

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**



**ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

**«Παγκόσμια Αγορά Ενέργειας και διαμόρφωση Αγοράς ΥΦΑ(LNG).  
Με έμφαση στη χρήση ως Ναυτιλιακού καυσίμου»**

**Διπλωματική Εργασία**

Συγγραφέας: Γρηγορίου Κωνσταντίνος

Επιβλέπων: Λυρίδης Δημήτρης

ΑΘΗΝΑ  
Μάρτιος 2015

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Σελίδα

<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ</b> .....	2
<b>ΣΧΗΜΑΤΑ</b> .....	4
<b>ΠΙΝΑΚΕΣ</b> .....	4
<b>ΕΙΚΟΝΕΣ</b> .....	4
<b>Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	6
<b>Κεφάλαιο 2. Παγκόσμια Αγορά Ενέργειας και ΦΑ</b> .....	8
2.1. Επισκόπηση της Παγκόσμιας Ενεργειακής Γεωγραφίας ....	8
2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την Παγκόσμια Αγορά Ενέργειας και την Αγορά ΦΑ και LNG ....	10
2.3. Εμπορία ΦΑ και LNG .....	16
2.4. Παγκόσμια διακίνηση LNG.....	18
2.5. Σύγκριση κόστους μεταφοράς ΦΑ .....	19
2.6. Χώρες- Μεγάλοι Εισαγωγείς LNG ...	21
2.7. Οι ΗΠΑ και οι εξαγωγές LNG .....	22
<b>Κεφάλαιο 3. ΦΑ και LNG</b> .....	24
3.1. LNG. Γενικά στοιχεία .....	24
3.2. Ενεργειακή πυκνότητα και άλλες φυσικές ιδιότητες .....	25
3.3. Ποιότητα του ΦΑ και του LNG .....	26
3.4. Τιμές Φυσικού Αερίου .....	28
-3.4.1. Τιμές που αναφέρονται στο σημείο πώλησης .....	29
-3.4.2. Τιμές που αναφέρονται στον χρόνο παράδοσης του ΦΑ..	30
3.5. Τύποι υπολογισμού της τιμής και τιμολόγηση LNG.. ....	31
3.6. Αναθεωρήσεις των τιμών.....	32
3.7. Αποθήκευση ΦΑ.....	33
3.8. Περιβάλλον και ΦΑ .....	36
<b>Κεφάλαιο 4. LNG και Ναυτιλία</b> .....	38
4.1. Διεθνείς κανονισμοί για τα καύσιμα ναυτιλίας .....	38
4.2. Ζητήματα που καλούνται να επιλυθούν με τις αλλαγές των Προδιαγραφών .....	39
4.3. Το LNG σαν καύσιμο στην ναυτιλία.....	42
4.4. Συστήματα καθαρισμού (Scrubbers).....	43
4.5. Ευαισθησία ως προς την αλλαγή του spread των τιμών των Καυσίμων .....	46
4.6. Σύγκριση εναλλακτικών λύσεων για τη ναυτιλία .....	48
4.7. Τεχνικά χαρακτηριστικά των LNG fuelled πλοίων .....	54
4.7.1 Καταναλώσεις-Αυτονομία-μέγεθος δεξαμενών .....	54
4.7.2 Δεξαμενές LNG .....	55
4.7.3. Sloshing .....	58
4.7.4. Cargo space lost/tank location .....	60
4.8. Πρόβλεψη της πορείας του LNG σαν καύσιμο ναυτιλίας .....	62
4.9. Εκτιμήσεις για την εξέλιξη του bunkering με LNG.....	65
4.9.2. Προοπτική διείσδυσης του LNG στα καύσιμα εφοδιασμού των πλοίων στην Ελλάδα .....	68

4.10. Σύγκριση μεταξύ LNG fuelled containerships και Εγκατάσταση scrubber στα πλοία αυτά.....	76
4.11. Το κόστος εγκατάστασης των δεξαμενών LNG και η τιμή του LNG ..	80
4.12. LNG και ακτοπλοΐα. Ελληνικό ενδιαφέρον και προτάσεις για τις υποδομές ..	82
4.13. Η Ελληνική ποντοπόρος ναυτιλία και η κυριαρχία στα LNG carriers.....	83
4.14. Παγκόσμιος στόλος LNG carriers και αντιμετώπιση της ζήτησης μεταφορών.	85
<b>Κεφάλαιο 5. Μελλοντική πορεία των τιμών ΦΑ και Μοντελοποίηση της τιμής του</b> .....	87
5.1. Η σημερινή και η μελλοντική πορεία του LNG στις αγορές .	87
5.2. Μελλοντική πορεία αγορών και Ανάλυση.....	88
5.3. Επίδραση στις τιμές του φυσικού αερίου λόγω της αύξησης του κόστους παραγωγής ..	90
5.4. Μοντελοποίηση της τιμής του LNG.....	94
5.5.Πρόβλεψη της τιμής. Παρατηρήσεις-Παραδοχές.....	100
<b>Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα - Προτάσεις για Διπλωματική</b> .....	102
<b>Ορισμοί και μετατροπές μονάδων</b> .....	105
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	107

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1 Μεταβολή της εβδομαδιαίας spot τιμής ΦΑ .....	9
Διάγραμμα 2 Απεικόνιση της παραγωγής σχιστολιθικού αερίου και του ποσοστού του στο σύνολο της παραγωγής ΦΑ με την πάροδο των χρόνων .....	13
Διάγραμμα 3. Σύγκριση κόστους μεταφοράς Φυσικού αερίου σε σχέση με την απόσταση .....	20
Διάγραμμα 4. Θεωρητική κλίση της τιμής σε σύμβαση LNG .....	33
Διάγραμμα 5. Πίνακας που απεικονίζει τη σχέση τιμών και του όγκου του αποθηκευμένου αερίου στις ΗΠΑ .....	35
Διάγραμμα 6. Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής των προδιαγραφών για τα καυσίμα ναυτιλίας σε Θείο από το παράρτημα VI της MARPOL DNV .....	38
Διάγραμμα 7. Απεικονίζεται η σχέση μεταξύ της αύξησης του spread των τιμών HFO και MGO και του ποσοστού του που δαπανά το πλοίο εντός ECA, όπως και σε ποιά περιοχή συμφέρει η εγκατάσταση scrubber αντί της χρήσης MGO χαμηλής περιεκτικότητας σε Θείο ..	45
Διάγραμμα 8. Η διαφορά (spread) τιμής του 1ου τριμήνου του 2013(Q1 -13) μεταξύ του Gasoil και του LNG δείχνει το LNG να είναι η οικονομικότερη λύση .....	49

Διάγραμμα 9 Τιμές ΦΑ , FO 1%,Gasoil 0.1 και 14,5% Brent, Jan 2007-2013 .....	53
Διάγραμμα 10 Καταναλώσεις m <sup>3</sup> LNG/day σε σχ.....	55
Διάγραμμα 11 Χώρος που χρειάζεται ο κάθε τύπος.....	56
Διάγραμμα 12 Διακίνηση του συνόλου των καυσίμων εφοδιασμού πλοίων, δηλαδή ποντοπόρας ναυτιλίας και ακτοπλοΐας στην Ελλάδα σε ΚΤ.....	70
Διάγραμμα 13 Διακίνηση καυσίμων εφοδιασμού πλοίων για την ακτοπλοΐα στην Ελλάδα σε ΚΤ.....	71
Διάγραμμα 14 Διακίνηση καυσίμων εφοδιασμού πλοίων για την Ποντοπόρα Ναυτιλία στην Ελλάδα σε ΚΤ.....	72
Διάγραμμα 15 Πρόβλεψη διακίνησης καυσίμων εφοδιασμού πλοίων μετά την εισαγωγή του LNG.....	74
Διάγραμμα 16 Πρόβλεψη τιμών Αργού σε USD/bbl. Παγκόσμια Τράπεζα Οκτ. 2014 .....	75
Διάγραμμα 17 Πρόβλεψη τιμών για το αργό, το ΦΑ στην Ευρώπη, το ΦΑ- LNG στην Ιαπωνία σε USD/MMbtu.....	76
Διάγραμμα 18 Περίοδος αποπληρωμής για σύστημα LNG (αρχής γενομένης από το 2015 .....	77
Διάγραμμα 19 Περίοδος αποπληρωμής για containership 2500 TEU (αρχής γενομένης από το 2015).....	77
Διάγραμμα 20 Περίοδος αποπληρωμής για σύστημα LNG σε σχέση με το spread της τιμής μεταξύ (LNG-HFO) (αρχής γενομένης από το 2015).....	78
Διάγραμμα 21 Περίοδος αποπληρωμής για containership 2500 TEU σε σχέση με το spread της τιμής LNG-HFO και με περίοδο εντός ζωνών ECA 65% (αρχής γενομένης από το 2015) ... ..	78
Διάγραμμα 22 Περίοδος αποπληρωμής σε σχέση με το ποσοστό του χρόνου που δαπανάται εντός ζώνης ECA .....	79
Διάγραμμα 23 Απεικόνιση του χρόνου αποπληρωμής για πλοίο 2.500 TEU σε σχέση με το χρόνο εντός ζωνών ECA.	79
Διάγραμμα 24 Απεικόνιση του χρόνου αποπληρωμής για πλοίο 4.600 TEU σε σχέση με το χρόνο εντός ζωνών ECA	80
Διάγραμμα 25 Απεικόνιση του χρόνου αποπληρωμής για πλοίο 14.000 TEU σε σχέση με το χρόνο εντός ζωνών ECA	80
Διάγραμμα 26 Εξέλιξη του στόλου που χρησιμοποιεί LNG για καύσιμο .....	86
Διάγραμμα 27 Η Παγκόσμια Ζήτηση LNG και οι προβλέψεις μέχρι το 2030 .....	89
Διάγραμμα 28 Η τιμή του LNG αντιδρά ανοδικά στις παγκόσμιες Κρίσεις .....	90
Διάγραμμα 29 Η μεταβολή της τιμής του ΦΑ σε πέντε μεγάλες καταναλώτριες χώρες .....	91
Διάγραμμα 30 Ετήσια μέση τιμή Spot Henry Hub, 1990-2040, σε δολάρια 2011 ανά εκατ. Btu .....	91

Διάγραμμα 31	Λόγος της τιμής Brent προς την τιμή Spot Henry Hub με βάση την ενεργειακή ισοδυναμία, 1990- 2040 ...	92
Διάγραμμα 32	Ετήσια μέση spot τιμή του Henry Hub σε 5 περιπτώσεις σε δολάρια του 2011 ανά εκατ. Btu, 1990-2040 .....	92
Διάγραμμα 33	Συνολική παραγωγή, κατανάλωση και οι καθαρές εισαγωγές ΦΑ των ΗΠΑ, (τρεις cf), 1990 - 2040 .....	93
Διάγραμμα 34	Συνολική ετήσια παραγωγή των ΗΠΑ σε 3 περιπτώσεις τιμών αργού, 1990-2040(σε τρεις btu/a)...	93
Διάγραμμα 35	Αποκλίσεις των προβλεπόμενων τιμών με τις πραγματικές .....	98
Διάγραμμα 36	Τιμές αργού WTI και ΦΑ Henry Hub την περίοδο 1989-2006 σε τιμές αργού \$/Bbl και του ΦΑ σε\$/MMBtu .....	99
Διάγραμμα 37	Τιμές αργού WTI και ΦΑ Henry Hub την περίοδο 1986-2012 με βάση την ενεργειακή ισοδυναμία (Oil Parity) σε \$/mmBtu .....	100
Διάγραμμα 38	Πρόβλεψη της μακροπρόθεσμης πορείας της τιμής στην Ευρώπη ως το 2040 .....	101

## ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.	Υπάρχουσες και πιθανές στο μέλλον περιοχές ελέγχου εκπομπών Emission Control Areas (ECAs) όπως και μεγάλοι σταθμοί ανεφοδιασμού πλοίων ανά το κόσμο...	40
Σχήμα 2	Οι τιμές Μαρτίου 2013 του LNG, σε διάφορες περιοχές του κόσμου όπου γίνεται εμπορία μεγάλων όγκων ΦΑ ...	48
Σχήμα 3.	Απεικόνιση της συχνότητας των διαδρομών των πλοίων στον παγκόσμιο χάρτη (Αντίστοιχοι οι χρωματισμοί με το πλήθος των δρομολογίων .....	65
Σχήμα 4.	Μοντέλα φόρμουλας της τιμής ΦΑ για τις ΗΠΑ και την Ευρώπη [Sergei Komlev 2011] .....	96

## ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.	Απεικόνιση του κόστους για τη μετατροπή διαφόρων τύπων πλοίων σε χρήση καυσίμου LNG .....	41
Πίνακας 2	Διαθέσιμη ισχύς σε σχέση με τη κατανάλωση καθώς και αυτονομία για συγκεκριμένα μεγέθη δεξαμενών .....	54
Πίνακας 3	Χαρακτηριστικά δεξαμενών .....	57

Πίνακας 4. Οι κύριες διαδρομές, παγκόσμια, σε σχέση με το είδος του πλοίου .....	63
Πίνακας 5 Διακίνηση του συνόλου των καυσίμων εφοδιασμού πλοίων, δηλαδή ποντοπόρας ναυτιλίας και ακτοπλοΐας στην Ελλάδα σε ΚΤ.....	70
Πίνακας 6 Διακίνηση καυσίμων εφοδιασμού πλοίων για την ακτοπλοΐα στην Ελλάδα σε ΚΤ .....	71
Πίνακας 7 Διακίνηση καυσίμων εφοδιασμού πλοίων για την Ποντοπόρα Ναυτιλία στην Ελλάδα σε ΚΤ .....	72
Πίνακας 8 Πρόβλεψη διακίνησης καυσίμων εφοδιασμού πλοίων μετά την εισαγωγή του LNG .....	74

## **ΕΙΚΟΝΕΣ**

Εικόνα 1. Βραχίονες τροφοδοσίας πλοίου με LNG (Loading Arm) ..	42
Εικόνα 2. Εικονική αναπαράσταση τροφοδοσίας πλοίου με LNG.....	66

## Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη για καύσιμα πιο φιλικά στο περιβάλλον και η μείωση της περιεκτικότητας σε θείο στα καύσιμα όπως και τα συγκριτικά πολύ μεγαλύτερα αποθέματα Φυσικού Αερίου (ΦΑ) από το αργό, έφεραν την επιταχυνόμενη αύξηση της κατανάλωσής του στην παγκόσμια οικονομία.

Το φυσικό αέριο είναι το ορυκτό καύσιμο με την πιο “καθαρή” καύση. Παράγει μηδενικούς ρύπους από θείο (S) και σχεδόν μηδενικά οξειδία του αζώτου (NOx). Η καύση φυσικού αερίου εκπέμπει ταυτόχρονα σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από ότι παράγει η χρήση του άνθρακα ή των πετρελαοειδών. Όταν δε χρησιμοποιείται σε σύγχρονα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, συνδυασμένου κύκλου, εκπέμπεται λιγότερο από το μισό CO<sub>2</sub> απότι στην καύση άνθρακα , ανά μονάδα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Το υγροποιημένο ΦΑ (LNG) αρχίζει σταδιακά να αυξάνει το μερίδιό του στην αγορά ενέργειας, λόγω της μεγάλης συμπύκνωσής του (1 M<sup>3</sup> LNG αντιστοιχεί σε περίπου 620 M<sup>3</sup> σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας), παρά την πολύ χαμηλή του θερμοκρασία -162 °C που απαιτεί ειδικές συνθήκες (κρυογενικές) για τη διακίνηση και την αποθήκευσή του.

Στις ΗΠΑ ήδη το LNG χρησιμοποιείται σαν καύσιμο σε βαρέα οχήματα και φορτηγά αλλά και σε τραίνα. Στις ΗΠΑ το 2012 λειτουργούσαν 18 σταθμοί ανεφοδιασμού με LNG στο οδικό δίκτυο, εκ των οποίων οι 14 στην Καλιφόρνια. Η Clean Energy σχεδίαζε να ανοίξει άλλους 70 σταθμούς το 2012, ενώ ήταν προγραμματισμένοι άλλοι 80 για το 2013. Έχουν δημιουργηθεί παράλληλα και πρατήρια για τον εφοδιασμό με CNG (Compressed Natural Gas) που μεταφράζεται στο 1/3 του όγκου του LNG σε κανονικές συνθήκες. Ήδη η HONDA με το μοντέλο επιβατικού, Honda Civic GX που μετονομάστηκε σε, NG, προσφέρει στην αγορά των ΗΠΑ αυτοκίνητο, που χρησιμοποιεί σαν καύσιμο το CNG. Παράλληλα υπάρχουν μικρές μονάδες υγροποίησης και αεροποίησης ΦΑ που βοηθούν στο ομαλότερο εφοδιασμό των οχημάτων, χρησιμοποιώντας και το πυκνό δίκτυο αγωγών ΦΑ και αξιοποιώντας την μεγάλη διαφορά στην τιμή του ΦΑ σε σχέση με τη βενζίνη.

Η μεγένθυση της χρήσης ΦΑ στις ΗΠΑ εξηγείται από την ανακάλυψη και εκμετάλλευση μεγάλων κοιτασμάτων σχιστολιθικού αερίου (Shale gas), που οδηγούν τις ΗΠΑ στην υπερκάλυψη των αναγκών τους σε υδρογονάνθρακες, σε τρόπο ώστε να μετατραπούν σταδιακά από εισαγωγό χώρα σε εξαγωγό, με κυριότερο προϊόν το LNG. Το γεγονός αυτό έχει ρίξει σε εξαιρετικά χαμηλά

επίπεδα την τιμή του ΦΑ κάνοντας το LNG ακόμη δελεαστικότερο. Ήδη γίνονται προσπάθειες για την προώθησή του στην ναυτιλία με την δημιουργία σταθμού ανεφοδιασμού LNG για bunker.

Από την άλλη πλευρά οι κανονισμοί για την ναυτιλία αλλάζουν στην κατεύθυνση μείωσης των εκπομπών, κύρια διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>), με την πρόβλεψη του IMO για τις χώρες της ECA (Emission Control Areas), δηλαδή την Βαλτική, την Βόρεια Θάλασσα, τις χώρες της Βόρειας Αμερικής και της Καραϊβικής, από το 2015 να πέσει η περιεκτικότητα των καυσίμων των ναυτιλίας, στο 0,1 % max θείο. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει αντί για FO(Fuel Oil) να χρησιμοποιηθεί Gasoil 0.1 που είναι αρκετά ακριβότερο ή θα πρέπει να εγκαταστήσουν στα πλοία scrubbers, ένα μικρό χημικό εργαστάσιο, ώστε να καλυφθούν ως προ τις προδιαγραφές, το οποίο και κόστος έχει, από 1-2 εκατ. USD και τεχνικά προβλήματα θα αντιμετωπίζονται στη χρήση τους.

Όμως και το Fuel Oil 3.5% S αναμένεται να αντικατασταθεί στη παγκόσμια ναυτιλία από το 2020 ή το αργότερο το 2025, κάτι που θα οριστικοποιηθεί το 2018, από καύσιμο με max 0,5 % θείο, που σημαίνει πάλι πιθανά θα χρησιμοποιηθεί Gasoil 0.5 το οποίο όμως αυτή τη στιγμή δεν παράγεται και η τιμή του σε κάθε περίπτωση θα είναι σημαντικά υψηλότερη από το LNG ή πάλι θα αντιμετωπισθεί με εγκατάσταση scrubbers στα πλοία.

Άλλωστε υπάρχει και η τάση, η οποία με την πάροδο του χρόνου θα εντείνεται, τα διυλιστήρια να παράγουν προϊόντα με μεγαλύτερη προστιθέμενη αξία και να αξιοποιούν το μαζούτ για παραγωγή ελαφρύτερων προϊόντων, κύρια diesel και βενζίνες. Τα απλά διυλιστήρια topping και hydroskimming που παράγουν μαζούτ είναι αντισυμβατικά και σταδιακά σταματάει η λειτουργία τους σε όφελος των καθετοποιημένων διυλιστηρίων που δεν παράγουν μαζούτ.



## Κεφάλαιο 2. Παγκόσμια Αγορά Ενέργειας και ΦΑ

### 2.1. Επισκόπηση της Παγκόσμιας Ενεργειακής Γεωγραφίας

Προκειμένου να υπάρξει μια καθαρότερη εικόνα για την εξέλιξη της τιμής του ΦΑ και του LNG είναι αναγκαία η επισκόπηση της παγκόσμιας αγοράς ενέργειας, μια και οι υπόλοιπες μορφές ενέργειας είναι ανταγωνιστικές και συμπληρωματικές στην κατανάλωση ενέργειας. Είναι χρήσιμο λοιπόν να υπάρξει μια εικόνα για τα παγκόσμια αποθέματα, την παραγωγή και την κατανάλωση, τη γεωγραφική τους κατανομή, μια κι αυτή καθορίζει την ανάγκη μεταφοράς, όπως και την εξέλιξη αν είναι δυνατόν στην κατανάλωση, την παραγωγή ή και τα αποθέματα.

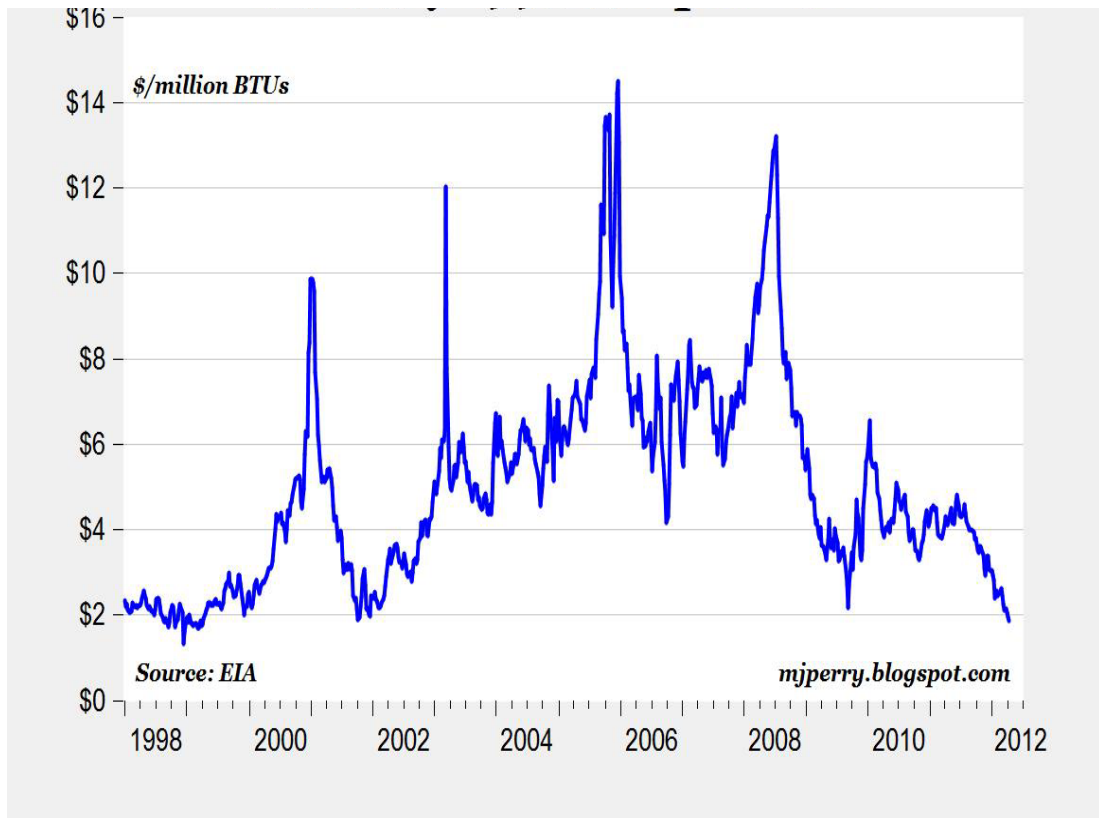
Στο έτος του 2012, απ' όπου αντλούνται τα στοιχεία υπήρξε μια επιβράδυνση του ρυθμού αύξησης στη κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, εν μέρει ως αποτέλεσμα της επιβράδυνσης της οικονομικής δραστηριότητας, αλλά και επειδή η κοινωνία και οι επιχειρήσεις αντέδρασαν στις υψηλές τιμές, με την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας. Ταυτόχρονα, φαίνεται ότι η παραγωγή της ενέργειας προέρχεται από μια αυξανόμενη ποικιλομορφία πηγών, καθώς συνεχίζεται η προσπάθεια της αγοράς ενέργειας να προσαρμοστεί, να καινοτομεί και να εξελίσσεται [Bp- Statistical Review of World Energy-2013][1].

Η Βραζιλία, η Κίνα, η ΕΕ, η Ινδία, η Ιαπωνία, η Ρωσία και οι ΗΠΑ είχαν αυξήσεις της ενεργειακής κατανάλωσης κάτω του μέσου όρου, ενώ και η αύξηση της κατανάλωσης, όλων των μορφών ενέργειας, από ορυκτά καύσιμα, ήταν κάτω του μέσου όρου.

Από την πλευρά της προσφοράς, το πιο αξιοσημείωτο φαινόμενο παραμένει η αμερικανική "επανάσταση" του σχιστολιθικού ΦΑ (Shale Gas). Το 2012, οι ΗΠΑ κατέγραψαν τις μεγαλύτερες αυξήσεις στην παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου στον κόσμο και είχαν τη μεγαλύτερη ανάκτηση της παραγωγής πετρελαίου στην ιστορία τους, όπως και μεγάλες επιπτώσεις στη τιμή του ΦΑ, όπως φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.

Οι διακοπές στην παραγωγή πετρελαίου στην Αφρική και σε τμήματα της Μέσης Ανατολής, για δεύτερη χρονιά, αντισταθμίστηκαν από την αύξηση της παραγωγής από τους παραγωγούς του ΟΠΕΚ. Η παραγωγή της Λιβύης ανέκαμψε σημαντικά μετά την απότομη πτώση της παραγωγής το 2011 ενώ η Σαουδική Αραβία, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, το Κατάρ αύξησαν την

παραγωγή τους σε επίπεδα ρεκόρ. Ωστόσο, παρά την αύξηση της προσφοράς, οι τιμές του πετρελαίου έφτασαν σε υψηλή τιμή.



Διάγραμμα 1 Μεταβολή της εβδομαδιαίας spot τιμής ΦΑ[Mark J. Perry -2012] [33].

Η τιμή τον Απρίλιο του 2012 έπεσε κάτω από 2\$ εκατ BTU, στα \$1.87 εκατ BTU

Ο άνθρακας παρέμεινε, το 2012, σαν η ταχύτερα αναπτυσσόμενη παραγωγή ορυκτού καυσίμου, με την Κίνα να καταναλώνει το μισό του παγκόσμιου παραγόμενου άνθρακα για πρώτη φορά - αλλά ήταν επίσης και το ορυκτό καύσιμο που είδε το ασθενέστερο ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με το ιστορικό μέσο όρο του.

Μολονότι το φυσικό αέριο αυξήθηκε σε ρυθμό κάτω του μέσου όρου, ήταν το μόνο ορυκτό καύσιμο που είχε επιταχυνόμενη αύξηση της κατανάλωσης το 2012. Το φθηνότερο φυσικό αέριο ανταγωνίστηκε έντονα τον άνθρακα στη Βόρεια Αμερική, αντικαθιστώντας τον στα αποθέματα ενέργειας.

Τα υδροηλεκτρικά και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανταγωνίστηκαν επίσης έντονα τον άνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ η παραγωγή από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αυξήθηκε κατά 15% αντικαθιστώντας άλλα καύσιμα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ωστόσο, στην Ευρώπη, όπου το φυσικό αέριο ήταν πιο ακριβό, ο άνθρακας ήταν συχνά το καύσιμο επιλογής για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ τα δεξαμενόπλοια LNG που τροφοδοτούν την Ευρώπη στράφηκαν προς την Ασία όπου οι ανάγκες σε ΦΑ ήταν πολύ μεγαλύτερες. Η Ευρώπη σημειωτέον, τροφοδοτείται με ΦΑ από μεγάλο δίκτυο αγωγών από την Ρωσία αλλά και την Αλγερία.

Η παγκόσμια παραγωγή πυρηνικής ενέργειας είχε τη μεγαλύτερη πτώση από ποτέ, με την ιαπωνική παραγωγή να μειώνεται κατά σχεδόν 90 %, σαν αποτέλεσμα της τραγωδίας στη Φουκουσίμα, όπως θα αναφερθούμε παρακάτω. Η μείωση της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας στην Ιαπωνία, αντισταθμίστηκε με εισαγωγές και χρήση ορυκτών καυσίμων κυρίως άνθρακα.

Σε κάθε περίπτωση η εξέλιξη της τεχνολογίας σε όλους τους τομείς παραγωγής ενέργειας, η ευελιξία της παγκόσμιας αγοράς ενέργειας στο να ανταποκρίνεται στις αλλαγές αλλά και οι νέες καινοτόμες προσεγγίσεις στη κατανάλωση αλλά και στην παραγωγή, δίνουν απάντηση στις αυξανόμενες ανάγκες αλλά και στις απόρροπες και απότομες αλλαγές στο ενεργειακό τοπίο.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στη βιομηχανία ενέργειας συμβαδίζει με την αξιοποίηση και την παραγωγή από διάφορες μορφές της ενέργειας ώστε να αντιμετωπίζεται η αυξανόμενη ζήτηση, με ασφάλεια και με βιώσιμο τρόπο, δεν παύει όμως η επιβάρυνση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής να πιέζει για πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και χρήσεις μορφών που παράγουν λιγότερα αέρια του θερμοκηπίου.

## **2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την Παγκόσμια Αγορά Ενέργειας και την Αγορά ΦΑ και LNG**

Η πρόοδος της τεχνολογίας, τα οικονομικά δεδομένα αλλά και οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αγορά ενέργειας μακροπρόθεσμα και επακόλουθα τη παραγωγή, τη χρήση αλλά και την τιμή του ΦΑ.

Η δυνατότητα για την αξιοποίηση μεγάλων κοιτασμάτων ΦΑ που βρίσκονται, είτε σε μεγάλα βάθη στη θάλασσα ή σε δυσπρόσιτες περιοχές του πλανήτη, είτε η

αξιοποίηση ΦΑ παγιδευμένου σε σχιστολιθικούς σχηματισμούς, είτε πιθανά στους υδρίτες(gas hydrates) που βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στους πυθμένες των θαλασσών, όπου είναι ευνοϊκές οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας (4° βαθμοί Κελσίου και πάνω από 100 Ατμόσφαιρες πίεση). Η εκμετάλλευση των gas Hydrates, αντιμετωπίζει όμως ακόμη τεράστιες τεχνικές δυσκολίες και προς το παρόν βρίσκεται στο στάδιο ερευνητικών και δοκιμαστικών ερευνών. Η Ιαπωνία λόγω και της μεγάλης της εξάρτησης από τις εισαγωγές ΦΑ, φαίνεται να έχει κάνει αρκετή πρόοδο στο τομέα αυτό.

Επίσης επηρεάζουν τη χρήση και την τιμή του ΦΑ και επακόλουθα και του LNG παράγοντες όπως, η βελτίωση και η εξέλιξη της τεχνολογίας στην υγροποίηση και αεριοποίηση ΦΑ, η δημιουργία νέων σταθμών στο κόσμο, η αύξηση και η βελτίωση του στόλου των LNG Carriers αλλά και η χρήση νέων θαλάσσιων δρόμων, όπως πρόσφατα η χρήση του Βόρειου αρκτικού ωκεανού, συντομεύοντας το δρόμο από τη Νορβηγία μέσω του Βόρειου αρκτικού ωκεανού προς στην Ιαπωνία συντομεύοντας το ταξίδι κατά 3εβδομάδες ή η χρήση του καναλιού του Παναμά από τις ΗΠΑ για να συνδέσει την παραγωγή LNG του κόλπου του Μεξικού με τις αγορές της ανατολικής Ασίας με συντομότερο δρόμο.

Όμως και η αξιοποίηση άλλων μορφών ορυκτών καυσίμων με τη βελτίωση της απόδοσης των ενεργειακών σταθμών, όπου επιτυγχάνεται περισσότερη παραγωγή ενέργειας με την ίδια εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου ή οι μέθοδοι που αναπτύσσονται όπως πχ η εξαερίωση λιγνίτη ή λιθάνθρακα, αλλά και η εξέλιξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας(ΑΠΕ), στις οποίες η έρευνα η οποία εξελίσσεται τις κάνει σταδιακά περισσότερο οικονομικά συμφέρουσες, παράλληλα και με τους αυστηρότερους περιβαλλοντικούς περιορισμούς, που γίνονται προσπάθειες να επιβληθούν, επιδρούν δραστικά στα οικονομικά δεδομένα του ΦΑ.

Παρακάτω αναφέρομαι πιο διεξοδικά στο σχιστολιθικό φυσικό αέριο επειδή έχει επιδράσει σημαντικά την περίοδο αυτήν, με τις προοπτικές που ανοίγονται για την εκμετάλλευσή του, τις τιμές στις ΗΠΑ και όχι μόνο.

Το Σχιστολιθικό Φυσικό Αέριο είναι αέριο παγιδευμένο μέσα σε σχηματισμούς σχιστολιθικών πετρωμάτων. Σχιστόλιθοι είναι λεπτόκοκκα ιζηματογενή πετρώματα που σε αρκετές περιπτώσεις είναι πλούσιες πηγές πετρελαίου και φυσικού αερίου. Κατά την τελευταία δεκαετία , ο συνδυασμός της οριζόντιας γεώτρησης και της υδραυλικής ρηγμάτωσης(fracking), όπου ασκείται υδραυλική πίεση με νερό και με παράλληλη χρήση χημικών, επέτρεψε την απελευθέρωση μεγάλου όγκου σχιστολιθικού φυσικού αερίου, ενώ προηγούμενα ήταν αντισυμβατικό να παραχθεί. Η παραγωγή φυσικού αερίου με αυτόν το τρόπο έχει αλλάξει το τοπίο στην βιομηχανία φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες .

Στις Ηνωμένες Πολιτείες το 2011, περίπου το 95 % παράγονταν από την εγχώρια αγορά και ως εκ τούτου για τη προμήθεια φυσικού αερίου δεν εξαρτάται από εισαγωγές, όπως με τη προμήθεια του αργού πετρελαίου. Η διαθεσιμότητα μεγάλων ποσοτήτων σχιστολιθικού φυσικού αερίου θα επιτρέψει στις Ηνωμένες Πολιτείες να καταναλώνουν κατά κύριο λόγο παραγόμενο στις ΗΠΑ, ΦΑ, για πολλά χρόνια.

Από το Energy Outlook 2013[3] που δημοσίευσε το Energy Information Administration των ΗΠΑ φαίνεται, ότι η ετήσια παραγωγή ΦΑ στις ΗΠΑ θα αυξηθεί από 23,0 τρις cf το 2011 μέχρι 33,1 τρις cf το 2040 , μια αύξηση 44 %. Σχεδόν όλη αυτή η αύξηση της εγχώριας παραγωγής φυσικού αερίου οφείλεται στην προβλεπόμενη αύξηση στην παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου, η οποία θα αυξηθεί από 7,8 τρις cf το 2011 μέχρι 16,7 τρις cf το 2040.

