηρέασε τις ενδιάμεσες επιχειρήσεις και η εγκατάσταση υποβλήθηκε σε εκτεταμένη συντήρηση κατά το πρώτο εξάμηνο του έτους. Στη βόρεια Αφρική το Αιγυπτιακό LNG (ELNG) ήταν σε θέση να ξεκινήσει πάλι εξαγωγές αφού η Shell προχώρησε σε συμφωνία για περιορισμένη πρώτη ύλη από την Αιγυπτιακή εταιρία Φυσικού αερίου (EGAS). Η παραγωγή LNG της Αλγερίας μειώθηκε κατά δεύτερη συνεχή χρονιά, αν και αυτό ήταν λόγω της απότομης αύξησης σε εξαγωγές μέσω αγωγών στην Ιταλία καθώς η εγχώρια Αλγερική παραγωγή αυξήθηκε. Η μοναδική της Ευρώπης σε παραγωγή LNG, η Νορβηγία παρήγαγε λίγο περισσότερο από ότι το 2015 καταγράφοντας 4.3 MT μέσω του Snøhvit LNG.



Εικόνα 4-4: Snøhvit LNG Νορβηγία. Πηγή: <http://www.lngworldnews.com/tag/snohvit/>



Γράφημα 4-3: Εξαγωγές LNG σε MT κατά το έτος 2016 ανά μερίδιο χώρας.

Πηγή: IHS Markit, IGU

4.5 Εισαγωγές LNG ανά τον κόσμο

Αν και τα επίπεδα εισαγωγών LNG σημείωσαν ρεκόρ κατά τον τελευταίο χρόνο (2016), ενισχύθηκαν κατά 6.0 MT εισαγωγών σε τέσσερις νέες αγορές, το 2016 ήταν ένα έτος όπου η μεγαλύτερη ανάπτυξη υποστηρίχθηκε από ήδη υπάρχοντες αγοραστές. Η Κίνα και η Ινδία προσέθεσαν 11.5 MT συγκρινόμενους με 7.7 MT που προστέθηκαν από 4 νεοεισερχόμενους από το 2015 (Αίγυπτο, Ιορδανία, Πακιστάν και Πολωνία). Η Τζαμάικα και η Κολομβία, ως εισαγωγείς για πρώτη χρονιά εισήγαγαν μόλις 0.1 MT, όλους κατά το δεύτερο μισό του 2016.

Η περιοχή Asia-Pacific παρέμεινε η μεγαλύτερη αγορά με άνετο περιθώριο το 2016, σημειώνοντας το 53.6% της παγκόσμιας προμήθειας, σημειώνοντας μικρή μείωση του 57.1% που έλαβε η περιοχή σαν συνολικές εισαγωγές μειωμένες κατά 1.6 MT. Έτσι στην περιοχή αυτή πρώτη σε εισαγωγές ήταν πρώτη η Ιαπωνία (83.3 MT) και η Νότια Κορέα (33.7 MT) να είναι κατά πολύ κάτω ως δεύτερη.

Αν και η Ευρώπη κατείχε τη δεύτερη θέση για τις χρονιές 2013-2015 η Ασία πήρε προβάδισμα το 2016 εισάγοντας 48.6 MT, σε σύγκριση με τους 38.1 MT της Ευρώπης. Αναφορικά με την Ασία για τους δύο μεγαλύτερους εισαγωγείς, η Κίνα παρουσίασε (+6.9 MT), η Ινδία (+4.5 MT), ενώ το Πακιστάν παρουσίασε σημαντική αύξηση (+1.6 MT). Έτσι με πρωτοπόρους την Κίνα και την Ινδία η Ασία εμφάνισε τη μεγαλύτερη περιφερειακή ανάπτυξη το 2016 σημειώνοντας άνοδο κατά 13.0 MT.

Όσο αφορά την Ευρώπη οι εισαγωγές LNG εμφανίστηκαν έτοιμες για έτος σταθερής ανάπτυξης., όμως η αναζωπύρωση των ασιατικών τιμών κατά το δεύτερο μισό του έτους οδήγησε την προμήθεια στη λεκάνη του Ειρηνικού. Έτσι η αύξηση

ήταν πιο εμφανής σε Γαλλία (+1.0MT) και στην Ισπανία (+1.0MT). Οι νέες χώρες εισαγωγείς, η Λιθουανία και η Πολωνία παρείχαν μία ενίσχυση 0.7 MT η καθεμία μέσα στον χρόνο. Η Ευρώπη μεγαλύτερο ποσοστό LNG από την Αφρική κατά το έτος 2016 σε σχέση με αυτό του 2015, καθώς οι εξαγωγές της Μέσης Ανατολής επαναμεταφέρθηκαν στην Ασία και στην περιοχή Asia Pacific. (12)

Οι εισαγωγές LNG της Βορείου Αμερικής και της Λατινικής αντίστοιχα μειώθηκαν πάλι το 2016 (από -1.4 MT σε -4.4 MT αντίστοιχα). Η περιοχή της Λατινικής Αμερικής υπέστη μεγάλο χτύπημα, καθώς υπήρξε επιστροφή των φυσιολογικών επιπέδων βροχοπτώσεων και ακόμη οικονομική κρίση στη Βραζιλία, που είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση των εισαγωγών της (-4.1 MT). Οι εισαγωγές μειώθηκαν επίσης και στην Αργεντινή (-0.6 MT), δεδομένης της αύξησης της εγχώριας παραγωγής φυσικού αερίου. Επίσης η Χιλή αύξησε τις εισαγωγές της κατά 0.3 MT μέσα στο χρόνο, κάτι το οποίο προοριζόταν για την αγορά της Αργεντινής μέσω των Άνδεων για την κάλυψη της εποχικής υψηλής ζήτησης. Ακόμη η Λατινική Αμερική προσέθεσε ακόμη δύο νέους εισαγωγείς, την Κολομβία και την Τζαμάικα, αν και προσέθεσαν αθροιστικά μόνο 0.1 MT αύξηση των εισαγωγών.

Η ισχυρή ροή μέσω αγωγών από τις Η.Π.Α προς το Μεξικό προκάλεσε τις παγκόσμιες εισαγωγές σε LNG σε συνεχιζόμενη μείωση κατά 0.1 MT. Αυτή η τάση συνεχίζει να υπάρχει από το 2015 όταν η χώρα βίωσε μια μείωση 1.7 MT σε εισαγωγές. Επιπροσθέτως ένα αποτέλεσμα της συνεχιζόμενης ισχυρής εγχώριας παραγωγής φυσικού αερίου στις Η.Π.Α ήταν οι Καναδικές εισαγωγές LNG μειώνοντας στο χαμηλότερο το επίπεδο των εισαγωγών από το 2009.

Όπως και το 2015 οι αναδυόμενες περιοχές γνώρισαν σταθερή αύξηση της ζήτησης. Στη Μέση Ανατολή, το Κουβέιτ, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, το Ισραήλ και η Ιορδανία σημείωσαν όλα κέρδη προσθέτοντας συνολικά 2.6 MT σε παγκόσμιες εισαγωγές LNG. Η διατήρηση των χαμηλών τιμών LNG καθ' όλη τη διάρκεια του έτους επέτρεψε αυτές τις χώρες να εισάγουν περισσότερο LNG για να καλύψουν την αυξημένη ζήτηση, καθώς έκαναν νέα συμβόλαια και ένα δεύτερο FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) εργοστάσιο LNG που ανατέθηκε στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα. Στην Αφρική η Αίγυπτος συνέχισε να είναι ο μόνος εισαγωγέας LNG, προσθέτοντας στο εμπόριο 4.3 MT υπερδιπλασιάζοντας τις εισαγωγές κατά 7.3 MT κατά τη δεύτερη χρόνια της σε εισαγωγές LNG. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα της

συνολικής εισαγωγής σε 10.3 MT να έχουν εισαχθεί στην αγορά στα πρώτα δύο χρόνια των εισαγωγών, συγκρινόμενοι με το προηγούμενο ρεκόρ της Κίνας σε 3.9 MT το 2006 και το 2007. Η Ιορδανία και το Πακιστάν είχαν διετή αθροιστική ζήτηση σε LNG 5 MT και 4.4 MT αντίστοιχα. Ορισμένες εισαγωγές προοριζόταν για την Αίγυπτο μέσω του Αγωγού Αραβικού αερίου.

Η μεγαλύτερη αύξηση σε χώρα ήταν στην Κίνα, ειδικά επειδή ο ψυχρός καιρός προκάλεσε μεγάλη ζήτηση στη διάρκεια του χειμώνα, συμπεριλαμβανομένου της διπλάσιας εισαγωγής μέσα σε ένα χρόνο τον Δεκέμβριο του 2016. Η αναπτυσσόμενη λεκάνη του Ειρηνικού οδήγησε στην αύξηση, καθώς τα έργα της Αυστραλίας (+15 MT) μέσα σε ένα χρόνο). παρείχαν σειρά Κινέζικων συμβάσεων που ξεκίνησαν μέσα στο έτος. Η συνεχιζόμενη αύξηση της προσφοράς μέσα σε ένα χρόνο στην Αυστραλία κατά τη διάρκεια 2017-2018 θα επιτρέψει περαιτέρω την ανάπτυξη της Κινέζικης και άλλης Ασιατικής ζήτησης. Επίσης στην Ασία, οι Ινδικές εισαγωγές σε LNG αυξήθηκαν ως το δεύτερο ανά μερίδιο ανά τον κόσμο το 2016 (+4.5 MT) υποκινούμενες από χαμηλές τιμές που μπορούσαν να ανταποκριθούν σε τιμές ελαστικής ζήτησης.

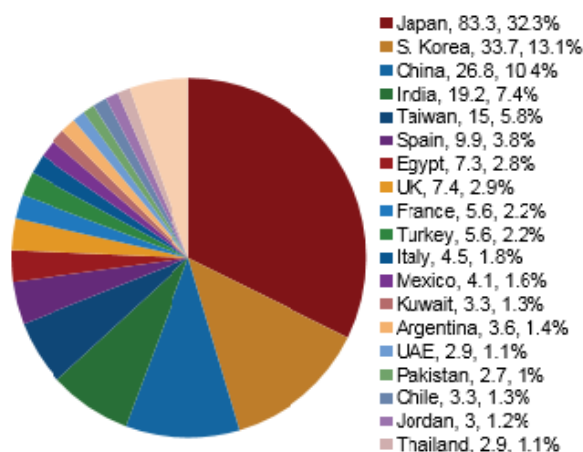
Οι εισαγωγές στην περιοχή Asia-Pacific μειώθηκαν κατά 1.6 MT, αν και αυτό μεταφράζεται σε μείωση μόλις κατά 1,1% των ετήσιων εισαγωγών. Πέντε από τους έξι εισαγωγείς αυτής της περιοχής άλλαξαν μόλις κατά 1 MT λιγότερο σε ένα έτος με 3 να αυξάνονται και 2 να μειώνονται. Η μεγαλύτερη απόλυτη αλλαγή παρατηρήθηκε στην Ιαπωνία (-2.2 MT) όπου η πυρηνική επανεκκίνηση συνεχίστηκε, αν και με αργό ρυθμό και η ταχεία κατασκευή ανανεώσιμων πηγών συμπιέζει την παραγωγή θερμότητας εν μέσω χαμηλής ζήτησης. Οι εισαγωγές LNG της Νοτίου Κορέας αυξήθηκαν ελαφρά το 2016 (+0.4MT), μετά από δύο χρόνια που είχαν παρατηρήσει πτώση, με τον κρύο χειμώνα, αλλά και το καυτό καλοκαίρι ως σημαντικό οδηγό. Κατά μήκος όλης της περιοχής, ακόμη και μέσα σε ένα χρόνο με πτώση στις τιμές του LNG και αυξημένης τιμής άνθρακα, ο άνθρακας παρέμεινε ανταγωνιστικός στον τομέα της ενέργειας.