Παρά το γεγονός ότι οι προοπτικές για την παραγωγή σχιστολιθικού αερίου είναι ενθαρρυντικές, υπάρχει ακόμη σημαντική αβεβαιότητα όσον αφορά το μέγεθος και τα οικονομικά αυτού του πόρου. Πολλοί σχιστολιθικοί σχηματισμοί είναι τόσο εκτεταμένοι και μόνο σ' ένα μικρό τμήμα τους έχει γίνει δοκιμαστική παραγωγή. Οι περισσότερες από τις γεωτρήσεις του φυσικού αερίου από σχιστόλιθο έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία λίγα χρόνια, έτσι δεν υπάρχει βεβαιότητα για τη μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα τους. Από την άλλη η μελλοντική ανάπτυξη των γεωτρήσεων και της τεχνολογίας ρηγμάτωσης, θα μπορούσε να αυξήσει σημαντικά την παραγωγικότητα καθώς και να μειώσει το κόστος παραγωγής [Ιωάννη Γατσιδά, της Θεοδώρας Νικολετοπούλου και του Κωνσταντίνου Στρατή - 2013][2].

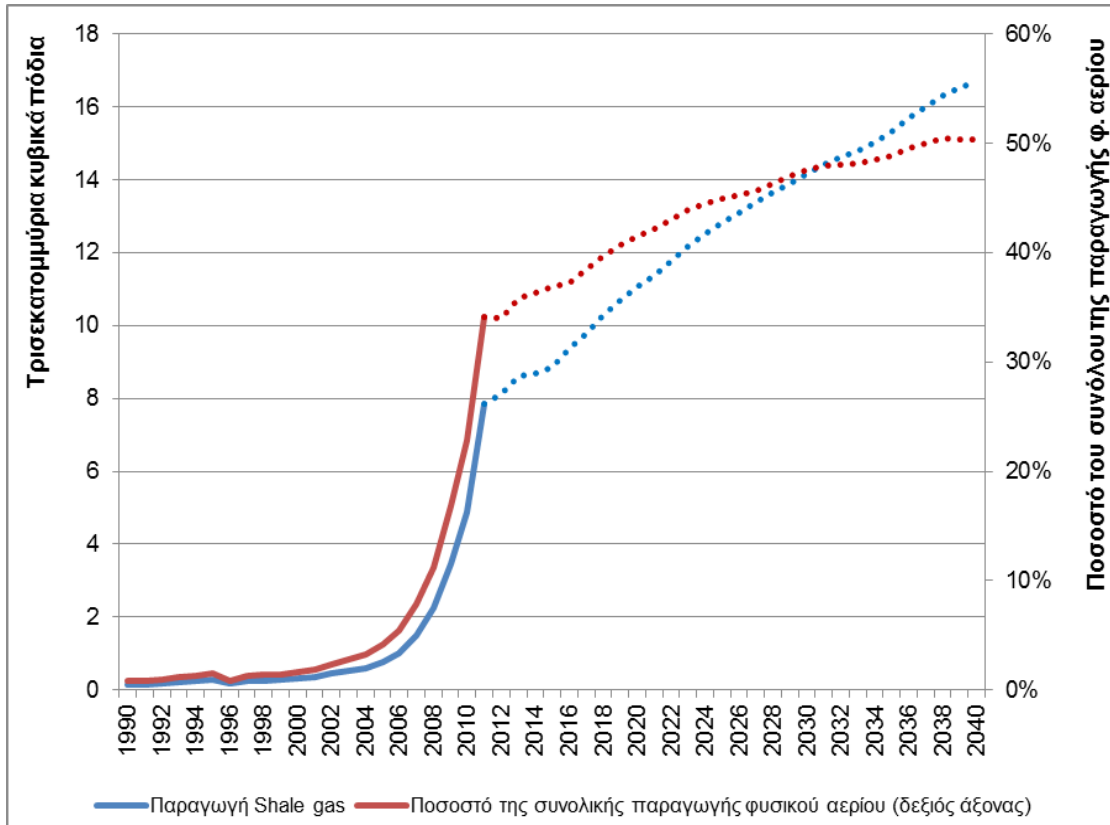
Ωστόσο, υπάρχουν και περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζονται από την παραγωγή του σχιστολιθικού φυσικού αερίου, όπως οι μεγάλες ποσότητες νερού που απαιτούνται για την υδραυλική ρηγμάτωση των γεωτρήσεων. Η σημαντική χρήση του νερού για την παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου μπορεί να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα του νερού για άλλες χρήσεις αλλά και να επηρεάσει μολύνοντας παράλληλα τους υδάτινους ταμιευτήρες .

Επίσης το υγρό που χρησιμοποιείται για την υδραυλική ρηγμάτωση περιέχει επικίνδυνες χημικές ουσίες που μπορεί να απελευθερωθούν στο περιβάλλον. Από τις διαρροές αυτές μπορεί να μολυνθούν οι γύρω περιοχές και να επηρεάσουν αρνητικά τη ζωή εκατομμυρίων ανθρώπων.

Τέλος παρατηρήθηκαν μικροσεισμοί στις περιοχές εκμετάλλευσης Shale gas που προκλήθηκαν από τις υδραυλικές μεθόδους ρηγμάτωσης των σχηματισμών.

Άλλος σημαντικός παράγοντας που επιδρά στη χρήση ΦΑ και αντίστοιχα επηρεάζει τις τιμές, είναι γεγονότα όπως το πυρηνικό ατύχημα στη Fukushima,

μετά το μεγάλο σεισμό και το καταστροφικό τσουνάμι το Μάρτιο του 2011. Αυτός ο παράγοντας είχε σαν αποτέλεσμα δύο σημαντικοί καταναλωτές ενέργειας, η



Διάγραμμα 2 Απεικόνιση της παραγωγής σχιστολιθικού αερίου και του ποσοστού του στο σύνολο της παραγωγής ΦΑ με την πάροδο των χρόνων [2]

Ιαπωνία και η Γερμανία να αποφασίσουν, η μεν Ιαπωνία, το άμεσο σταμάτημα των 54 αντιδραστήρων της για επανέλεγχο, αλλά και η Γερμανία να κλείσει άμεσα τους 8 από τους 17 πυρηνικούς αντιδραστήρες και να αποφασίσει το σταδιακό σταμάτημα της λειτουργίας των υπολοίπων πυρηνικών σταθμών μέχρι το 2022, μετά από την πίεση του κόσμου.

Σημειωτέον στην Ιαπωνία, που είναι 3<sup>η</sup> μεγαλύτερη οικονομία, η λειτουργία των πυρηνικών σταθμών κάλυπτε το 30% των αναγκών της, σε ηλεκτρική ενέργεια και είναι η χώρα με την μεγαλύτερη ενεργειακή εξάρτηση, μια και εισάγει το συντηρητικά μεγαλύτερο μέρος της, αλλά και ο μεγαλύτερος εισαγωγέας LNG.

Μετά από απόφαση του πρωθυπουργού της Ιαπωνίας ήδη έχουν επαναλειτουργήσει 2 πυρηνικοί αντιδραστήρες. Η παύση της λειτουργίας των πυρηνικών σταθμών στην Ιαπωνία επανεξετάζεται και φαίνεται ότι θα

επαναλειτουργήσουν, λόγω της υψηλής επιβάρυνσης του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, που έφερε η μη χρήση της πυρηνικής ενέργειας, αλλά και λόγω της αύξησης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίων, σε πάνω από 15%, από το επίπεδο εκπομπών του 1990, όταν η δέσμευση της Ιαπωνίας, στη COP της Κοπενχάγης το 2009, ήταν για μείωση κατά 25% του επιπέδου εκπομπών του 1990, μέχρι το 2020.

Μετά το ατύχημα στο πυρηνικό εργοστάσιο Fukushima Daiichi το 2011, εκτός της Ιαπωνίας και της Γερμανίας, πολλές χώρες προχώρησαν σε έλεγχο των δικών τους αντιδραστήρων, με την εκτέλεση Stress Test και σε επιθεώρηση των εγκαταστάσεων για να εξασφαλιστεί ότι ήταν απολύτως ασφαλείς, αλλά παράλληλα αναθεώρησαν τους κανονισμούς λειτουργίας των πυρηνικών σταθμών [Nuclear Energy Institute NEI-2012] [17].

Οι περισσότερες χώρες συνεχίζουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στους αντιδραστήρες τους, ενώ παγκοσμίως, 66 νέες εγκαταστάσεις βρίσκονται υπό κατασκευή. Η Πυρηνική ενέργεια, ενώ για τους υποστηρικτές της αποτελεί πράσινη ενέργεια, με την έννοια ότι δεν παράγει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, πέρα από τις σοβαρές καταστροφές από τα πυρηνικά ατυχήματα, που έχουν και μακροπρόθεμες συνέπειες μια και τα ραδιενεργά αέρια που απελευθερώνονται, έχουν μεγάλο χρόνο ημιζωής. Το καίσιο-137 (Cs-137), πχ, έχει χρόνο ημιζωής 30,17 χρόνια και αποτελεί ένα από τα συνηθέστερα προϊόντα σχάσης του ουρανίου. Ένα επιπλέον αρνητικό για τους πυρηνικούς αντιδραστήρες είναι και η παραγωγή πυρηνικών καταλοίπων.

Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη τιμή και τη βιομηχανία του ΦΑ σε μακροπρόθεσμο αλλά και βραχυπρόθεσμο επίπεδο είναι και τα διάφορα μείζονα γεωστρατηγικά προβλήματα, όπως οι κρίσεις στη Μέση Ανατολή για παράδειγμα, που αλλάζουν τη διαθεσιμότητα των αργών πετρελαίων. Το σταμάτημα της παραγωγής Λιβυκού αργού το 2011, ή κρίση στο Ιράκ, όπου σταμάτησε η παραγωγή και η διακίνηση ιρακινού πετρελαίου από το 1991 έως το 2003 αλλά και το εμπάργκο των ΗΠΑ στο ΙΡΑΝ, το 2012-13, ή η κρίση στις σχέσεις Ρωσίας – Ουκρανίας το 2009 όπως άλλωστε και σήμερα με τις εξελίξεις μεταξύ των δύο χωρών. Το 2009 είχε σταματήσει τελείως η ροή ΦΑ προς την Ευρώπη, λόγω της πίεσης της Ρωσίας να αυξηθούν οι τιμές του ΦΑ προς την Ουκρανία. Μέσω της Ουκρανίας περνούσαν και περνούν ακόμη πολλοί μεγάλοι αγωγοί ΦΑ που συνδέουν την Ρωσική Σιβηρία με τις αγορές της Κεντρικής Ευρώπης, μεταφέροντας το περίπου 50% του ΦΑ προς την Ευρώπη. Το 2009 οι αγωγοί περνούσαν αποκλειστικά μέσω της Ουκρανίας, απλά σήμερα έχει κατασκευαστεί ο αγωγός North Stream που συνδέει απ'ευθείας την Ρωσία με την Γερμανία, μέσω της Βαλτικής και προωθείται ο αγωγός South Stream, μέσω Μαύρης Θάλασσας και Βουλγαρίας, παρακάμπτοντας την Ουκρανία.

Στη σημερινή μείζονα κρίση των σχέσεων Ρωσία-Ουκρανίας, με την αποσκίρτηση πρώτα της Κριμέας από τα εδάφη της Ουκρανίας και η προσάρτησή της στη Ρωσία, όπως και οι πολύνεκρες συγκρούσεις Ρώσων αυτονομιστών με την Ουκρανία στα Ανατολικά της σύνορα με τη Ρωσία, που στοίχισε τη ζωή χιλιάδων ανθρώπων και από τις δυο πλευρές, απειλούν την Δυτική Ευρώπη με ενεργειακό χειμώνα, μια και έχει διακοπή η ροή ΦΑ μέσω των εδαφών της Ουκρανίας και παρά την ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων ΦΑ στους αποθηκευτικούς χώρους της Ευρώπης.

Στη γεωπολιτική σκακιέρα κινήσεις μεγάλων παικτών μπορεί να αλλάξουν άρδην το τοπίο. Φέτος το Μάιο, μεσούσης της κρίσης στην Ουκρανία υπογράφηκε συμφωνία μαμούθ μεταξύ της Ρωσίας και της Κίνας, η οποία κυοφορόταν για 10 χρόνια, λόγω διαφορών στην τιμολόγηση. Η συμφωνία αυτή προβλέπει την παράδοση 38 δισ. κυβικών μέτρων φυσικού αερίου κάθε χρόνο μέσω νέου αγωγού. Σύμφωνα με το όσα έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής ανεπίσημα, η συμφωνία μεταξύ Gazprom και κινεζικής CNPC έχει διάρκεια 30 ετών και η αξία της φέρεται να κυμαίνεται γύρω στα 400 δισ. δολάρια. Επιπλέον το εμπόριο που προσπαθούν να επιβάλλουν οι Δυτικές χώρες, έχει στρέψει τη Ρωσία προς τη Κίνα και τις χώρες της Ανατολής, επηρεάζοντας όμως την ανάπτυξη στη Δύση κάτι που θα έχει σημαντικές συνέπειες και στην κατανάλωση ενέργειας.

Τέτοιες, τεράστιας γεωστρατηγικής σημασίας συμφωνίες, δε θα επηρεάσουν μόνο το τοπίο της αγοράς ενέργειας και ΦΑ στην Άπω Ανατολή, όπου μπορεί αργότερα να περιλάβει η Ρωσία, εκτός βέβαια, των ποσοτήτων LNG που παράγονται και εξάγονται από την μονάδα υδροποίησης ΦΑ, Sakhalin 2, γιατί όχι, και κάποιους από τους μεγαλύτερους (παγκόσμια), εισαγωγείς LNG, την Ιαπωνία και τη Νότιο Κορέα, είναι άλλωστε και σε απόσταση αναπνοής από τα ανατολικά παράλια της Ρωσίας, εφόσον φθάσουν εκεί αγωγοί από τη Σιβηρία, αλλά και την Δυτική Ευρώπη η οποία δε θα είναι πλέον ο μοναδικός μεγάλος πελάτης της Ρωσίας.

Βεβαίως για την πληρότητα της ανάλυσης δεν θα πρέπει να αγνοηθούν πτυχές της παγκόσμιας ιστορίας με την κατάληψη των Κουρίλλων νήσων από την Σοβιετική Ένωση, μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο κάτι που στοιχειώνει, μέχρι σήμερα, τις σχέσεις Ρωσίας και Ιαπωνίας, όπως και την υποστήριξη της ΣΕ στη Βόρειο Κορέα, που μέχρι και σήμερα και παρά την αλλαγή στη Ρωσία, υπάρχει έστω και χαλαρά, αλλά και τη λειτουργία της Νότιας Κορέας σαν "προτεκτοράτο" των ΗΠΑ, που φέρνει τις ΗΠΑ σε θέση ρυθμιστή, έτσι κι αλλιώς, για μιας τέτοιας έκτασης αλλαγές και για τις δύο χώρες.

Άλλος παράγοντας που θα επηρεάσει τις τιμές του ΦΑ προς τα πάνω, είναι το σταδιακό σταμάτημα, παγκόσμια, μη καθετοποιημένων διυλιστηρίων, τα οποία



παράγουν σήμερα σημαντικές ποσότητες Fuel Oil (μαζούτ), επειδή το μαζούτ χρησιμοποιείται πλέον, στα καθετοποιημένα διυλιστήρια, για την παραγωγή προϊόντων με υψηλότερη προστιθέμενη αξία. Οι τιμές των FO σε βαρέλια, είναι χαμηλότερες από την αντίστοιχη τιμή του αργού που υπάρχει στα αποθέματα του διυλιστηρίου και αυτό θα λειτουργεί πάντα στην κατεύθυνση αξιοποίησής τους. Αυτό βέβαια θα κάνει τη χρήση του ΦΑ αλλά και του LNG ακόμη πιο αναγκαία και κατά πάσα πιθανότητα θα αντικαταστήσει σημαντικές ποσότητες bunkers στον εφοδιασμό των πλοίων μια και το diesel θα είναι πάντα ακριβότερο.

Τέλος ένας σημαντικός παράγοντας που θα επηρεάσει σημαντικά την τιμή του ΦΑ είναι και οι αυστηρότεροι περιβαλλοντικοί περιορισμοί στην παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου και κατά συνέπεια της χρήσης ορυκτών καυσίμων, κύρια άνθρακα, λόγω της επιδείνωσης του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής.

### **2.3. Εμπορία ΦΑ και LNG**

Επειδή το κόστος κατασκευής σταθμών υδροποίησης ΦΑ είναι ιδιαίτερα υψηλό για την εμπορική εκμετάλλευση του LNG, οι προμηθευτές του LNG πρέπει να επιβεβαιώσουν πρώτα την πώλησή του στους μελλοντικούς αγοραστές και στη συνέχεια να υπογράψουν μακροπρόθεσμες συμβάσεις ( συνήθως 20-25 ετών) με αυστηρούς όρους και δομές για την τιμολόγηση του φυσικού αερίου. Μόνο όταν οι πελάτες υπογράψουν αυτά τα συμβόλαια, η ανάπτυξη ενός κατασκευαστικού σχεδίου και η λειτουργία του τερματικού σταθμού LNG σε αναξιοποίητη ζώνη θεωρείται οικονομικά εφικτή. Έτσι, η δραστηριότητα υδροποίησης έχει περιοριστεί στους παίκτες με ισχυρά οικονομικά και πολιτικά μέσα. Μεγάλες διεθνείς εταιρείες πετρελαίου (International oil companies IOCs ) , όπως η ExxonMobil , Royal Dutch Shell , BP , BG Group , η Chevron , όσο και οι εθνικές πετρελαϊκές εταιρείες (national oil companies NOCs ), όπως Pertamina και Petronas είναι οι ενεργοί παίκτες .

Το εμπόριο του LNG έχει ολοκληρωθεί μετά την υπογραφή SPA ( sale and purchase agreement) τη συμφωνία πώλησης και αγοράς, δηλαδή, μεταξύ ενός προμηθευτή και του τερματικού σταθμού παραλαβής , και με την υπογραφή GSA ( gas sale agreement) συμφωνία πώλησης φυσικού αερίου μεταξύ τερματικού σταθμού παραλαβής και των τελικών μεγάλων καταναλωτών. Το LNG μεταφέρεται σε όλο τον κόσμο σε ειδικά κατασκευασμένα ποντοπόρα πλοία. Οι περισσότερες συμβάσεις είναι τύπου DES ή ex ship, παράδοση δηλαδή στις εγκαταστάσεις του αγοραστή, κρατώντας το πωλητή υπεύθυνο για τη μεταφορά του φυσικού αερίου . Ωστόσο όταν είναι χαμηλό το κατασκευαστικό κόστος και

όταν οι αγοραστές προτιμούν να εξασφαλιστεί η αξιόπιστη και σταθερή παροχή αερίου, υπογράφονται συμβάσεις τύπου FOB (Free on Board) που σημαίνει ότι ο αγοραστής είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά. Αυτό συμβαίνει συνήθως στην περίπτωση που μπορεί ο αγοραστής να έχει στην ιδιοκτησία του ένα πλοίο LNG carrier ή να έχει υπογράψει ένα μακροπρόθεσμο ναυλοσύμφωνο με ναυτιλιακές εταιρείες που έχουν τέτοια πλοία.

Οι συμφωνίες προμήθειας LNG συνηθίζεται να είναι μεγάλης διάρκειας και με σχετικά μικρή ευελιξία τόσο στην τιμή όσο και τον όγκο. Εάν η ετήσια ποσότητα της σύμβασης επιβεβαιωθεί, ο αγοραστής είναι υποχρεωμένος να λάβει και να πληρώσει για το προϊόν, ή να πληρώσει για αυτό, ακόμη και στην περίπτωση που δεν έχει παραλάβει την ποσότητα του αερίου με δικιά του εύθυνη. Η σύμβαση αυτού του τύπου, που είναι συνηθισμένη στην εμπορία ΦΑ, ονομάζεται take - or - pay agreement ( TOP ).

Μέχρι το 2003, οι τιμές του LNG παρακολουθούσαν στενά τις τιμές του πετρελαίου. Μετά το 2003, οι τιμές του υδροποιημένου φυσικού αερίου στην Ευρώπη και την Ιαπωνία ήταν χαμηλότερες από τις τιμές του πετρελαίου, αν και η σχέση μεταξύ του πετρελαίου και υδροποιημένου φυσικού αερίου εξακολουθεί να είναι ισχυρή. Αντίθετα, οι τιμές στις ΗΠΑ και το Ηνωμένο Βασίλειο που είχαν εκτοξευθεί στα ύψη προηγούμενα, στη συνέχεια μειώθηκαν σημαντικά ιδιαίτερα στις ΗΠΑ, ως αποτέλεσμα των μεταβολών της προσφοράς (παραγωγή ΦΑ από shale gas) και της αποθήκευσης. Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 και στις αρχές της δεκαετίας του 2000, η αγορά ελεγχόταν από τους αγοραστές, αλλά από το 2003 και το 2004, υπήρξε στην αγορά μια έντονη ισχυροποίηση του πωλητή, με το net-back στις τιμές ως η καλύτερη εκτίμηση για τις τιμές.

Η τρέχουσα αύξηση της παραγωγής μη συμβατικού πετρελαίου και φυσικού αερίου ( shale gas) στις ΗΠΑ έχει οδηγήσει σε χαμηλότερες τιμές φυσικού αερίου στις ΗΠΑ. Αυτό οδήγησε σε συζητήσεις τις αγορές ΦΑ της Ασίας, ώστε για την τιμολόγηση του εισαγωγόμενου φυσικού αερίου να χρησιμοποιηθεί ο δείκτης Henry Hub, που χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ. Σε πρόσφατη διάσκεψη υψηλού επιπέδου στο Βανκούβερ, στο Pacific energy summit 2013 έγινε σύγκλιση των φορέων χάραξης πολιτικής και των εμπειρογνομόνων από την Ασία και τις ΗΠΑ για να συζητήσουν το εμπόριο του LNG μεταξύ αυτών των περιοχών.

Τερματικοί σταθμοί παραλαβής και αεριοποίησης υπάρχουν σε περίπου 18 χώρες την Ινδία, την Ιαπωνία, την Νότιο Κορέα, την Ταϊβάν, την Κίνα, την Ελλάδα, το Βέλγιο, την Ισπανία, την Ιταλία, τη Γαλλία, το Ηνωμένο Βασίλειο, τις ΗΠΑ, τη Χιλή και τη Δομινικανή Δημοκρατία, μεταξύ άλλων. Υπάρχουν σχέδια για την κατασκευή νέων τερματικών σταθμών παραλαβής και αεριοποίησης στην

Αργεντινή, τη Βραζιλία, την Ουρουγουάη, τον Καναδά, την Ουκρανία και σε άλλες.

## 2.4. Παγκόσμια διακίνηση LNG

Το 1970, το παγκόσμιο εμπόριο υγροποιημένου φυσικού αερίου ήταν 3 δις κυβικά μέτρα ( bcm ) . Το 2011 , έφθασε τα 331 bcm .

Το 2004 , το LNG αντιπροσώπευε το 7% της ζήτησης φυσικού αερίου στον κόσμο. Το παγκόσμιο εμπόριο υγροποιημένου φυσικού αερίου, το οποίο αυξήθηκε με ρυθμό 7,4 % ετησίως κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1995-2005, αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται σημαντικά κατά 6,7 % ετησίως από το 2005 έως το 2020.

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 , η ζήτηση LNG ήταν συγκεντρωμένη στη Βορειοανατολική Ασία, στην Ιαπωνία, την Κορέα και την Ταϊβάν. Την ίδια στιγμή, οι προμήθειες στη Λεκάνη του Ειρηνικού κυριάρχησαν το παγκόσμιο εμπόριο υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το παγκόσμιο ενδιαφέρον για τη χρήση φυσικού αερίου σε σταθμούς συνδυασμένου κύκλου μονάδων παραγωγής για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μαζί με την αδυναμία της Βόρειας Αμερικής και της Βόρειας Θάλασσας να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ζήτηση για εφοδιασμό με φυσικό αέριο, διέυρυνε σημαντικά τις περιφερειακές αγορές για το LNG. Έφερε, επίσης, νέους προμηθευτές στο εμπόριο, στον Ατλαντικό η Νιγηρία και στη Μέση Ανατολή το Κατάρ.

Μέχρι το τέλος του 2011 , υπήρχαν 18 χώρες εξαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου και υγροποιημένου φυσικού αερίου και 25 χώρες εισαγωγής. Οι τρεις μεγαλύτεροι εξαγωγείς υγροποιημένου φυσικού αερίου το 2011 ήταν το Κατάρ (75,5 Εκατ.Τόνους (MT)) , η Μαλαισία (25 MT) και η Ινδονησία (21.4 MT) . Οι τρεις μεγαλύτεροι εισαγωγείς LNG το 2011 ήταν η Ιαπωνία ( 78,8 MT), Νότια Κορέα ( 35 MT ) και το Ηνωμένο Βασίλειο ( 18,6 MT) . Ο όγκος του εμπορίου LNG αυξήθηκε από 140 εκατομύρια τόνους(MT) το 2005 σε 158 MT το 2006 , 165 MT το 2007 , 172 MT το 2008 , περίπου 200 MT το 2009 , και περίπου 300 μετρικούς τόνους το 2012. Κατά τα επόμενα χρόνια θα υπάρξει σημαντική αύξηση του όγκου του εμπορίου LNG. Περίπου 82 MTPA (Million Tons per Annum) νέων εγκαταστάσεων υγροποίησης LNG προστέθηκαν στην αγορά μεταξύ 2009 και 2011 , για παράδειγμα , περίπου 59 MTPA του νέου εφοδιασμού υγροποιημένου φυσικού αερίου από έξι νέες εγκαταστάσεις ήλθαν στην αγορά μόνο το 2009 και είναι οι παρακάτω:

- Northwest Self Train 5 : 4.4 MTPA

- Sakhalin II : 9.6 MTPA
- Υεμένη LNG : 6.7 MTPA
- Tangguh : 7.6 MTPA
- Qatargas : 15,6 MTPA
- RasGas Κατάρ : 15.6 MTPA

Το 2006, το Κατάρ έγινε ο μεγαλύτερος εξαγωγέας υγροποιημένου φυσικού αερίου στον κόσμο. Από το 2012, το Κατάρ αποτελεί το 25 τοις εκατό των παγκόσμιων εξαγωγών υγροποιημένου φυσικού αερίου στον κόσμο.

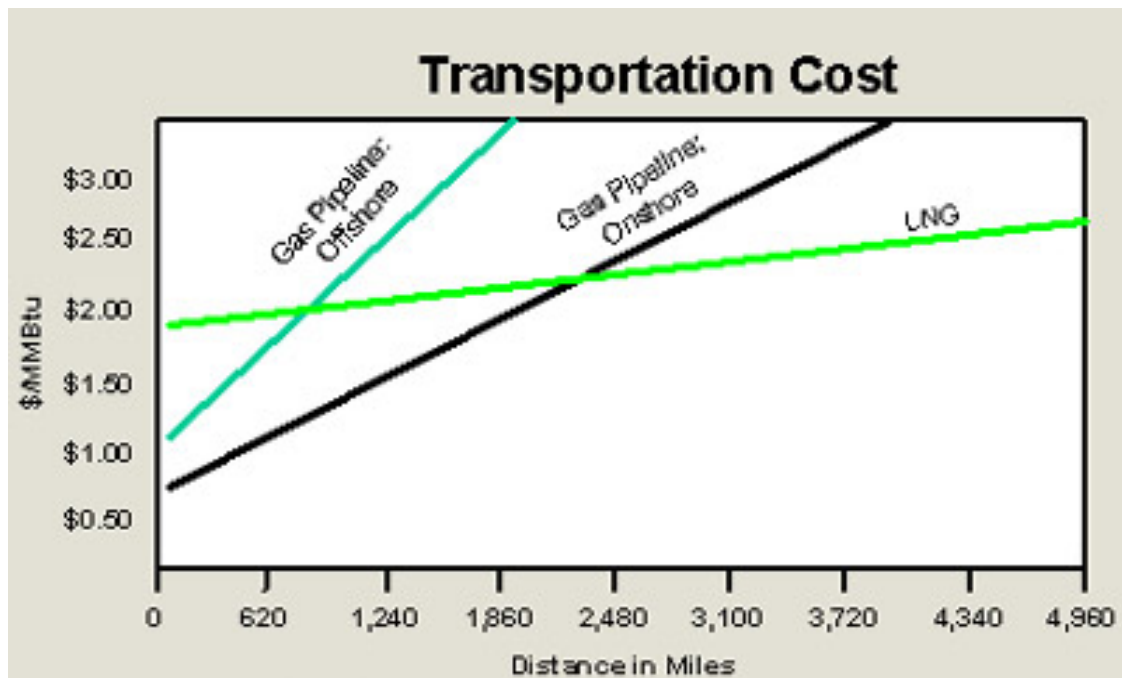
Στην Αυστραλία 6 νέες μονάδες υγροποίησης ΦΑ προγραμματίζονται να κατασκευαστούν στις ανατολικές ακτές. Επιπλέον μια πλωτή εγκατάσταση προγραμματίζεται να κατασκευαστεί αν και υπάρχουν αντιδράσεις από την UNESCO για τις επιπτώσεις στην υποβάθμιση του μεγάλου ύφαλου στις ακτές της Αυστραλίας.

Με την μετατροπή των ΗΠΑ σταδιακά, από χώρα εισαγωγής, σε χώρα εξαγωγής ΦΑ, οι επενδύσεις σε εγκαταστάσεις των εξαγωγών των ΗΠΑ είχαν αυξητικές τάσεις μέχρι το 2013 - όπως το εργοστάσιο που χτίστηκε στο Hackberry της Λουιζιάνας από τη Sempra Energy. Οι επενδύσεις αυτές τεκμηριώθηκαν από την αύξηση της παραγωγής σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες και την μεγάλη απόκλιση μεταξύ των τιμών του φυσικού αερίου στις ΗΠΑ και αυτές στην Ευρώπη και την Ασία. Ωστόσο, η γενικευμένες εξαγωγές δεν έχουν ακόμη εγκριθεί από το αμερικανικό Υπουργείο Ενέργειας, επειδή οι Ηνωμένες Πολιτείες μόλις πρόσφατα άλλαξαν καθεστώς και από καθαρός εισαγωγέας μετατράπηκαν σε κατάσταση αυτάρκειας. Όταν επιτραπούν οι εξαγωγές από τις ΗΠΑ, με τη μεγάλη ζήτηση για LNG στην Ασία, αναμένεται να μετριάσουν τις μειώσεις των τιμών λόγω της αύξησης των προμηθειών από τις ΗΠΑ.

## **2.5 Σύγκριση κόστους μεταφοράς ΦΑ**

Για την πληρότητα της ανάλυσης είναι σκόπιμο να αναφερθώ και στη σύγκριση του κόστους μεταφοράς του ΦΑ, όπου φαίνεται ότι η μεταφορά LNG παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα παρά το υψηλό κόστος υγροποίησης.

Μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου υπάρχουν σε όλο τον κόσμο σε περιοχές για τις οποίες δεν υπάρχει σημαντική αγορά, ή όπου η παραγωγή φυσικού αερίου υπερβαίνουν κατά πολύ την τοπική ή περιφερειακή ζήτηση, ή όπου η κατασκευή αγωγού δεν αποτελεί λύση επειδή οι μεγάλοι καταναλωτές ΦΑ βρίσκονται πολύ μακριά. Τέτοια αποθέματα υδρογονανθράκων βρίσκονται στη Βόρεια και τη Δυτική Αφρική, τη Νότια Αμερική, την Καραϊβική, τη Μέση Ανατολή, την Ινδονησία, τη Μαλαισία, τη Βορειοδυτική Αυστραλία και την Αλάσκα. Μεγάλες ποσότητες ΦΑ που παράγονται σ'αυτές τις περιοχές μετατρέπονται σε LNG ώστε να μεταφερθούν στις μεγάλες αγορές όπως: την Ιαπωνία, την Ταϊβάν, την Κορέα, τη Δυτική Ευρώπη και τις ΗΠΑ. Το LNG προσφέρει μεγαλύτερη εμπορική ευελιξία από τη μεταφορά μέσω αγωγού, επιτρέποντας φορτία φυσικού αερίου να παραδοθούν, όπου η ανάγκη είναι μεγαλύτερη και οι εμπορικοί όροι είναι πιο ανταγωνιστικοί. Το παρακάτω σχήμα δείχνει ότι με της αύξηση της απόστασης στην οποία μεταφέρεται το φυσικό αέριο αυξάνεται, η χρήση του LNG εμφανίζει οικονομικά πλεονεκτήματα έναντι της χρήσης των αγωγών. Σε γενικές γραμμές, η υγροποίηση του φυσικού αερίου και η θαλάσσια μεταφορά γίνεται φθηνότερη από τη μεταφορά του φυσικού αερίου με την κατασκευή και τη χρήση αγωγών σε υπεράκτιες εκμεταλλεύσεις (offshore) για αποστάσεις μεγαλύτερες από 700 ναυτικά μίλια ή σε χερσαία κοιτάσματα για αποστάσεις μεγαλύτερες των 2.200 ναυτικών μιλίων [Ινστιτούτο Τεχνολογίας ΦΑ, 2002][42]



Διάγραμμα 3. Σύγκριση κόστους μεταφοράς Φυσικού αερίου σε σχέση με την απόσταση [Ινστιτούτο Τεχνολογίας ΦΑ, 2002] [42]

Σε χώρες όπως η Νιγηρία και η Αγκόλα, το μεγαλύτερο μέρος του φυσικού αερίου παράγεται μαζί με αργό πετρέλαιο όπου παλαιότερα καίγοταν στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της έλλειψης εναλλακτικών λύσεων για τη χρήση ή τη διάθεση του πλεονάζοντος αερίου. Στην περίπτωση της Νιγηρίας, καύση έχει μειωθεί λόγω της ανάπτυξη τόσο της εγχώριας ζήτησης (μέσω της χρήσης του φυσικού αερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας), καθώς και με νέες επενδύσεις στην υδροποίηση του και την εξαγωγή.

Τέλος για υπεράκτιες (offshore) εκμεταλλεύσεις ή για παραγωγή ΦΑ σε νησιά και για μεταφορές σε μικρές αποστάσεις, κάτω των 200 μιλίων, η λύση της συμπίεσης του ΦΑ σε CNG και η μεταφορά του με πλοίο, CNG carrier, φαίνεται ότι είναι οικονομικά συμφέρουσα. Η μεγάλη διαφορά του όγκου του CNG ως προς το LNG (ο όγκος 2,5 φορές μεγαλύτερος) αντισταθμίζεται από το πολύ μικρότερο κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων όπως και από το πολύ μικρότερο ενεργειακό κόστος της συμπίεσης για το CNG από τη μετατροπή από αέρια σε υγρή μορφή που απαιτεί το LNG. Μια τέτοια εναλλακτική λύση βρίσκεται μέσα στις μελέτες για την αξιοποίηση του κοιτάσματος ΦΑ στο οικόπεδο 12 της Κύπρου, μαζί με το μεγαλύτερο κοιτάσμα Leviathan του Ισραήλ, προκειμένου να είναι οικονομικά συμφέρον να κατασκευαστεί εγκατάσταση υδροποίησης ΦΑ στην Κύπρο με μεταφερόμενο CNG από το Ισραήλ.