Παρά το χαμηλό ρυθμό ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια, το εμπόριο LNG συνέχισε να αναπτύσσεται για διάφορους λόγους ανά χώρα. Σε αγορές όπως της περιοχής Asia-Pacific, οι εισαγωγές LNG οδηγούνται από τη γεωγραφική απομόνωση και την έλλειψη πηγών σε αέριο. Επιπλέον ερωτήσεις οι οποίες αφορούν τη χρήση

πυρηνικής ενέργειας για χρήση συνεχίζουν να υποστηρίζουν τις εισαγωγές LNG. Αντιθέτως με άλλες περιοχές που κάνουν εισαγωγές αυτές οι χώρες είτε βρίσκονται χωρίς προοπτικές για εγχώρια αύξηση του φυσικού αερίου, είτε είναι ανεπαρκείς για την κάλυψη της ζήτησης. Οι διασυνοριακές συνδέσεις αγωγών δεν έχουν επηρεάσει σημαντικά την περιφερειακή δυναμική του φυσικού αερίου.

Σε άλλες αγορές, το LNG χρησιμοποιείται ως υποστήριξη της τοπικής παραγωγής, που είτε ωριμάζει, είτε κρίνεται ανεπαρκές για να συμβαδίσει με την εγχώρια ζήτηση. Παρόλο που το Ηνωμένο Βασίλειο ήταν ικανό να καταγράψει αύξηση της παραγωγής φυσικού αερίου το 2016, η παραγωγή βρίσκεται σε μακροπρόθεσμη τάση πτώσης. Επιπλέον περιορισμοί στην περιοχή της πόλης Groningen της Ολλανδίας έχουν μειώσει την παραγωγή στην χώρα αυτή. Ένα πιο συχνό φαινόμενο παγκοσμίως ήταν η αδυναμία παραγωγής φυσικού αερίου που να συμβαδίζει με την αύξηση της ζήτησης, συμπεριλαμβανομένου του Κουβέιτ, της Ταϊλάνδης και της Αργεντινής.

Αν και το LNG έχει παρουσιάσει υψηλότερο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης κατά τα τελευταία 15 χρόνια από ότι η παγκόσμια παραγωγή για εγχώρια κατανάλωση, , μεγάλο μέρος της ραγδαίας αύξησης παρατηρήθηκε στην πρώτη δεκαετία με το εμπόριο εξαγωγών δια μέσω αγωγών να παρουσιάζει παρόμοιο ρυθμό αύξησης στο LNG τα τελευταία χρόνια.



Γράφημα 4-4: Εισαγωγές LNG ανά μερίδιο αγοράς κατά χώρα (MTPA).

Πηγή: IHS Markit IGU

Οι υπόλοιπες χώρες με εισαγωγές λιγότερο των 2.5 MT (κατά σειρά μεγέθους): Σιγκαπούρη, Η.Π.Α, Πορτογαλία, Πουέρτο Ρίκο, Βέλγιο, Μαλαισία, Βραζιλία,

Λιθουανία, Πολωνία, Δομινικανή Δημοκρατία, Ελλάδα, Ολλανδία, Ισραήλ, Καναδάς, Τζαμάικα και Κολομβία. Πηγή: IHS Markit, IGU

4.6 Τιμολόγηση LNG

Οι τιμές που σχετίζονται με το LNG το 2016 είχαν διαφορετικούς παράγοντες για το κάθε μισό του έτους. Έτσι λόγω γης αυξανόμενης προσφοράς και της χαμηλής ζήτησης τους πρώτους έξι μήνες το 2016 οι Ασιατικές και ευρωπαϊκές τιμές όπως και οι συμβατικές τιμές πετρελαίου άρχισαν να υποχωρούν. Μέχρι το μέσο του έτους υπήρξαν διαταραχές εφοδιασμού, όπως και η άνοδος που παρατηρήθηκε στις τιμές του πετρελαίου οι τιμές άρχισαν να επηρεάζονται προς τα πάνω. Οι χειμερινές καιρικές συνθήκες με πιο κρύους χειμώνες στην Ασία και την Ευρώπη ενθάρρυναν τη διασπορά όγκων στο τέλος του έτους και επιτάχυναν την πορεία τους. Μέχρι το τέλος του 2017 οι τιμές του Ασιατικού LNG έφτασαν κατά μέσο όρο τα \$ 9.55/MMBtu , την υψηλότερη τιμή από του 2015. Έτσι ενώ αυτή η τιμή είναι πολύ υψηλή οι τιμές είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν ύφεση προς τα κάτω καθώς προστίθεται νέα δυναμικότητα υγροποίησης. Το Νοέμβριο του 2016 ο Οργανισμός των Χωρών εξαγωγής πετρελαίου (OPEC PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES) και η Ρωσία κατέληξαν σε συμφωνία για παραγωγή πετρελαίου. Έτσι αν υπάρξει η τήρηση των νέων επιπέδων οι τιμές του πετρελαίου θα μπορούσαν να αυξηθούν πράγμα που θα έδινε ισχύ στο LNG.

Ακόμη οι διακοπές εφοδιασμού και ο κρύος καιρός προς το τέλος του 2016 έδειξαν ότι υπάρχει ακόμη δυσκολία στην αγορά LNG και επιδέχεται ανάπτυξης κυρίως το χειμώνα. Οι Ασιατικές τιμές αυξήθηκαν αποσυνδέοντας τις ευρωπαϊκές τιμές και μάλιστα αυξήθηκαν πάνω από την ισοτιμία πετρελαίου. Έτσι κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου τα σήματα ήταν τόσο που το LNG της Αμερικής άρχισε τη ροή προς την Ασία.

Οι τιμές του φυσικού αερίου στη Βόρεια Αμερική έχουν τεθεί σε εμπόριο κόμβων ένας από τους μεγαλύτερους είναι ο Henry Hub στη Louisiana. Στην Ευρώπη το φυσικό αέριο πωλείται μέσω μακροπρόθεσμων συμβολαίων. Έτσι αυτά παίρνουν διάφορες παραστάσεις όπως βασιζόμενα σε κόμβους η συνδεδεμένα με πετρελαϊκή τιμολόγηση ή και τα δύο. Οι τιμές του πετρελαίου είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την αγορά LNG. Έτσι ενώ οι τιμές του πετρελαίου έπεσαν στα τέλη του 2014 μέχρι τα τέλη του 2016 παραδοσιακά συνδεδεμένες τιμές με το πετρέλαιο έπεσαν επίσης σε

Ασία και Ευρώπη. Έτσι από \$100/bbl (barrel) στους πρώτους 8 μήνες του 2014, οι τιμές του αργού πετρελαίου έπεσαν γρήγορα στα \$52/bbl το 2015 και \$43/bbl το 2016.

Στην Ασία υπήρξε προσπάθεια των αγοραστών να διαφοροποιηθούν οι τιμολογιακές πολιτικές των χαρτοφυλακίων του LNG απομακρυνόμενοι από την παραδοσιακή σύμβαση του LNG που είναι συνδεδεμένο με το πετρέλαιο.

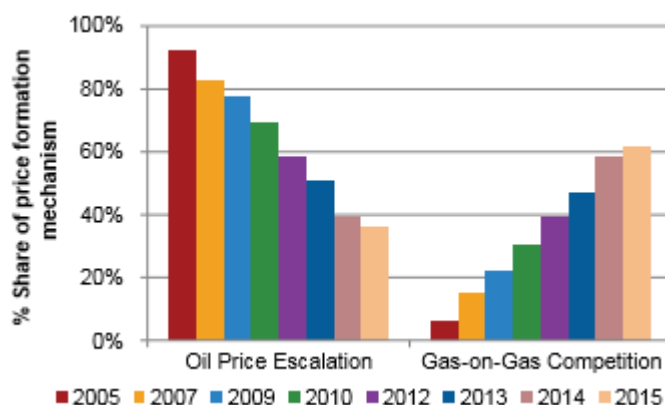
Στη νοτιοανατολική Ασία οι τιμές LNG μειώθηκαν σταθερά κατά το πρώτο εξάμηνο του 2016 καθώς η προσφορά κατέστρεψε τη ζήτηση, αλλά συνέβη το αντίθετο κατά το δεύτερο εξάμηνο λόγω των δεδομένων δυσμενών συνθηκών που επικρατούσαν.

Από το 2009 έχουν υπογραφεί Ευρωπαϊκές συμβάσεις αερίου η επαναδιαπραγματεύθηκαν να συμπεριλάβουν περισσότερο την αναπροσαρμογή της τιμής αερίου από τους κόμβους που περνάει αυτό (κυρίως προς τα Βορειοδυτικά) ρίχνοντας τους ιστορικά κυρίαρχους δεσμούς με το αργό πετρέλαιο και το μαζούτ. Λόγω των ενεργειακών πολιτικών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της δυναμικής της αγοράς, μεγάλοι προμηθευτές φυσικού αερίου από τότε έχουν αυξήσει την τιμολόγηση των κόμβων έτσι ώστε να γίνει διαμόρφωση των κόμβων για ορισμένες συμβάσεις.

Από τα μέσα του 2014 έως τις αρχές του 2016 οι χαμηλές τιμές πετρελαίου άσκησαν πίεση στο αέριο Ευρωπαϊκών κόμβων μειώνοντας τις τιμές του LNG. Καθώς υπήρξε μείωση των τιμών ανά τον κόσμο η αγορά κινήθηκε πιο κοντά στη σύγκλιση τιμών. Έτσι η διαφορά μεταξύ του UK NBP (η μεγαλύτερη αγορά αερίου στην Ευρώπη που λειτουργεί από τα τέλη του 1990) των Βορειοδυτικών Ασιατικών τιμών ήταν κατά μέσο όρο \$ 0.91/MMBtu το 2016 για αρκετούς μήνες για πρώτη φορά μέσα σε έξι χρόνια. Το Μάιο και τον Ιούνιο η οι Ασιατικές τιμές ήταν κατά \$0.40/MMBtu χαμηλότερες του NBP.

Στη Βόρειο Αμερική τα στοιχεία των αγορών έχουν ως αποτέλεσμα οι τιμές του φυσικού αερίου να κινούνται πολύ περισσότερο από αυτές του πετρελαίου. Με τη χαμηλή δραστηριότητα στο πετρέλαιο και στο υγρό αέριο ως επακόλουθο των χαμηλών τιμών πετρελαίου η παραγωγή του LNG μειώθηκε το 2016, ο οποίος αυτός ογκομετρικός αντίκτυπος είναι ελάχιστος σε σχέση με το μέγεθος των ΗΠΑ. Έτσι σε

ετήσια βάση ο κόμβος Henry Hub είχε κατά μέσο όρο λιγότερο από \$2.5/MMBtu το 2016, την χαμηλότερη από το 1999.



Γράφημα 4-5: Ευρωπαϊκός σχηματισμός τιμών εισαγωγής, 2005 έως 2015. Πηγή IGU Wholesale Gas Price Survey – 2016 Edition

4.7 Τερματικοί Σταθμοί LNG

Η υγροποίηση αερίων είναι η φυσική μετατροπή ενός αερίου σε υγρή κατάσταση (συμπύκνωση). Ο κύριος λόγος για αυτό είναι η μείωση του όγκου του, προκειμένου να μεταφέρονται σε υγρή κατάσταση στους πελάτες της τοποθεσίας. Παρακάτω ακολουθούν συνοπτικοί πίνακες τερματικών υγροποίησης και αεριοποίησης LNG ανά τον κόσμο:

Μονάδες υγροποίησης LNG

Πίνακας 4-2: Πηγή: www.globalnginfo.com

World's LNG Liquefaction Plants:		Source: www.globalnginfo.com	
On-Stream	Under Construction	Planned	Proposed/Under Study
Adgas LNG Plant (UAE)	Cameron LNG Plant (USA)	Abadi Floating LNG Plant (Indonesia) Cancelled!	Annova LNG Project (USA)
Algeria LNG Plants (Algeria)	Corpus Christi LNG Plant (USA)	Alaska South Central LNG (SCLNG) Plant (USA)	Aurora LNG Project (Canada)
Angola LNG Plant (Angola)	Cove Point LNG Plant (USA)	Arrow LNG Plant (Australia) Cancelled!	Bear Head LNG Project (Canada)
Arun LNG Plant (Indonesia) Switched off	Freeport LNG Plant (USA)	Baltic LNG Plant (Russia)	Cambridge Energy (CE) FLNG Project (USA)
Atlantic LNG Plant (Trinidad & Tobago)	Ichthys LNG Plant (Australia)	Bonaparte LNG Plant (Australia)	Cameroon LNG Project (Cameroon)
Australia Pacific LNG Plant (Australia)	Iran (NIOC) LNG Plant (Iran) Suspended!	Brass LNG Plant (Nigeria)	Canaport LNG Project (Canada)
Bontang LNG Plants (Indonesia)	Petronas FLNG-1 (Satu) Plant (Malaysia)	Browse Floating LNG Plant (Australia) Cancelled!	Coral South Development FLNG Project (Mozambique)
Brunei LNG Plant (Brunei)	Petronas Floating LNG-2 Plant (Malaysia)	Caribbean FLRSU (Colombia) Cancelled!	Delfin LNG Project (USA)

Η επανααεριοποίηση είναι η διαδικασία μετατροπής του φυσικού αερίου LNG από την υγρή κατάσταση στην αέρια κατάσταση. Οι εναλλακτές θερμότητας χρησιμοποιούνται για την επανεγκατάσταση του ΥΦΑ μετά την αφαίρεσή του από τις δεξαμενές και υπό πίεση μεταξύ 70-100 bar. Γενικά, χρησιμοποιείται για τη διαδικασία επανααεριοποίησης θαλάσσιου νερού μαζί με αντλίες υψηλής πίεσης για τη

μεταφορά ΥΦΑ. Ακόμη πρέπει να αναφερθεί, πως τα τελευταία χρόνια οι σταθμοί εισαγωγής LNG, που αναφέρονται και ως σταθμοί λήψης, αποτελούν σημαντικό κομμάτι της αλυσίδας εφοδιασμού LNG. Παρέχουν μεγαλύτερα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους αγωγούς οι οποίοι και απαιτούν μεγαλύτερο κόστος το οποίο πρέπει να επενδυθεί για αυτούς και επίσης έχουν μειώσει την ευελιξία σε επίπεδο γεωγραφικής θέσης, αλλά και της ασφάλειας του εφοδιασμού. Έτσι πιο αναλυτικά, έπειτα της εκφόρτωσης του LNG οι θύρες πρέπει να παρέχουν (κρυογόνο αποθήκευση) σε δεξαμενές για να διατηρηθεί το LNG σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-163 °C) και έπειτα αυτό να τροφοδοτηθεί σε μονάδα επαναεριοποίησης άνω των 0 °C. Στη συνέχεια το αέριο μπορεί να φορτωθεί σε μεταφορείς και να διανεμηθεί στους τελικούς του προορισμούς.

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται κάποιες από τις μονάδες επαναεριοποίησης LNG στον κόσμο, καθώς και οι ικανότητες επαναφόρτωσης με στοιχεία για τον Ιανουάριο του 2017.

Πίνακας 4-3: Πηγή: IHS Markit, IGU

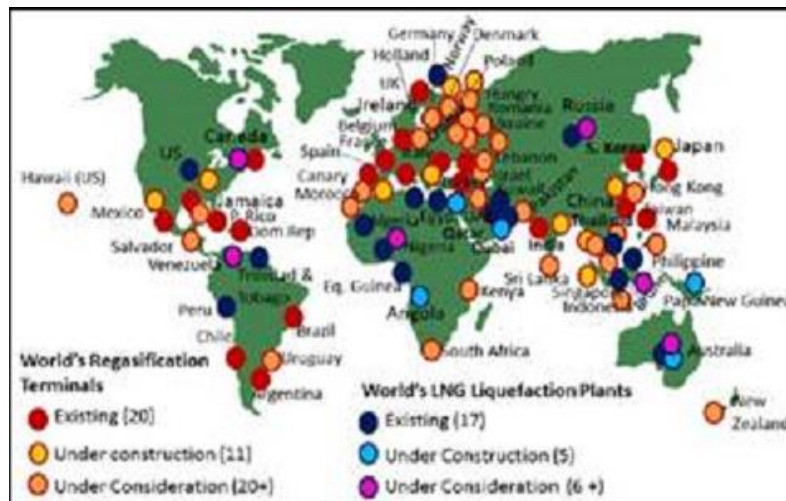
Country	Terminal	Reloading Capability	Storage (mcm)	No. of Jetties	Start of Re-Exports
Belgium	Zeebrugge	4-5 mcm/h	380	1	2008
Brazil	Rio de Janeiro	10.0 mcm/h	171	2	2011
Brazil	Bahia Blanca	5 mcm/h	136	1	N/A
Brazil	Pecém	10 mcm/h	127	2	N/A
France	FosMax LNG	4.0 mcm/h	330	1	2012
France	Montoir	5.0 mcm/h	360	2	2012
France	Dunkirk	4.0 mcm/h	570	1	N/A
India	Kochi	N/A	320	1	2015
Mexico	Costa Azul	N/A	320	1	2011
Netherlands	GATE LNG	10 mcm/h	540	2	2013
Portugal	Sines	3.0 mcm/h	390	1	2012
Singapore	Singapore LNG	8.0 mcm/h	564	2	2015
S. Korea	Gwangyang	N/A	530	1	2013
Spain	Cartagena	3.5 mcm/h	587	2	2011
Spain	Huelva	3.7 mcm/h	620	1	2011
Spain	Mugardos	2.0 mcm/h	300	1	2011
Spain	Barcelona	3.5 mcm/h	760	2	2014
Spain	Bilbao	3.0 mcm/h	450	1	2015
Spain	Sagunto	6.0 mcm/h	600	1	2013
Spain	El Musel	6.0 mcm/h	300	1	N/A
UK	Isle of Grain	Ship-dependent	960	1	2015
USA	Freeport	2.5 mcm/h*	320	1	2010
USA	Sabine Pass	1.5 mcm/h*	800	2	2010
USA	Cameron	0.9 mcm/h*	480	1	2011

Στην εικόνα που ακολουθεί έχουμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τερματικού το Snøhvit στην Νορβηγία, που επεξηγεί την όλη διαδικασία που γίνεται σε αυτό.



Εικόνα 4-5: Πηγή: http://www.anave.es/images/seguridad/marintek-lng_fuelled_ships_norwegian_experience-nov_09.pdf

Παρακάτω βλέπουμε την παγκόσμια την κυριότερη μεταφορά LNG σε παγκόσμιο χάρτη.

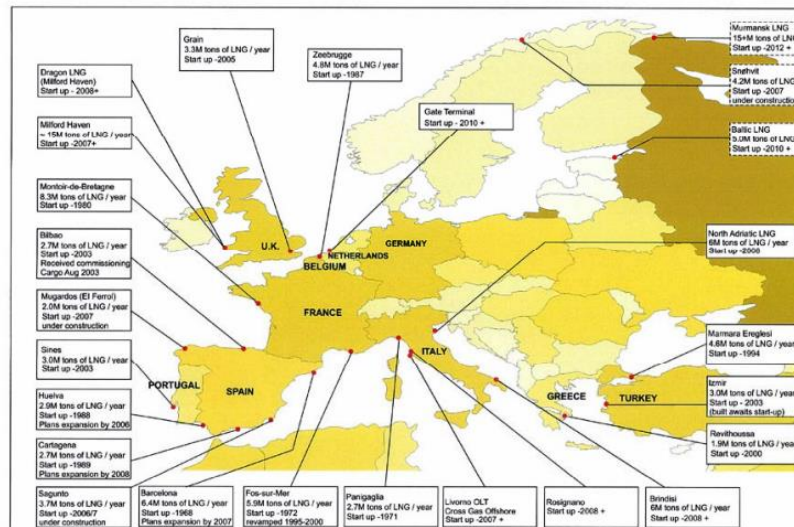


Εικόνα 4-6: Μεγαλύτερες εξαγωγές και εισαγωγές χωρών στον κόσμο.

Πηγή: BG Group

Οι μεγαλύτεροι τερματικοί σταθμοί ανά την Ευρώπη

Large LNG terminals in Europe



Εικόνα 4-7: Πηγή: http://www.anave.es/images/seguridad/marintek-lng_fuelled_ships_norwegian_experience-nov_09.pdf

Όπως διακρίνουμε και στο παραπάνω χάρτη και μας είναι γνωστό στην Ελλάδα έχει ανατεθεί από τον Φεβρουάριο του 2000 στο τερματικό σταθμό LNG της Ρεβυθούσας, η οποία είναι ένα μικρό νησί του Σαρωνικού κόλπου, 500 μέτρα από τον κόλπο της Πάχης Μεγάρων, η διαχείρισή του από τη ΔΕΣΦΑ (Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου Α.Ε.). Η ΔΕΣΦΑ έχει τα αποκλειστικά δικαιώματα εκμετάλλευσης, συντήρησης και ανάπτυξης του τερματικού της Ρεβυθούσας. Έτσι το τερματικό αυτό παραλαμβάνει LNG από μεταφορικά οχήματα, το αποθηκεύει ή το εξατμίζει και εγχέει το φυσικό αέριο στο Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου. Το τερματικό έχει χωρητικότητα αποθήκευσης 130000 m³ και έπειτα την δεύτερη αναβάθμισή του θα έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης 225000 m³.



Εικόνα 4-8: Πηγή: <http://www.desfa.gr/wp-content/uploads/2014/11/slider3-1144x765.jpg> (15)

Επίσης υπό κατασκευή βρίσκεται και ο σταθμός LNG της Αλεξανδρούπολης που θα λειτουργεί ως τερματικό αεριοποίησης.

Χωροθέτηση έργου



Εικόνα 4-9: Πηγή: www.entsoge.eu.