## **2.6. Χώρες- Μεγάλοι Εισαγωγείς ΦΑ και LNG**

Σε σύγκριση με την αγορά αργού πετρελαίου, η αγορά του φυσικού αερίου συνολικά, είναι περίπου το 60 τοις εκατό της αγοράς του αργού πετρελαίου (μετριέται με βάση το TIP (Τόνος ισοδυνάμου πετρελαίου) ή το Barrel of Oil Equivalent, εκ των οποίων το LNG αποτελεί ένα μικρό αλλά ταχέως

αναπτυσσόμενο τμήμα. Μεγάλο μέρος αυτής της ανάπτυξης οδηγείται από την ανάγκη για καθαρό καύσιμο και κάποιο μερίδιο υποκατάστασης, λόγω της υψηλής τιμής του πετρελαίου, κυρίως στους τομείς της παραγωγής θερμότητας για θέρμανση και ηλεκτρισμό, ενώ ολοένα και περισσότερο το ΦΑ μπαίνει και στον τομέα της μετακίνησης και των μεταφορών.

Η Ιαπωνία, η Νότια Κορέα, η Ισπανία, η Γαλλία, η Ιταλία και η Ταϊβάν εισάγουν μεγάλες ποσότητες υδροποιημένου φυσικού αερίου λόγω της έλλειψης της ενεργειακών πόρων. Το 2005, στην Ιαπωνία εισήχθησαν 58,6 εκατ. τόνους LNG, που αντιπροσωπεύουν περίπου το 30 τοις εκατό του παγκόσμιου εμπορίου LNG εκείνο το έτος. Επίσης το 2005, η Νότια Κορέα εισήχθησαν 22,1 εκατ. τόνους, ενώ το 2004 η Ταϊβάν εισήγαγε 6,8 εκατ. τόνους. Αυτές οι τρεις χώρες είναι οι μεγαλύτεροι αγοραστές καταλαμβάνοντας μαζί, περίπου τα δύο τρίτα της

ζήτησης LNG στον κόσμο. Επιπλέον, η Ισπανία εισήγαγε περίπου 8.2 εκατ. τόνους το 2006, καθιστώντας την, το τρίτο μεγαλύτερο εισαγωγέα. Η Γαλλία εισήγαγε επίσης παρόμοιες ποσότητες, όπως η Ισπανία. Μετά την πυρηνική καταστροφή στη Fukushima Daiichi, τον Μάρτιο 2011, η Ιαπωνία έγινε ακόμη μεγαλύτερος εισαγωγέας φθάνοντας στο ένα τρίτο του συνόλου. Οι ευρωπαϊκές εισαγωγές LNG μειώθηκαν κατά 30 τοις εκατό το 2012, και αναμένεται να μειωθούν περαιτέρω κατά 24 τοις εκατό το 2013, δεδομένου ότι οι εισαγωγείς της Νότιας Αμερικής και της Ασίας δίνουν καλύτερες τιμές.

Οι παγκόσμιες αγορές φυσικού αερίου όλο και περισσότερο επιδιώκουν την διασύνδεσή τους στα ενεργειακά θέματα, για να αντιμετωπίσουν τις αιχμές στη ζήτηση και να μη γίνονται βορά στη κερδοσκοπία. Επιστρατεύονται ως και πλωτά αποθέματα ως συμπλήρωμα στη συμβατικές τους ανάγκες.

Η καταστροφή της Fukushima 2011 ακρωτηρίασε το πυρηνικό πρόγραμμα της Ιαπωνίας και πίεσε τις εισαγωγές φυσικού αερίου σε επίπεδα ρεκόρ. Η ξηρασία στη Βραζιλία προκάλεσε πτώση στην υδροηλεκτρική παραγωγή νωρίτερα απ'ότι άλλες χρονιές με αποτέλεσμα η Βραζιλία να αναγκασθεί να πληρώσει πάνω από \$ 18/mmBtu για spot φορτία LNG. Η Βόρεια Αμερική εξακολουθεί να είναι η μεγαλύτερη αγορά για τη ζήτηση φυσικού αερίου στον κόσμο, με περίπου το 27% του συνόλου.

Όσον αφορά στην οικονομία η ταχύτερα αναπτυσσόμενες περιοχές είναι στην Ασία. Η Κίνα με την Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα πλησιάζουν κοντά σε διψήφιους ρυθμούς ανάπτυξης. Αυτή η ταχεία ανάπτυξη στην ασιατική ζήτηση, σε συνδυασμό με τα τεράστια αποθέματα των ΗΠΑ σε σχιστολιθικό φυσικό αέριο έχει οδηγήσει σε μια διαφορά της τιμής (arbitrage) μεταξύ Ασίας και ΗΠΑ και αυτό επιδρά άμεσα στη ζήτηση LNG. Το arbitrage των τιμών στην παγκόσμια αγορά είναι η κινητήρια δύναμη πίσω από τη διάθεση για επενδύσεις πολλών δισεκατομμυρίων δολαρίων σε έργα εξαγωγής υδροποιημένου φυσικού αερίου που αναδύονται σε όλο τον κόσμο.

## **2.7. ΗΠΑ και εξαγωγές ΦΑ**

Η πρώτη πλήρης άδεια στις ΗΠΑ ήρθε το 2012, όταν εγκρίθηκε το ύψους 5,6 δις δολάρια έργο υδροποίησης ΦΑ, Sabine Pass, με δυναμικότητα μέχρι 2,2 bcf /d. Το σχέδιο εξαγωγών υδροποιημένου φυσικού αερίου στο Freeport στο Τέξας έχει λάβει υπό όρους έγκριση έως 1,4 bcf /d. Οι ιδιοκτήτες του έργου έχουν ήδη συμφωνίες πώλησης με δύο ιαπωνικές εταιρείες εισαγωγής ΦΑ και τη BP, και οι πρώτοι όγκοι αναμένονται να αρχίσουν να διακινούνται το 2017.

Το Department Of Energy (DOE) των ΗΠΑ που είναι επιφορτισμένο να κατευνάσει τους φόβους στο καταναλωτικό κοινό για ότι οι εξαγωγές ΦΑ δε θα επηρεάσουν τις τιμές ΦΑ, κυκλοφορήσε μια δήλωση, η οποία βεβαιώνει ότι: η χορήγηση της αιτούμενης άδειας είναι απίθανο να επηρεάσει δυσμενώς τη διαθεσιμότητα των προμηθειών φυσικού αερίου για την οικιακή κατανάλωση και να οδηγήσει σε αυξήσεις των τιμών φυσικού αερίου και να αναιρεί το καθαρό οικονομικό όφελος για τις ΗΠΑ. Το DOE απαιτείται από το νόμο να αποδείξει ότι θα υπάρξει ένα καθαρό οικονομικό όφελος για την οικονομία των ΗΠΑ από τις εξαγωγές υδροποιημένου φυσικού αερίου.

Στις ΗΠΑ τέλος υπάρχουν έργα που σχεδιάζονται ως επεκτάσεις σε συνδυασμό με τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις εισαγωγής, ώστε να μπορούν πιο εύκολα να προχωρήσουν και να πάρουν τις απαραίτητες άδειες. Η αγορά προσανατολίζεται σε εγκεκριμένα σχέδια για εξαγωγές ενός συνόλου 6-9 bcf / d, μέχρι το τέλος του 2013 .



## Κεφάλαιο 3. ΦΑ και LNG

### 3.1. LNG. Γενικά στοιχεία

Το ( LNG) είναι το αέριο (κυρίως μεθάνιο, CH<sub>4</sub>), που έχει μετατραπεί σε υγρή μορφή για την δραστική μείωση του όγκου του και την ευκολία της αποθήκευσης και της μεταφοράς. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο καταλαμβάνει περίπου 1/600 του όγκου του φυσικού αερίου σε αέρια κατάσταση . Είναι άοσμο , άχρωμο, μη-τοξικό και μη-διαβρωτικό. Οι περισσότεροι κίνδυνοι εμφανίζονται μετά την εξάτμιση όπου στην αέρια κατάσταση είναι και ο κίνδυνος αυτανάφλεξης και έκρηξης, όταν βρίσκεται σε αναλογία 5 -15% με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η ασφυξία αλλά και η κατάψυξη είναι οι κίνδυνοι όταν βρίσκεται το ΦΑ σε υγρή μορφή.

Το LNG δεν είναι τοξικό. Η μεταφορά του όπως και η αποθήκευσή του αποτελούνται από κλειστά κυκλώματα. Αν διαρρεύσει στη θάλασσα εξατμίζεται, χωρίς να τη μολύνει, σε αντίθεση με τους υγρούς υδρογονάνθρακες και το αργό, που δημιουργούν τεράστια ρύπανσης που πέρα από την περιβαλλοντική πλευρά δημιουργούν και υπέρογκες αποζημιώσεις. Χαρακτηριστικά, αν μπει LNG ή καλύτερα εξαερισμένο ΦΑ σε ποτήρι νερό, μπορεί να πιεί κανείς αφοβα νερό, καθώς το ΦΑ δεν αναμιγνύεται με το νερό. Το ΦΑ είναι ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου κατά πάνω από 20 φορές πιο επιβαρυντικό από του Διοξειδίου του άνθρακα, όμως παράγεται σε μεγάλες ποσότητες στη φύση, σαν προϊόν της αποσύνθεσης οργανικών υλικών στα έλη, στη θάλασσα και όπου υπάρχουν στάσιμα νερά, όπως απελευθερώνεται και από τους πυθμένες των θαλασσών, όπου βρίσκεται σε μορφή υδριτών.

Το φυσικό αέριο μετά την εξαγωγή του από το κοίτασμα μεταφέρεται στην εγκατάσταση επεξεργασίας, όπου καθαρίζεται με την αφαίρεση τυχόν συμπυκνώματων όπως το νερό, βαρύτερα κλάσματα υδρογονανθράκων (condensates), λάσπη, καθώς και άλλα αέρια, όπως Ήλιο και όξινα αέρια όπως το CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>S. Μια διεργασία πριν την παραγωγή του LNG είναι επίσης η αφαίρεση των ιχνών υδραργύρου από το αέριο, για την πρόληψη της αμαλματοποίησης (amalgamizing) του υδραργύρου με το αλουμίνιο, στους κρυογονικούς εναλλάκτες θερμότητας. Το αέριο στη συνέχεια ψύχεται με διαδοχικά στάδια εκτόνωσης και συμπύκνωσης μέχρι την υγροποίησή του. Το LNG αποθηκεύεται τελικά σε δεξαμενές αποθήκευσης σε πίεση κοντά στην ατμοσφαιρική πίεση (μέγιστη πίεση μεταφοράς ορίζεται σε περίπου 25 kPa ( 4 psi) και θερμοκρασία ψύξης, σε περίπου -162 ° C ( -260 ° F) και με τις συνθήκες αυτές μπορεί να φορτωθεί και να μεταφερθεί.

Το LNG επιτυγχάνει υψηλότερη μείωση σε όγκο και από το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG), έτσι ώστε η ογκομετρική/ενεργειακή πυκνότητα του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι 2,4 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του CNG ενώ η πυκνότητα είναι στο 60 τοις εκατό εκείνης του καυσίμου ντίζελ. Αυτό καθιστά το κόστος LNG οικονομικό για τη μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις, ειδικά όταν δεν υπάρχουν αγωγοί που να συνδέουν το τόπο παραγωγής του ΦΑ με την κατανάλωση. Ειδικά σχεδιασμένα κρουγονικά πλοία (πλοία μεταφοράς LNG, LNG carriers ) ή κρουγονικά βυτιοφόρα, χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του.

Το LNG χρησιμοποιείται κυρίως για τη μεταφορά του φυσικού αερίου στις αγορές, όπου θα επαναεριοποιηθεί για να διανεμηθεί σε αγωγούς φυσικού αερίου. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί σε βαριά οχήματα με φυσικό αέριο, αν και είναι πιο οικονομικό και σύνθητες τα οχήματα να χρησιμοποιούν συμπιεσμένο φυσικό αέριο. Το σχετικά υψηλό κόστος της παραγωγής και η ανάγκη να αποθηκευθεί σε ακριβές κρουγενικές δεξαμενές έχουν εμποδίσει μέχρι σήμερα την ευρεία εμπορική χρήση.

### **3.2. Ενεργειακή πυκνότητα και άλλες φυσικές ιδιότητες**

Η θερμαντική αξία εξαρτάται από την πηγή του αερίου που χρησιμοποιείται και τη διαδικασία που χρησιμοποιείται για την υγροποίηση του αερίου. Το εύρος της τιμής της θερμογόνου δύναμης κυμαίνεται + / - 10 έως 15%. Μία τυπική τιμή της υψηλότερης θερμογόνου δύναμης του LNG είναι περίπου 50 MJ/kg ή 21.500 Btu/lb . Μία τυπική τιμή της χαμηλότερης θερμογόνου του LNG είναι 45 MJ/kg ή 19350 BTU/lb .

Για το σκοπό της σύγκρισης των διαφόρων καυσίμων η τιμή θέρμανσης μπορεί να εκφράζεται σε όρους ενέργειας ανά όγκο, που είναι γνωστή ως η ενεργειακή πυκνότητα εκφράζεται σε MJ/λίτρο. Η πυκνότητα του LNG είναι περίπου 0,41 kg/λίτρο έως 0,5 kg/λίτρο, ανάλογα με τη θερμοκρασία, την πίεση, και η σύνθεση, σε σύγκριση με το νερό σε 1,0 kg/λίτρο. Χρησιμοποιώντας τη μέση τιμή των 0,45 kg/λίτρο, οι τυπικές τιμές ενεργειακής πυκνότητας είναι 22,5 MJ/λίτρο (με βάση την υψηλότερη θερμογόνο δύναμη) ή 20,3 MJ/λίτρο (με βάση την κατώτερη θερμογόνο δύναμη) .

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, οι τιμές για την κατασκευή εγκαταστάσεων υγροποιημένου φυσικού αερίου, που περιλαμβάνουν τα τερματικά και τα πλοία μειώθηκαν επειδή προέκυψαν νέες τεχνολογίες αλλά και λόγω περισσότερων επενδύσεων σε μονάδες υγροποίησης και επαναεριοποίησης. Αυτό βοήθησε να γίνει ακόμη πιο ανταγωνιστικό το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως μέσο διανομής ενέργειας, αλλά η αύξηση του κόστους των υλικών και η ζήτηση για εργολάβους-

κατασκευαστές άσκησαν ανοδικές πιέσεις στις τιμές τα τελευταία χρόνια. Η τυπική τιμή για ένα 125.000 κυβικών μέτρων πλοίο LNG χτισμένο σε ευρωπαϊκά και ιαπωνικά ναυπηγεία είναι 250 εκατομμύρια δολάρια. Η είσοδος των Κορεάτικων και κινεζικών ναυπηγείων στην κατασκευή LNG carriers, έφερε την αύξηση του ανταγωνισμού μειώνοντας τα περιθώρια κέρδους και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα κόστους - μείωση κατά 60 τοις εκατό. Το κόστος σε δολάρια ΗΠΑ μειώθηκε επίσης, λόγω της υποτίμησης των νομισμάτων από τις μεγαλύτερες ναυπηγικές δυνάμεις του κόσμου : το ιαπωνικό γιεν και το γουόν της Νότιας Κορέας.

Από το 2004 , ο μεγάλος αριθμός των παραγγελιών και η αυξημένη ζήτηση για τις ναυπηγικές κλίνες, αύξησαν πάλι την τιμή και το κόστος των πλοίων . Το ανά τόνο κόστος κατασκευής ενός εργοστασίου υγροποίησης LNG μειώθηκε σταθερά από τη δεκαετία του 1970 μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 . Το κόστος μειώνεται κατά περίπου 35%. Ωστόσο, πρόσφατα, το κόστος κατασκευής εγκαταστάσεων υγροποίησης και τερματικών επαναεριοποίησης διπλασιάστηκε λόγω του αυξημένου κόστους των υλικών και της έλλειψης ειδικευμένου εργατικού δυναμικού, επαγγελματίες μηχανικούς, σχεδιαστές, διευθυντές και άλλους επαγγελματίες σε υπαλληλικές θέσεις .

Λόγω των ανησυχιών για έλλειψη ενέργειας, προβλέπεται ότι πολλοί νέοι τερματικοί σταθμοί LNG θα δημιουργηθούν, ιδιαίτερα, στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου η αξιοποίηση του Shale gas θα μετατρέψει τις ΗΠΑ σε εξαγωγική χώρα.

Οι ανησυχίες για την ασφάλεια των εν λόγω εγκαταστάσεων προκάλεσε μεγάλη αντιπαράθεση σε ορισμένες περιοχές που είχαν προταθεί για την κατασκευή εγκαταστάσεων υγροποίησης. Μια τέτοια κατασκευή μεταξύ Λονγκ Αϊλαντ και Κοννέκτικατ ματαιώθηκε. Μια προσπάθεια της TransCanada Corp και της Shell , να κατασκευάσουν ένα τερματικό σταθμό αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου, στην πλευρά της Νέας Υόρκης επίσης ματαιώθηκε. Οι τοπικοί πολιτικοί, συμπεριλαμβανομένου και του διοικητικού υπεύθυνου της κομητείας του Suffolk ήγειραν ερωτήματα σχετικά με την εγκατάσταση του τερματικού σταθμού. Το 2005, στη Νέα Υόρκη οι γερουσιαστές Τσακ Σούμερ και Χίλαρι Clinton ανακοίνωσαν την αντίθεσή τους στο σχέδιο. Αρκετές προτάσεις για τερματικό σταθμό κατά μήκος της ακτής του Maine συνάντησαν επίσης έντονες αντιδράσεις.

### **3.3. Ποιότητα του ΦΑ και του LNG**

Η ποιότητα είναι ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα στο εμπόριο και τη διακίνηση του LNG. Κάθε αέριο που δεν ακολουθεί τις συμφωνημένες

προδιαγραφές στην συμφωνία πώλησης και αγοράς, θεωρείται "εκτός προδιαγραφών" (off-specs). Οι εγγυημένες προδιαγραφές ποιότητας που περιλαμβάνονται στις συμβάσεις εξυπηρετούν τρεις σκοπούς :

1. Να διασφαλιστεί ότι το αέριο που διανέμεται είναι μη διαβρωτικό και μη-τοξικό και με περιεκτικότητα πάντα κάτω από τα ανώτερα όρια για H<sub>2</sub>S , του ολικού θείου, του CO<sub>2</sub> και των ιχνών υδραργύρου (Hg)
2. Να αποφευχθεί σχηματισμός υγρών συμπυκνωμάτων(condensates) αλλά και υδριτών στα δίκτυα, μέσω της μέγιστης περιεκτικότητας νερού αυτό ελέγχεται από το σημείο δρόσου (dewpoint) το οποίο πρέπει να βρίσκεται κάτω του συμφωνηθέντος αλλά και υδρογονανθράκων με περισσότερα από ένα άτομα άνθρακα.
3. Να επιτρέψει τη δυνατότητα ανάμειξης των αερίων που διανέμονται, εντός των ορίων των προδιαγραφών, για το εύρος διακύμανσης και τις παραμέτρους που επηρεάζουν την καύση: περιεκτικότητα σε αδρανή αέρια, θερμοδική αξία, δείκτης Wobbe, δείκτης αιθάλης, κλπ.

Στην περίπτωση του φυσικού αερίου εκτός προδιαγραφών ή LNG, ο αγοραστής μπορεί να αρνηθεί να δεχθεί το προϊόν ή ο πωλητής μπορεί να πληρώσει αποζημίωση για τις αντίστοιχες ποσότητες φυσικού αερίου που είναι εκτός προδιαγραφών, εφόσον υπάρχει η δυνατότητα να διαχειριστεί ο αγοραστής το εκτός προδιαγραφών προϊόν που θα παραλάβει.

Η ποιότητα του αερίου ή του LNG ελέγχεται στο σημείο παράδοσης, με τη χρήση μεθόδου της αέριας χρωματογραφίας.

Τα πιο σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά (προδιαγραφές) του φυσικού αερίου και του LNG, τα οποία αποτελούν και πηγή ανησυχίας για τον αγοραστή, είναι: η περιεκτικότητα σε θείο και υδράργυρο και η θερμογόνος δύναμη. Λόγω της ευαισθησίας των εγκαταστάσεων υδροποίησης ως προς θείο και τα ίχνη υδραργύρου , αν και το αέριο που αποστέλλεται στη διαδικασία υδροποίησης διασφαλίζεται από την ελάχιστη δυνατή συγκέντρωση των δύο αυτών στοιχείων πριν από την είσοδο της μονάδας υδροποίησης, ως εκ τούτου, μάλλον αποκλείεται να βρίσκονται σε ανησυχητικές συγκεντρώσεις.

Ωστόσο, η κύρια ανησυχία είναι η θερμική αξία του φυσικού αερίου . Οι αγορές φυσικού αερίου συνήθως χωρίζονται σε τρεις αγορές όσον αφορά την Θερμογόνο δύναμη:

-Την Ασία ( Ιαπωνία , Κορέα , Ταϊβάν) όπου το φυσικό αέριο που διακινείται έχει υψηλή θερμογόνο δύναμη, με Gross Calorific Value GCV υψηλότερο από 43 MJ/m<sup>3</sup> (normal M3) , δηλαδή 1.090 Btu /scf ,

-το Ηνωμένο Βασίλειο και τις ΗΠΑ , όπου διακινείται αέριο με GCV συνήθως χαμηλότερη από 42 MJ/m<sup>3</sup> ( n ) , δηλαδή 1.065 Btu / scf ,

-Η Ευρώπη , όπου το αποδεκτό εύρος GCV είναι αρκετά μεγάλο : από περίπου . 39 έως 46 MJ/m<sup>3</sup> ( η ) , δηλαδή από 990 έως 1160 Btu / scf .

Υπάρχουν ορισμένες μέθοδοι για την τροποποίηση της τιμής της θερμογόνου δύναμης του LNG στο επιθυμητό επίπεδο. Για να αυξηθεί η τιμή της θερμογόνου δύναμης μια λύση είναι ο εμπλουτισμός του ΦΑ με εισπύηση προπτανίου ή και βουτανίου. Για τη μείωση της τιμής της θερμογόνου δύναμης αντίστροφα, διοχετεύεται άζωτο ή αφαιρείται βουτάνιο και προπάνιο. Λύση μπορεί να είναι και η ανάμειξη άλλης ποιότητας φυσικό αέριο ή LNG. Ωστόσο, όλες αυτές οι λύσεις, μπορεί να είναι θεωρητικά εφικτές και λειτουργικές, αλλά μπορεί να είναι δαπανηρές και δύσκολα διαχειρίσιμες σε μεγάλη κλίμακα.

### 3.4. Τιμές Φυσικού Αερίου

Αναφερόμαστε στις τιμές και τη τιμολόγηση του ΦΑ για την πληρότητα της εργασίας, αλλά κι επειδή είναι αλληλένδετες με τις γενικές τιμές του ΦΑ και της ενέργειας συνολικά και μπορεί σε αρκετές περιπτώσεις κάποιος να διαγνώσει τάσεις της αγοράς ενέργειας. Τέλος επειδή αναφέρονται σε μια ώριμη αγορά ΦΑ, όπως αυτή των ΗΠΑ, επηρεάζουν σημαντικά και τη τιμή του εξαγόμενου LNG.

Ο όρος " τιμές φυσικού αερίου" χρησιμοποιείται συχνά για να αναφερθεί σε έναν αριθμό διαφορετικών τύπων των τιμών. Μερικές τιμές του φυσικού αερίου αναφέρονται σε κάποιο σημείο στην αγορά όπως θα δούμε και παρακάτω όπου το φυσικό αέριο αγοράζεται ή πωλείται. Άλλες τιμές συνδέονται με το χρονοδιάγραμμα παράδοσης και κάποιες τελευταίες, με τιμές που αναφέρονται σε μηχανισμούς τιμολόγησης. Αυτές οι διαφορετικές τιμές περιλαμβάνονται – χωρίς να περιορίζονται στις παρακάτω: τις wellhead τιμές, τις spot τιμές, τα futures στο ( NYMEX ), τις τιμές Citygate και τις οικιακές τιμές. Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητός ο τύπος της τιμής στη οποία γίνεται αναφορά ώστε να είναι αντιληπτή η σχέση μεταξύ των διαφόρων τύπων.

### 3.4.1. Τιμές που αναφέρονται στο σημείο πώλησης

Η τιμή wellhead

Η τιμή wellhead είναι η χονδρική τιμή του φυσικού αερίου στο σημείο της παραγωγής, δηλαδή, στη γεώτρηση. Είναι η τιμή βάσης του ΦΑ, η τιμή παραγωγού. Ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τις τιμές αυτές είναι ο ανταγωνισμός στην αγορά. Η επίδραση των τιμών wellhead του ΦΑ προέρχεται από τους παρακάτω παράγοντες: τη διαθέσιμη ποσότητα ΦΑ από τον παραγωγό, τον καιρό, τη συνολική ζήτηση ΦΑ από την αγορά, τις τιμές των ανταγωνιστικών καυσίμων (κυρίως ο άνθρακας και το πετρέλαιο) όπως και τον ανταγωνισμό των τιμών μεταξύ των εταιρειών φυσικού αερίου.

Η τιμή Citygate

Είναι γενικά η τιμή στο σημείο όπου το φυσικό αέριο εισέρχεται από το σύστημα των αγωγών υψηλής πίεσης, δηλαδή το αέριο που έχει μεταφερθεί από τους παραγωγούς ή τους αποθηκευτικούς χώρους, στην είσοδο των πόλεων για την κατανομή στους τελικούς καταναλωτές. Η τιμή αντανakλά την τιμή χονδρικής, δηλαδή, τη τιμή βάση (wellhead), καθώς και το κόστος μεταφοράς του φυσικού αερίου μέσω αγωγών στην είσοδο των πόλεων. Οι τιμές Citygate μπορεί να έχουν μια τεράστια διακύμανση μεταξύ των διάφορων περιφερειών ή πόλεων, οι οποίες συχνά αντανακλούν περιφερειακές ιδιαιτερότητες, όπως τις καιρικές διαφορές ή τον αριθμό των ανταγωνιστικών αγωγών υψηλής πίεσης που εξυπηρετούν κάθε περιφέρεια. Κάτι αντίστοιχο γίνεται στην Ευρώπη με το σύστημα των πολλών διακρατικών αγωγών και είναι η τιμή στην είσοδο της χώρας ή ακόμη και των πόλεων, όταν δεν είναι εννιαία η τιμή

Τιμές για οικιακή χρήση

Η τιμή για οικιακή χρήση είναι η τιμή που καταβάλλουν οι τελικοί καταναλωτές (end users) για οικιακή χρήση. Οι τιμές αυτές περιλαμβάνουν το κόστος του φυσικού αερίου, καθώς και μια ξεχωριστή χρέωση για την υπηρεσία παροχής αερίου καθώς και την παράδοση. Επίσης, συχνά περιλαμβάνει κρατικούς και δημοτικούς φόρους. Κατά μέσο όρο, η τιμή του φυσικού αερίου στις ΗΠΑ, περιλαμβάνει περίπου τα δύο τρίτα του συνολικού λογαριασμού της ενέργειας στο σπίτι. Τέλος προβλέπεται σε πολλές χώρες, να μην έχουν οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, προσαυξήσεις στη τιμή του ΦΑ.

### 3.4.2. Τιμές που αναφέρονται στον χρόνο παράδοσης του ΦΑ

#### Τιμές Φυσικού Αερίου για συμβόλαια Short -Term

Το μεγαλύτερο μέρος του φυσικού αερίου που χρησιμοποιούν οι επιχειρήσεις κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης το χειμώνα, το προμηθεύονται από τις εταιρίες εμπορίας με βραχυπρόθεσμες συμβάσεις " Short Term ". Οι συμβάσεις αυτές που αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης και αφορούν σε χρονικά διαστήματα από ένα μήνα έως ένα έτος, υπογράφονται πριν από τη φυσική παράδοση του φυσικού αερίου. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας συναλλαγής μπορεί να είναι η συμφωνία ενός τοπικού δικτύου φυσικού αερίου με μια εταιρία για τη βραχυπρόθεσμη τιμή της σύμβασης και άλλους όρους που θα υπογραφεί τον Ιούνιο και θα αφορά μια πραγματική παράδοση, που έχει προγραμμαστεί για το Δεκέμβριο. Σε πολλές περιπτώσεις γίνονται βραχυπρόθεσμες συμβάσεις με διάφορους προμηθευτές ΦΑ για διαφορετικές ημερομηνίες παράδοσης, προκειμένου να εξασφαλιστεί η αξιόπιστη παροχή φυσικού αερίου και με ανταγωνιστικές τιμές.

#### Οι τιμές spot αγοράς

Ένας άλλος τύπος συμβάσεων που στοχεύει στη ρύθμιση της αγοράς του φυσικού αερίου είναι η spot αγορά. Η αγορά spot προτιμάται όταν μια παροχή φυσικού αερίου απαιτείται να γίνει μέσα σε λίγες ημέρες αντί για μετά από μήνες, καλύπτει δηλαδή έκτακτες ανάγκες. Η αγορά spot επιτρέπει στις τοπικές επιχειρήσεις διάθεσης φυσικού αερίου να ανταποκριθούν άμεσα στις μεταβαλλόμενες καιρικές ή άλλες συνθήκες της αγοράς. Η τιμή στην αγορά spot έχει το χαρακτηριστικό ότι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς ιδιαίτερα στις αλλαγές του καιρού αλλά και σε σχέση με τη διαθεσιμότητα αερίου.

#### Τιμές για μακροπρόθεσμα Long -Term Συμβόλαια

Προκειμένου οι επιχειρήσεις παροχής αερίου να έχουν μια ασφάλεια στο εφοδιασμό τους για ένα μέρος των αναγκών τους σε ΦΑ, ιδιαίτερα την περίοδο της θέρμανσης, το καλύπτουν με μακροπρόθεσμες (Long Term) συμφωνίες ώστε να μην είναι εκτεθιμένες. Οι συμβάσεις αυτές καλύπτουν περιόδους ενός έτους ή και παραπάνω.

Επειδή τα short term ή τα spot συμβόλαια έχουν μεγάλη μεταβλητότητα στη τιμή και οι εταιρείες παροχής ΦΑ δεν μπορούν να διαχειριστούν μεγάλες αυξήσεις, λόγω έκτακτων γεγονότων, τα μακροπρόθεσμα συμβόλαια όπως και το ΦΑ που

είναι αποθηκευμένο, παρέχουν μια προστασία με τις σταθερές τους τιμές, τέτοια, ώστε να μην υπάρχουν σημαντικές επιπτώσεις στους οικιακούς καταναλωτές.

### **3.5. Τύποι υπολογισμού της τιμής και τιμολόγηση LNG**

Υπάρχουν τρία κύρια συστήματα τιμολόγησης στις τρέχουσες συμβάσεις αγορών και πωλήσεων του LNG :

- Συμβάσεις βασισμένες σε δείκτες τιμών αργού που χρησιμοποιούνται κυρίως στην Ιαπωνία , την Κορέα , την Ταϊβάν και την Κίνα. Στις περισσότερες από τις συμβάσεις της Ανατολικής Ασίας LNG, η τιμή στον τύπο υπολογισμού προσδιορίζεται από ένα καλάθι αργών που εισάγονται στην Ιαπωνία και καλείται στην Ιαπωνία Crude Cocktail ( JCC ) . Στην Ινδονησίας οι συμβάσεις LNG, ο τύπος της τιμής συνδέεται με τιμές του αργού της Ινδονησίας ( ICP )

- Συμβάσεις που βασίζονται σε δείκτες τιμών αργού, πετρελαιοειδών (Heavy Fuel Oil, Light Fuel Oil, Gasoil) αλλά και τιμές τους ηλεκτρικού ρεύματος και χρησιμοποιούνται κυρίως στην Ευρώπη. Ο τύπος υπολογισμού των τιμών δεν ακολουθεί εννιαία μορφή και διαφέρει από σύμβαση σε σύμβαση. Χρησιμοποιείται η τιμή του Brent και άλλων τύπων αργών, η τιμή του Heavy Fuel Oil ( μαζούτ ), η τιμή του ελαφρύ μαζούτ ( LFO ), η τιμή του πετρελαίου εσωτερικής καύσης (Gasoil), η τιμή του άνθρακα, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας και σε ορισμένες περιπτώσεις, οι δείκτες τιμών καταναλωτή και παραγωγού .

- Συμβάσεις που βασίζονται σε δείκτες της αγοράς όπως ο δείκτης Henry Hub στις ΗΠΑ και χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ και το Ηνωμένο Βασίλειο. Ο δείκτης Henry Hub συνδέεται με το ομόνυμο κέντρο διανομής ΦΑ στο Henry Έραθ(Erath) της Λουιζιάνας των ΗΠΑ και ανήκει σε θυγατρική της Chevron Corporation. Λόγω της σπουδαιότητάς του, ο Henry Hub δάνεισε το όνομά του, σαν δείκτης τιμών ΦΑ, στα μελλοντικά συμβόλαια ΦΑ (Natural Gas Futures contracts), που διαπραγματεύονται στο Χρηματιστήριο προϊόντων της Νέας Υόρκης ( New York Mercantile Exchange) NYMEX και στις διαπραγματεύσεις των διεθνών συμβολαίων (Oil Trading Contracts) OTC swaps. Στο Henry διασυνδέονται 9 διαπολιτειακοί και 4 πολιτειακοί αγωγοί. Οι δύο σταθμοί αεροσυμπιεστών έχουν ισχύ 6,3 GW. Η μεταφορική ικανότητα είναι 1,8 δις cf ανα ημέρα ή 590 M3/sec. Οι τιμές Spot και τις τιμές future του φυσικού αερίου που στο Henry Hub είναι εκφρασμένα σε \$ / mmbtu (millions of British thermal units) και γενικά φαίνεται να είναι η κύρια καθορισμένη τιμή για τη βορειοαμερικανική αγορά φυσικού αερίου. Οι τιμές στη γεώτρηση (wellhead) της Βόρειας Αμερικής συσχετίζονται στενά με εκείνες που καθορίζονται στο Henry Hub.



### 3.6. Αναθεώρησις των τιμών

Επειδή οι συμβάσεις που υπογράφονται έχουν μακροχρόνιο ορίζοντα συνήθως υπάρχει μια ρήτρα που επιτρέπει στα δύο μέρη να προκαλέσουν την αναθεώρηση των τιμών ή την επανεκκίνηση των τιμών στις συμβάσεις αγοράς και πώλησης LNG. Σε ορισμένες, μάλιστα, συμβάσεις υπάρχουν δύο επιλογές για τη δρομολόγηση μιας αναθεώρησης των τιμών. Οι προγραμματισμένες και οι ειδικές. Οι προγραμματισμένες ημερομηνίες που θα συμφωνηθούν και ορίζονται στις συμβάσεις LNG, έχουν σκοπό την αναθεώρηση των τιμών ώστε να προσαρμοστούν στην πραγματικότητα της αγοράς την συγκεκριμένη ημερομηνία.