5 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

5.1 Στροφή προς τη χρήση του LNG ως καύσιμο πλοίων-Ανάλυση

Αρχικώς, οι στόχοι οι οποίοι έχουν τεθεί για μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου οδήγησαν στην προσπάθεια ανάπτυξης χρήσεως και άλλων καυσίμων όπως είναι το LNG για τη ναυτιλία και για τους τομείς των λιμένων. Έτσι, τέσσερις κύριες λύσεις έχουν αναγνωριστεί για καθαρότερα καύσιμα των πλοίων: Marine Gas Oil (MGO)-το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης των πλοίων, Heavy Fuel oil(HFO)-βαρύ μαζούτ-scrubber , Liquefied Natural Gas (LNG) και Methanol (Μεθανόλη). Από αυτά τα τέσσερα οι ειδικοί έχουν αναγνωρίσει ως την πιο ανεπτυγμένη λύση καυσίμου τόσο ως μεσοπρόθεσμη αλλά και μακροπρόθεσμη .Το 2014, η Ενέργεια των Ηνωμένων Πολιτειών η Διοίκηση Πληροφοριών (EIA) καθώς και η Διεθνής Ένωση Αερίων (IGU) ανέφεραν σημαντική αύξηση των τερματικών σταθμών υδροποίησης και επανααεριοποίησης LNG. Επιπλέον η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο της δέσμης για την καθαρή ενέργεια για τις μεταφορές, ενέκρινε το 2014 οδηγία σχετικά με την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, επαναφόρτισης και ανεφοδιασμού. Παρ'όλα αυτά, εκεί υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί που πρέπει να αντιμετωπιστούν ακόμη, ειδικότερα στις χώρες εισαγωγής LNG προκειμένου να ανταποκριθούν στη μελλοντική ζήτηση του αναμενόμενου στόλου που να χρησιμοποιεί ως καύσιμο το LNG .

Έτσι λοιπόν είναι γεγονός πως το LNG αποτελεί στις μέρες μας το καύσιμο του μέλλοντος. Το LNG ως καύσιμο είναι τώρα μια αποδεδειγμένη και διαθέσιμη λύση. Ενώ τα συμβατικά καύσιμα με βάση το πετρέλαιο θα παραμείνουν ως κύρια επιλογή για το άμεσο μέλλον, οι εμπορικές χρήσεις του LNG για πολλά νέα πλοία αλλά και πλοία που θα υποστούν μετατροπή για να μπορούν να το χρησιμοποιούν ως καύσιμο. Όμως το βήμα για το LNG μπορεί να γίνει μόνο στη βάση της καλύτερης δυνατής πληροφόρησης και μίας λεπτομερούς ανάλυσης των αναγκών όσον αφορά το παρόν αλλά και το μέλλον. Ο αριθμός των πλοίων που χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο αυξάνεται γρήγορα και όλο και περισσότερα έργα υποδομής έχουν σχεδιαστεί και είναι υπό σχεδιασμό κατά μήκος των κύριων ναυτιλιακών γραμμών. Σύμφωνα με στοιχεία του DNV, η χρήση του LNG πλοία που κινούνται με αυτό μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ κατά 15-20% (DNV 2012). Έτσι καθώς αποτελεί την πιο

καθαρή επιλογή ανάμεσα στα ορυκτά καύσιμα, αποτελεί και μία από τις πλέον αγαπημένες πηγές ενέργειας σε αρκετές χώρες ανά τον κόσμο.

Μία από αυτές με αρκετή εμπειρία στη χρήση του στον τομέα της ναυτιλίας είναι η Νορβηγία καθώς το χρησιμοποιεί από το 2000. Επίσης το πρώτο πλοίο που νηολογήθηκε με τη χρησιμοποίηση αυτής της μορφής ενέργεια ήταν Νορβηγικό και από το 2013 ο στόλος της Νορβηγίας απαριθμούσε ήδη 17 επιβατηγά-οχηματαγωγά, 7 πλοία πλατφόρμας εφοδιασμού και 4 φορτηγά πλοία. (Rodríguez A.P.,2013). Σύμφωνα με μία πρόσφατη έρευνα (Danish Maritime Authority) εκτιμήθηκε ότι θα υπάρξει μία αύξηση κοντά στο 140% της χρήσεως LNG στην περιοχή SECA (SO_x Emission Control Area) μέχρι το 2020 (IAPH 2013-International Association of Ports and Harbors). Έτσι υπάρχει μία πρόβλεψη βασισμένη σε τρία σενάρια για μέγιστη ζήτηση παγκοσμίως 33 εκατομμυρίων τόνων LNG μέχρι το 2020 και 65 εκατομμυρίων τόνων μέχρι το 2030(Adamchak F. & Adele A.,2013). (16) Σύμφωνα με αυτή υπήρξε επίσης η πρόβλεψη πως ενώ η περιοχή Asia Pacific θα εξαρτάται πολύ από τις εισαγωγές, ενώ για την Ευρώπη και την Αμερική θα τους επαρκεί η εγχώρια παραγωγή.



Εικόνα 5-1: MF Gultra. Πηγή DNV-GL

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα χρήσης του LNG ως καύσιμο είναι τα σαφή περιβαλλοντικά του οφέλη, με εξάλειψη των εκπομπών SO_x, σημαντική μείωση των NO_x και αιωρούμενων σωματιδίων, καθώς επίσης και μία μικρή μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Επίσης είναι μια αποδεδειγμένη και σαφής λύση με τις μηχανές αερίου να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα στην απόδοση ενέργειας. Οι έννοιες των κινητήρων περιλαμβάνουν μόνο κινητήρες φυσικού αερίου με δίχρονο και τετράχρονο καύσιμο. Η ολίσθηση (φυγή του μεθανίου, κατά τη διάρκεια της καύσης (συνεισφέροντας έτσι στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου), έχει πρακτικά καταργηθεί στους σύγχρονους δίχρονους και μεγαλύτερες

μειώσεις θα πρέπει να αναμένονται από τους τετράχρονους κινητήρες. Όσο αφορά την παραγωγική πλευρά, υπήρξε και μία πρόσφατη έξαρση σε τάσεις χρήσης μη παραδοσιακού αερίου (σχιστόλιθο) που είχε πολλά δυσμενή αποτελέσματα στην αγορά του φυσικού αερίου, κυρίως στην περιοχή της Βορείου Αμερικής. Η εκμετάλλευση αερίου από σχιστόλιθο σε άλλες περιοχές του κόσμου θα μπορούσε να αποδειχτεί σημαντικό για το LNG. Παρ' όλα αυτά, η διαδικασία της εξαγωγής παραμένει μία διαφορούμενη τεχνολογία, εξαιτίας των συνεχών ανησυχιών του πληθυσμού για τον αντίκτυπο που θα έχει για την δημόσια υγεία αλλά και το περιβάλλον, σχετικά και με την σύσταση του αέρα, αλλά και της ποιότητας νερού.

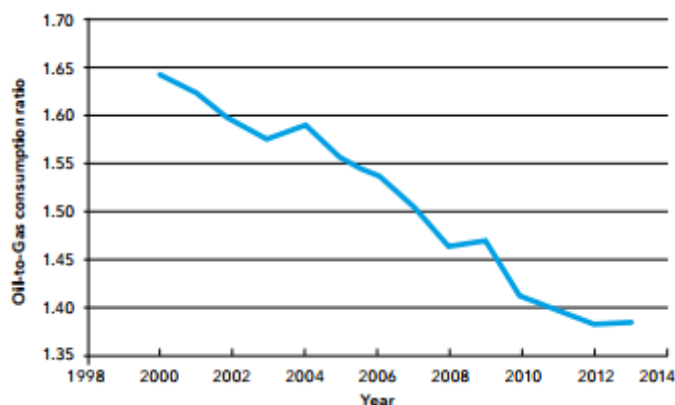
Βάσει του ιστότοπου του Λιμανιού του Rotterdam, συνοπτικά τα πλεονεκτήματα του LNG σαν καύσιμο είναι τα εξής:

- Έχει χαμηλότερες εκπομπές σωματιδίων, οξειδίων του Θείου και του Αζώτου, καθώς και του CO₂.
- Πληρεί τα αυστηρά πρότυπα εκπομπών (SECA).
- Οι κινητήρες των πλοίων με LNG απαιτούν λιγότερη συντήρηση.
- Οι κινητήρες των πλοίων με LNG παρουσιάζουν λιγότερο θόρυβο.
- Είναι φθηνότερο από τα καύσιμα προελεύσεως πετρελαίου.
- Παρέχονται κίνητρα από την Αρχή του Λιμένα του Rotterdam, όπως συμβαίνει και για άλλα λιμάνια παγκοσμίως.

Η λήψη του LNG αναμένεται να αναπτυχθεί γρήγορα στα επόμενα 5-10 χρόνια, αρχικά σε μικρά (10) σχετικά πλοία τα οποία λειτουργούν σε περιοχές ανεπτυγμένης υποδομής ανεφοδιασμού φυσικού αερίου στις οποίες οι τιμές του LNG θα είναι ανταγωνιστικές έναντι των τιμών του HFO (Heavy fuel oil). Το LNG ως καύσιμο πλοίων έχει το διαρκές πλεονέκτημα ότι είναι διαθέσιμο παγκοσμίως με αυξανόμενη σημασία ως φορέας ενέργειας.

Στο παρακάτω γράφημα απεικονίζεται ο συντελεστής κατανάλωσης πετρελαίου/αερίου, σε όρους ενεργειακού περιεχομένου. Παρατηρούμε πως παρουσιάζει μία καθοδική πορεία από την έναρξη δηλαδή την χρονιά που χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά το LNG στη ναυτιλία.

Πίνακας 5-1: Συντελεστής πετρελαίου/αέριο κατανάλωσης, σε όρους ενεργειακού περιεχομένου. Η κατανάλωση σε όλους τους τομείς και τις βιομηχανίες περιλαμβάνονται.



Πηγή: DNV-GL

5.2 Στόλος LNG

Στα τέλη του 2016 υπήρχαν συνολικά 439 δεξαμενόπλοια που χρησιμοποιούσαν LNG παγκοσμίως, που αποτελούσαν τον στόλο LNG (σύμφωνα με στοιχεία του IGU World LNG Report-2017 Edition), είτε ήταν διαθέσιμα για εμπόριο είτε να μείνουν ως αδρανή για εργασία. Εξ' αυτών τα 23 είναι ναυλωμένα ως FSRU (Floating Storage Regasification Unit-Κινητή αποθηκευτική μονάδα επαναεριοποίησης). Μέσα σε αυτό το έτος 31 νέες παραγγελίες είχαν γίνει για νεότευκτα πλοία στα ναυπηγεία παγκοσμίως (συμπεριλαμβανομένων και δύο FSRUs), σημειώνοντας αύξηση 7% σε σύγκριση με τις παραγγελίες που είχαν γίνει το 2015. Τα νεότευκτα αυτά πλοία που θα μπουν στην αγορά του 2016 θα είναι πολύ περισσότερο συμβατά και ευθυγραμμισμένα με την ανάπτυξη που θα έχει υπάρξει στην υδροποίηση από ότι αυτά του προηγούμενου χρόνου, όταν 29 νεότευκτα πλοία χρήσης LNG παραδόθηκαν στην αγορά και συνάντησαν την πολύ χαμηλή τιμή των 4.7 MTPA νέας ικανότητας υδροποίησης. Μέσα στο 2016 συνολικά 26 MTPA νέας δυναμικότητας υδροποίησης μεταφέρθηκε στο δίκτυο, ωστόσο η συγκέντρωση του tonnage των προηγούμενων ετών συνέχισε να συνθλίβει την αγορά διατηρώντας τα ποσοστά σε ιστορικά χαμηλά επίπεδα. Η ανάπτυξη του ναυτιλιακού tonnage το οποίο εισήλθε στην αγορά, ξεκίνησε από το 2013 και συνέχισε και το 2016. Η επέκταση αυτής της νέας χωρητικότητας έχει υπερβεί σταθερά το επίπεδο αύξησης του παγκόσμιου εμπορίου κατά αυτήν την περίοδο η οποία αντικατοπτρίζεται με την έντονη πτώση των ναύλων. Σε αντίθεση με τον βαθμό των καινούργιων κατασκευών του παρελθόντος, τώρα υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός δεξαμενόπλοιων που είχαν παραγγελθεί υπό μιας κερδοσκοπικής βάσης. (12)

Η ικανότητα αποθήκευσης των δεξαμενόπλοιων συνεχίζει να αυξάνεται καθώς οι ναυλωτές προτιμούν μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια έτσι ώστε να μειώσουν τη μονάδα κόστους του μεταφερόμενου LNG. Ο μέσος αποθηκευτικός χώρος LNG για ένα νεότευκτο πλοίο που παραδόθηκε το 2016 ήταν περίπου 168.000 m³, μεγαλύτερο σε σύγκριση των 144.000 m³, εκτός αν εξαιρεθούν οι τύποι πλοίων Q-Flex και Q-max tankers). Στο τέλος του 2016 οι παραγγελίες περιλάμβαναν 121 δεξαμενόπλοια που η εκτίμηση της παράδοσής τους ήταν μέχρι το 2022, από τα οποία τα 6 παραγγέλθηκαν κατά τη διάρκεια του έτους, σημειώνοντας μείωση από τα 28 του προηγούμενου έτους. Μόνο το 66% των δεξαμενόπλοιων του δελτίου παραγγελιών του 2016 ήταν άμεσα συνδεδεμένο με συγκεκριμένους ναυλωτές.

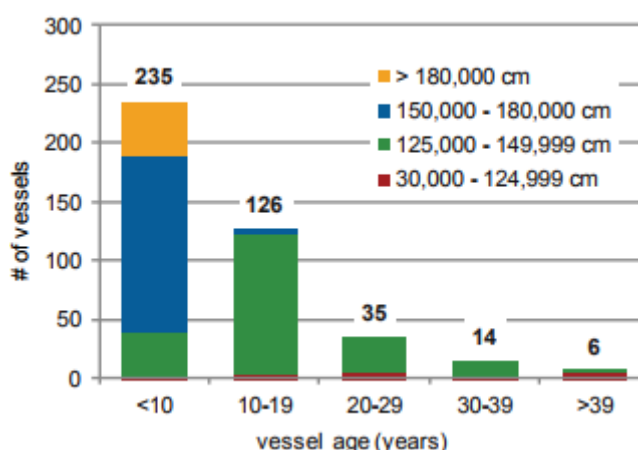


Εικόνα 5-2: Q-Max LNG Tanker. Πηγή: www.lngworldnews.com

Το 2017, επιπλέον 55 tankers (περιλαμβάνοντας 4 FSRUs, 1 πλοίο FLNG (Floating Liquefied Natural Gas) καθώς και ένα το οποίο έχει υποστεί μετατροπή θα παραδοθούν από τα ναυπηγεία την ώρα που 36,8 MTPA νέας χωρητικότητας υγροποίησης αναμένεται να εισαχθεί στην αγορά. Παρά την αύξηση της ικανότητας υγροποίησης, η ταυτόχρονη αύξηση των παραδόσεων πλοίων θα διατηρήσει την δυσαναλογία διαθεσιμότητας tonnage-χωρητικότητας αποθήκευσης διατηρώντας τα ναύλα σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Παρόλο της ολοκλήρωσης της επέκτασης της διώρυγας του Παναμά, το 91% του παγκοσμίου LNG θα μπορούσε να διέρχεται μέσω αυτής, αλλά δυστυχώς δεν έχει γίνει η επέκταση προς την Ασία που πολλοί θεωρούσαν ως αυτονόητο.

Όσο αφορά τα συστήματα συγκράτησης του LNG χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά σχέδια: το ένα ήταν το σχέδιο Moss Rosenberg, το οποίο είναι γνωστό για τις ανεξάρτητες σφαιρικές δεξαμενές που συχνά έχουν το μισό τους εξωτερικά εκτεθειμένο πάνω στα πλοία, και ξεκίνησε το 1971. Το δεύτερο ήταν το σύστημα μεμβράνης δεξαμενής που χρησιμοποιεί εύκαμπτες μεμβράνες οι οποίες υποστηρίζονται μόνο από τη δομή του μονωμένο (εσωτερικού) κύτους. Όσο αφορά αυτό το σύστημα έχει πολλαπλά σχέδια από διαφορετικές εταιρίες. Και τα δύο συστήματα δεξαμενών απαιτούν ακριβή μόνωση για τη διατήρηση του LNG έτσι ώστε να είναι κρύο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και να ελαχιστοποιείται η εξάτμισή του..

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το παρακάτω διάγραμμα το οποίο μας δείχνει τον ενεργειακό στόλο σε πλοία χρήσεως LNG με βάση την χωρητικότητα και την ηλικία, στοιχεία μέχρι το τέλος του 2015.



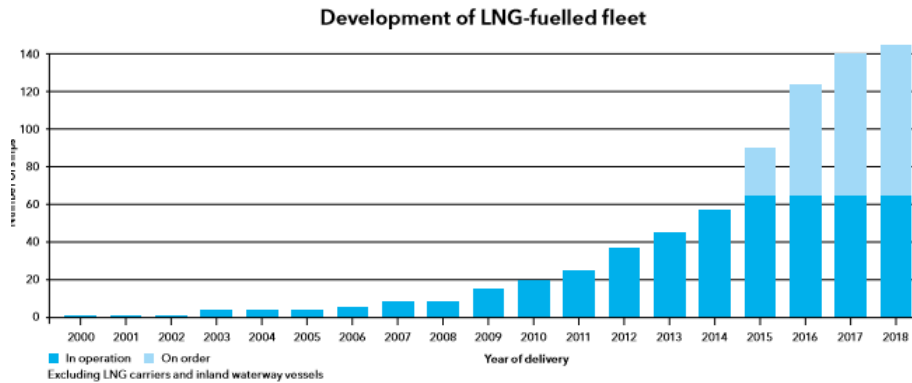
Γράφημα 5-1: Πηγή: HIS Markit

Σημείωση: ο άξονας των y είναι η χωρητικότητα, αλλά λόγω κάποιου λάθους προέλευσης από την πηγή δεν εκτυπώθηκε.

5.2.1 Σχετικά γραφήματα με την εξέλιξη του στόλου LNG

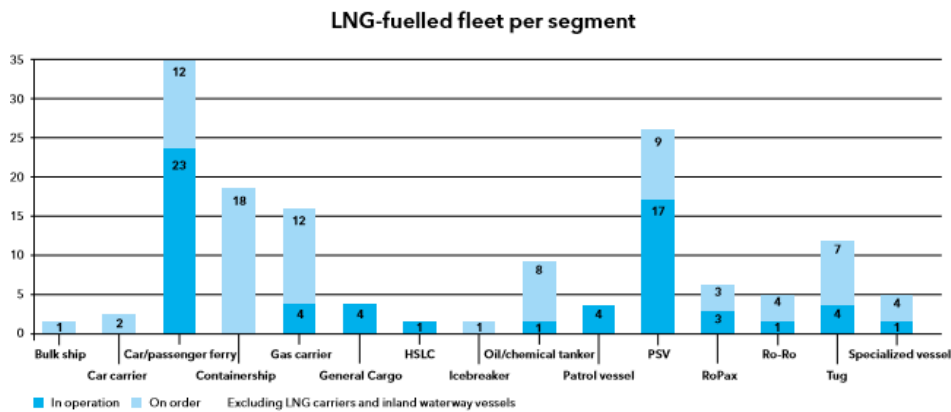
Σύμφωνα με στοιχεία του DNV-GL στα γραφήματα παρακάτω απεικονίζεται η εξέλιξη του στόλου LNG κατά το πέρασμα των ετών καθώς και ο καταμερισμός με βάση τον τύπο πλοίου με αναφορά σε πλοία που λειτουργούν και βρίσκονται υπό παραγγελία (εξαιρούνται τα LNG carriers και τα πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας).

Ανάπτυξη του στόλου πλοίων που χρησιμοποιούν LNG



Γράφημα 5-2: Πηγή: DNV-GL

Στόλος LNG ανά τομέα



Γράφημα 5-3: Πηγή: DNV-GL

5.3 Συστήματα πρόωσης-Σύγκριση LNG με άλλα καύσιμα

5.3.1 Συστήματα πρόωσης πλοίων LNG

Για να διατηρηθεί η πίεση των δεξαμενών κοντά στις ατμοσφαιρικές συνθήκες, ανά συνθήκες σχεδιασμού, θα πρέπει το αέριο που βράζει να απελευθερωθεί από τις δεξαμενές και να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία πρόωση των συστημάτων των αμοστροβίλων (steam turbines) του πλοίου. Αυτά τα συστήματα να μεν είναι αξιόπιστα, αλλά όχι και τα καλύτερα. Έτσι τα αυτά για τα σύγχρονα LNG συστήματα έχουν υποστεί σημαντικές καινοτομίες και βελτιώσεις σχετικά με την πρόωση των πλοίων. Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά οι νέες καινοτομίες των συστημάτων πρόωσης.

Τα παραδοσιακά συστήματα πρόωσης των πλοίων LNG ήταν οι τουρμπίνες ατμού (steam turbines-ατμοστρόβιλοι). Συνήθως δύο λέβητες παράγουν επαρκείς ατμού για τους κύριους στροβίλους πρόωσης και βοηθητικούς κινητήρες. Ένα άλλο σύστημα πρόωσης αποτελεί το ηλεκτρικό diesel διπλής καύσης (DFDE), το οποίο και εφαρμόζεται από το 2001 έπειτα από την κατά κύριο λόγο εφαρμογή ατμοστρόβιλων ως συστήματα προώθησης. Έπειτα της εφαρμογής του των συστημάτων DFDE, τα TFDE πλοία δηλαδή που χρησιμοποιούν είδος πρόωσης (Tri-Fuel Diesel Electric Propulsion) και έτσι να μπορούν να καταναλώνουν HFO, diesel oil, αλλά και φυσικό αέριο εφαρμόζουν αυτό το Ηλεκτρικό σύστημα τριών καυσίμων. Άλλο σύστημα πρόωσης που εισήχθη στη ναυτιλιακή βιομηχανία κατά τα μέσα της πρώτης δεκαετία της νέας χιλιετίας ήταν η καύση με αργή ταχύτητα με εγκατάσταση μετεπεξεργασίας BOG (Belco Oil and Gas Corporation). Ακόμη είναι και ο τύπος M (M-type) ηλεκτρικής ελεγχόμενης έγχυσης αερίων τύπου μηχανής (M-GI) που περίπου το 37% των πλοίων που έχουν δοθεί για παραγγελία να κατασκευαστούν (newbuildings) σχεδιάστηκαν με αυτό τον τύπο μηχανής. Τέλος με μηχανές Wärtsilä (Φιλανδική εταιρία μηχανολογικής παραγωγής και υπηρεσιών ενέργειας για τη ναυτιλία) χαμηλής πίεσης δύο χρόνων, η οποία και εισήχθη από το 2014. Επίσης υπήρξαν και άλλα συστήματα για την πρόωση των πλοίων.