Ο τύπος της τιμής που είναι βασισμένος σε δείκτες έχει την εξής μορφή:

$$CP = BP + \beta X$$

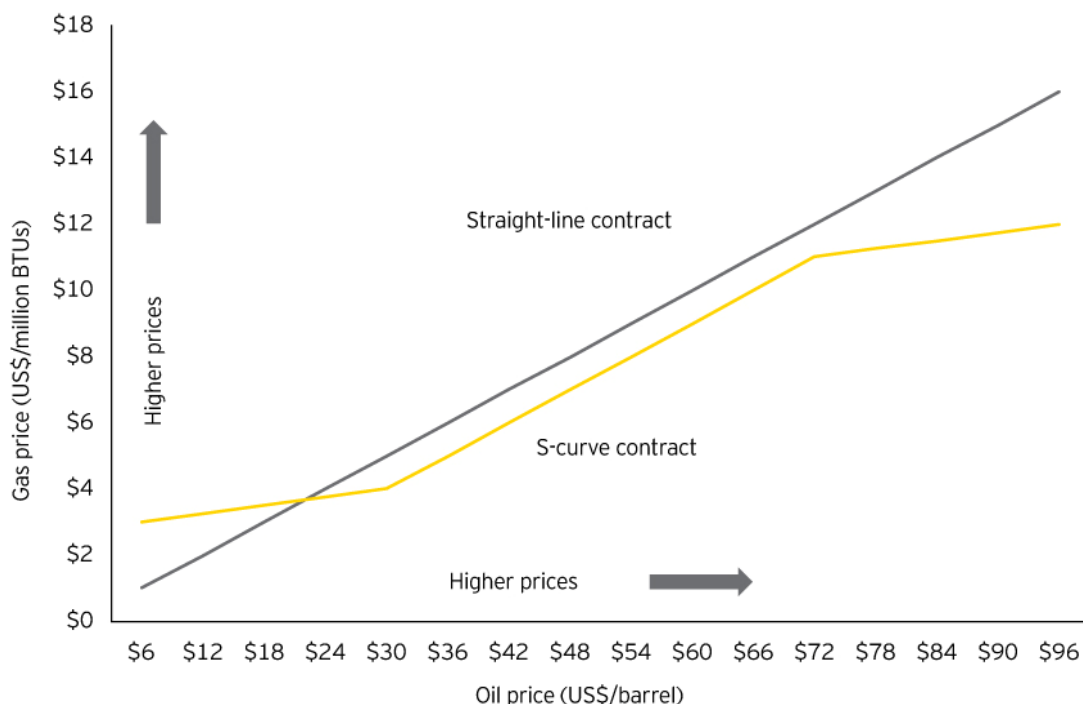
BP : Είναι το σταθερό μέρος ή η τιμή βάσης

$\beta$  : Ένας συντελεστής που προσδιορίζεται από δείκτες

X : Η τιμαριθμική αναπροσαρμογή

Ο τύπος έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στα ασιατικά συμβόλαια αγοράς και πώλησης LNG, όταν η τιμή βάσης αναφέρεται σε έναν όρο που αντιπροσωπεύει διάφορους παράγοντες εκτός καυσίμων, αλλά συνήθως μια σταθερή τιμή καθορίζεται κατόπιν διαπραγματεύσεων σε επίπεδο που να μπορεί να εμποδίσει τις τιμές υγροποιημένου φυσικού αερίου να πέσουν κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο. Έτσι μεταβάλλεται ανεξάρτητα από την διακύμανση των τιμών του αργού πετρελαίου.

Η τιμή του LNG συγκρίνεται και με τον Τόνο ισοδυνάμου πετρελαίου ΤΙΠ ή καλύτερα με το βαρέλι ισοδυνάμου πετρελαίου (barrel of oil equivalent BOE) και η ισοτιμία της τιμής LNG είναι η τιμή LNG εκφρασμένη σε BOE (Oil parity). Όταν η τιμή LNG υπερβαίνει την τιμή του αργού πετρελαίου σε BOE, τότε η κατάσταση καλείται "σπασμένη" ισοτιμία πετρελαίου (broken Oil parity). Ο συντελεστής 0,1724 αντικατοπτρίζει την πλήρη ισοτιμία με το πετρέλαιο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η τιμή του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι μικρότερη της τιμής του αργού πετρελαίου σε BOE. Το 2009, σε αρκετά spot φορτία, ιδίως στην



Διάγραμμα 4. Θεωρητική κλίση της τιμής σε σύμβαση LNG [31]

Ανατολική Ασία, η τιμή του LNG πλησίασε την πλήρη ισοτιμία την πετρελαίου ή ακόμα και ξεπέρασε την ισοτιμία πετρελαίου.

Πολλοί τύπου υπολογισμού της τιμής LNG περιλαμβάνουν και την S - καμπύλη, ειδικά όπου ο τύπος των τιμών βγάζει τιμές διαφορετικές, πάνω ή κάτω, από μια ορισμένη τιμή του αργού πετρελαίου, ώστε να αμβλύνουν τις επιπτώσεις των υψηλών τιμών του αργού για τον αγοραστή όπως και τις χαμηλές τιμές του αργού στον πωλητή. Μια τέτοια S- καμπύλη απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.

### 3.7. Αποθήκευση ΦΑ

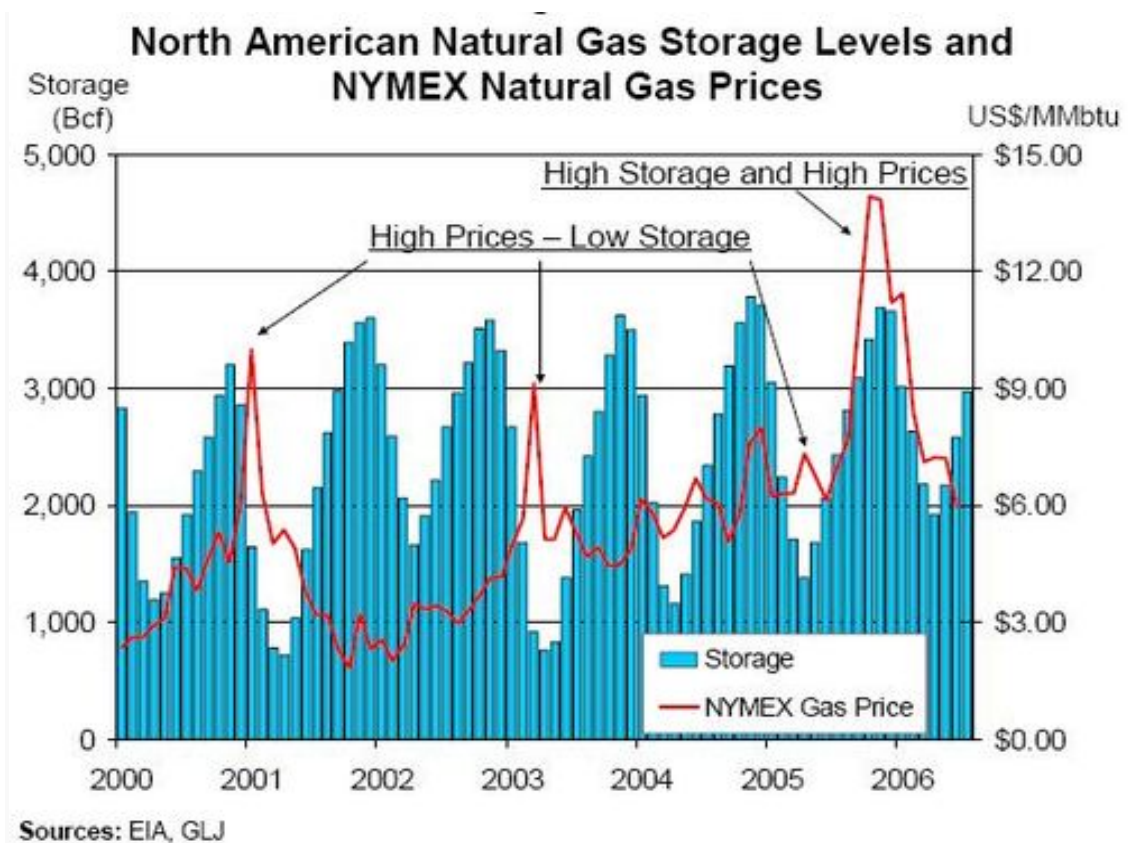
Αναφέρομαι στην αποθήκευση του ΦΑ επειδή είναι σημαντικός παράγοντας, που επηρεάζει, για την ακρίβεια είναι σταθεροποιητικός παράγοντας των τιμών. Η αποθήκευση του φυσικού αερίου, κατά κύριο λόγο, χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ημερήσιων και των εποχιακών μεταβολών φορτίου στο δίκτυο και παίζει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στις τιμές. Κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής ζήτησης και συνεπώς χαμηλών τιμών γίνεται εισπύση αερίου στην υπόγειες αποθήκες, που είναι συνήθως εξαντλημένα παλαιά κοιτάσματα αερίου ή εγκαταλειμμένα ορυχεία άλατος, για να επανέλθει το ΦΑ στο σύστημα αγωγών

στις περιόδους αιχμής της ζήτησης (υψηλή ζήτηση). Επίσης, χρησιμοποιείται για μια ποικιλία από δευτερεύοντες σκοπούς, όπως οι παρακάτω:

- Η εξισορρόπηση της ροής στα συστήματα αγωγών. Αυτό είναι αναγκαίο στις μεγάλες εταιρείες που ελέγχουν τους αγωγούς μεταφοράς για τη διατήρηση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας των αγωγών, διασφαλίζοντας ότι οι πιέσεις στον αγωγό διατηρούνται εντός των παραμέτρων του σχεδιασμού.
- Η διατήρηση της συμβατικής ισορροπίας του συστήματος τροφοδοσίας. Αεροσυμπιεστές εφοδιάζονται με το αποθηκευμένο αέριο για να διατηρήσουν τον όγκο που προσφέρουν στο σύστημα αγωγών ή αποσύρουν το αέριο στους αποθηκευτικούς χώρους όταν υπάρχει μεγάλη πίεση. Χωρίς την πρόσβαση σ'αυτές τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, για κάθε κατάσταση ανισορροπίας του συστήματος μεταφοράς, αντιστοιχεί συνήθως ένα βαρύ πρόστιμο από την ελεγκτική αρχή.
- Η εξισορρόπηση της παραγωγής στις περιόδους διακυμάνσεις της ζήτησης. Οι παραγωγοί χρησιμοποιούν την αποθήκευση για κάθε παραγόμενο αέριο που δεν είναι άμεσα εμπορεύσιμο, συνήθως κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, όταν η ζήτηση είναι χαμηλή για να το παραδώσουν στη συνέχεια κατά τους χειμερινούς μήνες, όταν η ζήτηση είναι υψηλή.
- Για την διαμόρφωση της αγοράς. Οι παραγωγοί και οι έμποροι χρησιμοποιούν την αποθήκευση φυσικού αερίου σαν ένα εργαλείο για να διαμορφώσουν τις τιμές και να προωθήσουν το ΦΑ όταν οι τιμές είναι σύμφωνες με τις προβλέψεις τους και να αποκομίσουν τα αντίστοιχα κέρδη.
- Για τη διασφάλιση τους κατά των απρόβλεπτων ατυχημάτων. Αποθήκευση φυσικού αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια ασφάλεια όταν δεν μπορεί να ανταποκριθεί το σύστημα αγωγών λόγω απρόβλεπτων συνθηκών. Σ'αυτό περιλαμβάνονται φυσικοί παράγοντες, όπως τυφώνες ή η δυσλειτουργία των συστημάτων παραγωγής ή διανομής, διακρατικές διενέξεις και συγκρούσεις.
- Για να εξασφαλισθεί σε κάποιο βαθμό η αξιοπιστία της παροχής φυσικού αερίου προς τον καταναλωτή με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, όπως απαιτείται από τον αντίστοιχο ρυθμιστικό φορέα. Αυτός είναι ο λόγος που ο ρυθμιστικός φορέας παρακολουθεί τα επίπεδα αποθεμάτων ΦΑ που είναι αποθηκευμένα στη διάρκεια του χρόνου.
- Για να μειώσει την αστάθεια των τιμών. Η Αποθήκευση φυσικού αερίου εξασφαλίζει τη διακίνηση των βασικών προϊόντων στα κέντρα ελέγχου της αγοράς. Αυτό συμβάλλει στον περιορισμό της αστάθειας των τιμών του φυσικού αερίου και την αβεβαιότητα.

- Ο συμψηφισμός για τις όποιες αλλαγές και απαιτήσεις φυσικού αερίου. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης φυσικού αερίου έχουν μεγαλύτερη σημασία λόγω των αλλαγών στις ανάγκες για τροφοδοσία φυσικού αερίου. Πρώτον, για τις παραδοσιακές προμήθειες όπου συνεδριάζε κάθε φορά η ρυθμιστική αρχή, στην κορύφωση της χειμερινής ζήτησης, με την αποθήκευση είναι πλέον δυνατόν να κρατηθεί σταθερός ο ρυθμός. Δεύτερον, υπάρχει μια αυξανόμενη ζήτηση αιχμής το καλοκαίρι για το φυσικό αέριο, λόγω παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στους σταθμούς παραγωγής.

Τέλος αξίζει, για να φανεί το μέγεθος της σημασίας της αποθήκευσης, να αναφέρουμε σαν παράδειγμα, την εγκατάσταση στο Sabine Pass στη Λουιζιάνα των ΗΠΑ, όχι σαν τον 1<sup>ο</sup> σταθμό υγροποίησης ΦΑ για εξαγωγή στις ΗΠΑ, αλλά σαν αποθηκευτικό χώρο. Οι 5 τεράστιες δεξαμενές LNG της εγκατάστασης έχουν αποθηκευτική ικανότητα 17 bcf ΦΑ, σε υγροποιημένη μορφή ή το ισοδύναμο με το 25% της ημερήσιας κατανάλωσης των ΗΠΑ.



Διάγραμμα 5. Πίνακας που απεικονίζει τη σχέση τιμών και του όγκου του αποθηκευμένου αερίου στις ΗΠΑ [ Natural Gas Review of 2005 & Outlook to 2020 [32]

### 3.8. Περιβάλλον και ΦΑ

Το φυσικό αέριο θεωρείται το πιο φιλικό ως προς το περιβάλλον ορυκτό καύσιμο, επειδή έχει τις χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά μονάδα ενέργειας και επειδή είναι κατάλληλο για χρήση σε σταθμούς υψηλής απόδοσης συνδυασμένου κύκλου ισχύος. Για μία ισοδύναμη ποσότητα της θερμότητας, η καύση του φυσικού αερίου παράγει περίπου 30% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από την καύση του πετρελαίου και περίπου το 45% λιγότερο από ό, τι η καύση άνθρακα. Οι εκπομπές από τη διακίνηση του LNG (εννοείται από τα καύσιμα που δαπανώνται για τη μεταφορά) είναι ακόμη χαμηλότερες από ότι μέσω σωληνώσεων φυσικού αερίου (κατανάλωση ενέργειας για τη συμπίεση του ΦΑ στο δίκτυο), το οποίο είναι ένα υπαρκτό πρόβλημα στην Ευρώπη, όπου σημαντικές ποσότητες φυσικού αερίου διακινούνται μέσω σωληνώσεων για μερικές χιλιάδες χιλιόμετρα από τη Ρωσία.

Το πρόβλημα των εκπομπών που παράγονται κατά την μεταφορά του ΦΑ από την παραγωγή του, στους τελικούς καταναλωτές, προέρχεται από την σημαντική κατανάλωση ενέργειας, προκειμένου να διατηρηθεί η πίεση από 70-90 bar στους αγωγούς. Την ενέργεια αυτή καταναλώνουν οι μονάδες αεροσυμπιεστών που λειτουργούν κατά μήκος του αγωγών και είναι ευθέως ανάλογη της απόστασης που χωρίζει τον παραγωγό από τον τόπο κατανάλωσης. Ωστόσο, οι εκπομπές από το φυσικό αέριο που μεταφέρεται ως LNG είναι υψηλότερες από ότι για το φυσικό αέριο που παράγεται τοπικά και κοντά στο σημείο κατανάλωσης, καθώς οι εκπομπές που σχετίζονται με τη μεταφορά είναι χαμηλότερες στην περίπτωση αυτή.

Παρόλα αυτά στη δυτική ακτή των Ηνωμένων Πολιτειών, όπου είχε γίνει πρόταση για τη δημιουργία τριών νέων τερματικών σταθμών εισαγωγής υδροποιημένου φυσικού αερίου, περιβαλλοντικές ομάδες, όπως η Pacific Environment, η Ratepayers for Affordable Clean Energy (RACE) και η Rising Tide αντιτάχθηκαν στην κατασκευή τους και υποστήριξαν ότι, ενώ οι μονάδες παραγωγής ενέργειας φυσικού αερίου εκπέμπουν περίπου το ήμισυ του διοξειδίου του άνθρακα ενός ισοδύναμου σταθμού άνθρακα, για την καύση φυσικού αερίου που απαιτείται για την παραγωγή και τη μεταφορά υδροποιημένου φυσικού αερίου για τα εργοστάσια προστίθενται από 20 μέχρι 40% περισσότερο διοξείδιο άνθρακα από την καύση του φυσικού αερίου και μόνο.

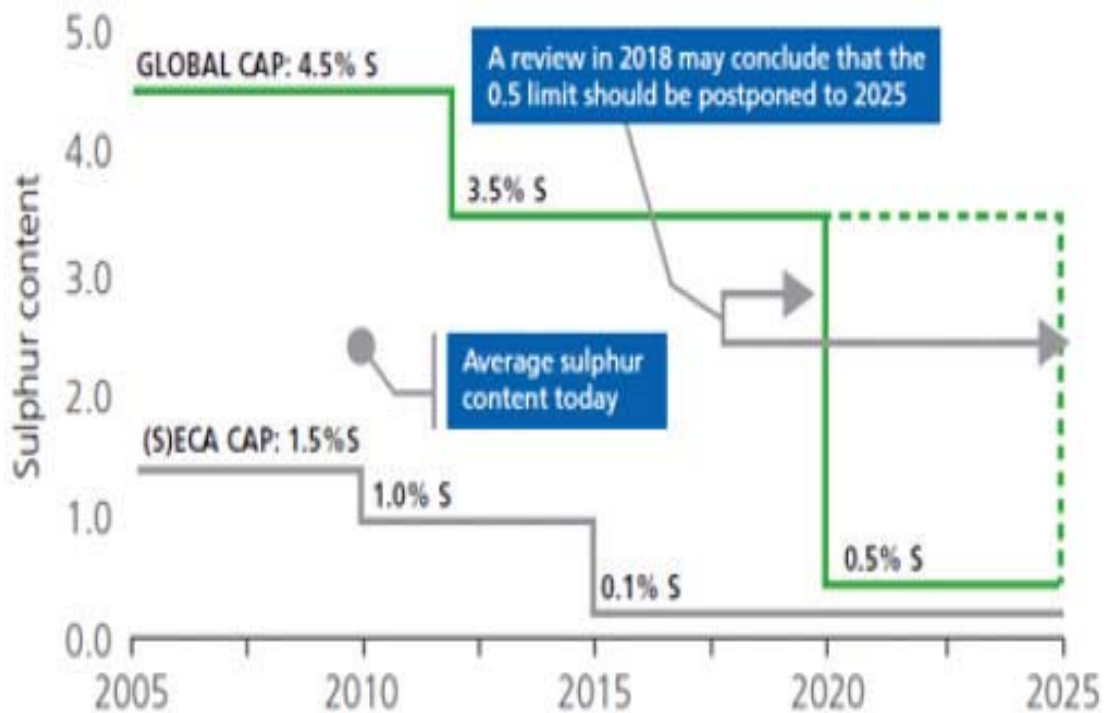
Βέβαια δε θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι, το ΦΑ και πιο σωστά το μεθάνιο, που είναι το κύριο συστατικό του, αν και παραγόμενο στη φύση σε μεγάλες ποσότητες, σαν προϊόν της αναερόβιας ζήμωσης είναι ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου, οπότε η διαρροή του στη φύση από τη διακίνησή του θα πρέπει προλαμβάνεται για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος αλλά και ασφαλείας,

με την αυτανάφλεξή του όταν δημιουργούνται εκρηκτικά μίγματα με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

## Κεφάλαιο 4. LNG και Ναυτιλία

### 4.1. Διεθνείς κανονισμοί για τα καύσιμα ναυτιλίας

Από το 2005 η περιεκτικότητα σε θείο, των καυσίμων ναυτιλίας με βάση τους διεθνείς οργανισμούς περιορίζεται διαρκώς. Το Μάιο του 2005 δημιουργήθηκε το Παράρτημα VI (Annex) της Διεθνούς Οργάνωσης της Ναυτιλίας IMO (International Maritime Organization), με σκοπό τη μείωση της ρύπανσης των πλοίων. Η απόφαση περιόρισε, σε παγκόσμια βάση σε 4,5 %, την περιεκτικότητα του θείου, στα καύσιμα των πλοίων. Αυτό το όριο μειώθηκε ακόμη περισσότερο, από τον Ιανουάριο του 2012, στο 3,5 %.



Διάγραμμα 6. Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής των προδιαγραφών για τα καύσιμα ναυτιλίας σε Θείο από το παράρτημα VI της MARPOL [DNV Trond Hodne 2013] [10]

Το Παράρτημα VI επέβαλε επίσης ένα όριο 1,5 % σε θείο για τα καύσιμα πλοίων σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών ( ECAs ) με ισχύ από τον Μάιο του 2006. Και αυτό το όριο αυτό μειώθηκε στο 1,0 % από την 1η Ιουλίου 2010 και θα μειωθεί περαιτέρω σε 0,1 % από την 1η Ιανουαρίου 2015. Από τις αρχές

Ιανουαρίου 2015 θα υπάρχουν τέσσερις ζώνες ECAs σε ισχύ: η Βαλτική θάλασσα, ένταξη από το Μάιο του 2006, η Βόρειος Θάλασσα από το Νοέμβριο του 2007, η Βόρεια Αμερική (ΗΠΑ και Καναδάς) από τον Αύγουστο του 2011, και των ΗΠΑ και της Καραϊβικής, τον Ιανουάριο του 2013. Θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι οι ζώνες ECAs φθάνουν μέχρι 200 ναυτικά μίλια από την ακτογραμμή και αυτός είναι ένας σημαντικός λόγος που στα πλοία που χρησιμοποιούν LNG για πρόωση, προκρίνεται η λύση για την πρόωση των πλοίων με dual fuel για μεγαλύτερη ευελιξία.

Οι επιπτώσεις των μειώσεων του θείου στο παράρτημα VI και οι πρωτοβουλίες που έχουν υιοθετηθεί για τα καύσιμα χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο αφορούν σε μεγάλο βαθμό τις ζώνες ECAs. Η μεγαλύτερη επίδραση από το παράρτημα VI θα έρθει όταν η απαίτηση για τη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων πλοίων σε 0,5 % σε παγκόσμια βάση το 2020. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτής της μεγάλης αλλαγής εξαρτάται από το αποτέλεσμα μιας απόφασης της IMO, που θα προκύψει από την ολοκλήρωση μελέτης για τα καύσιμα ναυτιλίας με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και η οποία θα ολοκληρωθεί το 2018 [Frederick Adamchak 2013] [7] .

Εάν η IMO αποφασίσει ότι δεν είναι επαρκής η ποσότητα των καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, το όριο του 0,5% σε θείο, μπορεί να καθυστερήσει μέχρι το 2025 . Το θέμα είναι να δοθεί χρόνος για να βρεθούν εναλλακτικές λύσεις από τους πλοιοκτήτες και τους διαχειριστές των πλοίων και να ανταποκριθούν οικονομικά στην απόφαση για τα καύσιμα χαμηλού θείου και μετά να επιβληθούν από το παράρτημα VI της MARPOL.

## **4.2. Ζητήματα που καλούνται να επιλυθούν με τις αλλαγές των προδιαγραφών**

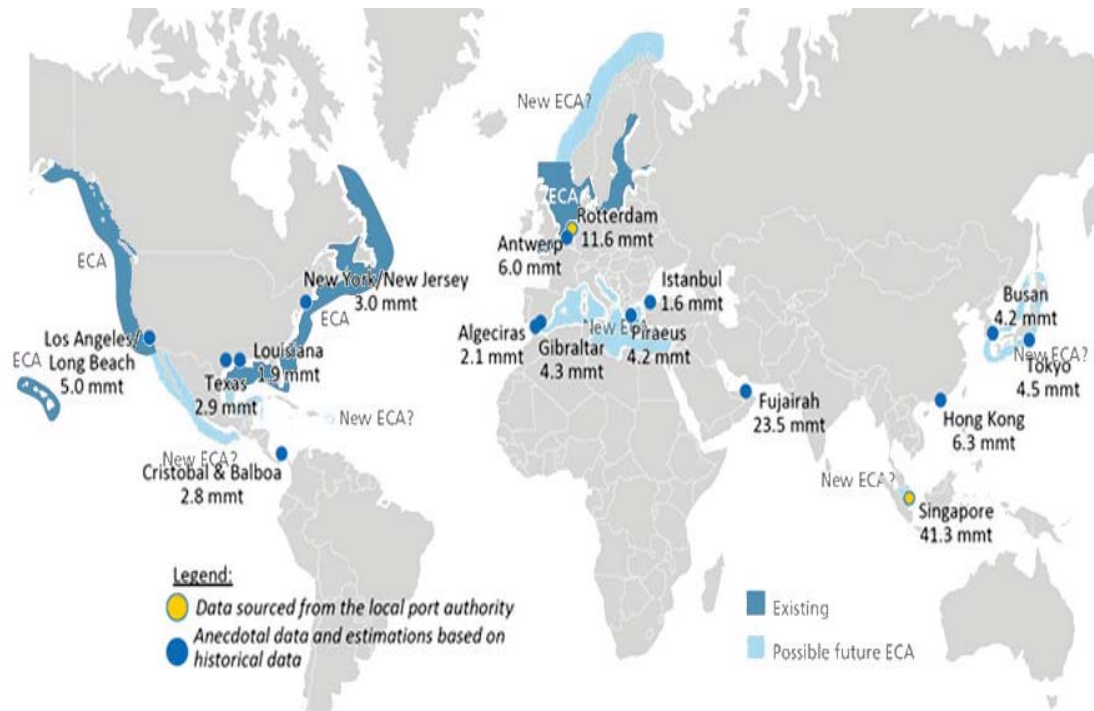
Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις για τα καύσιμα πλοίων και την επίλυση των προβλημάτων που θα προκύψουν.

Το πρόβλημα λοιπόν θα προκύψει το αργότερο από την 1.1.2025. Τα πλοία θα θέλουν να εφοδιαστούν με μαζούτ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο όμως τα διυλιστήρια δεν θα το παρέχουν. Τα διυλιστήρια έχουν δείξει μέχρι στιγμής απροθυμία να προχωρήσουν σε πολλών δισεκατομμυρίων δολαρίων επενδύσεις για να έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Ο προφανής λόγος είναι ότι τα μαζούτ που προέρχονται από το υπόλειμμα της ατμοσφαιρικής αποστακτικής στήλης έχουν χαμηλότερη τιμή από ότι το



απόθεμα του αργού πετρελαίου των εγκαταστάσεών τους και πάντα θα υπάρχει η λογική τάση να το αξιοποιούν για άλλους σκοπούς.

### Επέκταση του αριθμού των ζωνών ECAs



Source: Poten & Partners, "Marine Fuel Regulations 2010-2025"

Σχήμα 1. Υπάρχουσες και πιθανές στο μέλλον περιοχές ελέγχου εκπομπών Emission Control Areas (ECAs) όπως και μεγάλοι σταθμοί ανεφοδιασμού πλοίων ανά το κόσμο [ Frederick Adamchak 2013] [7]

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω χάρτη, υπάρχει προοπτική επέκτασης των ζωνών ECAs (χρώμα ανοιχτό γαλάζιο), όπου θα απαιτείται η χρήση καυσίμων με θείο 0,1 % από τον Ιανουάριο του 2015. Στις υπάρχουσες ζώνες ECAs βρίσκονται λίγα μεγάλα λιμάνια εφοδιασμού καυσίμων πλοίων, που αντιστοιχούν στο 24% της παγκόσμιας αγοράς των bunkers. Η επέκταση των ζωνών ECAs, εφόσον γίνει, θα συμπεριλάβει και τους ασιατικούς λιμένες οι οποίοι προμηθεύουν το 32% της παγκόσμιας αγοράς, ενώ αν μθούν και οι χώρες της Μέσης Ανατολής θα προστεθεί ένα ακόμη 12%. Αυτό θα επιταχύνει την μετάβαση στα καύσιμα χαμηλού Θείου και θα προωθήσει τις αλλαγές στα πλοία. Αυτή η εξέλιξη όμως δεν εξαρτάται από τον IMO, αλλά από τα εμπλεκόμενα μέρη, τα οποία θα υποβάλουν τις προτάσεις και αυτές θα υιοθετηθούν από τον

IMO και με τη σειρά του θα ορίσει τις νέες ζώνες. Επίσης θα εξαρτηθεί και από τις πιέσεις για μέτρα κατά της κλιματικής αλλαγής, που θα ασκηθούν από την παγκόσμια κοινότητα [ Frederick Adamchak 2013] [7].

Η IMO, θέλοντας να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της χρήσης LNG και των κανονισμών για τα καύσιμα, από πλοία που δεν είναι LNG carriers, με τρόπο ώστε να μπορούν να συνεχίσουν να συμμετέχουν στο διεθνές εμπόριο και τις μεταφορές, ενέκρινε κατευθυντήριες γραμμές για την ασφάλεια των πλοίων που χρησιμοποιούν LNG για πρόωση, το 2009. Το min Flashpoint(σημείο αυτανάφλεξης) στα καύσιμα ήταν 55 °C και αφορούσε το MDO. Αυτό άλλαξε προκειμένου να είναι δυνατή η χρήση LNG σαν καύσιμο των πλοίων. Η IMO επιπλέον δημιούργησε μια ομάδα εργασίας για την κατάρτιση ενός διεθνούς κώδικα για την ασφάλεια των πλοίων που χρησιμοποιούν ΦΑ ή άλλα καύσιμα χαμηλού σημείου αυτανάφλεξης (Flashpoint), το IGF Code, με ορίζοντα ολοκλήρωσης του έργου της το 2014, ενώ σαν ενδιάμεσες οδηγίες πρότειναν μία λειτουργική λύση για τις εγχώριες μεταφορές.

Type	Size (tons)	Engines	Engine Cost	Fuel System Cost	TOTAL CONVERSION COST
Tug	150	2 x 1500 HP	\$1.2 million	\$6.0 million	\$7.2 million
Ferry	1000	2 x 3000 HP	\$1.8 million	\$9.0 million	\$10.8 million
Great Lakes Bulk Carrier	19000	2 x 5000 HP	\$4.0 million	\$20 million	\$24 million

Πίνακας 1. Απεικόνιση του κόστους για τη μετατροπή διαφόρων τύπων πλοίων σε χρήση καυσίμου LNG [The American Clean Skies Foundation-2012] [29]

Για όλα αυτά βέβαια, θα πρέπει να προηγηθεί η ανάπτυξη των λιμενικών υποδομών, δηλαδή, υποδομές για την παραγωγή, την αποθήκευση αλλά και περιοχές στα λιμάνια για την φόρτωση και τη μεταφορά LNG, όπως και κατάλληλες φορηγίδες ή σκάφη που να έχουν την δυνατότητα για την αξιόπιστη και οικονομικά συμφέρουσα τροφοδοσία των πλοίων που χρησιμοποιούν LNG για την πρόωση. Είναι φανερό ότι οι πλοιοκτήτες δεν θα προχωρήσουν στην κατασκευή πλοίων που να χρησιμοποιούν LNG, χωρίς αξιόπιστο σύστημα τροφοδοσίας διαθέσιμο σε όλη τη διαδρομή του και σε τιμή ανταγωνιστική με τα άλλα καύσιμα.

Ταυτόχρονα όσοι ασχοληθούν με τις υποδομές στα λιμάνια δεν θα προχωρήσουν σε επενδύσεις μέχρι να είναι σίγουροι ότι θα υπάρξει μια τέτοια

αγορά. Όπως είναι αναμενόμενο ο συντονισμός αυτός μεταξύ των εμπλεκομένων με τις λιμενικές υποδομές και των πλοιοκτητών, θα είναι ιδιαίτερα δύσκολος για τις διεθνείς και τις παγκόσμιες συναλλαγές .

### 4.3. Το LNG σαν καύσιμο στη ναυτιλία

Η παγκόσμια αγορά ναυτιλίας αντιμετωπίζει τη νέα πρόκληση με τους νέους κανονισμούς που θα περιορίσουν σημαντικά τις εκπομπές θείου, ξεκινώντας με τις ζώνες ECA, το 2015. Το LNG φαντάζει σαν είναι μια πιθανή λύση για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι. Δεν έχει καθόλου θείο και παράγει πολύ χαμηλές



Εικόνα 1. Βραχίονες τροφοδοσίας πλοίου με LNG (Loading Arm)

εκπομπές NOx σε σχέση με το μαζούτ χαμηλού θείου (LSFO) που χρησιμοποιείται στη ναυτιλία στις ζώνες αυτές αλλά ακόμη και με το marine diesel oil, που φαίνεται να είναι μια λύση χωρίς μετατροπές στο καράβι.

Το LNG δεν είναι μόνο καθαρό καύσιμο, αλλά είναι και οικονομικότερο με βάση τη θερμογόνο δύναμη, ακόμα και στις υψηλές τιμές του LNG στην Ασία που είναι

φτηνότερο από το μαζούτ. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να υπάρξουν εξελίξεις ώστε να προωθηθεί η χρήση του LNG ως καύσιμο για τα πλοία.

Υπάρχουν αυτή τη στιγμή, εξαιρώντας τα LNG carriers, περίπου 25 πλοία που χρησιμοποιούν LNG για καύσιμο. Όμως αποτελούν, μόλις το 1% του παγκόσμιου εμπορικού στόλου. Το LNG σαν καύσιμο ναυτιλίας αντιμετωπίζει πολλές δυσκολίες στην υποκατάσταση του μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενου HFO. Κυρίως είναι η απαιτούμενη επένδυση για την πρόωση του πλοίου, η έλλειψη σταθμών ανεφοδιασμού, οι απουσία φορτηγίδων ανεφοδιασμού, οι καινούργιοι κανονισμοί ασφαλείας στα λιμάνια εφοδιασμού και τέλος η διαθεσιμότητα του LNG. Δεδομένων όμως των πλεονεκτημάτων του LNG και της ταχύτητας των εξελίξεων, αναμένεται να είναι συνεχώς αυξανόμενη η αντικατάσταση από το LNG των χρησιμοποιούμενων μέχρι σήμερα καυσίμων στη ναυτιλία.

#### **4.4. Συστήματα καθαρισμού (Scrubbers)**

Οι εφοπλιστές είναι αντιμέτωποι με μια σειρά από σημαντικές αποφάσεις όσον αφορά τις επενδύσεις και το εμπόριο, αν θέλουν να δραστηριοποιηθούν στο πλαίσιο των μελλοντικών ορίων για το θείο, στις Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (ECAs) .

Οι αποφασιστικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση για την επένδυση και την εγκατάσταση ενός scrubber είναι η διαφορά του κόστους των καυσίμων και ο χρόνος που δαπανάται από το πλοίο σε ζώνη ECAs. Το βασικό ζήτημα είναι ότι η περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα πλοία που πλέουν στη Βόρεια Αμερική και Βόρεια Ευρώπη (ECAs) που μέχρι το τέλος του 2014 είναι στο 1%, θα περιοριστεί σε max 0,10% από την 1.1.2015. Κατά συνέπεια, τα πλοία που πλέουν μέσα στις ECAs, όπου απαιτείται να χρησιμοποιούν είτε κλάσματα πετρελαίου (Gasoil 0.1), το οποίο πωλείται σε μια σαφώς μεγαλύτερη τιμή πάνω από το μαζούτ (heavy fuel oil), ή να βρουν άλλους τρόπους για να είναι συμβατά .

Εάν η επιλεγείσα λύση είναι άλλη και όχι το LNG σημαίνει ότι τα πλοία που σήμερα πλέουν στις ζώνες αυτές οφείλουν να χρησιμοποιούν μαζούτ χαμηλού θείου (LSFO) η οποία είναι επί του παρόντος περίπου 12 \$ ανά MT πιο ακριβό από το μαζούτ (HSFO), από την 1η Ιανουαρίου 2015 και μετά απαιτείται η χρησιμοποίηση του πολύ ακριβότερου πετρελαίου εσωτερικής καύσης πλοίων (MGO) που αντιπροσωπεύει μια τρέχουσα προσαύξηση της τάξης των USD 258 ανά mt πάνω από το μαζούτ.

Αντί λοιπόν να πληρώνουν ένα premium για κλάσματα υδρογονανθράκων όπως το Gasoil 0.1%, ο πλοιοκτήτης έχει τη δυνατότητα να επενδύσει σε μία λύση χρήσης LNG ή scrubbers . Η δεύτερη του επιτρέπει να χρησιμοποιήσει το μαζούτ υψηλού Θείου (HFO) που είναι και φθηνότερο καύσιμο. Τα scrubbers θα μπορούσε να θεωρηθούν ως μια πραγματική εναλλακτική λύση.

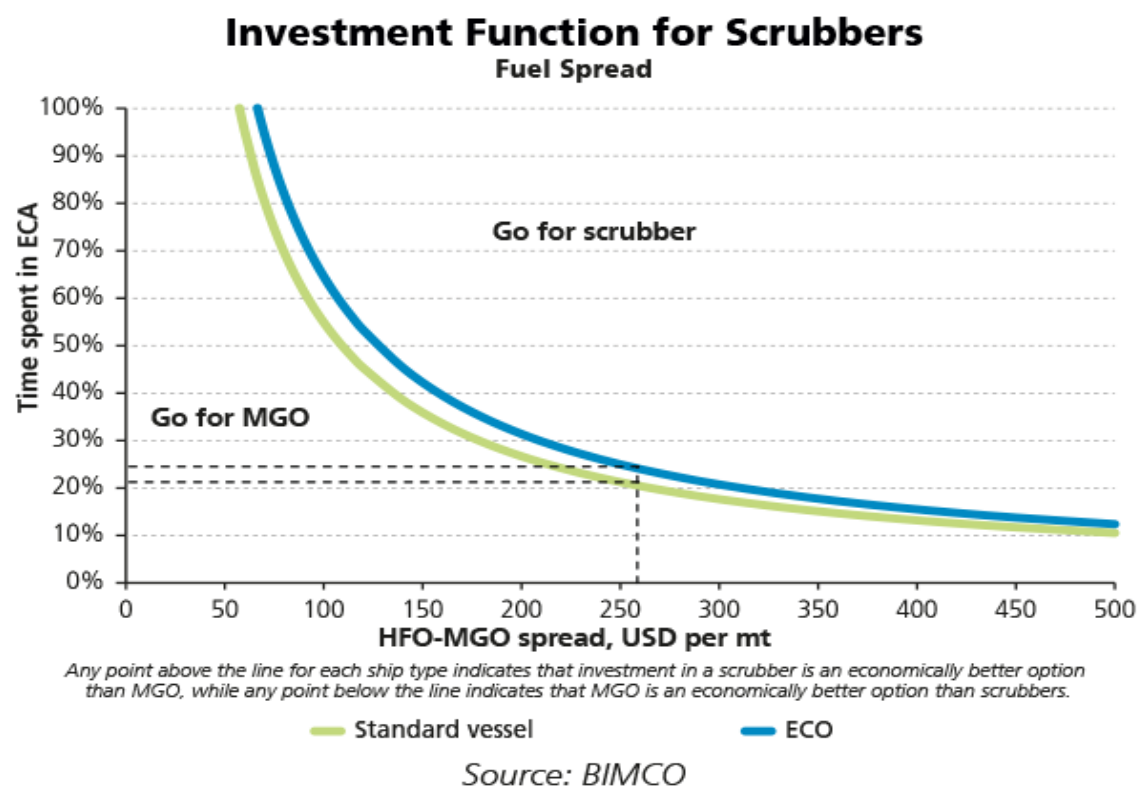
Υπάρχει κάποια συζήτηση σχετικά με την αποτελεσματικότητα του scrubber, υποθέτοντας ότι ο scrubber θα είναι πλήρως συμβατός για τους επιλεγμένους τύπους πλοίων, όπως δεξαμενόπλοια MR και τα περισσότερα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου. Έχει επίσης επισημανθεί ότι για άλλους τύπους πλοίων, όπως πολύ μεγάλα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και ορισμένα οχηματαγωγά πλοία δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιούν συστήματα καθαρισμού (scrubbers) . Ο scrubber απαιτεί μια σημαντική αρχική δαπάνη και επιπλέον έχει και ελαφρώς αυξημένες λειτουργικές δαπάνες, αλλά η εξοικονόμηση στα έξοδα καυσίμων μπορεί να αντισταθμίζουν τα έξοδα εγκατάστασης, ανάλογα με τον πραγματικό χρόνο που "ταξιδεύουν" στην ECA και την διαφορά του κόστους των καυσίμων.

Είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικό να εξεταστεί πριν από την λήψη τέτοιων αποφάσεων και το υπολοιπόμενη εμπορική ζωή των πλοίων.

Τα παλαιότερα πλοία του στόλου όπως είναι φυσικό δεν είναι υποψήφια για την εγκατάσταση scrubber λόγω της αδυναμίας αποπληρωμής της επένδυσης πριν από το τέλος της εμπορικής τους ζωής. Αλλά για πολλά νεώτερα πλοία, η εγκατάσταση ενός scrubber θα μπορούσε να βοηθήσει να εξοικονομηθούν χρήματα, αν σκοπεύει ο πλοιοκτήτης την χρήση του πλοίου να δαπανάται για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα στις περιοχές ECAs. Υπολογίζεται ότι για ένα πλοίο με υπόλοιπο εμπορικής ζωής, 10 έτη, το σκάφος θα πρέπει να πλεύσει στη ζώνη ECAs το 33% του χρόνου που του απομένει, ώστε να φθάσει το κόστος της εγκατάστασης του scrubber στο σημείο καμπής (break even point) και να έχει την πιθανότητα να αποσβεσθεί η επένδυση.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την οικονομική βιωσιμότητα ενός scrubber είναι η μελλοντική διαμόρφωση της διαφοράς της τιμής μεταξύ HFO και του MGO.

Στη συνέχεια, υποθέτουμε ότι η διαφορά της τιμής των καυσίμων παραμένει αμετάβλητη στα 258 δολάρια ανά mt κατά τη διάρκεια της ζωής του σκάφους. Ο μέσος όρος HFO - MGO στην διαφορά του κόστους των καυσίμων για το τελευταίο έτος ήταν 321 δολάρια ανά mt



Διάγραμμα 7. Απεικονίζεται η σχέση μεταξύ της αύξησης του spread των τιμών HFO και MGO και του ποσοστού του που δαπανά το πλοίο εντός ECA, όπως και σε ποιά περιοχή συμφέρει η εγκατάσταση scrubber αντί της χρήσης MGO χαμηλής περιεκτικότητας σε Θείο [Bimco 2013] [15].

Από μελέτες που έγιναν φαίνεται ότι ένα δεξαμενόπλοιο MR που παραδίδεται τώρα, πρέπει να δαπανά περισσότερο από το 21% του χρόνου ζωής του στην ζώνη ECAs ώστε να είναι επωφελής η εγκατάσταση scrubber. Με υπολογισμούς για ένα νέο πλοίο ECO design που θα παραδοθεί (υποτίθεται 15% πιο αποδοτικό από ότι το σημερινό συμβατικό πλοίο), το οποίο θα πρέπει να δαπανά περισσότερο από το 24% του χρόνου του σε ζώνη ECAs για να επωφεληθούν από την εγκατάσταση ενός scrubber και να συνεχίσει να καίει μαζούτ, σε σύγκριση με την καύση MGO χωρίς scrubber. Η διαφορά μεταξύ των δύο τύπων δεξαμενόπλοιων οφείλεται στη χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου ενός ECO-πλοίο, το οποίο σημαίνει ότι η επίδραση από την διαφορά των τιμών των καυσίμων είναι χαμηλότερη.

Ομοίως, ένας πλοιοκτήτης με ένα μεγάλο στόλο μπορεί να αποφασίσει να μην επενδύσει στην εγκατάσταση scrubber, ακόμη και αν το σκάφος αναμένεται να δαπανήσει ένα σημαντικό μέρος του χρόνου του στη ζώνη ECAs. Ένα τυπικό δεξαμενόπλοιο MR με πέντε χρόνια εμπορικής ζωής το 2013, θα πρέπει να δαπανήσει τουλάχιστον το 72% του χρόνου του, στη ζώνη ECAs, πριν να προχωρήσει σε επένδυση εγκατάστασης scrubber μέχρι το τέλος του 2014.

Εάν ένας ιδιοκτήτης πλοίου αναμένει ότι το δεξαμενόπλοιο MR του θα δαπανήσει το 25% του χρόνου μέσα στη ζώνη, το πλοίο πρέπει να έχει τουλάχιστον δεκατέσσερα χρόνια της εμπορικής ζωής από το 2013 για να είναι καλύτερη επιλογή η εγκατάσταση scrubber από ό,τι ο εφοδιασμός με καύσιμο MGO. Οι υπολογισμοί γίνονται υποθέτοντας ότι η διαφορά των τιμών των καυσίμων (spread) παραμένει αμετάβλητη στα 258 δολάρια ανά mt.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα 7 το spread της τιμής μεταξύ του μαζούτ και του MGO θα πρέπει να παραμείνει πάνω από 57 δολάρια ανά mt, για ένα standard πλοίο που χρησιμοποιείται μόνιμα στις ζώνες ECA, ενώ για ένα πλοίο τύπου ECO θα πρέπει το spread να είναι πάνω από USD 67 ανά mt. Θεωρείται απίθανο με την παρούσα παγκόσμια διυλιστηριακή κατάσταση το spread των τιμών να βρεθεί τόσο χαμηλά. Για το λόγο αυτό φαίνεται ότι η επένδυση για εγκατάσταση scrubber έχει νόημα για τα σκάφη που δαπανούν ένα σημαντικό χρονικό διάστημα στις ζώνες ECA. Εάν το spread των τιμών των καυσίμων αυξηθούν στα 500 δολάρια ΗΠΑ ανά μετρικό τόνο, κάτι το σύνηθες (standard) πλοίο χρειάζεται, όπως φαίνεται στο διάγραμμα, μόνο το 10% του χρόνου του σε ζώνες ECA, ώστε να δικαιολογείται η εγκατάσταση scrubber, ενώ το πλοίο ECO αντίστοιχα και λόγω καλύτερης απόδοσης στη καύση χρειάζεται τουλάχιστον 12%. Για κάθε σημείο πάνω από την καμπύλη φαίνεται ότι η επένδυση για εγκατάσταση scrubber θα αποσβεστεί και το μαζούτ είναι πλιό οικονομικά συμφέρον από το MGO.

#### **4.5. Ευαισθησία ως προς την αλλαγή του spread των τιμών των καυσίμων**

Εάν το spread των καυσίμων αυξάνεται κατά 50 δολάρια ανά μετρικό τόνο, ο ελάχιστος χρόνος που δαπανάται σε ΖΩΝΗ (για να γίνει συμφέρουσα επιλογή ο scrubber) θα πρέπει να μειωθεί κατά 16,5 %, ανεξάρτητα από το υπόλοιπο εμπορικής ζωής. Αν το spread των καυσίμων μειώνεται κατά το ίδιο ποσό, ο ελάχιστος χρόνος παραμονής σε ΖΩΝΗ θα πρέπει να αυξηθεί κατά 24,7%.

Ένα σκάφος ηλικίας 10 ετών, πρέπει να δαπανά περισσότερο από το 33% του χρόνου λειτουργίας του στη ζώνη, για να επωφεληθεί από την εγκατάσταση scrubber, όταν το spread καυσίμων είναι στα USD 258 ανά mt . Εάν το spread αυξάνεται κατά 50 δολάρια ανά μετρικό τόνο, το πλοίο θα πρέπει να δαπανά περισσότερο από 28 % ή  $( 33 \% \times ( 100 \% - 16.5 \% ) )$  του χρόνου στις ζώνες. Εάν η διαφορά μειώνεται από το ποσό αυτό το πλοίο θα πρέπει να περάσει πάνω από 41 % ή  $( 33 \% \times ( 100 \% + 24,7 \% ) )$ , για να κάνει τα Scrubbers προτιμώμενη επιλογή .

Από οικονομική σκοπιά, η πιο οικονομικά αποδοτική εναλλακτική λύση θα είναι και η προτιμώμενη επιλογή για τον πλοιοκτήτη. Ένα πλοίο ECO έχει το πλεονέκτημα ότι είναι πιο ενεργειακά αποδοτικό, το οποίο αντισταθμίζει την αρνητική επίπτωση της αύξησης του spread των καυσίμων. Ωστόσο, η ενεργειακή απόδοση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν ταξιδεύει στη θάλασσα, πράγμα που σημαίνει ότι για ένα υψηλότερο ποσοστό ημερών παραμονής σε λιμάνια δεν θα είναι καλό για ένα πλοίο ECO. Επειδή οι διαδρομές με μεγάλο ποσοστό σε ECA, σημαίνει συνήθως μικρότερη διαδρομή από ό,τι άλλες διαδρομές, θα πρέπει να γίνει η σύγκριση για τα έξοδα των καυσίμων εντός και εκτός των ECAs .

Στοιχεία κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας ενός scrubber

Οι δαπάνες σε σχέση με την εγκατάσταση scrubber μπορούν να χωριστούν σε εφάπαξ δαπάνες και σε λειτουργικά έξοδα. Υπάρχουν τρεις σημαντικές εφάπαξ δαπάνες: Η αγορά του εξοπλισμού του scrubber, η εγκατάσταση του εξοπλισμού και τα έξοδα ή καλύτερα τα διαφυγόντα κέρδη, λόγω της ακινητοποίησης του πλοίου προκειμένου να γίνει η εγκατάσταση.

Πηγές του κλάδου εκτιμούν ότι οι αρχικές δαπάνες που αφορούν στην εγκατάσταση του scrubber, φθάνουν σε 3,78 εκατομμύρια δολάρια για ένα δεξαμενόπλοιο MR.

Όσον αφορά στις λειτουργικές δαπάνες είναι κυρίως δύο: Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας/καυσίμου και οι δαπάνες συντήρησής του. Η κατανάλωση ενέργειας για τον scrubber υπολογίζονται σε 1 % της κατανάλωσης του κινητήρα, ενώ το κόστος συντήρησης έχει οριστεί σε 40.000 δολάρια ανά έτος .

Ο παρακάτω χάρτης στο σχήμα 2 απεικονίζει τις τιμές του LNG σε διάφορες περιοχές του κόσμου, επιπλέον δείχνει την μεγάλη διαφορά της τιμής μεταξύ ΗΠΑ και Ιαπωνίας.





Σχημα 2 Οι τιμές Μαρτίου 2013 του LNG, σε διάφορες περιοχές του κόσμου όπου γίνεται εμπορία μεγάλων όγκων ΦΑ [Natural Gas Overview 2013] [34].

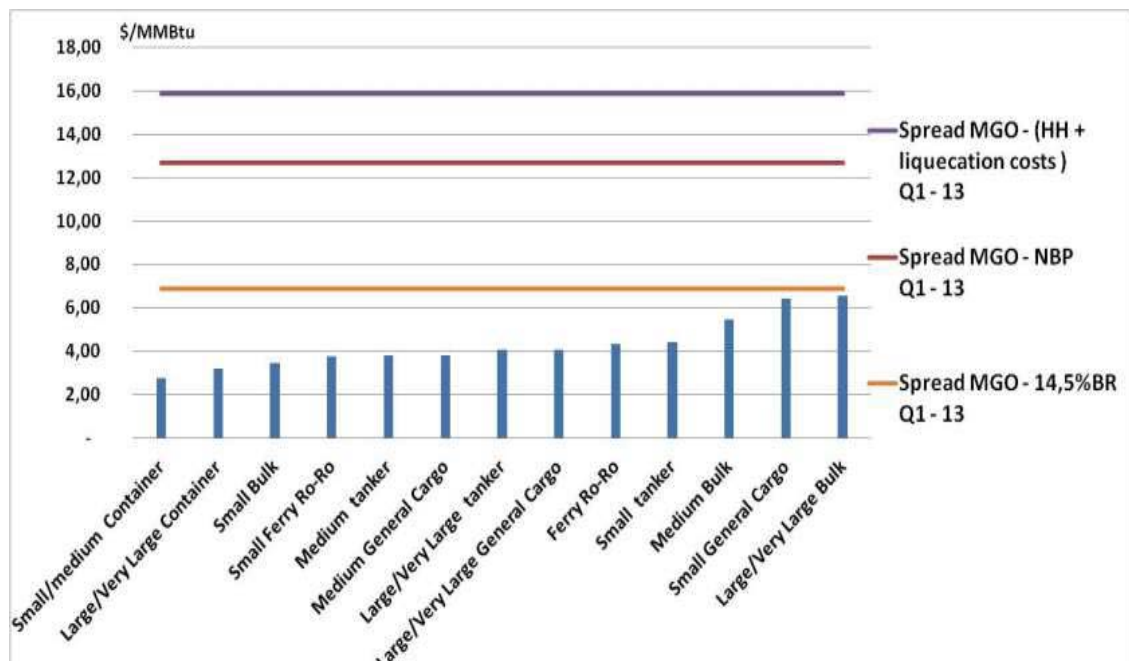
#### 4.6. Σύγκριση εναλλακτικών λύσεων για τη ναυτιλία

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα 6 που απεικονίζει τις ζώνες ECAs, οι πλοιοκτήτες θα πρέπει να πάρουν άμεσα αποφάσεις για το πώς θα προχωρήσουν για τη μετατροπή από τη χρήση HFO, σε καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, όταν λειτουργούν στις ζώνες ECAs. Μακροπρόθεσμα όμως θα πρέπει να ψάξουν για εναλλακτικές προσεγγίσεις για την κάλυψη των περιβαλλοντικών απαιτήσεων συνολικά και για όλες τις θάλασσες για την περίοδο μετά το 2020 ή το 2025 [Frederick Adamchak -2013] [7]. Αυτές μπορεί να είναι οι παρακάτω:

1. Να εξασφαλισθεί μια αξιόπιστη και οικονομικά εφικτή λύση με συμβατό υγρό καύσιμο που να πληρεί τις προϋποθέσεις του παραρτήματος VI
2. Να συνεχίσουν να καταναλώνουν καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο και να προσθέσουν εξοπλισμό μείωσης των εκπομπών SO<sub>x</sub>, όπως scrubbers ώστε να πληρούν τις απαιτήσεις εκπομπών SO<sub>2</sub>

3. Να προχωρήσουν σε ένα εναλλακτικό καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Το LNG είναι μια εναλλακτική λύση που προσελκύει την προσοχή τους, λόγω της πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο και της τιμής του, που είναι χαμηλότερη από ό,τι τα παραδοσιακά καύσιμα πλοίων, το HFO, αλλά οπωσδήποτε του MDO με 0.5% θείο, το οποίο προς το παρόν δεν παράγεται και σε κάθε περίπτωση θα είναι πολύ ακριβότερο.

Για τις τρέχουσες διαφορές μεταξύ των τιμών του Gasoil και του LNG, το LNG είναι η πιο οικονομική επιλογή για όλους τους τύπους των πλοίων όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Διάγραμμα 8. Η διαφορά(spread) τιμής του 1ου τριμήνου του 2013(Q1 -13) μεταξύ του Gasoil και του LNG δείχνει το LNG να είναι η οικονομικότερη λύση [Pablo Semolinos -2013] [5]

Στο παραπάνω διάγραμμα 8 φαίνεται ότι για το spread των τιμών το MGO και του Henry Hub συν το κόστος υγροποίησης για το 1<sup>ο</sup> τρίμηνο του 2013 είναι ευνοϊκό για το LNG σε όλους τους τύπους πλοίων, όπως το ίδιο συμβαίνει και στην Ενωμένο Βασίλειο μεταξύ MGO και NBP (National Balancing Point, η τιμή του ΦΑ στο Ηνωμένο Βασίλειο) για το ίδιο χρονικό διάστημα.

Το LNG, για πολλούς λόγους, παρά το υψηλό κόστος μετατροπών αλλά και την απουσία αυτή τη στιγμή των αναγκαίων υποδομών στα λιμάνια εφοδιασμού, θεωρείται από τους πλοιοκτήτες, ως μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για να καλύψουν τις απαιτήσεις για τα καύσιμα, χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, του

παραρτήματος VI, τόσο για το παγκόσμιο εμπόριο όσο και στις ζώνες ECAs κι αυτό κυρίως λόγω της προοπτικής για την τιμή του σε σχέση με άλλα καύσιμα. Τα κύρια ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν την οποιαδήποτε εγκατάσταση εξοπλισμού είναι τα παρακάτω:

- τα κίνητρα που θα οδηγήσουν στην αυξημένη χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καυσίμου πλοίων
- οι εναλλακτικές προσεγγίσεις για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του IMO παράρτημα VI και τα συγκριτικά οικονομικά στοιχεία τους
- οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με το χρονοδιάγραμμα και την εφαρμογή των απαιτήσεων σε καύσιμο χαμηλού θείου
- οι εκτιμήσεις για την πιθανή ζήτηση για το LNG σαν καυσίμου πλοίων
- τη διαθεσιμότητα και το κόστος των LNG σαν καύσιμο πλοίων
- την επίδραση της ζήτησης LNG για τα καύσιμα πλοίων στην παγκόσμια ζήτηση και προσφορά LNG.

#### Προγράμματα για τη χρήση LNG στα πλοία

Το LNG έχει χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει τα συστήματα πρόωσης ντίζελ των πλοίων μεταφοράς LNG, ήδη, από την παράδοση του LNG carrier Provalys (154.000M<sup>3</sup>), το 2006, του μεγαλύτερου πλοίου αυτού του τύπου μέχρι την καθέλκυσή του. Σήμερα 48 από τα υπάρχοντα LNG carrier λειτουργούν με διπλού καυσίμου και τριών καυσίμων ντίζελ συμπεριλαμβανομένης και της ηλεκτροκίνησης και είναι υπό παραγγελία, άλλα 85 ακόμη LNG carrier. Με δεδομένη και αποδεδειγμένη την επιτυχία της χρήσης του LNG σαν καύσιμο σε πλοία με κινητήρες ντίζελ, οι πλοιοκτήτες έχουν ήδη ναυπηγήσει περίπου 30 LNG που τροφοδοτούνται με LNG σαν καύσιμο και έχουν παραγγείλει περισσότερα από 30 επιπλέον LNG τροφοδοτούμενα πλοία. Οι δύο βασικοί οδηγοί που κάνουν το LNG να φαίνεται μια ελκυστική εναλλακτική λύση για την κάλυψη του παραρτήματος VI σε θείο σε σχέση με το μαζούτ είναι:

1. Το LNG επιτρέπει στα πλοία να πληρούν τις απαιτήσεις του παραρτήματος VI της MARPOL σε όλο τον κόσμο όπως και τη λειτουργία τους στις ECAs, μια και η περιεκτικότητα σε θείο, είναι πολύ κάτω από τις απαιτήσεις του παραρτήματος VI για τις ECAs. Επιπλέον, το LNG μειώνει ταυτόχρονα και τις εκπομπές NO<sub>x</sub> σε επίπεδα που καλύπτουν το παράρτημα VI της MARPOL, χωρίς ανάγκη για περαιτέρω επεξεργασία.

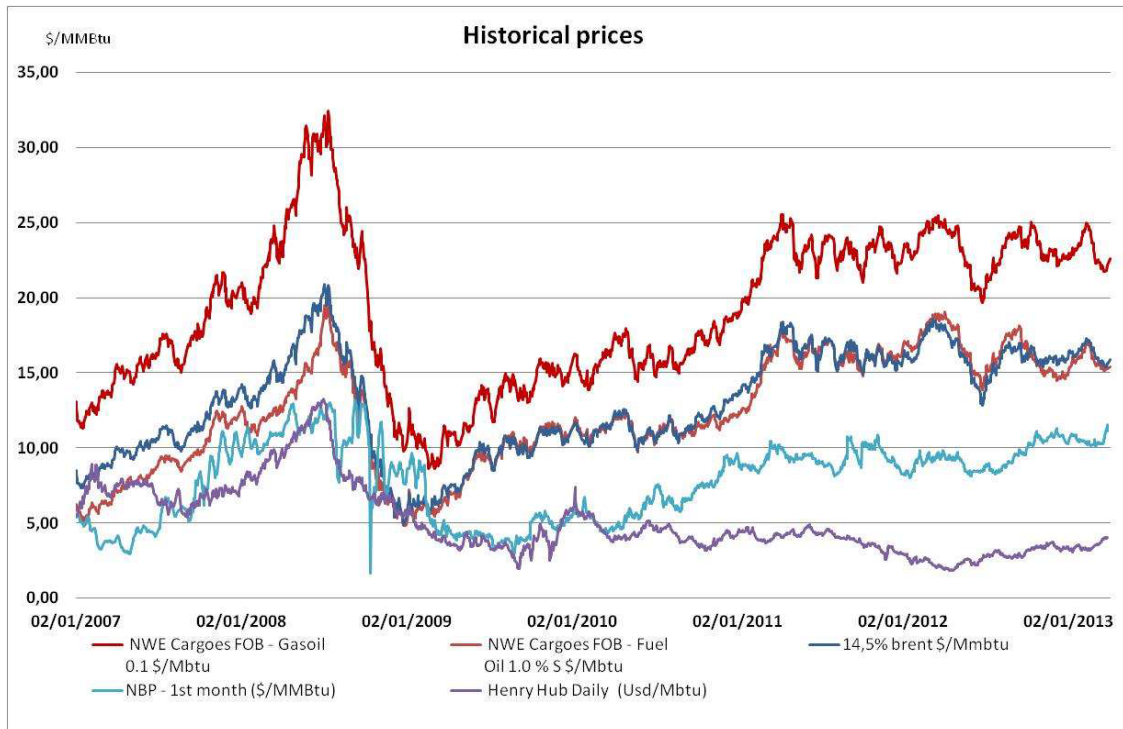
2. Σε ορισμένες αγορές φυσικού αερίου, το LNG με βάση την θερμογόνο δύναμη είναι σε χαμηλότερες τιμές ακόμη και από τα μαζούτ, υψηλής περιεκτικότητας σε θείο, HSFO.

Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι το LNG είναι πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Οι προδιαγραφές του LNG σε πολλά συμβόλαια αγοράς και πώλησης LNG προβλέπουν max 0.004% κατά βάρος, η οποία είναι πολύ κάτω από το 0,1% S που απαιτείται στις ECAs από το 2015. Οι εναλλακτικές προσεγγίσεις για την επίτευξη των απαιτήσεων του παράρτηματος VI της MARPOL που οι πλοιοκτήτες πρέπει να αξιολογήσουν, είναι το σχετικό τους κόστος όπως και αυτό των μελλοντικών καυσίμων των πλοίων, τις τιμές LNG πριν από τη λήψη μιας απόφασης, όπως και την περίοδο χρήσης του πλοίου τους στις περιοχές ECAs είναι οι παρακάτω τρεις με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της καθεμιάς:

1. Η χρησιμοποίηση Χαμηλού Θείου Μαζούτ ή MDO/MGO χαμηλού θείου, 0.1%. Μειονέκτημα στη λύση αυτή είναι η διαθεσιμότητα του χαμηλού θείου μαζούτ και η απροθυμία των διυλιστηρίων να το παράγουν, όπως και η τελική υψηλή τιμή του προϊόντος και για το μαζούτ όπως και των MDO/MGO. Επιπλέον είναι πιθανό να απαιτηθεί η επένδυση εγκατάστασης scrubber για την αντιμετώπιση των μειωμένων εκπομπών NOx προκειμένου να καλυφθεί η Tier III. Πλεονέκτημα της λύσης αυτής είναι ότι δεν θα χρειαστούν άλλες δεξαμενές καυσίμων και επενδύσεις στις μηχανές.
2. Η εγκατάσταση scrubber και η χρήση υψηλού Θείου μαζούτ (HSFO). Στα μειονεκτήματα της λύσης αυτής, είναι το κόστος της εγκατάστασης scrubber αλλά και η ανάγκη απομάκρυνσης και επεξεργασίας των υπολειμμάτων και το κόστος της διαδικασίας αυτής, όπως και η διαθεσιμότητα τώσων scrubber το 2020. Επιπλέον θα πρέπει να υπολογισθεί και ο χρόνος που θα απαιτηθεί για την εγκατάσταση του scrubber. Τέλος θα πρέπει να εκτιμηθεί και το μεγαλύτερο κόστος συντήρησης των μηχανών. Πλεονέκτημα της λύσης αυτής η διαθεσιμότητα του προϊόντος και κύρια η ύπαρξη και λειτουργία του κυκλώματος διακίνησης και φορτηγίδων, όπως και το χαμηλότερο κόστος αγοράς σε σχέση με το χαμηλού Θείου μαζούτ.
3. Η χρήση MGO ή MDO. Στα μειονεκτήματα είναι η σημαντική επιβάρυνση σε κόστος καυσίμου, η απουσία διαθέσιμων ποσοτήτων MGO ή MDO 0.5% για μετά το 2025 εκτός αν τα διυλιστήρια προχωρήσουν στην παραγωγή του, κάτι που μπορεί να γίνει, χωρίς επιπλέον επενδύσεις. Στα πλεονεκτήματα καμμία ανάγκη αλλαγής του εξοπλισμού.

4. Η εγκατάσταση εξοπλισμού για την καύση LNG. Μειονεκτήματα της λύσης είναι το πολύ μεγαλύτερο κόστος για την αγορά του εξοπλισμού και της μετατροπής, ο χρόνος που θα απαιτηθεί για τις μετατροπές αλλά και το σημαντικότερο, η απουσία υποδομών και κυκλωμάτων διακίνησης LNG όπως και φορτηγίδων τροφοδοσίας στα λιμάνια εφοδιασμού καυσίμων. Το κόστος για την εγκατάσταση συστήματος πρόωσης με LNG σε ένα νεότευκτο πλοίο, μαζί με τον κατάλληλο αποθηκευτικό χώρο είναι περίπου 10% επιπλέον του κόστους κατασκευής του πλοίου και ανάλογα με το μέγεθός του, δηλαδή σε ένα LNG carrier που η κατασκευή κοστίζει 250 εκατ. \$ στοιχίζει 25 εκατ.\$\$. Πρόβλημα θα είναι και να αντιμετωπιστεί οι ανησυχία που αφορά στην ασφάλεια λόγω των εγκαταστάσεων LNG που πρέπει να κατασκευαστούν κοντά στα λιμάνια, όπως και πιθανόν μικρών μονάδων υγροποίησης ΦΑ για να αξιοποιηθεί σε μερικές περιπτώσεις το δίκτυο των αγωγών ΦΑ. Πάντως τέτοια προβλήματα έχουν ήδη αντιμετωπιστεί με επιτυχία στις ΗΠΑ. Επίσης θα χρειασθεί περισσότερος χώρος αποθήκευσης στο πλοίο, περίπου 1,8 φορές μεγαλύτερος απ'ότι ο ενεργειακά ισοδύναμος χώρος του MDO και τέλος πρόβλημα θα είναι και η απουσία εφοδιασμού στις ευρύτερες περιοχές μακριά από τα βασικά κέντρα bunkering. Στα πλεονεκτήματα της λύσης είναι η μείωση των εκπομπών πολύ κάτω από την αναγκαία για την κάλυψη των προδιαγραφών της IMO VI, το πολύ χαμηλότερο κόστος της συντήρησης των μηχανών, περίπου κατά 50%, σε σχέση με την καύση του HFO ή MDO, όπως και η τιμή αγοράς του LNG που σε μερικές περιπτώσεις είναι πολύ ανταγωνιστική σε σχέση με τα άλλα καύσιμα ναυτιλίας και ενδέχεται να σπρώξει τις εξελίξεις για τη χρήση του LNG στη ναυτιλία, χωρίς άλλα κίνητρα και πιθανές επιδοτήσεις.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 9 παρακάτω, υπάρχει επίσης ένα σαφές οικονομικό κίνητρο ώστε το LNG, να αποτελέσει με βάση την τιμή του ένα εναλλακτικό καύσιμο. Στις ΗΠΑ η τιμή Henry Hub του φυσικού αερίου είναι περίπου το 30 % του ενδιάμεσου Θείου Μαζούτ ( IFO ) 380 στις ακτές του κόλπου του Μεξικού. Στο Ηνωμένο Βασίλειο , η διαφορά δεν είναι τόσο μεγάλη, αλλά όμως εξακολουθεί να είναι 30% κάτω από την τιμή των bunkers. Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το ΦΑ εκτός της αγοράς, πρέπει να υγροποιηθεί, να αποθηκευθεί και μετά να παραδοθεί μέσω των μέσων τροφοδοσίας στο πλοίο. Όλα αυτά προϋποθέτουν επενδύσεις σε υποδομές, καθώς και την ανάκτηση των παραπάνω δαπανών για τον εφοδιασμό με LNG ώστε να είναι ανταγωνιστικό με τα καύσιμα των πλοίων HFO, τα οποία όμως παρέχονται μέσω των ήδη υφιστάμενων υποδομών. Οι δαπάνες αυτές λοιπόν πρέπει να αξιολογηθούν[Pablo Semolinos – 2013] [5]



Διάγραμμα 9 Τιμές ΦΑ , FO 1%,Gasoil 0.1 και 14,5% Brent, Jan 2007-2013 [Pablo Semolinós – 2013] [5]

Η κατάσταση στην Ασία και τον Ειρηνικό δεν είναι τόσο σαφής. Οι τιμές LNG είναι υψηλότερες από ό,τι για το IFO 380, αλλά χαμηλότερες από το Marine Diesel Oil. Ενώ η σύγκριση πρέπει να γίνει μεταξύ LNG και Μαζούτ και όχι μεταξύ ΦΑ και IFO(Intermediate Fuel Oil). Θα υπάρξει η ανάγκη για την ανάπτυξη των υποδομών για τον ανεφοδιασμό με LNG. Η αγορά του LNG στην Ασία, σε μεγάλο βαθμό, είναι προσαντολισμένη στη χρήση του LNG για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για την διανομή με αγωγούς στο εφοδιασμό της οικιακής κατανάλωσης στις πόλεις. Οι εγκαταστάσεις αυτές είναι πιθανό να μην είναι κατάλληλες για την παροχή υπηρεσιών εφοδιασμού στα πλοία .