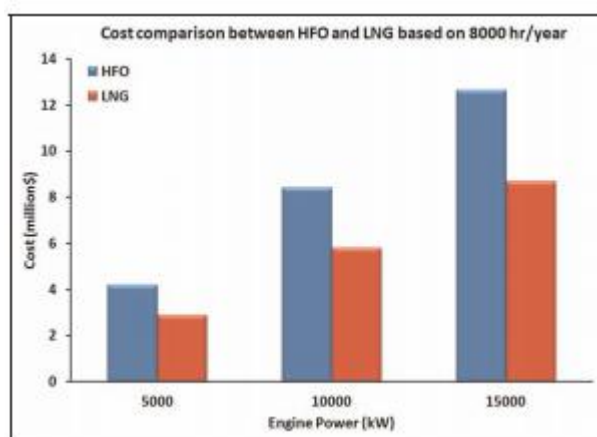
5.3.2 Σύγκριση LNG με άλλα είδη καυσίμων γενικά

Από τις συγκρίσεις οι οποίες έχουν γίνει μέχρι τώρα έχει αποδειχθεί πως το LNG είναι γενικά το καλύτερο εναλλακτικό καύσιμο για χρήση στη ναυτιλία, λόγω του ανεκτού και λογικού του κόστους, της αποδεκτικής του προσαρμοστικότητας στις υπάρχουσες μηχανές των πλοίων και τη διαθεσιμότητά του παγκοσμίως. Το μόνο του μειονέκτημα που παρατηρείται αμέσως είναι πως μόνο σε σύγκριση με το H₂ ως πηγή ενέργειας δεν μπορεί να ανανεωθεί όπως αυτό. Έτσι η εισαγωγή του LNG στον τομέα της ναυτιλίας, όσο αφορά τα εμπορικά πλοία προβάλλει διάφορα θέματα όπως είναι η κατανάλωση καυσίμου, η εξοικονόμηση κόστους, τα οφέλη από τις εκπομπές αερίων, τη συμμόρφωση με τους ισχύοντες κανονισμούς του IMO, την αποθήκευση του αερίου, το βάρος και τον όγκο στις μετατροπές των κινητήρων των πλοίων, την ασφάλεια και τέλος τη νηολόγηση των πλοίων. (1)

5.3.3 Σύγκριση μεταξύ LNG και HFO-MGO

Το κόστος του LNG περιλαμβάνει την παραγωγή, την υγροποίηση τα κόστη τροφοδοσίας καυσίμου, του εφοδιασμού (logistics), που έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικές για αυτό από περιοχή σε περιοχή. Λαμβάνοντας υπόψιν τη χαμηλότερη τιμή θέρμανσης (LHV) των καυσίμων, το κόστος του LNG είναι σαφώς φθηνότερο από ότι το HFO. Η βασική υπόθεση για την τιμή των καυσίμων είναι μία συνεχής αύξηση της τιμής εξαιτίας της αναμενόμενης αύξησης του παραγωγικού κόστους του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Για το 2013 ήταν περίπου 15-16 \$/mmBTU (million British Thermal Units) για το HFO και περίπου 11-12 \$/mmBTU για το LNG, που όπως ισχύει και σήμερα η τιμή του LNG είναι εμφανώς χαμηλότερη από του HFO. Το HFO και το LNG αναμένεται να ακολουθήσουν την ίδια τάση αύξησης των τιμών τους στα επόμενα χρόνια και μέχρι το 2020 οι τιμές τους αναμένεται να είναι 17 και 14,5 \$/mmBTU για το HFO και το LNG αντίστοιχα. Επίσης με βάση όλους τους τύπους κινητήρων Diesel έπειτα από μελέτες πολλών ωρών εργασίας αλλά και τις μέγιστης συνεχούς τους απόδοσης (MCR) εκτιμήθηκε πως υπάρχει τεράστια εξοικονόμηση κόστους και παράλληλα ισοδυναμεί με μείωση του κόστους κατά περίπου 31% ανά κατηγορία κινητήρων. Επίσης η σκέψη για αλλαγή χρήσης των πλοίων αντί για HFO να χρησιμοποιήσουν LNG περιλαμβάνει και επιπλέον κόστη τα οποία πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν όπως είναι τα έξοδα επένδυσης, εγκατάστασης και συντήρησης. Σύμφωνα με μελέτη της εταιρίας Wärtsilä υπήρξε η στόχευση της αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων από μηχανή HFO σε μηχανή LNG, το κόστος εγκατάστασης ήταν ίδιο και για τα δύο αυτά καύσιμα. Επιπλέον υπήρχαν και μηχανολογικά κόστη (ετήσιο κεφάλαιο, λιπαντικά, συντήρηση, καθαρισμός (scrubbers) και ακόμη λειτουργικά κόστη) που έδειξαν ότι ήταν σαφώς μεγαλύτερα για το HFO από ότι του LNG. Έτσι οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα πως η μετάβαση από τη μία τεχνολογία στην άλλη για αυτά τα καύσιμα προσθέτει στο τέλος μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη με τη χρήση του LNG σε σύγκριση με τις μηχανές που χρησιμοποιούν HFO καθώς υπάρχουν αυστηρότεροι κανονισμοί σε ότι αφορά το θέμα των εκπομπών για το LNG.

Στο γράφημα που ακολουθεί μπορούμε να δούμε τη σύγκριση του κόστους μεταξύ του HFO του LNG για διαφορετικούς τύπους μηχανών. (14)



Γράφημα5-4: Πηγή: Overview of alternative fuels with emphasis on the potential of LNG as future marine fuel

Η EPA (Environmental Protection Agency) χρησιμοποιεί ως μέσο την απογραφή την εκτίμηση της ποσότητας των εκπομπών περιλαμβάνοντας σχετικούς παραμέτρους που έχει ορίσει, σχετικά με τον τύπο του πλοίου, τον τύπο καυσίμου ο οποίος καταναλώνεται αλλά και τον τρόπο λειτουργίας. Από έρευνες οι οποίες έχουν γίνει μπορούν να εκτιμηθούν τα περιβαλλοντικά οφέλη από την μετάβαση από καύσιμο HFO σε LNG. Έτσι σύμφωνα και με στοιχεία του DNV-GL το LNG συγκρινόμενο με το HFO, το LNG μειώνει σημαντικά τις αέριες εκπομπές κατά τη χρήση του. Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά τις εκπομπές NO_x , οι τετράχρονες και δίχρονες μηχανές χαμηλής πίεσης μειώνουν τις εκπομπές τους κατά 85% σε σχέση με το HFO. Την ώρα που υπάρχει υψηλή πίεση των δίχρονων μηχανών συνεχίζεται να μειώνεται η παραγωγή NO_x κατά 40%. Οι εκπομπές αέριων σωματιδίων μειώνονται κατά 95% και παραπάνω. Επίσης και ιδιαίτερα σημαντικό, επειδή το LNG δεν περιέχει θείο οι εκπομπές SO_x δεν υπάρχουν. Επίσης επειδή οι αέριες εκπομπές στην ατμόσφαιρα σχετίζονται με την ανθρώπινη υγεία με το αποκαλούμενο και ως φαινόμενο «μαύρου άνθρακα» η υπερθέρμανση του πλανήτη μειώνεται σημαντικά με την καύση φυσικού αερίου αντί για HFO ή MGO. Επίσης η επίδραση στις εκπομπές του CO_2 είναι εξίσου σημαντική. Από τη σύγκριση των εκπομπών σε δύο έρευνες του DNV από διαφορετικά καύσιμα φαίνεται ότι οι WTT (Well to Tank) εκπομπές για HFO, MGO, LNG είναι παραπλήσιες και μικρές αν γίνει οι σύγκριση για τις TTP εκπομπές. Αναφορικά με το LNG η φυγή του μεθανίου έχει ληφθεί υπ' όψιν για τις WTT και WPP εκπομπές. Στη λειτουργία του κινητήρα το μεθάνιο κυρίως

απελευθερώνεται από χτυπήματα των κυλίνδρων του στροφαλοθαλάμου, την αλληλοεπικάλυψη των βαλβίδων και από ατελή καύση. Οι μεγαλύτερες μειώσεις σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προκύπτει από τις μηχανές υψηλής πίεσης κατά 26% συγκρινόμενες με αυτές του θείου. (1)

Επίσης το LNG συγκρινόμενο με το HFO, όσο αφορά τον κύκλο ζωής των εκπομπών το LNG δίνει λιγότερη όξυνση και δυνατότητες ευτροφισμού. Η χρήση του δεν συνεισφέρει στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential) περισσότερο από 8-20%, το οποίο ποσοστό εξαρτάται από την φυγή του μεθανίου της μηχανής. Επίσης μικρές διαρροές μπορούν να μειώσουν το ευεργετικό αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη από μειωμένη εκπομπή CO₂ μέσω της χρήσεως LNG. Αυτή η διαδικασία την καύση είναι αβέβαιη και πολλές εικασίες έχουν γίνει για αυτήν και προσπαθεί να εξηγηθεί, ενώ άλλοι υποστηρίζουν πως η μείωση του φαινομένου φυγής μεθανίου μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση καταλυτικού μετατροπέα.

5.3.4 Κανόνες-Κανονισμοί για LNG ως καύσιμο πλοίου

Λόγω της σημαντικής διαφοράς (8) σε ιδιότητες, χαρακτηριστικά και συμπεριφορά του LNG σε σχέση με τα υπόλοιπα καύσιμα της Ναυτιλίας, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και να εξεταστεί η ασφάλεια, η λειτουργικότητα, καθώς και η κατάρτιση, γιατί πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή προκειμένου να εξασφαλιστεί ασφαλής αποθήκευση, μεταφορά, ανεφοδιασμός καυσίμων, αλλά και η χρήση του LNG ως καύσιμο πλοίου καθώς και να αποφευχθούν τυχόν διαρροές υγροποιημένου φυσικού αερίου είτε σε υγρή είτε σε αέρια μορφή. Έλεγχος επίσης πρέπει να γίνει και σε όλες τυχόν τις πηγές ανάφλεξης, καθ' ότι το καύσιμο αυτό είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο. Όλες αυτές οι απόψεις πρέπει να καλυφθούν από Διεθνή και Εθνικά πλαίσια. Ανάμεσα στους σχετικότερους φορείς ρύθμισης και τυποποίηση για αυτή τη διαδικασία είναι ο IMO, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) και η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC), ένα μέρος Νηογνομόνων που αποτελούν μέλη της Διεθνούς Ένωσης Νηογνομόνων (IACS), καθώς και η Διεθνής Κοινότητα Δεξαμενόπλοιων και Χειρισμού Τερματικών (SIGGTO, ο Διεθνής Φορέας αντιπυρικής προστασίας (NFPA και το Αμερικανικό Ινστιτούτο Πετρελαίου (API).

(8)

Ο IMO υιοθετεί τους δικούς του κανονισμούς περί θαλάσσιας ασφάλειας, προστασίας, αποδοτικότητας της ναυσιπλοΐας, αλλά και την πρόληψη και παράλληλα τον έλεγχο της ρύπανσης από τα πλοία. Έτσι ως πρώτη εισήγηση ο IMO έχει αναφέρει το LNG ως καύσιμο στο Διεθνή Κώδικα κατασκευών και Εξοπλισμών πλοίων που μεταφέρουν LNG σε χύδην μορφή (IGC CODE), το οποίο εφαρμόζεται σε μεταφορείς υγροποιημένου αερίου (gas carriers) και καλύπτει τη χρήση του καυσαερίου ως καύσιμο. Τον Ιούνιο του 2009 υπήρξε μία δεύτερη συνεισφορά του IMO καθώς υιοθέτησε πρόσκαιρες κατευθυντήριες γραμμές για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων κινητήρων με φυσικό αέριο στα πλοία, με το ψήφισμα MSC.285 (86) και περαιτέρω παρείχε κριτήρια για κανονισμό για εγκατάσταση εξοπλισμού πρόωσης και δευτερευόντων σκοπών, χρησιμοποιώντας το φυσικό ως καύσιμο για πλοία, διαφορετικά από αυτά που καλύπτονταν από τον ICG Code. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο ο IMO συνεχίζει να εργάζεται όσο αφορά τη διεύρυνση του Διεθνούς Κώδικα ασφάλειας πλοία που χρησιμοποιούν αέριο ή άλλα χαμηλού σημείου ανάφλεξης καύσιμα και αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2015.