Μια εκτίμηση του κόστους των υποδομών για την υγροποίηση του ΦΑ, την αποθήκευση και τη μεταφορά του LNG και την τροφοδοσία των πλοίων, όταν προστίθενται στο κόστος της τροφοδοσίας κάνει το LNG ανταγωνιστικό σε σχέση με το MDO στο Ρότερνταμ, αλλά είναι μάλλον μη ανταγωνιστικό σε σύγκριση με το IFO. Στην Ασία το LNG είναι μια ελκυστική εναλλακτική λύση σε σύγκριση με τις τιμές του μαζούτ, αλλά οι τιμές είναι υψηλότερες από ό,τι το MDO. Αν και η ανταγωνιστικότητα της τιμής του LNG φαίνεται να εξασφαλίζεται στις ΗΠΑ , το πρόβλημα είναι αν θα πωλείται το LNG με την «λογική» απόδοσης των επενδύσεων ή θα τιμολογείται ανταγωνιστικά ως προς με εναλλακτικά καύσιμα. Ένα πρόσφατο άρθρο αναφέρει ότι το LNG πωλείται στις οδικές μεταφορές με

έκπτωση 30 % ως προς το ντίζελ, επιπλέον, ότι η ίδια τιμή LNG ήταν ισοδύναμη με σχεδόν \$ 20.00/MMBtu ενώ η τιμή Henry Hub ήταν κάτω από \$ 4.00/MMBtu. Το θέμα είναι ότι μια χαμηλή τιμή του ΦΑ δεν σημαίνει απαραίτητα αντίστοιχα χαμηλές τιμές του LNG.

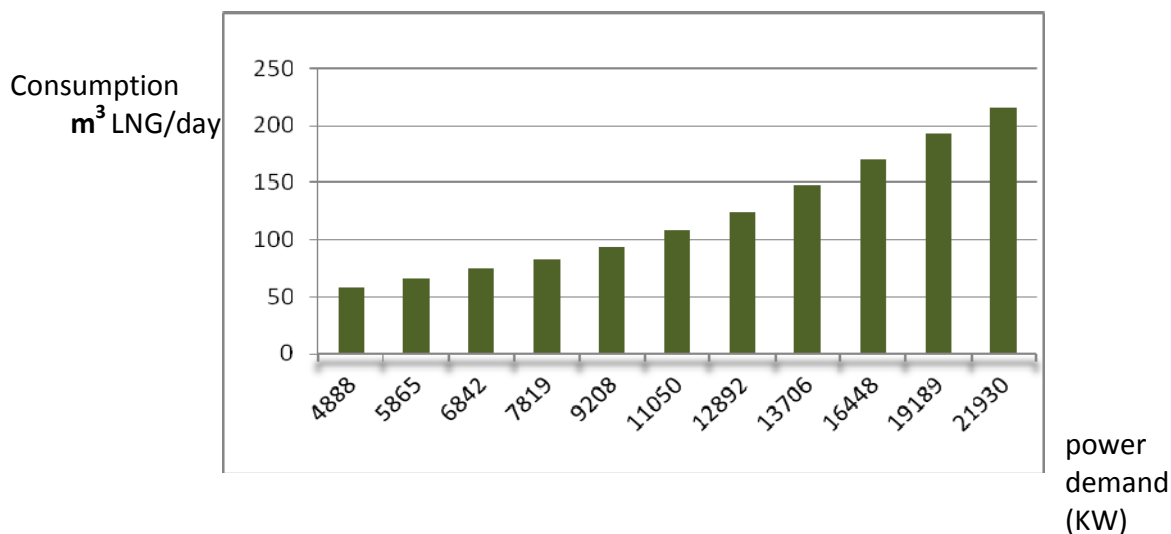
## 4.7. Τεχνικά χαρακτηριστικά των LNG fuelled πλοίων

### 4.7.1 Καταναλώσεις-Αυτονομία-μέγεθθ δεξαμενών

Power demand (KW)	consumption m <sup>3</sup> /day	endurance days at total geometric tank capacity (m <sup>3</sup> )									
		400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	
4888 + 2*739	58	6.2	9.3	12.4	15.5	18.6	21.7	24.8	27.9	31	
5865 + 2*739	66	5.5	8.2	10.9	13.6	16.4	19.1	21.8	24.5	27.3	
6842 + 2*739	75	4.8	7.2	9.6	12	14.4	16.8	19.2	21.6	24	
7819 + 2*739	83	4.3	6.5	8.7	10.8	13	15.2	17.3	19.5	21.7	
9208 + 2*739	93	3.9	5.8	7.7	9.7	11.6	13.5	15.5	17.4	19.4	
11050 + 2*739	108	3.3	5	6.7	8.3	10	11.7	13.3	15	16.7	
12892 + 2*739	124	2.9	4.4	5.8	7.3	8.7	10.2	11.6	13.1	14.5	
13706 + 3*986	148	2.4	3.6	4.9	6.1	7.3	8.5	9.7	10.9	12.2	
16448 + 3*986	170	2.1	3.2	4.2	5.3	6.4	7.4	8.5	9.5	10.6	
19189 + 3*986	193	1.9	2.8	3.7	4.7	5.6	6.5	7.5	8.4	9.3	
21930 + 3*986	216	1.7	2.5	3.3	4.2	5	5.8	6.7	7.5	8.3	

Πίνακας 2 Διαθέσιμη ισχύς σε σχέση με τη κατανάλωση καθώς και αυτονομία για συγκεκριμένα μεγέθη δεξαμενών Source Warstila

- Με κόκκινο είναι σημειωμένες οι αυτονομίες που δεν είναι αξιοποιήσιμες οπότε πρέπει να περάσουμε σε μεγαλύτερη δεξαμενή .Κάτω από 5 μέρες
- Με κίτρινο είναι σημειωμένες οι αυτονομίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για ακτοπλοΐα. Από 5-20 μέρες.
- Με πράσινο είναι σημειωμένες οι αυτονομίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη ποντοπόρα ναυτιλία. Από 21 μέρες και πάνω.



Διάγραμμα 10 Καταναλώσεις m<sup>3</sup> LNG/day σε σχέση με την ισχύ

#### 4.7.2 Δεξαμενές LNG

Ένα μεγάλο κομμάτι για το LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο είναι οι δεξαμενές. Το μέγεθος των δεξαμενών, το είδος αλλά και η θέση του παίζουν σημαντικό ρόλο για τις εφαρμογές σε πλοία που χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο. Ο χώρος που χρειάζεται για να επιτευχθούν αντίστοιχες αυτονομίες είναι περίπου 1,8 με 2 φορές περισσότερος απ' ό,τι απαιτείται για δεξαμενές HFO. Αυτό μπορεί να μειώσει τον όγκο του cargo, αναλόγως του τύπου του πλοίου, τύπου δεξαμενής.

Για τα εμπορικά πλοία υπάρχουν διάφορες επιλογές. Για τα μικρότερα, οι προκατασκευασμένες τύπου C είναι διαθέσιμες σε μεγέθη ως 1000 m<sup>3</sup> με μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση 20 bar. Τα διαθέσιμα μεγέθη αναμένεται να αυξηθούν τα επόμενα χρόνια από 1000 σε 10.000 m<sup>3</sup>. Οι δεξαμενές τύπου C χρησιμοποιούνται ήδη. Υπάρχουν διάφορα σχέδια για μελλοντικά projects όπου προτείνεται η χρησιμοποίηση membrane, type A, type B γιατί πιάνουν λιγότερο χώρο. Τα LNG carriers είναι τυπικά εφοδιασμένα με membrane ή τύπου B.





# Είδη Δεξαμενών

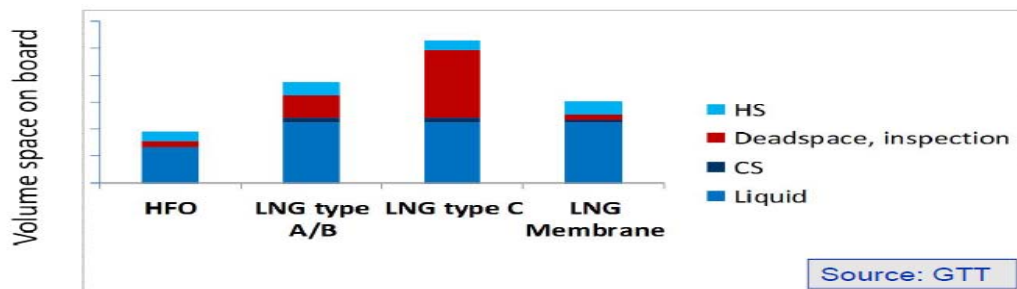
MEMBRANE:



Type A , B:



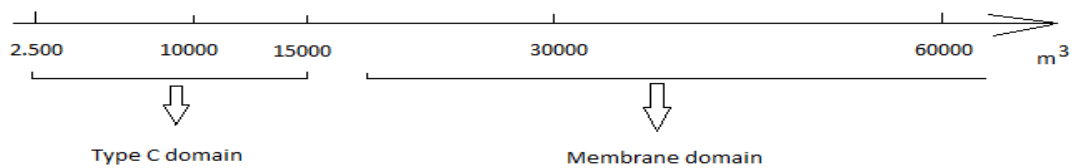
Type C:



CS=Containment System, HS=Handling System

Διάγραμμα 11 Χώρος που χρειάζεται ο κάθε τύπος

Οι τύπου A, B και οι membrane προτιμούνται από τις C σε μεγάλη κλίμακα γιατί πιάνουν λιγότερο χώρο.



Main characteristics of the different tank types

Tank type	Description	Pressure	Pros	Cons
A	Prismatic tank, adjustable to hull shape; full secondary barrier	<0.7 bar g	Space-efficient	Boil-off gas handling. More complex fuel system required  High costs
B	Prismatic tank, adjustable to hull shape; partial secondary barrier	<0.7 bar g	Space-efficient	Boil-off gas handling. More complex fuel system required High costs
	Spherical tank; partial secondary barrier		Reliably proven in LNG carriers	Boil-off gas handling. More complex fuel system required
C	Pressure vessel, cylindrical with dished ends	>2 bar g	Allows pressure increase Simple fuel system Little maintenance Easy installation Lower costs	On board space requirements
Membrane	adjustable to hull shape	<0.7 bar g	Space-efficient	Boil-off gas handling. More complex fuel system required High costs ,more available flexibility of shape

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά δεξαμενών [46]

## Μονώσεις

Για τις τύπου A,B απαιτείται δεύτερο στρώμα για να αποτρέψει πιθανή διαρροή αερίου σε περίπτωση αστοχίας. Οι τύπου C έχουν πολύ μικρότερο ρίσκο και άρα δεν χρειάζεται.

Αν και μια LNG δεξαμενή πρέπει να μονώνεται κατάλληλα, περνάει θερμότητα απ' το περιβάλλον στο υγρό, το οποίο προκαλεί εξάτμιση και αύξηση της πίεσης (boil off gas).

Οι πιο συνηθισμένες μονώσεις είναι μονώσεις κενού ή ένα στρώμα πάχους 20-30cm αφρού πολυουρεθάνη καλυμμένο από προστατευτικά φύλλα.

Τύποι των δεξαμενών και οι αρχές ασφαλείας για κάθε τύπο είναι οι παρακάτω:

- Τύπος C (min  $p > 2$  bar g)
  - χωρίς διαρροή η δεξαμενή
  - διαρροές δυνατές μόνο από τις βαλβίδες
- Τύπος B (max  $p \leq 0,7$  bar g)
  - Μόνο ήσσονος σημασίας διαρροές πιθανές στη δεξαμενή
  - Περιορισμένη έκλυση υγροποιημένου αερίου πρέπει να αντιμετωπίζεται
- Τύπος A και μεμβράνη Δεξαμενή (max  $p \leq 0,7$  bar g)
  - πλήρη αστοχία στο πρώτο σύνορο δεν αποκλείεται
  - Η έκλυση υγροποιημένου αερίου πρέπει να αντιμετωπίζεται

### 4.7.3. Sloshing

Sloshing σε μερικώς γεμάτες δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι το πλέον σημαντικό τεχνικό ζήτημα της βιομηχανίας ΥΦΑ και συνδέεται με την εφαρμογή της τεχνολογίας των μεμβρανών. Η εμφάνιση Sloshing και τα αποτελέσματα εξαρτώνται από:

- Τις περιβαλλοντικές συνθήκες
- Τη δομή του πλωτού(σχήμα και διαστάσεις)
- Ο αριθμός, το μέγεθος και η γεωμετρία των δεξαμενών ΥΦΑ
- Το επίπεδο πληρότητας των δεξαμενών ΥΦΑ

- Συνδυασμός των κινήσεων της πλωτής κατασκευής και του ΥΦΑ
- Υδροδυναμική αλληλεπίδραση

Μερική πλήρωση και κινήσεις sloshing :

Το μέγεθος των δεξαμενών είναι πιο μικρό απ' τα LNGcs

Οι επιταχύνσεις/ταχύτητες των υγρών είναι περιορισμένες

Οι membrane μπορούν να αντέξουν μεγάλα φορτία

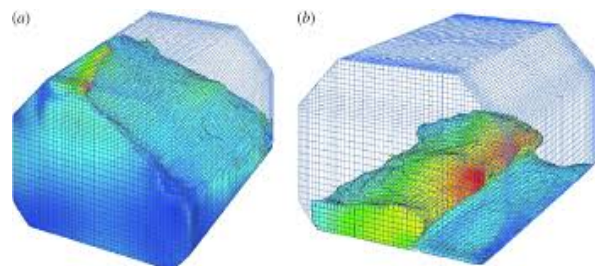
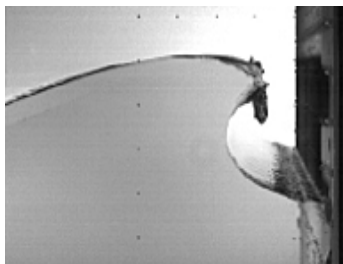
Για μικρά LNGcs, που πλέον παραλιακά, η πιθανή μάζα υγρού στις δεξαμενές δεν μπορεί να παράγει:

-μεγάλα sloshing φορτία

-απώλεια ευστάθειας πέρα απ τα κριτήρια της IMO

-δεν μιλάμε καν για ποταμόπλοια ή λιμενικές δραστηριότητες, Barges

Το sloshing δεν είναι πρόβλημα που δε μπορεί να αντιμετωπισθεί



τυπικές sloshing κινήσεις για υψηλή, χαμηλή πλήρωση

Παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη:

- Επίδραση στο deadweight
- Μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος
- Προσαρμογή του όγκου
- Το όριο πλήρωσης
- Bunkering (BOG management)
- Sloshing impact

- Υποστήριξη απ' τη κατασκευή
- Τύπος μόνωσης

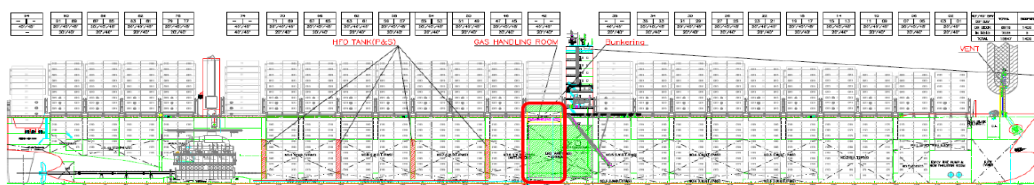
#### 4.7.4. Cargo space lost/tank location

Σε πολλούς τύπους πλοίων οι δεξαμενές LNG μπορούν να τοποθετηθούν εκτός γάστρας, στο κατάστρωμα χωρίς απώλεια ωφέλιμου φορτίου. Στα containership έχουμε μια μικρή απώλεια ωφέλιμου φορτίου.



Σε ένα containership 16000 TEU η απώλεια του φορτίου θα είναι 450 TEU ή περίπου 3% του φορτίου, από τη μετατροπή του με πρόωση LNG

LNG fuelled 16000 TEU mega container ship



Source: GTT

**Loss of 450  
TEU**

Ο χώρος τοποθέτησης της δεξαμενής , υπόκειται στους εξής περιορισμούς:

- Όχι μικρότερη απόσταση από 800mm απ τα πλευρικά τοιχώματα
- Ύπαρξη χώρου για υποστήριξη, επιθεώρηση/επισκευή,μόνωση
- Όχι κάτω από χώρους ενδιαίτησης
- Ενίσχυση ελασμάτων στο χώρο της τοποθέτησης
- **Σχετικό μήκος 9-12% ship LOA**
- **Όσο μεγαλύτερο το πλοίο τόσο μικρότερο το cargo loss**



#### **4.8. Πρόβλεψη της πορείας του LNG σαν καύσιμο ναυτιλίας**

Μέχρι σήμερα, οι πρωτοβουλίες για χρήση του LNG σαν καύσιμο είναι σε μεγάλο βαθμό τοπικές. Τα πλοία με εμπορικές διαδρομές μέσα στις ECAs, όπως τα πλοία που δραστηριοποιούνται από τη Βαλτική στη Βόρεια Θάλασσα και τη Μάγχη, λειτουργούν ήδη με θείο 1,0 % στην απαίτηση για καύσιμα για το σύνολο ή για ένα σημαντικό μέρος της πλεύσης τους. Πρωτοβουλίες από κυβερνήσεις και πλοιοκτήτες έχουν ήδη οδηγήσει στην κατασκευή και τη λειτουργία πλοίων που χρησιμοποιούν σαν καύσιμο το LNG, όπως και την ανάπτυξη μιας μικρής κλίμακας υποδομής ανεφοδιασμού με LNG εντός αυτών των ζωνών, η οποία τέθηκε σε ισχύ το 2006 και το 2007.

Με την εισαγωγή από τον Αύγουστο του 2012 της Βόρειας Αμερικής στις ζώνες ECAs, και σε ανταπόκριση με τη αμερικανική Υπηρεσία για την Προστασία του Περιβάλλοντος που αποφάσισε ότι τα πλοία που εκτελούν δρομολόγια αποκλειστικά στη Βόρεια Αμερική πρέπει να χρησιμοποιούν για πρόωση LNG, έχουν παραγγελθεί πλοία, ωστόσο, δεν είναι όλα τα νέα πλοία που παραγγέλλονται υποψήφια για LNG.

Στη Νορβηγία η κυβέρνηση αποφάσισε την άμεση λειτουργία νέων δρομολογίων πλοίων που να χρησιμοποιούν για καύσιμο, LNG και επιπλέον την επιβολή φόρου για τις αυξημένες εκπομπές NOx και κινήτρων και πόρων για την μείωση των εκπομπών NOx. Αυτό οδήγησε σε πολλά από τα λειτουργούντα πλοία να έχουν λάβει, από τα κίνητρα, περισσότερο από το μισό του επιπλέον κόστους.

Προκειμένου να αναπτυχθεί το ζήτημα της ζήτησης LNG, θεωρήθηκε ότι μόνο τα νέα πλοία θα χρησιμοποιήσουν LNG ως καύσιμο, καθώς για τα υπάρχοντα από τη μια οι μετατροπές είναι δαπανηρές, τόσο αναφορικά με το κόστος της μετατροπής, όσο και για το χρόνο που απαιτείται να είναι εκτός λειτουργίας το πλοίο ώστε να γίνει η μετασκευή αλλά και να αντιμετωπιστούν οι τεχνικές δυσκολίες. Για τη συνέχεια θα γίνουν οι παρακάτω παραδοχές:

Bulk Carriers	Oil Tankers	Containerships	Cruise Ships
Australia – China Europe – N America Australia – Japan Europe – Asia Latin America – Europe	Middle East – S Asia W Europe – N America Middle East – China W Africa – N America Middle East – S Europe	Far East – Europe Transatlantic Transpacific	Asia N Europe/Baltic Carib/Central America Latin America Middle East N America (E & W Coast) Oceania S Eur/N Africa/East Med

Πίνακας 2. Οι κύριες διαδρομές, παγκόσμια, σε σχέση με το είδος του πλοίου [Jesper Aagesen Lloyd's Register -2012 **[30]**

- Τα πλοία απασχολούνται σε ζώνες ECAs και έχουν παραδοθεί μέχρι το 2015, που σημειωτέον στις ζώνες ECAs, ήδη ισχύουν τα όρια με μειωμένη περιεκτικότητα σε θείο 1,0%
- Η μείωση της περιεκτικότητας των καυσίμων σε Θείο 0,5%, παγκόσμια, θα καθυστερήσει μέχρι το 2025, με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας της IMO το 2018, για τη διαθεσιμότητα καυσίμων περιεκτικότητας 0,5%
- Το LNG θα έχει ένα ρεαλιστικό μερίδιο αγοράς καυσίμων ναυτιλίας σε σχέση με τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο και με το μαζούτ υψηλού Θείου και με ταυτόχρονη εγκατάσταση scrubbers σ'αυτά.

Μετά τις παραπάνω παραδοχές και εφόσον επικεντρωθεί το ενδιαφέρον στις κατηγορίες πλοίων: μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων containership που πραγματοποιούν ταξίδια μεταξύ ζωνών ECAs φαίνεται ότι τα Containership, επειδή έχουν σταθερά δρομολόγια δαπανούν σημαντικό χρόνο μέσα στις ECAs μετά από μια σύντομης διάρκειας διάσχιση του Ατλαντικού συνεχίζουν στη ζώνη ECAs.

Πιστεύεται ότι οι παραγγελίες για πλοία με πρόωση LNG θα αυξηθούν σημαντικά, ιδιαίτερα, όταν φθάσει η ημερομηνία εφαρμογής του κανονισμού για περιεκτικότητα 0,5% θείου στα καύσιμα, παγκόσμια.

Προβλέπεται ότι η κατανάλωση του LNG σαν καυσίμο των πλοίων θα ανέλθει στο 1 εκατ. τόνους το 2020 και θα αυξηθεί με ταχείς ρυθμούς μέχρι 8,5 εκατ. τόνους το 2025 .



Πιστεύεται επίσης ότι η Ευρώπη και οι ΗΠΑ θα βασίζονται κατά κύριο λόγο στην εγχώρια παραγωγή φυσικού αερίου για την παραγωγή LNG για τα καύσιμα πλοίων. Στην Ασία και τον Ειρηνικό, από την άλλη πλευρά εφοδιασμός θα πρέπει να στηρίζεται στις εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου σε τιμές που θα καθορίζουν οι αγορές στην Ασία και τον Ειρηνικό.

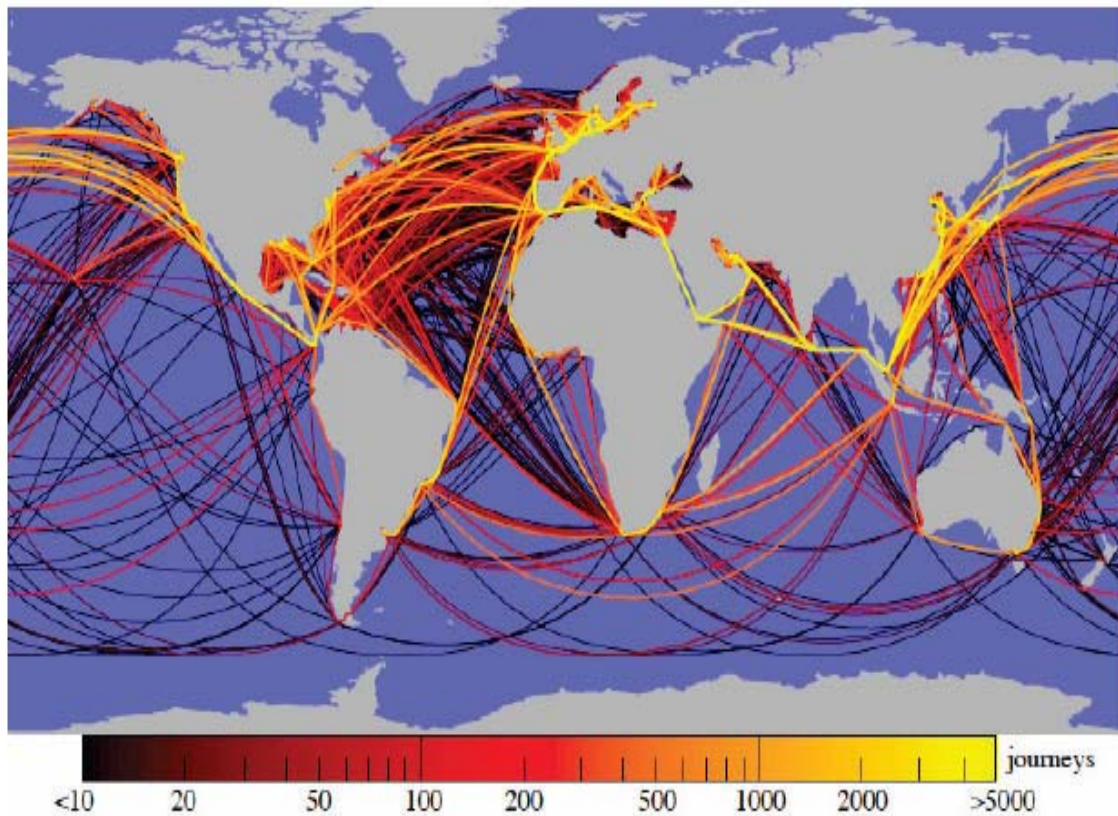
Μια σειρά από άλλες προβλέψεις που αφορούν τη ζήτηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου σαν καυσίμο πλοίων και έχουν δημοσιευθεί και οι οποίες βασίζονται σε παραδοχές που έγιναν με βάση τα παρακάτω θέματα:

- η σχέση της παγκόσμιας οικονομικής δραστηριότητας με τη ναυτιλία και τη ναυπηγική δραστηριότητα,
- τις τιμές των καυσίμων
- η σύγκριση των τιμών του ΦΑ και του LNG σε σχέση με τις τιμές του αργού
- οι κανονισμοί και η δραστηριότητα σχετικά με τα περιβαλλοντικά θέματα,
- οι δαπάνες για τη μετατροπή συμβατικών πλοίων για τη χρήση LNG σαν καύσιμο
- Το κόστος των υποδομών ανεφοδιασμού με LNG
- η διαθεσιμότητα καυσίμου LNG

Τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων έχουν ένα ευρύ φάσμα σεναρίων για αναμενόμενη ζήτηση LNG.

- Από 0,7 μέχρι 66 εκατ. τόνους το 2025 , ανάλογα με το σενάριο
- 8 – 33 εκατ τόνους το 2020, ανάλογα με το σενάριο και
- 65 εκατ. το 2030

Στο παρακάτω χάρτη φαίνονται τα συχνότερα πραγματοποιούμενα διεθνή δρομολόγια. Η μεγαλύτερη πυκνότητα των δρομολογίων είναι μεταξύ Ευρώπης και Αμερικής, από την ανατολική Ασία στις Δυτικές ακτές των ΗΠΑ και στη συνέχεια μέσω της διώρυγας του Παναμά στον κόλπο του Μεξικού και στις ανατολικές ακτές των ΗΠΑ και τέλος από την Ασία μέσω της διώρυγας του Σουέζ στην Ευρώπη. Ο χάρτης αυτός δείχνει παράλληλα και που να δημιουργηθούν υποδομές για εφοδιασμό των πλοίων με LNG, πρακτικά εκεί που βρίσκονται οι υποδομές για εφοδιασμό των πλοίων με Fuel Oil.



Σχήμα 3. Απεικόνιση της συχνότητας των διαδρομών των πλοίων στον παγκόσμιο χάρτη (Αντίστοιχοι οι χρωματισμοί με το πλήθος των δρομολογίων [Jesper Aagesen Lloyd's Register -2012] [30])

#### 4.9. Εκτιμήσεις για τη εξέλιξη του bunkering με LNG

Με βάση το βιβλίο παραγγελιών αναμένεται ο στόλος των LNG-fuelled πλοίων να φτάσει τα 100 ως το 2018. Με μια μέση κατανάλωση 100m<sup>3</sup> / day εκτιμάται η συνολική ποσότητα για bunker παγκοσμίως στα 3-4 εκατομμύρια m<sup>3</sup> LNG ετησίως.

Έχουν δημοσιευθεί διάφορες εκτιμήσεις για την ετήσια κατανάλωση καυσίμων για bunkering. Η IEA αναφέρει ότι η παγκόσμια ζήτηση καυσίμων εφοδιασμού το 2010 ήταν 235 εκατ. MT, εκ των οποίων περίπου 180 εκατ. τόνους συνολικά χαμηλού και υψηλού Θείου μαζούτ (Fuel Oil) και 55 εκατομμύρια τόνους Diesel (συνολικά MDO και MGO). Οι ποσότητες αυτές για ένα ισοδύναμο 180 εκατ. MT

υγροποιημένου φυσικού αερίου αντιστοιχούν σχεδόν στο 75% του παγκόσμιου εμπορίου LNG το 2012.

Η παγκόσμια ζήτηση LNG αναμένεται να αυξηθεί κατά περισσότερο από 5% ετήσια μέχρι το 2020. Η ζήτηση στις περιοχές της Ασίας και του Ειρηνικού σε LNG το 2012 αντιπροσωπεύει περίπου το 70% της παγκόσμιας ζήτησης. Στις περιοχές αυτές η ζήτηση θα συνεχίσει να αυξάνει και να πιέζει την παγκόσμια ζήτηση. Οι μονάδες υγροποίησης θα πρέπει να επεκταθούν με ταχείς ρυθμούς σε όλο τον κόσμο για να ανταποκριθούν στη ζήτηση και να μην πιεστούν οι τιμές στην Ασία και τον Ειρηνικό παραπάνω λόγω της αυξημένης ζήτησης.



Εικόνα 2. Εικονική αναπαράσταση τροφοδοσίας πλοίου με LNG. [21]

Εκτιμάται ότι περίπου το 80 % των συνολικών πωλήσεων LNG γίνονται βάσει μακροπρόθεσμων (long term) συμβολαίων, όπως είναι και φυσικό λόγω των δαπανηρών επενδύσεων που απαιτούνται για την κατασκευή των μονάδων υγροποίησης. Το υπόλοιπο πωλείται στη spot αγορά και με βραχυπρόθεσμες συμβάσεις. Με το όγκο της παγκόσμιας αγοράς καυσίμων εφοδιασμού πλοίων στο περίπου το 70 % της παγκόσμιας αγοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου, μια σημαντική μεταστροφή από τα χρησιμοποιούμενα σήμερα καύσιμα εφοδιασμού πλοίων σε LNG, θα απαιτήσει μια παρόμοια αύξηση της προσφοράς LNG .

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι υπάρχουν ακόμη αρκετές αβεβαιότητες. Το ερώτημα είναι αν η spot και η βραχυπρόθεσμη παροχή LNG παρέχουν επαρκή ασφάλεια εφοδιασμού για τους πλοιοκτήτες ώστε να παραγγείλουν νέα πλοία σχεδιασμένα να χρησιμοποιούν LNG σαν καύσιμο όπως και να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν υποδομές στα λιμάνια εφοδιασμού για την τροφοδοσία των

πλοίων αυτών. Επίσης πρέπει να φανεί αν θα αναπτυχθούν νέες μονάδες παραγωγής και εφοδιασμού με LNG ώστε να είναι εφικτό να ανταποκριθούν στην αυξανόμενη ζήτηση.

Επιστρέφοντας όμως στο θέμα των προδιαγραφών το Παράρτημα VI της MARPOL είναι μια τολμηρή και καθοριστική κίνηση του IMO και των εμπλεκόμενων μερών του παραρτήματος VI για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία συμπεριλαμβανομένων των SOx. Η περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων θα μειωθεί, αφού οι κανονισμοί του παραρτήματος VI είναι αυστηροί. Το ερώτημα για τη βιομηχανία LNG είναι ποιό ρόλο θα παίξει LNG στην αγορά καυσίμων πλοίων και πότε.

Ο ρυθμός της αλλαγής, λόγω της έλλειψης πρωτοβουλιών από τις ασιατικές κυβερνήσεις να χαρακτηρίσουν τα χωρικά τους ύδατα ζώνες ECA, δεν θα είναι ταχύς και οι λύσεις που θα δοθούν θα περιοριστούν μάλλον σε τοπικό επίπεδο.

Ωθούμενο από κυβερνητικές πρωτοβουλίες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω για τη Νορβηγία και παράλληλα με οικονομική στήριξη, το LNG σαν καύσιμο για τη ναυτιλία έχει κάνει, ήδη, σημαντικά βήματα διείσδυσης στη Βαλτική Θάλασσα, στη Βόρεια Θάλασσα και τη Μάγχη και η συμμετοχή του προβλέπεται να επεκταθεί. Στην ίδια κατεύθυνση είναι και οι πρωτοβουλίες για το LNG που λαμβάνονται στις ΗΠΑ για τα σκάφη που λειτουργούν εντός των ορίων ECAs και μέχρι τα 200 μίλια. Η αιτία για όλα αυτά είναι τόσο οι κανονισμοί όσο και οικονομικοί.

Από τη παραπάνω ανάλυση, φαίνεται ότι αναδεικνύονται τα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν όπως και τις αποφάσεις που θα πάρουν οι πλοιοκτήτες μαζί με τους φορείς εφοδιασμού των πλοίων με καύσιμα, τις κυβερνήσεις και τις λιμενικές αρχές προκειμένου να προχωρήσει η χρήση του LNG σαν καύσιμο της ναυτιλίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι πλοιοκτήτες έχουν να επιλέξουν τρεις εναλλακτικές λύσεις για την κάλυψη του κανονισμού παρά την αβεβαιότητα στο χρόνο εφαρμογής σε παγκόσμια κλίμακα.

Επίσης η πιθανή επέκταση των ζωνών ECAs θα οδηγήσει σε αύξηση της χρησιμοποίησης LNG. Αυτό έχει συμβεί στη Σκανδιναβία και φαίνεται να αναπτύσσεται και στις ΗΠΑ αν και καμία από αυτές τις περιπτώσεις δε θα επηρεάσουν το παγκόσμιο εμπόριο υγροποιημένου φυσικού αερίου, θα αφορά κατά κύριο λόγο στην εγχώρια αγορά LNG. Όσον αφορά στη παγκόσμια προοπτική, δεν υπάρχει σαφής και εύκολη επιλογή καυσίμων για τους πλοιοκτήτες. Δεδομένης της σημαντικής αβεβαιότητας γύρω από τις διαφορές των τιμών των καυσίμων και το χρόνο εφαρμογής των κανονισμών θα πρέπει να επιλέξουν την πολιτική που θα ακολουθήσουν για την παραγγελία τους πλοίων

τους ώστε και να εκμεταλλευτούν το οικονομικό όφελος αλλά και ο στόλος τους να είναι κατά το μέγιστο δυνατό έτοιμος πριν την εφαρμογή του παραρτήματος VI.

#### **4.9.2. Προοπτική διεξόδου του LNG στα καύσιμα εφοδιασμού των πλοίων στην Ελλάδα**

Στις 22 Οκτωβρίου του 2014 δημοσιεύτηκε η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2014/94/ΕΕ για τα εναλλακτικά καύσιμα, η οποία προβλέπει τη δημιουργία υποδομών για την ηλεκτροκίνηση οχημάτων, την τροφοδοσία πλοίων και οχημάτων με LNG καθώς και τον εφοδιασμό οχημάτων με CNG και υδρογόνο.

Ιδιαίτερα για τον εφοδιασμό των πλοίων με LNG, το χρονοδιάγραμμα προβλέπει ότι μέχρι το τέλος του 2025 πρέπει να έχουν δημιουργηθεί σημεία ανεφοδιασμού σε μεγάλα λιμάνια, όπως ο Πειραιάς, η Πάτρα, η Θεσσαλονίκη και το Ηράκλειο. Η Οδηγία όμως παράλληλα δίνει τη δυνατότητα της μερικής εφαρμογής της αλλά και μερικής κάλυψης από λιμάνια γειτονικών χωρών.

Παρόλα αυτά με την ανάπτυξη του στόλου των πλοίων στις ζώνες ECA, που θα χρησιμοποιούν LNG για την πρόωσή τους, το οποίο θα προκύψει σαν επακόλουθο της μείωσης της περιεκτικότητας σε Θείου στα καύσιμα από την 1.1.15, θα δημιουργηθούν πιέσεις στην παγκόσμια αγορά bunkers για την σταδιακή ανάπτυξη υποδομών εφοδιασμού των πλοίων αυτών με LNG, σ'όλα τα μεγάλα λιμάνια ανεφοδιασμού, ανεξάρτητα από το γεγονός ότι πιθανότερα θα ισχύσει παγκόσμια από το 2025 και όχι το 2020, η μείωση του θείου στα καύσιμα των πλοίων σε, max 0,5% .

Στην ίδια κατεύθυνση θα βοηθήσουν και νομοθεσίες για πιο αυστηρά μέτρα στη ναυτιλία που αφορούν το περιβάλλον, όπως στη Νορβηγία για τον περιορισμό και των NOx αλλά και στις ΗΠΑ για χρήση LNG των πλοίων που λειτουργούν εντός της ζώνης των 200 μιλίων, αλλά και η υιοθέτηση αντίστοιχων πολιτικών και από την ΕΕ ή άλλες χώρες. Όπως δεν μπορεί να αγνοηθούν παράγοντες όπως, η ανάπτυξη της τεχνολογίας στο τομέα αυτό, λόγω του μεγαλύτερου ενδιαφέροντος και η πιθανή μείωση του κόστους μετατροπής που μπορεί να φέρει ή η μείωση του κόστους καυσίμων για τον εφοδιασμό πλοίων από τη διαφορά τιμής LNG-Fuel Oil υπέρ του LNG και με τον ανταγωνισμό που θα φέρει η μεγαλύτερη προσφορά θέσεων ανεφοδιασμού με LNG.

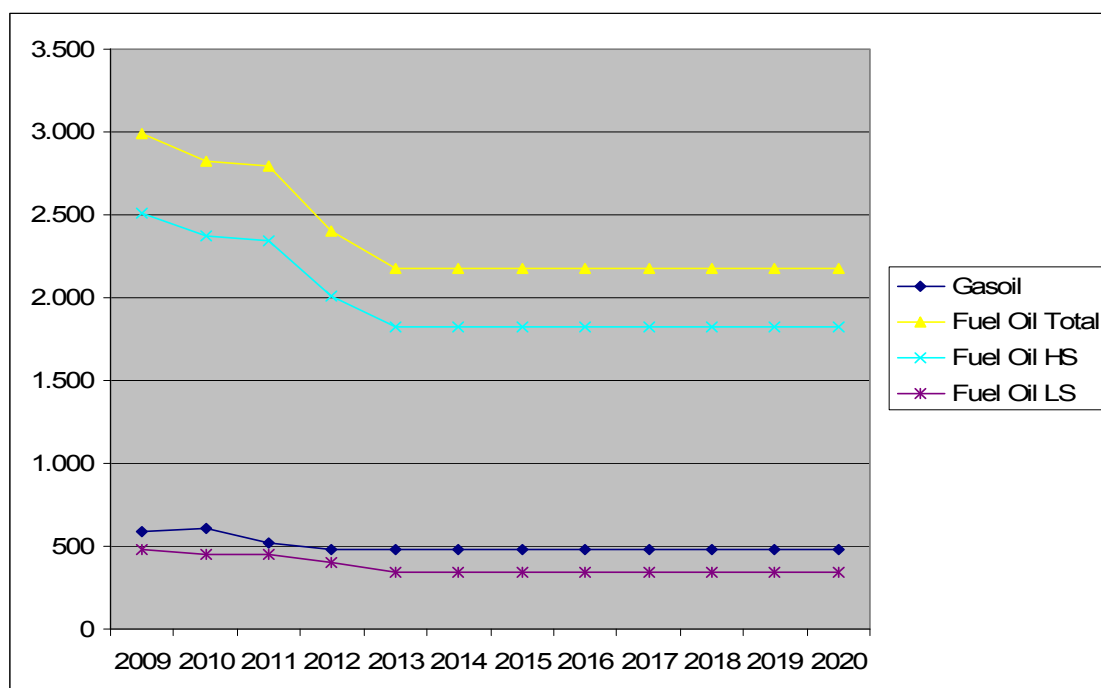
Είναι πιθανό μεγάλα λιμάνια ανεφοδιασμού των πλοίων στη περιοχή της Μεσογείου, όπως το Γιβραλτάρ, η Μάλτα και το Σουέζ που βρίσκονται σε πλεονεκτική θέση στη διαδρομή (περάσμα) μεγάλου αριθμού πλοίων και κοντά στην Αλγερία και την Αίγυπτο, χώρες με σημαντική παραγωγή LNG, θα αποκτήσουν συγκριτικά πλεονεκτήματα.

Στα πλαίσια αυτά και ο Πειραιάς, σε πρώτη φάση, θα πρέπει να ανταποκριθεί στον ανταγωνισμό και βέβαια χωρίς να περιμένει την “ωρίμανση” της Ευρωπαϊκής Οδηγίας.

Είναι σκόπιμο λοιπόν να δούμε πως κινείται η αγορά των καυσίμων πλοίων της Ελλάδας όπου κύριο λιμάνι εφοδιασμού είναι ο Πειραιάς. Στο παρακάτω διάγραμμα 30 και στον πίνακα 3 φαίνονται, οι ετήσιες ποσότητες bunkers που διακινήθηκαν από την Ελληνική αγορά σε ποντοπόρα πλοία (HS Fuel Oil) και στην ακτοπλοΐα (LS Fuel Oil). Μέχρι και το 2013 οι ποσότητες είναι από τα στοιχεία της αγοράς και παρουσιάζουν τις πραγματικές ποσότητες που διακινήθηκαν. Για το σπάσιμο των ποσοτήτων της αγοράς σε LS Fuel (κύρια ακτοπλοΐα) και HS Fuel (κύρια ποντοπόρα ναυτιλία) από το 2009 μέχρι και το 2011 (φαίνονται με κόκκινο χρώμα στους πίνακες 3, 4 και 5), έγινε αναγωγή αναλογικά με τα στοιχεία του συνολικού Fuel Oil και το σπάσιμο των ποσοτήτων του 2012 και του 2013 που είναι στοιχεία της αγοράς. Από το 2014 μέχρι το 2020 αποτελούν πρόβλεψη (φαίνονται με μπλε χρώμα στους πίνακες 3,4 και 5). Στα τρία διαγράμματα που ακολουθούν (12, 13, 14) φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλη μείωση των ποσοτήτων το 2012 και το 2013, ενώ εκτιμήθηκε ότι οι ποσότητες θα σταθεροποιηθούν και θα κινηθούν στα επίπεδα του 2013 κάτι το οποίο είναι σύμφωνο και με τις εκτιμήσεις της αγοράς.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Gasoil	592	603	516	485	480	480	480	480	480	480	480	480
Fuel Oil Total	2.988	2.824	2.790	2.404	2.173	2.173	2.173	2.173	2.173	2.173	2.173	2.173
Fuel Oil HS	2.510	2.372	2.343	2.007	1.826	1.826	1.826	1.826	1.826	1.826	1.826	1.826
Fuel Oil LS	478	452	446	397	347	347	347	347	347	347	347	347

Πίνακας 5 Διακίνηση του συνόλου των καυσίμων εφοδιασμού πλοίων, δηλαδή ποντοπόρας ναυτιλίας και ακτοπλοΐας στην Ελλάδα σε ΚΤ

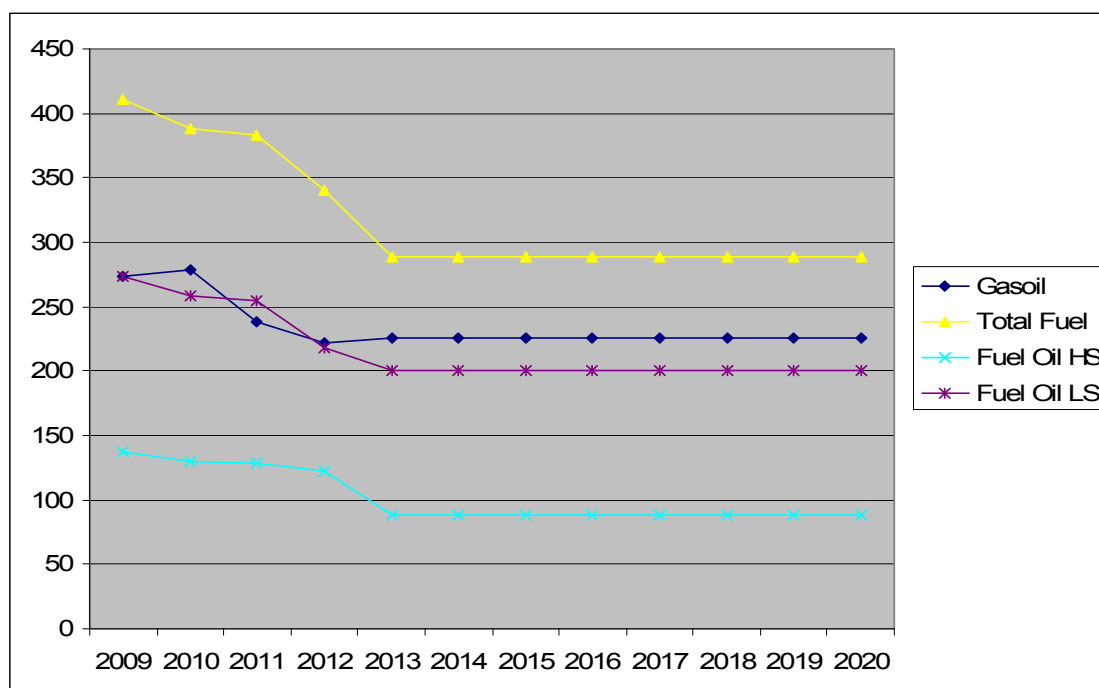


Διάγραμμα 12 Διακίνηση του συνόλου των καυσίμων εφοδιασμού πλοίων, δηλαδή ποντοπόρας ναυτιλίας και ακτοπλοΐας στην Ελλάδα σε ΚΤ

Όσον αφορά στο LS Fuel Oil που παρακολουθεί και αυτό τις μειώσεις και αφορά στην ακτοπλοΐα οι μειώσεις στην κατανάλωση, εντοπίζονται στην κρίση στην Ελλάδα που μεταφράζεται σε συγχώνευση ναυτιλιακών εταιριών και την επακόλουθη μείωση στα δρομολόγια, αλλά και στη δραστική μείωση της ταχύτητας των πλοίων προκειμένου να πέσει το κόστος. Οι ποσότητες Fuel Oil HS χρησιμοποιούνται στην ακτοπλοΐα στα πλοία που συνδέουν την Ελλάδα με την Ιταλία, όταν πλέον σε διεθνή ύδατα, αλλά και τα κρουαζιερόπλοια που προσεγγίζουν τα ελληνικά λιμάνια.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Gasoil	274	279	239	221	225	225	225	225	225	225	225	225
Fuel Oil Total	411	388	383	340	289	289	289	289	289	289	289	289
Fuel Oil HS	137	130	128	122	88	88	88	88	88	88	88	88
Fuel Oil LS	273	258	255	218	201	201	201	201	201	201	201	201

Πίνακας 6 Διακίνηση καυσίμων εφοδιασμού πλοίων για την ακτοπλοΐα στην Ελλάδα σε ΚΤ



Διάγραμμα 13 Διακίνηση καυσίμων εφοδιασμού πλοίων για την ακτοπλοΐα στην Ελλάδα σε ΚΤ

Η πτωτική τάση που παρουσιάζεται από το 2009 μέχρι το 2013 για τις ποσότητες HS Fuel Oil (που απεικονίζουν την ποντοπόρα ναυτιλία), Διάγραμμα 14, ερμηνεύεται σαν συνέπεια της παγκόσμιας κρίσης του 2008, τη μείωση της ταχύτητας των πλοίων, προκειμένου να εξοικονομήσουν καύσιμα και στον ανταγωνισμό από άλλα λιμάνια της Μεσογείου όπως κυρίως το Γιβραλτάρ αλλά και η Μάλτα που πήραν κάποιο μεγάλο μερίδιο της αγοράς από το λιμάνι του Πειραιά λόγω καλύτερων τιμών.

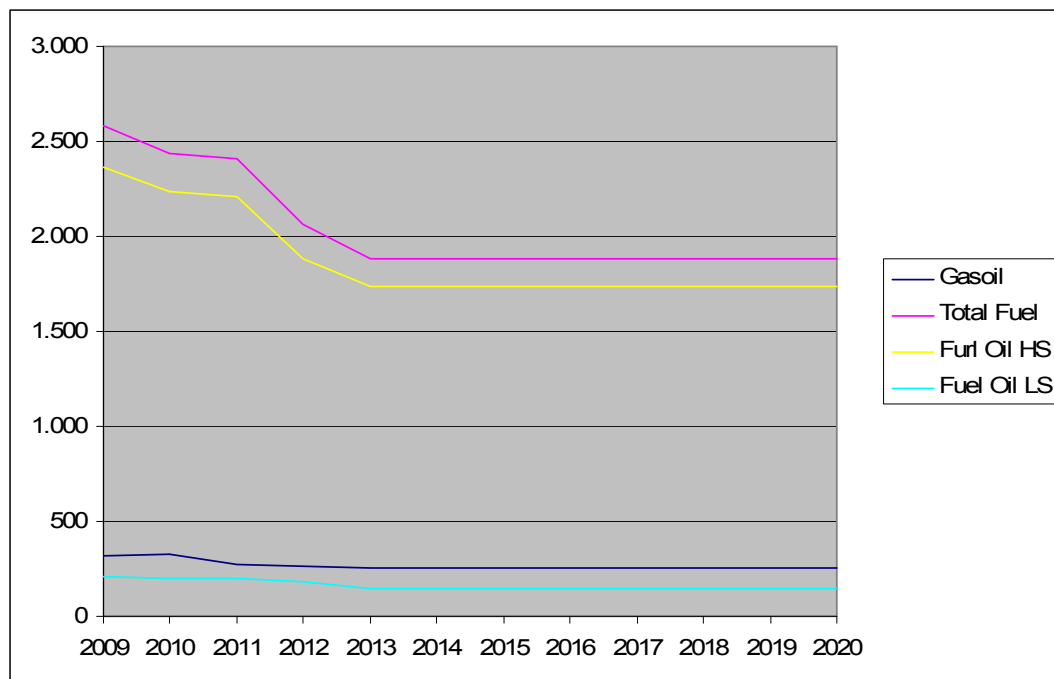
Σχετικά με τον εφοδιασμό πλοίων με LNG, όπως αναλύθηκε παραπάνω, εκτιμάται ότι θα ξεκινήσει το νωρίτερο σε τρία χρόνια, το 2018, από την ποντοπόρα ναυτιλία και εφόσον η Ελλάδα έχει αναπτύξει την αναγκαία υποδομή. Η αγορά των κατάλληλων φορηγίδων από 1.000 μέχρι 2.500 MT είναι επίσης



προϋπόθεση για να γίνει ο εφοδιασμός. Ήδη πληροφορίες φέρουν μεγάλη ελληνική εταιρία Bunkering, με διεθνή δραστηριότητα, να προσανατολίζεται στην αγορά φορτηγίδας για εφοδιασμό με LNG. Επιπλέον η ΔΕΠΑ που πιέζει και για δημιουργία δικτύου σταθμών CNG στους αυτοκινητόδρομους, θα πρέπει να προχωρήσει στην αναγκαία επένδυση στις εγκαταστάσεις της Ρεβυθούσας, ώστε να είναι δυνατή η φόρτωση φορτηγίδων, αλλά και ταυτόχρονα να διαμορφώσει τιμές που να μπορεί να κινηθεί το προϊόν στην αγορά.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Gasoil	318	324	277	264	255	255	255	255	255	255	255	255
Fuel Oil Total	2.578	2.436	2.406	2.064	1.884	1.884	1.884	1.884	1.884	1.884	1.884	1.884
Fuel Oil HS	2.365	2.235	2.208	1.885	1.738	1.738	1.738	1.738	1.738	1.738	1.738	1.738
Fuel Oil LS	213	201	198	179	146	146	146	146	146	146	146	146

Πίνακας 7 Διακίνηση καυσίμων εφοδιασμού πλοίων για την Ποντοπόρα Ναυτιλία στην Ελλάδα σε ΚΤ



Διάγραμμα 14 Διακίνηση καυσίμων εφοδιασμού πλοίων για την Ποντοπόρα Ναυτιλία στην Ελλάδα σε ΚΤ

Με τις προϋποθέσεις αυτές, εκτιμάται ότι στην αρχή το LNG, για εφοδιασμό πλοίων, θα λειτουργήσει συμπληρωματικά στην αγορά χωρίς να υποκαταστήσει ποσότητες Fuel Oil, στην συνέχεια όμως θα αρχίσει να παίρνει μερίδιο της αγοράς από το Fuel Oil. Σημειωτέον η Ρεβυθούσα βρίσκεται σε πολύ πλεονεκτική θέση σε σχέση με τη ράδα (αγκυροβόλιο) του Πειραιά, όπου γίνεται ο εφοδιασμός των ποντοπόρων πλοίων, αλλά και κοντά στο λιμάνι του Πειραιά για την ακτοπλοΐα.

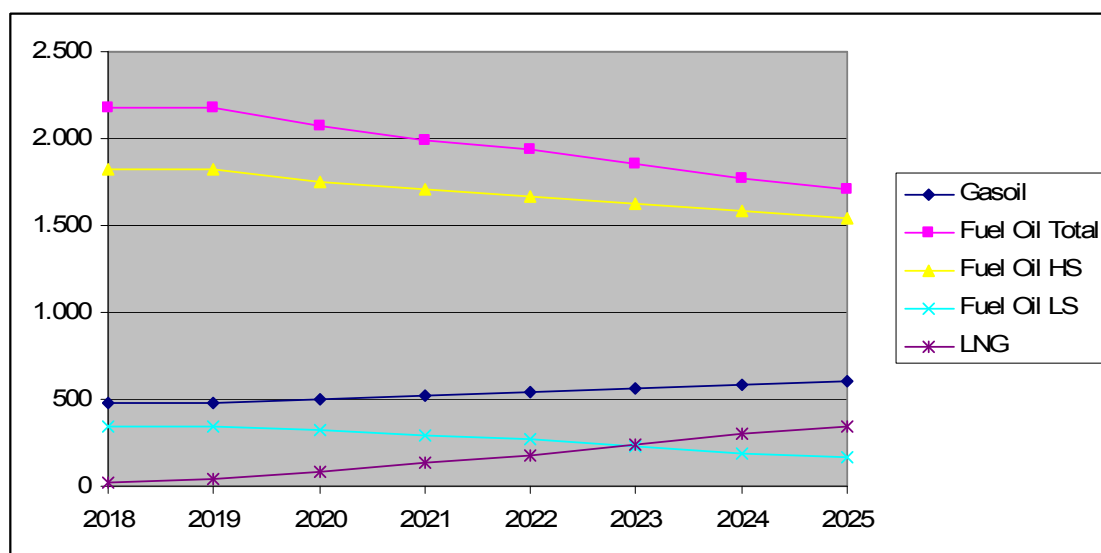
Η διάθεση του LNG για την ακτοπλοΐα θα αρχίσει, εφόσον το επιτρέψουν οι τιμές, πριν το 2025 και μετά το 2020. Ήδη απ'ότι φαίνεται και στο διάγραμμα 35 οι τιμές του LNG σε σχέση με το αργό είναι χαμηλότερες και η διαφορά φαίνεται ότι θα γίνει μεγαλύτερη. Ο Ελληνικός ακτοπλοϊκός στόλος ο οποίος έχει εκσυγχρονισθεί αρκετά, μετά το ναυάγιο του F/B EXPRESS SAMINA, το Σεπτέμβριο του 2000 έχει σημαντικό αριθμό νεότευκτων πλοίων, τα οποία έχουν αντικαταστήσει παλαιότερα, που έχουν αποσυρθεί. Το 2020, πολλά απ'αυτά τα πλοία θα έχουν ακόμη ζωή για 15-20 χρόνια, χρόνο αρκετό για να αποσβεστεί η δαπάνη της μετασκευής.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω και με δεδομένες τις συνολικές ποσότητες των καυσίμων εφοδιασμού πλοίων, η διείσδυση του LNG στην Ελλάδα σε σχέση με τα υπόλοιπα καύσιμα εφοδιασμού θα μπορούσε από το 2018 μέχρι το 2025 να έχει τη πορεία που φαίνεται στο διάγραμμα 15, παίρνοντας μέρος της αγοράς από το Fuel χαμηλού και υψηλού θείου, ενώ το Gasoil θα παραμείνει χωρίς επιρροή από το LNG, λόγω του εφοδιασμού των Dual Fuel πλοίων. Επιπλέον εκτιμάται ότι το 2025, ένα μεγάλο μέρος του παγκόσμιου στόλου θα επιλέξει τη λύση του scrubber, ενώ ένα μικρότερο θα προτιμήσει τη λύση του Gasoil, αξιοποιώντας τα λιγότερα τεχνικά προβλήματα σε σχέση με την εγκατάσταση scrubber, αλλά και μη πληρώνοντας κόστος μετατροπής για LNG.

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gasoil	480	480	500	520	540	560	580	600
Fuel Oil Total	2.173	2.173	2.073	1.993	1.933	1.853	1.773	1.713
Fuel Oil HS	1.826	1.826	1.746	1.706	1.666	1.626	1.586	1.546
Fuel Oil LS	347	347	327	287	267	227	187	167
LNG	20	40	80	140	180	240	300	340

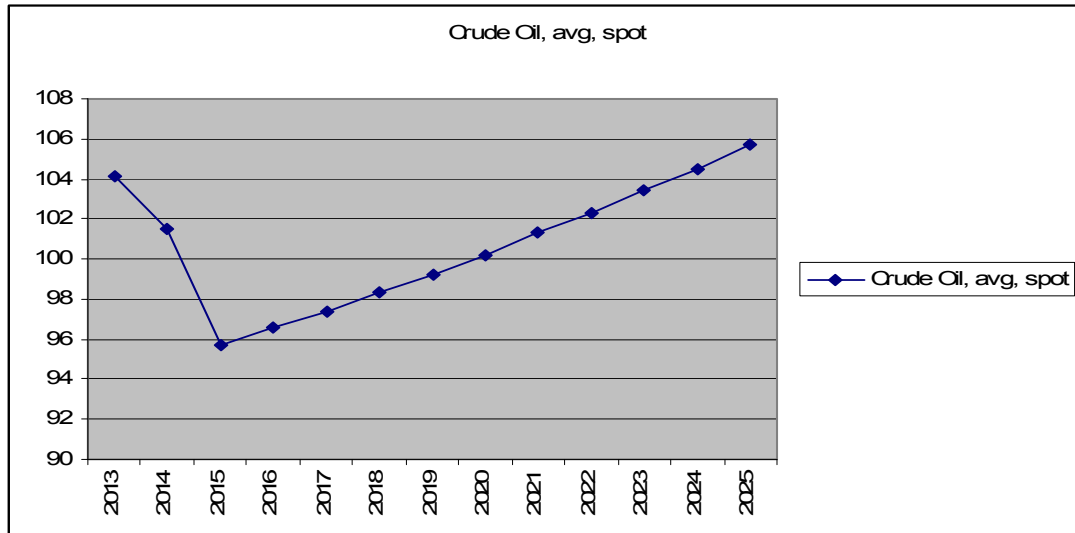
Πίνακας 8 Πρόβλεψη διακίνησης καυσίμων εφοδιασμού πλοίων μετά την εισαγωγή του LNG.

Στην Ελλάδα το ενδιαφέρον όλων των φορέων που έχουν σχέση με τον εφοδιασμό πλοίων με LNG, είναι πολύ μεγάλο. Εταιρίες που ασχολούνται είτε με το ΦΑ, όπως η ΔΕΠΑ, ή οι ναυτιλιακές εταιρίες που επενδύουν τεράστια κεφάλαια σε LNG Carrier, αλλά και οι εταιρίες που ασχολούνται με το bunkering, ήδη μελετούν την προοπτική αυτή, ώστε να είναι έτοιμες πολύ πριν απαιτηθεί από την εφαρμογή του IMO το 2025.



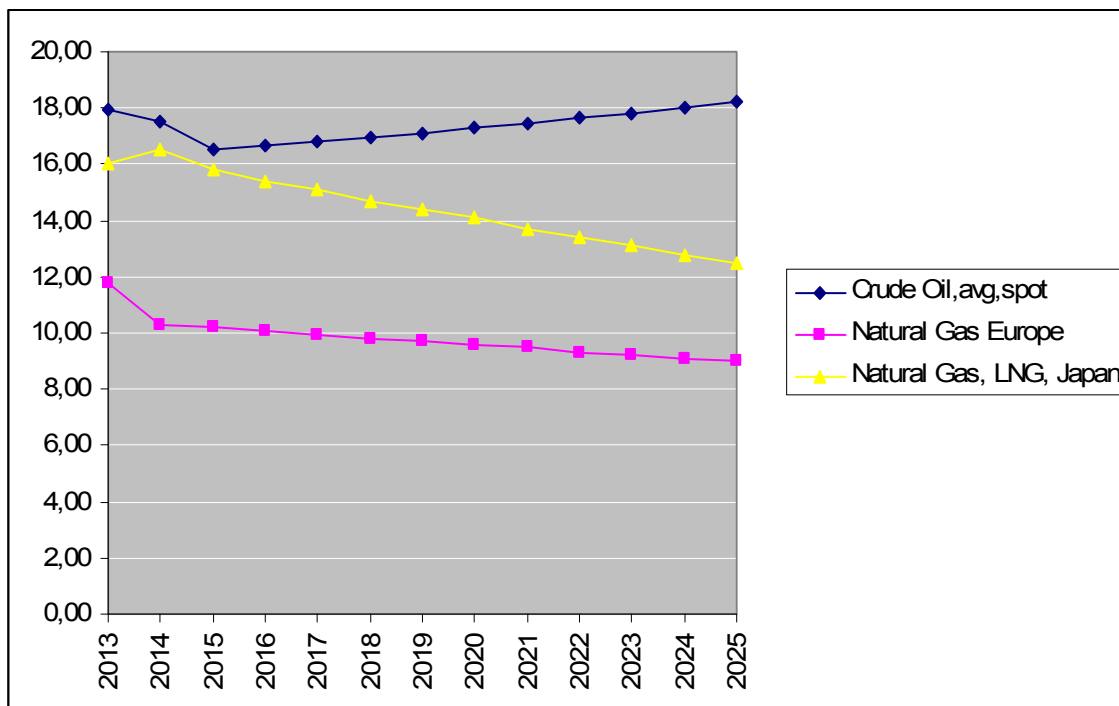
Διάγραμμα 15. Πρόβλεψη διακίνησης καυσίμων εφοδιασμού πλοίων μετά την εισαγωγή του LNG.

Ήδη σύμφωνα με τον τύπο (Αντ. Τσιμπλάκης. Ναυτεμπορική, 2014) [43], η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε τη χρηματοδότηση κατά 50% του έργου εκπόνησης μελέτης που αφορά την Ελλάδα, την Κύπρο και την Ιταλία, με την ονομασία «Poseidon Med» και προϋπολογισμό 5 εκατ €, το οποίο χωρίζεται σε δυο βασικά μέρη και περιλαμβάνει αρχικά την ανάπτυξη του δικτύου στα λιμάνια και σε δεύτερο στάδιο την προσαρμογή των πλοίων.



Διάγραμμα 16. Πρόβλεψη τιμών Αργού σε USD/bbl. Παγκόσμια Τράπεζα Οκτ. 2014 [44]

Σκοπός του προγράμματος είναι να σχεδιαστεί ένα σύστημα μεταφοράς, διανομής και προμήθειας (συμπεριλαμβανομένου του ανεφοδιασμού) LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου, καθώς και η ανάπτυξη των απαραίτητων υποδομών. Παράλληλα, θα επιχειρηθεί να αναπτυχθεί και ένα κέντρο μετατροπής των πλοίων, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο. Το πρόγραμμα θα καθορίσει το πλαίσιο για μια καλά οργανωμένη λειτουργική και βιώσιμη σχετική αγορά. Στο πρόγραμμα αυτό συμμετέχουν ναυτιλιακές εταιρίες, κατασκευαστές, αλλά και παραγωγοί φυσικού αερίου, καθώς και μια σειρά λιμάνια με πρώτο το λιμάνι του Πειραιά, ενώ θα χρειαστεί όπως δείχνουν τα πράγματα και η συνεισφορά του terminal της Ρεβυθούσας [43].



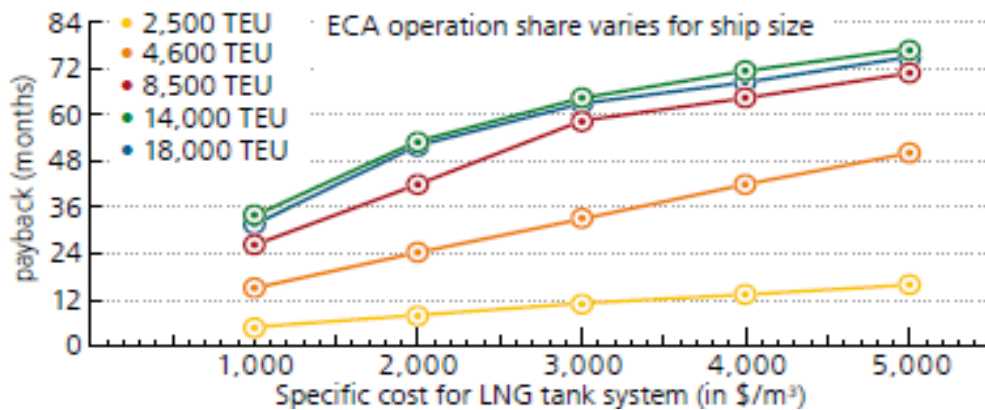
Διάγραμμα 17. Πρόβλεψη τιμών για το αργό, το ΦΑ στην Ευρώπη, το ΦΑ- LNG στην Ιαπωνία σε USD/MMbtu. Παγκόσμια Τράπεζα Οκτ. 2014 [44]

#### 4.10. Σύγκριση μεταξύ LNG fuelled containerships και εγκατάσταση scrubber στα πλοία αυτά

Τα πλεονεκτήματα απ' την εγκατάσταση τεχνολογιών είτε καύσης LNG ή Scrubbers εξαρτώνται κυρίως από το ποσοστό αξιοποίησής τους. Όσο μεγαλύτερη είναι η χρήση των πλοίων στις ζώνες ECAs, όπως περιγράφεται και παραπάνω, τόσο πιο σύντομα θα γίνει η απόσβεση της επένδυσης και για τις δύο τεχνολογίες μείωσης των εκπομπών από το 2015 και μετά. Ωστόσο η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης είναι πιο σύντομη για τα μικρότερα containerships (2.500 TEU ως 4.600 TEU). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η επένδυση για τα μικρότερα πλοία είναι χαμηλότερη. Ο χρόνος απόσβεσης με το LNG ως καύσιμο είναι κάτω από 2 χρόνια για τα μικρότερα πλοία εφόσον χρησιμοποιούνται κατά 65% σε διαδρομές στις ζώνες ECA.

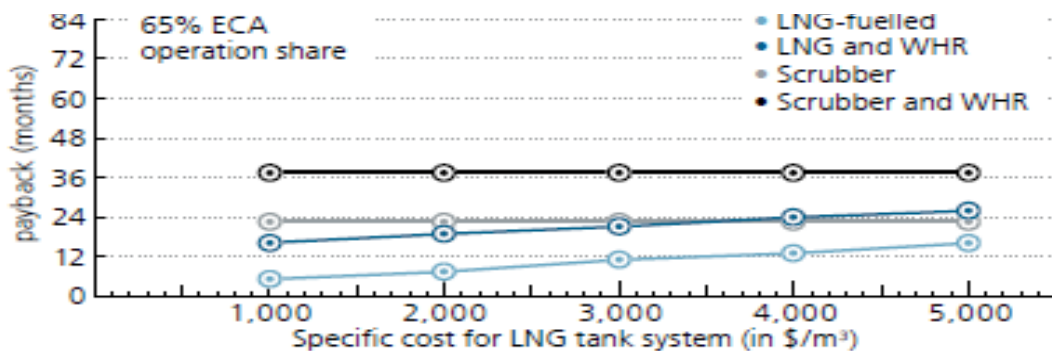
Συγκρίνοντας τις δύο τεχνολογίες, φαίνεται ότι το σύστημα με χρήση LNG έχει μικρότερο χρόνο απόσβεσης απ' ότι τα scrubbers. Η περίοδος αποπληρωμής με WHR (Waste Heat Recovery) είναι μεγαλύτερη, λόγω του μεγαλύτερου κόστους επένδυσης και παρά το γεγονός ότι είναι πιο αποδοτική στην αξιοποίηση της παραγώμενης ενέργειας.

Με ποσοστό λειτουργίας στις ζώνες ECA κάτω από 20% βλέπουμε ότι η περίοδος αποπληρωμής της εγκατάστασης του scrubber είναι κατι παραπάνω από 60 μήνες που δείχνει ότι η αποπληρωμή θα γίνει μετά την παραγωγή του LSHFO (Low Sulfur Heavy Fuel Oil) ποιότητα που αναμένεται να παράγεται από το 2020, αν και φαίνεται ότι το κόστος για την παραγωγή του προϊόντος αυτού είναι αποτρεπτικός παράγοντας για τα διυλιστήρια.



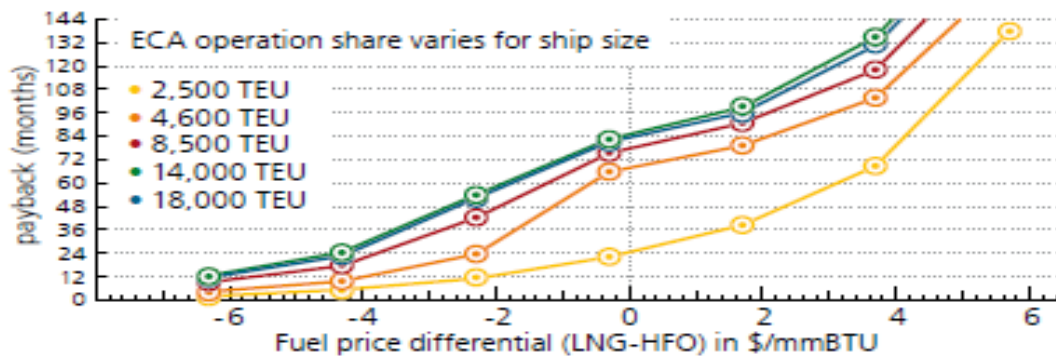
Διάγραμμα 18 Περίοδος αποπληρωμής για σύστημα LNG (αρχής γενομένης από το 2015 [Mads Lyder Andersen (MAN), Niels B. Clausen (MAN) and Pierre C. Sames (GL) 2013[4].