Ακόμη λόγω της έλλειψης αρκετών διεθνών κανονισμών για τα πλοία που χρησιμοποιούν αέρια ή άλλα αέρια χαμηλού σημείου ανάφλεξης εκτός των δεξαμενόπλοιων προτάθηκε ένας Διεθνής Κώδικας (1) Ασφάλειας της πλεύσης τους, ο IGF κώδικας (International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-Flashpoint Fuels) στην επιτροπή ασφάλειας των θαλασσών (MSC-Marine Safety Committee) από τον IMO το 2004. Στόχος ήταν η παροχή παγκόσμιων προτύπων για τα πλοία με εγκατάσταση φυσικού αερίου. Τα πρώτα αποτελέσματα ήταν το Guidelines MSC.285 (86) το οποίο αναφέρθηκε και παραπάνω, το οποίο καθορίζει κριτήρια για τη διευθέτηση και την εγκατάσταση μηχανημάτων LNG, έτσι ώστε να επιτύχει σε βαθμό ακεραιότητας, όσο αφορά την ασφάλεια, την αξιοπιστία καθώς αξιοπιστία σε ισοδύναμο βαθμό με τα μηχανήματα τροφοδοσίας από συμβατικά καύσιμα. Μετά το 2009 η ανάπτυξη ενός υποχρεωτικού διεθνούς κώδικα (IGF) συνεχίστηκε και ολοκληρώθηκε σε μεγάλο βαθμό με την εφαρμογή του το 2017. Ο κώδικας θα αποτελεί εντολή του SOLAS (Safety of Life at Sea) και έπειτα θα αποτελεί προσθήκη αυτού του οργανισμού. Επίσης μία δεύτερη φάση του κώδικα IGF ξεκίνησε για ανάπτυξη μέτρων για τα καύσιμα με χαμηλό σημείο αναφλεξιμότητας που περιλαμβάνουν μεθύλιο (CH₃), αιθυλικές αλκοόλες, κυψέλες καυσίμου και ντίζελ χαμηλού σημείου ανάφλεξης. (1)

Ο ISO εργάζεται μαζί με τον IMO για την ανάπτυξη προτύπων για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Έτσι στις περιοχές που γίνεται η χρήση LNG ως καύσιμο πλοίων ο ISO έχει αναπτύξει και συνεχώς εργάζεται στην ανάπτυξη των προτύπων αδιάκοπα. Έτσι ανάμεσα σε όλα αυτά τα σημαντικά πρότυπα πρέπει να τονιστεί η ιδιαίτερη έμφαση του προτύπου περί «Εγκατάστασης και εξοπλισμού αποσύνδεσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου προς το πλοίο και προς τη ξηρά, αλλά και λιμενικές δραστηριότητες (ISO 28460:2010), το οποίο περιλαμβάνει τόσο τις απαιτήσεις για το πλοίο όσο και για το τερματικό σταθμό ως φορέα λιμενικής υπηρεσίας που εξασφαλίζουν ασφαλή διέλευση ενός LNG carrier δια μέσου της περιοχής του λιμανιού και μία ασφαλή και αποδοτική μεταφορά του φορτίου. Τον Ιούνιο του 2013 ο Διεθνής Οργανισμός Παραγωγών Πετρελαίου και αερίου σε συνεργασία με τον ISO ανέπτυξαν κατευθυντήριες γραμμές για συστήματα και εγκαταστάσεις προμήθειας LNG ως καύσιμο στα πλοία (ISO/DTS 18683) με αναφορές και στο ISO/TC 67 WG 10.

Η IEC έχει ως στόχο την προετοιμασία και δημοσίευση διεθνών προτύπων σχετικά με ηλεκτρικές-ηλεκτρονικές και άμεσα σχετιζόμενες τεχνολογίες τα οποία και δεν μπορούν να καλυφθούν από τον ISO. Έτσι υπάρχουν κάποια πρότυπα σχετικά με την μεταφορά επικίνδυνων υλικών όπως το LNG. Έτσι λόγω των κινδύνων καθιερώθηκε το 60092-502 πρότυπο: «Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στο πλοία-μέρος 502: ειδικά χαρακτηριστικά δεξαμενόπλοιων», το οποίο και είχε να κάνει με τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στα πλοία τα οποία μεταφέρουν υγρά που είναι εύφλεκτα, είτε από τη φύση τους, η είτε της αντίδρασής τους με άλλες ουσίες ή εύφλεκτα υγροποιημένα αέρια. Ακόμη το πρότυπο IEC 60079: «Ηλεκτρικές συσκευές για ατμόσφαιρες εκρηκτικών υλικών και ακόμη το IEC 61508: «λειτουργική ασφάλεια ηλεκτρικών, ηλεκτρονικών, προγραμματιζόμενων συστημάτων ασφαλείας».

Η SIGGTO επίσης καθορίζει και προωθεί πρότυπα, αλλά και βέλτιστες πρακτικές για τις βιομηχανίες υγροποιημένου φυσικού αερίου. Μεταξύ αυτών των σημαντικών κατευθυντήριων γραμμών που θα μπορούσαν σχετίζονται ε τη χρήση του LNG ως καύσιμο πλοίων είναι η ασφάλεια, η επικοινωνία, οι ελιγμοί, η πρόσδεση πλοίου και οι εξοπλισμοί (17) των πλοίων που επιχειρούν μεταφορά από πλοίο σε πλοίο σε πολύ κοντινή απόσταση, καθώς και η διαχείριση φωτιάς που μπορεί να προκληθεί από το LNG, όπως και η κατάσβεσή της.

Η NFPA (National Fire Protection Association) παρέχει αλλά παράλληλα και υποστηρίζει κώδικες, έρευνες, εκπαίδευση και κατάρτιση σχετικά με τους κινδύνους από τη φωτιά και άλλους σχετικούς κινδύνους. Μεταξύ διάφορων λοιπών σχετικά με το LNG ως καύσιμο πλοίων μπορούμε να λάβουμε σοβαρά υπ' όψιν το πρότυπο NFPA 59A (το οποίο αφορά την παραγωγή, αποθήκευση και χειρισμό του LNG, καθώς και το NFPA 302 (Πρότυπο προστασίας από τη φωτιά για εμπορικά αλλά και σκάφη αναψυχής (motor craft) το οποίο και θεσμοθετεί τις απαραίτητες απαιτήσεις για προστασία από φωτιά και πρόληψη μηχανοκίνητων σκαφών λιγότερο των 300 gross tons.

Το API (Αμερικανικό Ινστιτούτο Πετρελαίου) παράγει πρότυπα, πρακτικές, προδιαγραφές, κώδικες και τεχνικές δημοσιεύσεις που καλύπτουν όλους τους τομείς τις βιομηχανίας. Τα πρότυπά καθώς και οι πρακτικές που συστήνει προορίζονται για ένα τύπο μηχανής. Όσο αφορά τώρα μεταξύ των προτύπων και τους κώδικες, αυτά που θα μπορούσαμε να πούμε πως αφορούν το LNG είναι: ο API RP 521: «Οδηγός συστημάτων πίεσης και αποσυμπίεσης για βιομηχανίες πετρελαϊκές, πετροχημικές και φυσικού αερίου. Επίσης είναι και ο API std 617: «Αξονικοί και φυγοκεντρικοί συμπιεστές και συμπιεστές επέκτασης για υπηρεσίες βιομηχανικών πετρελαίου, χημικές και αερίου. Τέλος είναι και ο API Std 620: «Σχεδιασμός και κατασκευή μεγάλων, συγκολλημένων, χαμηλής πίεσης δεξαμενών αποθήκευσης», που περιλαμβάνει απαιτήσεις για διύλιση και δεξαμενές αποθήκευσης.

Όσο αφορά τώρα περισσότερα από 13 μέλη του IACS, έχουν αναπτύξει κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη χρήση του LNG ως καύσιμο πλοίων στο πλαίσιο των κανόνων που απαιτούν για τη νηολόγηση. Έτσι αυτές βασίζονται στο IMO Interim Guidelines MSC.285(86) με πρόσθετες ειδικές απαιτήσεις για κάθε κατηγορία και παρέχουν οδηγίες για το σχεδιασμό, την κατασκευή και την λειτουργία των πλοίων που τροφοδοτούνται με LNG. Αυτές οι εν λόγω γραμμές δεν είναι υποχρεωτικές και κάθε κράτος-σημαία πρέπει να συμφωνήσει σχετικά με τη λειτουργία των πλοίων που τροφοδοτούνται με LNG ως καύσιμο σε πλοία στα εγχώρια τους ύδατα. Αξίζει να αναφέρουμε πως τόσο ο GL (Germanischer Lloyd) καθώς και ο DNV (Det Norske Veritas) συμμετείχαν σε πολλά ερευνητικά προγράμματα του LNG ως καύσιμο καθώς και συνεχίζουν, με αποτέλεσμα δίκαια να θεωρούνται πρωτοπόροι στον τομέα αυτόν.

5.4 Πρότυπα Ασφαλείας για το LNG

Την περίοδο αυτή οι περισσότεροι κανονισμοί ισχύουν για το LNG που μεταφέρεται ως φορτίο από ότι σαν καύσιμο. Αν και το LNG στην υγρή του μορφή δεν μπορεί να καεί ή να εκραγεί, αν τυχόν χυθεί στο νερό μπορεί να σχηματίσει μία λιμνούλα σε αυτό. Δεδομένου ότι το LNG βράζει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, από τον ατμό αυτό μπορεί να σχηματιστεί ένα σύννεφο και έτσι να διασκορπιστεί με τον άνεμο. Ενώ οι κίνδυνοι πυρκαγιάς ή έκρηξης αυξάνονται δεν υπάρχει σαφής ένδειξη για φωτιά του LNG ή έκρηξης του σε ανοιχτές χώρους (ABS – American Bureau Of Shipping, 2015). Αντίθετά ο κίνδυνος φωτιάς ή έκρηξης αυξάνεται σε κλειστούς χώρους όπως ένα πλοίο ή ένα κτίριο (ABS,2015). Έτσι οι τερματικοί σταθμοί πρέπει να κάνουν τις κατάλληλες ενέργειες ώστε να διασφαλίζουν την προστασία των τοπικών κοινωνιών που βρίσκονται στις τοποθεσίες των τερματικών υποδοχής LNG. Έτσι βάσει πάλι της έκθεσης του ABS πάλι το 2015 πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν 4 σενάρια κινδύνου τα οποία είναι τα παρακάτω: (17)

- Διαρροές από αντλίες LNG
- Τυχαία αποσύνδεση των εύκαμπτων σωλήνων
- Φαινόμενα υπερφόρτισης ή ύπαρξης υπερβολικής πίεσης στις δεξαμενές τα οποία είναι δυνατόν να συμβούν εφ' όσον οι χειριστές του ανεφοδιασμού προσπαθούν να γεμίσουν την αντλία όταν αυτή είναι γεμάτη
- Εξωτερικές επιπτώσεις οι οποίες μπορεί να προέρχονται αν υπάρξει η πτώση του φορτίου κατά τον ανεφοδιασμό, σύγκρουση μεταξύ πλοίων ή αν τυχόν υπάρξει σύγκρουση του φορτηγού και του εξοπλισμού ανεφοδιασμού των καυσίμων. (18)

Οι Η.Π.Α είχαν υιοθετήσει το πρωτόκολλο αξιολόγησης προτύπου LNG (LNG Model Evaluation Protocol), MEP το οποίο και απαιτεί τουλάχιστον 4 επίπεδα προστασίας:

- Τον στοιχειώδη περιορισμό
- Τον δευτερεύοντα περιορισμό

- Συστήματα προστασίας
- Αποστάσεις ασφαλείας η διαχωρισμούς

Αυτές οι αποστάσεις ασφαλείας θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν κατά την αρχική φάση του σχεδιασμού των όλων εγκαταστάσεων, γιατί απαιτητών σημαίνει ταυτόχρονα και περισσότερη έκταση και συνεπώς υψηλότερο κόστος (LNG της Βαλτικής Θάλασσας 2014).

Από την άλλη μεριά η Ευρωπαϊκή Ένωση μαζί με άλλους οργανισμούς που σχετίζονται με τη χρήση του LNG δουλεύουν στη βάση εναρμονισμού μίας μεθοδολογίας της αξιολόγησης κινδύνου τέτοιων καταστάσεων και βασίζονται σε πρότυπα ISO. Ένα αξιοσημείωτο που δείχνει την πρόοδο αυτής της συνεργασίας είναι η συμφωνία μεταξύ των λιμένων της Αμβέρσας, της Σιγκαπούρης και της Zebbrugge για των προτύπων ανεφοδιασμού με LNG.

6 ΣΥΝΟΨΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Συνοπτικά αναφορικά με τα περιεχόμενα της εργασίας έγινε αναφορά αρκετών ζητημάτων που αφορούν την Ναυτιλία και γενικότερα την Παγκόσμια Βιομηχανία. Έτσι έγινε ανάλυση για το καθεστώς των ρύπων και κατά το πόσο αυτοί παράγονται από παλαιότερα καύσιμα που έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην καθημερινή ζωή. Έτσι αναλύθηκε η εισαγωγή του LNG, ως προϊόν του φυσικού αερίου και η μεγάλη τάση που υπάρχει από τη Ναυτιλία προς τη χρήση του. Ακόμη αναλύθηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα χρήσης του, καθώς και συγκρίσεις και αποτελέσματα ερευνών με τα υπόλοιπα καύσιμα. Τέλος αναφέρθηκαν και οι κανονισμοί που ισχύουν και η συνεχής προσπάθεια βελτίωσής τους.

Έτσι προέκυψαν αρκετά χρήσιμα συμπεράσματα από αυτή την εργασία. Αρχικώς μπορούμε να πούμε πως το LNG είναι αποδεδειγμένα το φιλικότερο καύσιμο προς το περιβάλλον καθώς με τη χρήση του ως καύσιμο δεν εκπέμπονται SO_x, τα NO_x και το διοξείδιο του άνθρακα κατά μεγάλο ποσοστό όπως και ελάχιστα έως καθόλου αιωρούμενα σωματίδια (PM). Ακόμη η εξάπλωσή του είναι παγκόσμια και όλο και περισσότερες εταιρίες στρέφονται προς τη χρήση του και αρκετές χώρες έχουν ευαισθητοποιηθεί επενδύοντας τα κεφάλαιά τους με οδηγό το LNG.

Επίσης η προμήθεια του είναι εύκολη καθώς το φυσικό αέριο βρίσκεται σε αφθονία με πολλές πηγές οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν. Επιπλέον έχει σταθερότερη τιμολόγηση από ότι το πετρέλαιο, γεγονός που το καθιστά όλο και περισσότερο επιθυμητό. Επιπροσθέτως, η μεγαλύτερη εξαγωγή του πετρελαίου γίνεται από χώρες με ιδιαίτερες αναταραχές με άμεσες επιδράσεις στην τιμολόγησή του.

Όμως επειδή ο στόλος των πλοίων όλο και θα αυξάνεται με την προσθήκη νεότευκτων πλοίων όπως και άλλα που υφίστανται μετατροπή στον εξοπλισμό τους, θα πρέπει να υπάρξει σωστός και αποδοτικός προγραμματισμός καθώς θα προκύψουν μεγάλες ανάγκες στα τεμαχικά του LNG και σαφώς με μεγαλύτερους κινδύνους λόγω του κύκλου εργασιών. Ακόμη θα πρέπει να υπάρξει περισσότερη εμβάθυνση στους κανονισμούς για το LNG ως καύσιμο από τους υπεύθυνους Οργανισμούς, καθώς και η επιβολή αυστηρών προστίμων σε περιπτώσεις που δεν ικανοποιούνται αυτοί από τους εκάστοτε κανονισμούς. Επίσης θα πρέπει να δοθούν και περισσότερα κίνητρα από περισσότερες χώρες και λιμένες έτσι ώστε να υπάρχει πολύ μεγαλύτερη χρήση του στη Ναυτιλία εφόσον η περιβαλλοντική του συνεισφορά στην ανθρώπινη ζωή αλλά και γενικότερα στην υγεία του οικοσυστήματος είναι θετική.

Ακόμη περισσότεροι Νηογνώμονες μπορούν να ακολουθήσουν το παράδειγμα του DNV-GL ο οποίος διενεργεί επιστημονικές έρευνες σχετικά με το LNG, προβάλλει τα αποτελέσματά τους παγκοσμίως, έχοντας έτσι καλύτερα και πληρέστερα αποτελέσματα για όλα τα ζητήματα που αφορούν το LNG.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. DNV-GL. *MARITIME IN FOCUS-LNG AS SHIP FUEL, Latest developments and projects in the LNG industry, 1*. 2015.
2. IPCC. 2007.
3. Nishatabbas Rehmatulla, Tristan Smith. Barriers to energy efficient and low carbon shipping. *Ocean Engineering 110*. 2015, Vol. 110, pp. 102-112.
4. Anderson, K. Bows, A., Beyond "dangerous" climate change: emission scenarios for a new world. *Philos. Trans. R. Soc. A 369*.2011, pp. 20-44.
5. *Second IMO GHG study-update of the 2000 IMO GHG study*. al., Buhaug. et. 2009.
6. MARITIME CYPRUS. [Ηλεκτρονικό] <https://maritimecyprus.com/2014/12/08/north-american-and-caribbean-emissions-control-area-eca-update/>.
7. V. Kosmas, M. Acciaro. Bunker levy schemes for greenhouse gas (GHG) emission reduction in international shipping. *Transportation Research Part D*. 2017, Vol. Part D, 57, pp. 195-206.
8. Ahmed. M Salem, Mohamed M Elgohary, Ibrahim S Seediek. Overview of alternative fuels with emphasis on the potential of LNG as future marine fuel. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M:Journal of Engineering for the Maritime Environment* . 2014, Vol. 229,4, pp. 365-375
9. *Third IMO GHG Study*. Λονδίνο : IMO, 2014.
10. *Second IMO GHG* . Λονδίνο : IMO, 2009.
11. ΔΕΠΙΑ (ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΑΕΡΙΟΥ). [Ηλεκτρονικό] www.depa.gr.
12. *IGU WORLD LNG REPORT*. Barcelona : IGU, 2017.
13. ΔΕΣΦΑ. [Ηλεκτρονικό] www.desfa.gr.
14. A. Bernatik, P. Senovsky, M. Pitt. LNG as a potential alternative fuel - Safety and security of storage facilities. *Journal Loss Prevention in the Process Industries* . 2011, Vol. 24, pp. 19-24.
15. M., Kolwzan K and Narewski. Study on alternative fuels for marine applications . *Clean Ship 1*. 2012, pp. 1-43.
16. *LNG as a Marine Fuel*. Adamchak F., Adede A. Houston : s.n., 2013. 17th International Conference and Exhibition on Liquefied Natural Gas.
17. ABS. *Bunkering of Liquefied Natural Gas-Fuelled Marine Vessels in North America 2nd Edition*. ABS. US : s.n., 2015.
18. Marlene Calderon, Diana ILLING, Jaime Veiga. Facilities for bunkering of liquified natural gas in ports. *Transportation Research Procedia*.. 2016, Vol. 14, pp. 2431-2440.

19. Agency, International Energy.
20. David W. Johnson, John B. Cornwell. Modeling the release, spreading, and burning of LNG, LPG, and gasoline on water. *Journal of Hazardous Materials* 140. 2007. pp 535-540.
21. Nishatabbas Rehmatulla, Sophia Parker, Tristan Smith, Victoria Stulgis. Wind technologies: Opportunities and barriers to a low carbon shipping industry. *Marine Policy*. Vol. 75. 2017. pp 217-226.
22. Yoo, Beyong-Yong. Economic assesment of liquefied natural gas (LNG) as a marine fuel for CO2 carriers compared to marine gas oil (MGO). *Energy* . Vol. 121, C, 2017, pp. 772-780.
23. WPCI. *LNG*.
24. *Science journal of Energy Engineering*. October 2015, Vol. 3.
25. [Ηλεκτρονικό] www.ief.org.
26. [Ηλεκτρονικό] http://www.ibc-asia.com/system/files/speaker_presentations/Manon_Poten%20%26%20Partners%2C%20LNG%20fuelled%20fleet%2C%20IBC%20LNG%20Bunkering%20Conference%2C%20Singapore%20July%202017.pdf.
27. [Ηλεκτρονικό] http://www.ibc-asia.com/system/files/speaker_presentations/Manon_Poten%20%26%20Partners%2C%20LNG%20fuelled%20fleet%2C%20IBC%20LNG%20Bunkering%20Conference%2C%20Singapore%20July%202017.pdf.
28. [Ηλεκτρονικό] Πηγή: http://www.anave.es/images/seguridad/marintek-Ing_fuelled_ships_norwegian_experience-nov_09.pdf.
29. [Ηλεκτρονικό] Πηγή: http://www.anave.es/images/seguridad/marintek-Ing_fuelled_ships_norwegian_experience-nov_09.pdf.
30. [Ηλεκτρονικό] www.entsogeu.eu.
31. [Ηλεκτρονικό] <https://www.hydrocarbons-technology.com/projects/snohvit-Ing/>.
32. GAS TRADE. [Ηλεκτρονικό] <http://www.gastrade.gr/%CE%B1%CF%83%CF%86%CE%B1-%CE%B1%CE%BB%CE%B5%CE%BE%CE%B1%CE%BD%CE%B4%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B7%CF%83/%CF%87%CF%89%CF%81%CE%BF%CE%B8%CE%AD%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%85.aspx>.
33. Lloyd's List Intelligence. [Ηλεκτρονικό] <https://www.lloydslistintelligence.com>.
34. [Ηλεκτρονικό] www.ingworldnews.com.
35. [Ηλεκτρονικό] www.2b1stconsulting.com/Ing-train.
36. [Ηλεκτρονικό] cryonor.com/Ing-liquefaction-plants.

37. [Ηλεκτρονικό] www.oilprice.com/Energy/Natural-Gas.
38. Rotterdam, Port of. [Ηλεκτρονικό] <https://www.portofrotterdam.com/en/cargo-industry/lng-liquefied-natural-gas/lng-as-a-fuel-for-vessels-and-trucks>.
39. Η.Π.Α, Υπηρεσία Περιβάλλοντος. *Κατάλογος των Εκπεμπόμενων Ρυπαντών στον Αέρα*. 1986.
40. IPCC. 2007.