Στο παραπάνω διάγραμμα 18 φαίνεται ότι ο χρόνος αποπληρωμής για ένα σύστημα LNG αυξάνεται όσο το μέγεθος του πλοίου αυξάνεται.



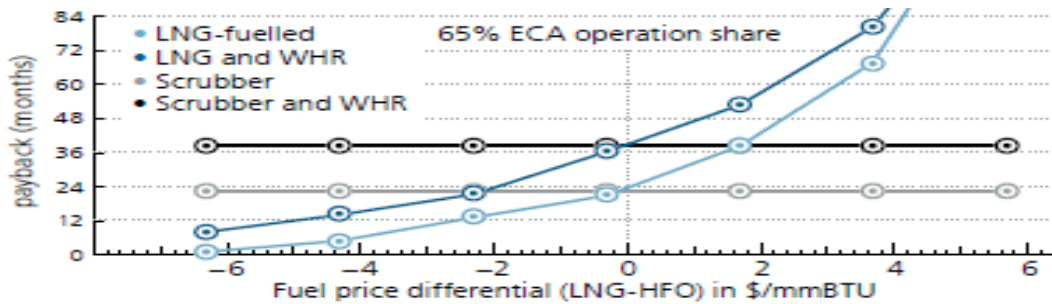
Διάγραμμα 19 Περίοδος αποπληρωμής για containership 2500 TEU (αρχής γενομένης από το 2015) [4]

Το διάγραμμα 19 αναφέρεται σε ένα containership 2500 TEU και φαίνεται ότι η λύση του scrubber έχει μεγαλύτερο χρόνο αποπληρωμής από ένα σύστημα LNG.



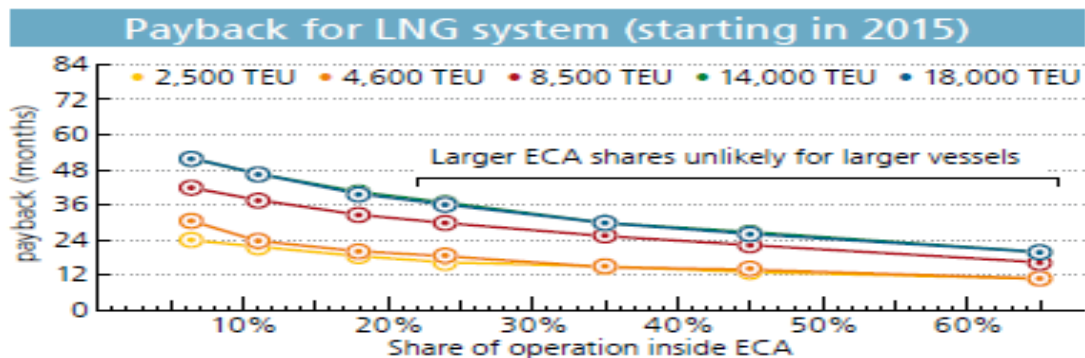
Διάγραμμα 20 Περίοδος αποπληρωμής για σύστημα LNG σε σχέση με το spread της τιμής μεταξύ (LNG-HFO) (αρχής γενομένης από το 2015) [4]

Στο διάγραμμα 20 δείχνει το χρόνο αποπληρωμής για τα διάφορα μεγέθη containership σε σχέση με το spread της τιμής μεταξύ LNG και HFO



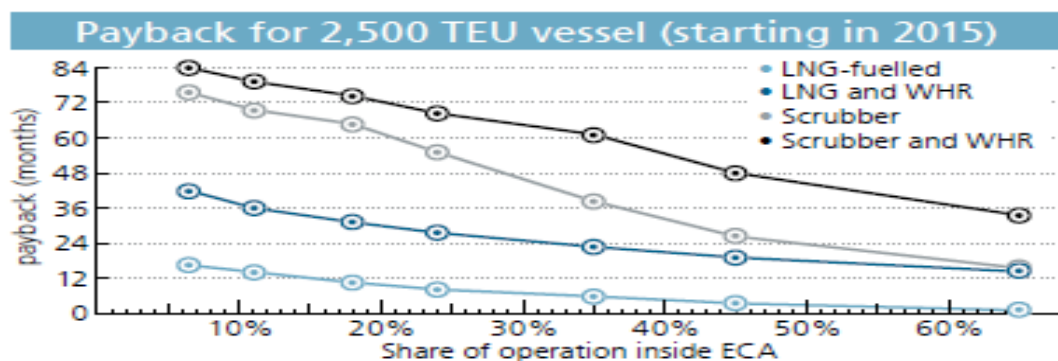
Διάγραμμα 21 Περίοδος αποπληρωμής για containership 2500 TEU σε σχέση με το spread της τιμής LNG-HFO και με περίοδο εντός ζωνών ECA 65% (αρχής γενομένης από το 2015) [4]

Το διαγραμμα 21 δείχνει ότι, για 65% χρήση του πλοίου σε ζώνες ECA, όταν το spread τιμής μεταξύ LNG και HFO υπερβαίνει το 0 mmBTU, η λύση εγκατάσταση scrubber είναι πιο οικονομικά συμφέρουσα για ο χρόνος απόσβεσης είναι μικρότερος.



Διάγραμμα 22 Περίοδος αποπληρωμής σε σχέση με το ποσοστό του χρόνου που δαπανάται εντός ζώνης ECA[4].

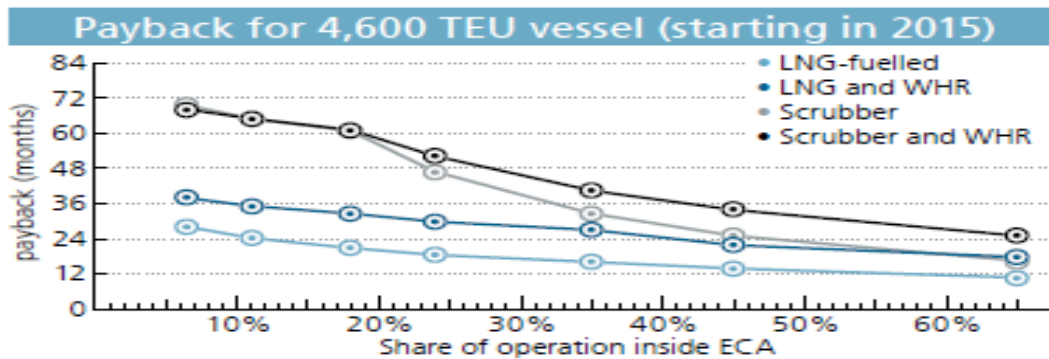
Από το παραπάνω διάγραμμα 22 φαίνεται όπως είναι και αναμενόμενο ότι για την εγκατάσταση ενός συστήματος πρόωσης με LNG όσο μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου δαπανάται εντός ζώνης ECA, τόσο ταχύτερα γίνεται η απόσβεση. Η περίπτωση containership πάνω από 14.000 TEU δεν φαίνεται να είναι υπαρκτή γι'αυτό δεν εξετάζεται.



Διάγραμμα 23 Απεικόνιση του χρόνου αποπληρωμής για πλοίο 2.500 TEU σε σχέση με το χρόνο εντός ζωνών ECA[4].

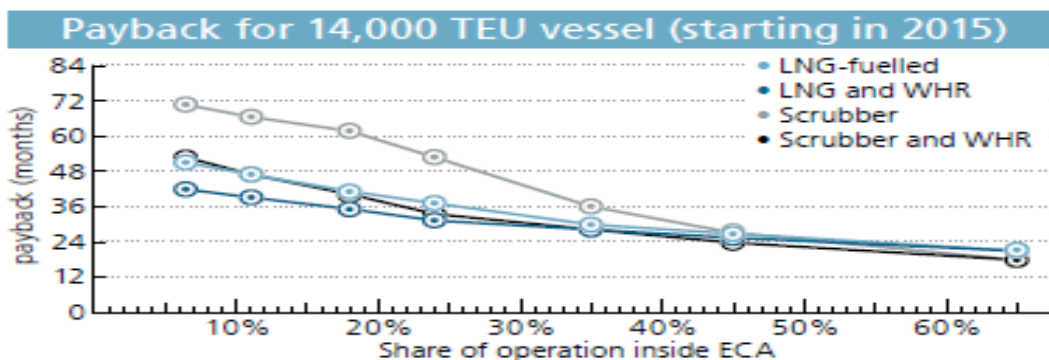
Από φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα 23 σε κάθε περίπτωση η εγκατάσταση scrubber έχει μεγαλύτερο χρόνο αποπληρωμής από τη πρόωση με LNG για ένα πλοίο 2.500 TEU





Διάγραμμα 24. Απεικόνιση του χρόνου αποπληρωμής για πλοίο 4.600 TEU σε σχέση με το χρόνο εντός ζωνών ECA[4].

Στο παραπάνω διάγραμμα 24, φαίνεται πάλι ότι σε κάθε περίπτωση η εγκατάσταση scrubber έχει μεγαλύτερο χρόνο αποπληρωμής από τη πρόωση με LNG για ένα πλοίο 4.600 TEU.



Διάγραμμα 25. Απεικόνιση του χρόνου αποπληρωμής για πλοίο 14.000 TEU σε σχέση με το χρόνο εντός ζωνών ECA[4].

Στο παραπάνω διάγραμμα 25 αλλάζει η εικόνα και σε αντίθεση με τα πλοία με μικρότερο TEU, στα πλοία με 14.000 TEU η εγκατάσταση scrubber συμφαίρει καλύτερα χρόνο λειτουργίας εντός ζώνης ECA σε ποσοστό πάνω 35%.

#### 4.11. Το κόστος εγκατάστασης των δεξαμενών LNG και η τιμή του LNG

Το μεγαλύτερο κομμάτι της επιπρόσθετης επένδυσης στα πλοία φαίνεται να συσχετίζεται με το κόστος της εγκατάστασης της δεξαμενής LNG. Για ένα

containership 2.500 TEU, χρειάζεται μια δεξαμενή τύπου C, ενώ σε πιο μεγάλα πλοία χρησιμοποιούνται οι τύπου B δεξαμενές. Το κόστος είναι μεγαλύτερο για τις πιο μικρές δεξαμενές, τύπου C.

Η περίοδος αποπληρωμής για τα μεγαλύτερα πλοία φαίνεται πως έχει μεγαλύτερη εξάρτηση από το κόστος των δεξαμενών LNG σε σχέση με τα μικρότερα και πάντα σε συνάρτηση με την περίοδο που λειτουργούν στη ζώνη ECA.

Συγκρίνοντας το κόστος για την μετατροπή για χρήση LNG σαν καύσιμο ή την εγκατάσταση scrubber για τα containership 2.500 TEU, η περίοδος αποπληρωμής είναι πιο μικρή για το σύστημα LNG ακόμη και για μεγαλύτερο κόστος δεξαμενών. Αντιστρόφως όταν το κόστος των δεξαμενών υπερβαίνει τα 3.000\$/M3 η χρήση scrubber γίνεται πιο συμφέρουσα για μεγαλύτερα πλοία.

Ένας παράγοντας που επηρεάζει αρνητικά την περίοδο αποπληρωμής του συστήματος LNG είναι και η έλλειψη σε υποδομές τροφοδοσίας LNG αλλά φαίνεται ότι γενικά για τα μεγαλύτερα πλοία, που το κόστος μετατροπών για LNG είναι μεγαλύτερο, η επίδραση της τιμής του LNG έχει άμεσες επιπτώσεις. Όταν οι τιμές LNG και HFO με βάση τη θερμογόνο δύναμη είναι ισοδύναμες, η αποπληρωμή για τα μεγαλύτερα πλοία, είναι περισσότερο από 60 μήνες. Βλέπουμε επίσης ότι η εγκατάσταση συστημάτων καυσίμων LNG έχουν πιο σύντομη αποπληρωμή όσο η ισοδύναμη τιμή του LNG με βάση τη θερμογόνο δύναμη είναι ίση ή μικρότερη αυτής του HFO.

Συνοψίζοντας η χρησιμοποίηση LNG σαν καύσιμο είναι πιο ελκυστική μια και έχουμε μικρότερες εκπομπές αερίων και κάποιες φορές εξοικονόμηση στο κόστος καυσίμου. Τέσσερις είναι οι παράμετροι που πρέπει να αξιολογηθούν ώστε να επιλεγεί η εγκατάσταση συστήματος LNG σε σχέση με την εγκατάσταση scrubber:

- Το ποσοστό λειτουργίας εντός των ζωνών ECAs
- Η διαφορά της τιμής του LNG σε σχέση με το HFO
- Το κόστος επένδυσης για τις δεξαμενές LNG
- Ο χρόνος της εμπορικής ζωής του πλοίου που απομένει

Η τιμή του LNG που παραδίδεται στο πλοίο είναι δύσκολο να προβλεφθεί. Οι τιμές LNG στις ΗΠΑ είναι περίπου τέσσερις φορές μικρότερες από τις αντίστοιχες της Ιαπωνίας. Οι δε Ευρωπαϊκές τιμές LNG φαίνονται ανταγωνιστικές. Είναι περίπου στα 10 \$ / MMBtu ακόμη κι αν προσθέσουμε και το κόστος διανομής μικρής κλίμακας. Η τιμή του LNG μέχρι 15 \$ / MMBtu θα

μπορούσε να δώσει τα συστήματα LNG ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των scrubber με καλύτερους όρους αποπληρωμής για τα μικρότερα σκάφη μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Επιπλέον διανομή μικρής κλίμακας LNG μόλις τώρα αρχίζει να γίνεται διαθέσιμη στην Ευρώπη (εκτός της Νορβηγίας) και μένει να δούμε σε ποιά επίπεδα τιμών LNG θα καταλήξει.

#### **4.12. LNG και ακτοπλοΐα. Ελληνικό ενδιαφέρον και προτάσεις για τις υποδομές**

Η ακτοπλοΐα και οι πορθμιακές γραμμές ανά τον κόσμο, ίσως αποτελέσουν έναν προνομιακό χώρο για τη χρήση το LNG στην πρόωση των επιβατηγών πλοίων και των Ferry boat. Ο λόγος είναι πρώτον ότι η μεγάλη παρουσία των πλοίων αυτών στα λιμάνια που γειτνιάζουν συνήθως με μεγάλες πόλεις, θα βοηθήσει πολύ στη μείωση των ρύπων, πράγμα ζητούμενο. Σημειωτέον στην Ελλάδα ισχύει ο κανονισμός για max περιεκτικότητα των καυσίμων σε Θείο 1,5% στην ακτοπλοΐα, και δεύτερον δεν χρειάζονται μεγάλες δεξαμενές για τα πλοία αυτά, επειδή τα ταξίδια που κάνουν είναι σύντομα και ο ανεφοδιασμός σε LNG μπορεί να γίνει, από ένα λιμάνι μόνο, που είναι και κεντρικός προορισμός. Υπάρχουν βέβαια και θέματα ασφάλειας στη χρήση του LNG στα επιβατηγά πλοία, τα οποία όμως δεν είναι ανυπέβλητα.

Η πρόοδος στον τομέα θα προέλθει κύρια από τη Νορβηγία που προωθεί για περιβαλλοντικούς και οικονομικούς λόγους τη χρήση του LNG. Στην Ελλάδα πρόσφατα σε ημερίδα του Ελληνικού Επιμελητηριακού Συνδέσμου Μεταφορών (ΕΕΣΥΜ), με θέμα τις «Κρίσιμες ώρες για την Ακτοπλοΐα και τις συγκοινωνίες των ελληνικών νησιών-Το πρόβλημα και οι πιθανές λύσεις» αναφέρθηκε και ο Έλληνας υπουργός Ναυτιλίας και Αιγαίου, Μιλτ. Βαρβιτσιώτης, λέγοντας ότι η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου, ως φθηνότερο καύσιμο, ενδεχομένως να δώσει λύση στα προβλήματα που αντιμετωπίζει την τελευταία πενταετία ο κλάδος της ακτοπλοΐας. Κάτι που φαίνεται ότι απασχολεί και τον ελληνικό κλάδο της ακτοπλοΐας.

Όσον αφορά δε το θέμα των υποδομών για την Ελλάδα δεν είναι κάτι τόσο δύσκολο, ιδιαίτερα για την ακτοπλοΐα, με κύριο λιμάνι εφοδιασμού τον Πειραιά το οποίο θα μπορούσε να εφοδιάσει και την ποντοπόρο ναυτιλία. Σημειωτέον υπάρχει σοβαρό ενδεχόμενο να προωθηθεί η εγκατάσταση μιας πλωτής δεξαμενής LNG προφανώς με μονάδα αεριοποίησης, στην περιοχή της Καβάλας, με την προοπτική να εφοδιάζεται με ΦΑ από το Κατάρ η Βουλγαρία, η Ρουμανία και πιθανά η Σερβία. Στην περίπτωση αυτή θα μπορούσε και η Ελλάδα να εφοδιαζόταν με το υπάρχον σύστημα αγωγών από την οδό αυτή και να

απελευθερωνόταν σε μεγάλο βαθμό η χρήση της Ρεβουθούσας, όπου, από κεί θα μπορούσε να εφοδιαστεί και το λιμάνι του Πειραιά με φορτηγίδες.

Επιπλέον ίσως και με πλωτή εγκατάσταση αποθήκευσης LNG, στην περιοχή της Πάτρας θα μπορούσε να εφοδιασθεί το λιμάνι της με τη σημαντική ακτοπλοϊκή δραστηριότητα. Τέλος μια τρίτη εγκατάσταση θα μπορούσε να βρίσκεται στη Κρήτη, είτε στους Καλούς Λιμένες για το εφοδιασμό της ποντοπόρου ναυτιλίας όπως συμβαίνει και σήμερα, είτε στο λιμάνι του Ηρακλείου για την ακτοπλοΐα ή και την ποντοπόρο ναυτιλία. Τέλος όπως αναφέρθηκε και παραπάνω με την προοπτική της πλωτής δεξαμενής στην Καβάλα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για τον εφοδιασμό της ποντοπόρου ναυτιλίας που περνάει τα στενά του Βοσπόρου.

Στην Ελλάδα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αποθήκευση LNG και βραχονησίδες όπως στην περίπτωση της Ρεβουθούσας, όπου παρεπιπτόντως προγραμματίζεται η κατασκευή και τρίτης δεξαμενής LNG. Όμως το μοντέλο αυτό της βραχονησίδας θα μπορούσε να επαναληφθεί και στο Ηράκλειο με τη χρήση της νήσου Δίου για μια δεξαμενή μεσαίου μεγέθους 30-40 χιλιάδες MT.

Σε κάθε περίπτωση αυτές οι προτάσεις πρέπει να λάβουν υπόψη τους και την πιθανή ασυμβατότητα του LNG για τον εφοδιασμό του συστήματος αγωγών και του LNG για bunkers. Κάτι το οποίο δεν πρέπει να είναι καθωριστικό και πρέπει να υπάρχουν τεχνικές λύσεις.

#### **4.13. Η Ελληνική ποντοπόρος ναυτιλία και το LNG και η κυριαρχία στα LNG carriers**

Η ελληνική ποντοπόρος ναυτιλία παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των αλλαγών εξαιτίας των μεγάλων μεριδίων του ελληνόκτητου στόλου στις διεθνείς θαλάσσιες μεταφορές ενέργειας και τελευταία και στη μεταφορά υδροποιημένου φυσικού αερίου (LNG). Την ίδια ώρα, από τα 110 των υπό ναυπήγηση δεξαμενόπλοιων LNG παγκοσμίως, το σχεδόν 35% είναι ελληνικό, και όλα αυτά ενώ οι ΗΠΑ ετοιμάζονται να γίνουν μια χώρα εκ των μεγαλύτερων εξαγωγέων φυσικού αερίου στον πλανήτη.

Το γεγονός ότι η Ελλάδα θα ελέγχει το μεγαλύτερο εκτόπισμα διεθνώς, μέσω του οποίου μπορούν να πραγματοποιηθούν αυτές οι εξαγωγές, θα φέρει τις δύο πλευρές ακόμα πιο κοντά. Σήμερα οι Ιάπωνες, λόγω και της μεγάλης εισαγωγής LNG έχουν το μεγαλύτερο στόλο. Οι Έλληνες πλοιοκτήτες «επενδύουν» σε αυτή την εξέλιξη, γι' αυτό και υλοποιούν ένα πρόγραμμα αξίας δεκάδων δισεκατομμυρίων δολαρίων. Συγκεκριμένα ναυπηγούν πολύ μεγάλα πλοία,

υψηλής τεχνολογίας, ικανά να μεταφέρουν πολύ μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου. Το καθένα απ' αυτά τα πλοία υπολογίζεται ότι θα κοστίσει περί τα 200 εκατ. δολ. Όμως για χώρες όπως το Κατάρ, η Αυστραλία και τώρα οι ΗΠΑ, που πρέπει να εξάγουν το αέριο σε πολύ μακρινές αγορές, οι οποίες δεν είναι αδύνατον να καλυφθούν με αγωγούς, τα πλοία αυτά αποτελούν κυριολεκτικά μονόδρομο. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν λιγότερα από 400 εν ενεργεία. Μάλιστα το 400ό, αριθμός ορόσημο στη ναυλαγορά, αναμένεται να κατελκυστεί την άνοιξη του 2014, πιθανολογείται από ναυλομεσιτικούς οίκους ότι θα είναι το «Cool Runner» της Thenamaris, συμφερόντων του Ντίνου Μαρτίνου. Οι πιθανότητες να είναι ελληνικό είναι μεγάλες, λόγω των πολλών παραγγελιών από Έλληνες πλοιοκτήτες την περίοδο αυτή, ενώ νέες παραγγελίες από Έλληνες γίνονται σταθερά, όπως, αυτή την περίοδο, για δύο νέα τέτοια πλοία από τη Maran Gas, συμφερόντων του Γιάννη Αγγελικούση.

Ειδικότερα ο όμιλος Αγγελικούση μέσω της θυγατρικής του εταιρείας Maran Gas διαθέτει στόλο που αποτελείται από πέντε πλοία LNG ενώ έχει υπό ναυπήγηση συνολικά 11. Πρόσφατα το πλοίο «Ob River», ναυπήγησης 2007, της Dynagas έγινε το πρώτο LNG Carrier παγκοσμίως που διέσχισε το Βόρειο Πέρασμα (North Sea Route). Ειδικότερα πραγματοποίησε δύο ταξίδια. Το πρώτο από τη Νότια Κορέα προς την Ευρώπη χωρίς φορτίο, προκειμένου να δοκιμαστεί ο εξοπλισμός και πλήρωμα στις συνθήκες που επικρατούσαν και το δεύτερο με φορτίο, από τον τερματικό σταθμό LNG του Hammerfest στη Νορβηγία με προορισμό την Ιαπωνία [ Μηνά Τσαμόπουλου 2014] [8].

Οι άλλες ελληνικές ναυτιλιακές που δραστηριοποιούνται σε αυτή την κατηγορία είναι η GasLog, συμφερόντων του Πέτρου Γ. Λιβανού, η Dynagas, συμφερόντων Γιώργου Προκοπίου, η TMS Cardiff Gas, συμφερόντων του Γιώργου Οικονόμου, η TEN συμφερόντων του ομίλου Τσάκου, η Alpha Tankers & Freighters, συμφερόντων του ομίλου Κανελλάκη, και η Almi συμφερόντων του Κώστα Φωστηρόπουλου. Ενδιαφέρον να επεκταθεί στον τομέα των LNG έχει εκφράσει και διευθύνων σύμβουλος της εισηγμένης Stealthgas η οποία έως τώρα κυριαρχεί στα LPG (Liquefied Petroleum Gas) όπου διαθέτει στόλο με 37 αυτού του τύπου πλοία [Νίκου Λυγερού- 2014] [12].

Οι ναυτιλιακές αυτές εμφανίζονται, μαζί με τα υπο ναυπήγηση νέα πλοία, να συγκροτούν τον μεγαλύτερο ανεξάρτητο στόλο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου παγκοσμίως, σε μια περίοδο που οι ΗΠΑ ετοιμάζονται να προστεθούν στη λίστα με τους μεγαλύτερους εξαγωγείς αερίου στον κόσμο, μαζί με τους Ρώσους, τους Αυστραλούς και τους Καταριανούς.

Με την τεχνολογική επανάσταση στην εκμετάλλευση του σχιστολιθικού αερίου και την ανάγκη για φθηνότερα και καθαρότερα καύσιμα να είναι κυρίαρχη, οι

εξαγωγές LNG απογειώνονται. Και εδώ εντοπίζεται ένα από τα μεγαλύτερα επενδυτικά στοιχήματα στην ιστορία του ελληνικού εφοπλισμού, καθώς η αξία των παραγγελιών και του εν ενεργεία στόλου υπολογίζεται ότι υπερβαίνει τα 12 δισ. δολάρια.

Η εκμετάλλευση των νέων και παλαιότερων κοιτασμάτων αερίου και η διοχέτευσή τους στις αγορές εντάσσονται σε μια διαδικασία που η Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας έχει χαρακτηρίσει «χρυσή εποχή του αερίου». Και αυτό, διότι τόσο οικονομικοί και περιβαλλοντικοί λόγοι όσο και λόγοι αυξημένης ζήτησης - μετά το πυρηνικό ατύχημα της Φουκουσίμα στην Ιαπωνία - έχουν προσελκύσει μεγάλες επενδύσεις στην άντληση φυσικού αερίου.

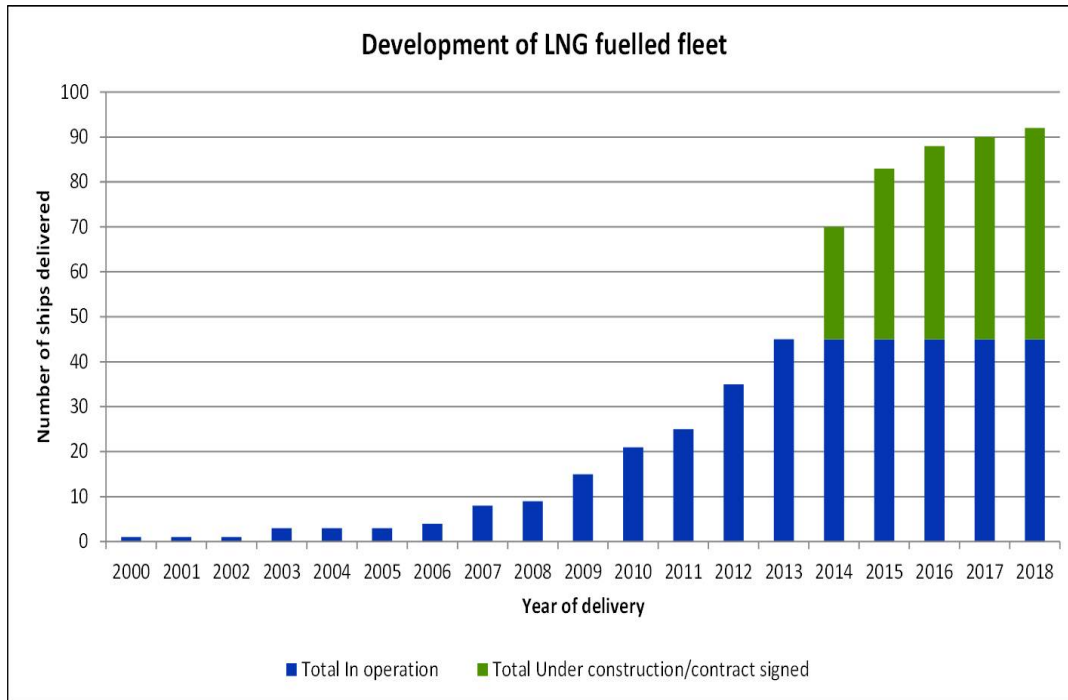
#### **4.14. Παγκόσμιος στόλος LNG carriers και αντιμετώπιση της ζήτησης μεταφορών.**

Ο ενεργειακός χάρτης αλλάζει σε παγκόσμιο επίπεδο και σ' αυτό ξεχωρίζει η αύξηση της ζήτησης LNG, η οποία αναμένεται τα επόμενα 20 χρόνια να εκτοξευθεί όπως εκτιμούν οι οικονομικές αναλυτές.

Αρα θα υπάρξει έλλειψη χωρητικότητας, δηλαδή δε θα φθάνουν τα πλοία για να καλύψουν τη ζήτηση, κάτι που προβληματίζει τις εταιρίες παραγωγής αλλά και μεταφοράς.

Ο υπάρχων παγκόσμιος στόλος των πλοίων μεταφοράς LNG, είναι μεταφορικής ικανότητας 53 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων. Ο στόλος θα πρέπει να αυξηθεί από τα 360 πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου που είναι σήμερα. Αν και αναμένεται σύμφωνα με τα τωρινά δεδομένα ότι θα ανέλθει στα 900 πλοία ως το 2030.

Το 2013 παραδόθηκαν στην αγορά 24 νέα LNG carriers και 34 αναμένονται το 2014. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερα από 60 νέα LNG carriers, θα προστεθούν τον στόλο των 360 πλοίων, μια αύξηση 17%. Παράλληλα υπάρχουν νέες παραγγελίες για 94 LNG carriers μέχρι το 2017.



Διάγραμμα 26 Εξέλιξη του στόλου που χρησιμοποιεί LNG για καύσιμο [Lars Petter Blikom 2014 **[35]**]

Το παγκόσμιο εμπόριο ΦΑ υπολογίζεται ότι θα αυξηθεί από 310 δισ. κ.μ. που ήταν το 2011 στα 570 δισ. κ.μ. το 2020 και τα 880 δισ. κ.μ. το 2030. Η αύξηση θα οφείλεται κυρίως στην άνοδο των εισαγωγών από Κίνα και Ινδία.

Τα δύο αυτά κράτη αναμένεται να αυξήσουν τις εισαγωγές τους τόσο από το Κατάρ όσο και την Αυστραλία. Παράλληλα, υπολογίζεται ότι τα κράτη που θα εισάγουν υδροποιημένο φυσικό αέριο θα φθάσουν τα 40 μέχρι το 2030.

## **Κεφάλαιο 5. Μελλοντική πορεία των τιμών ΦΑ και Μοντελοποίηση της τιμής του**

### **5.1. Η σημερινή και μελλοντική πορεία του LNG στις αγορές**

Το 2012 ήταν μια χρονιά με εξελίξεις στη βιομηχανία και τη διακίνηση του LNG που επιπλέον περιλαμβάνει και δύο νέες ναυτιλιακές διαδρομές, μια ανεξερεύνητη και μια που δεν είχε χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα. Και οι δρόμοι αυτοί, η ρώσικη και η αμερικανική διαδρομή, αναμένεται να επηρεάσουν σημαντικά την χρήση και τις τιμές του LNG μια και μειώνουν σημαντικά το χρόνο μεταφοράς.

Καταρχάς, το "Ob River" της Dynagas, συμφερόντων Γιώργου Προκοπίου, φορτωμένο με 134.000 M3 LNG, ταξίδεψε από το Hammerfest της Νορβηγίας, στην Tobata της Ιαπωνίας χρησιμοποιώντας τη διαδρομή της Βόρειου Αρκτικού Ωκεανού. Παράλληλα στο ταξίδι αυτό, που ολοκληρώθηκε με επιτυχία, δοκιμάστηκαν και οι μεμβράνες των δεξαμενών σε συνθήκες τέτοιων ταξιδιών.

Η επιτυχία του ταξιδιού είναι πολύ σημαντική λόγω της χρησιμοποίησης του Βόρειου Αρκτικού ωκεανού, κάτι το οποίο εξοικονομεί σε χρόνο το 40% σε σχέση με τη διαδρομή από το Σουεζ. Αυτό βελτιώνει σημαντικά την αξιοποίηση του ρώσικου Yamal gas στην θάλασσα Καρα.

Η άλλη διαδρομή, η οποία επίσης αλλάζει το τοπίο της ναυτιλίας για το LNG, είναι η χρήση του καναλιού του Παναμά που συνδέει τις μονάδες υγροποίησης ΦΑ του κόλπου του Μεξικού με τις Ασιατικές αγορές, αποκλείοντας τον περίπλοκο της Νότιας Αμερικής και φέρνοντας φθηνό ΦΑ σε ανταγωνιστικές τιμές .

Στις ΗΠΑ με την εξέλιξη και με τη σημασία της εκμετάλλευσης του σχιστολιθικού αερίου (shale gas) και παρά τα προβλήματα που παρουσιάζονται στην τεχνολογία της εξόρυξης, όπως αναλύθηκαν πιο πάνω, υπάρχουν ήδη σχέδια για εξαγωγές και μετατροπή των ΗΠΑ σε χώρα εξαγωγό ΦΑ. Το LNG στις ΗΠΑ χρησιμοποιείται ήδη για την κίνηση τρένων και βαριών οχημάτων. Το έργο αυτό σηματοδοτεί μια πραγματική αλλαγή της αμερικανικής ενεργειακής πολιτικής και ένα νέο δρόμο στον κόσμο LNG

Το 2012 υπήρχαν σε εξέλιξη περισσότερα από 20 projects για εξαγωγές LNG στην Αμερική, συνολικά περίπου 230 εκατ. T/έτος, που αν υλοποιηθούν, θα καλύπτουν το 80% της παγκόσμιας αγοράς. Το άνοιγμα αυτό στην αγορά των ΗΠΑ, θα παίξει σημαντικό ρόλο στις εξελίξεις για το LNG σε κάθε κατεύθυνση. Το



κόστος του LNG στην Ασία, θα είναι πολύ ανταγωνιστικό συγκρινόμενο με το LNG από το Qatar. Για παράδειγμα, με μια τιμή του Henry Hub 3\$/Mbtu και ένα κόστος υγροποίησης και αποθήκευσης άλλα 3\$ /Mbtu, το Mbtu στο κόλπο του Μεξικού θα κοστίζει για ένα LNG carrier 6\$/Mbtu. Όταν επιπλέον για την απόσταση των 9.400 ναυτικών μιλίων, το εκτιμώμενο μεταφορικό κόστος, είναι περίπου 2,5-3\$/Mbtu. Συμπερασματικά και σε σημερινές τιμές το LNG θα φθάνει στις αγορές της Ανατολικής Ασίας στην τιμή των 9\$/Mbtu, μια τιμή εξαιρετικά συμφέρουσα συγκρινόμενη με την τιμή που είναι, σήμερα περίπου 15\$/Mbtu. Παρόλα αυτά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι η διαδρομή του Ειρηνικού ωκεανού συνεπάγεται μεγαλύτερο χρόνο μεταφοράς καθώς η απόσταση είναι τριπλάσια απ' ότι αυτή μεταξύ της Αυστραλίας και της Ιαπωνίας και αυτό σε βάθος χρόνου θα επηρεάσει τις τιμές.

Οπωσδήποτε όμως μια τέτοια ανισόροπη κατάσταση (arbitrage) δεν θα κρατήσει για πολύ και το σύστημα των τιμών θα εξισορροπήσει, αλλά είναι προφανές 'οτι οι εξαγωγές των ΗΠΑ θα είναι εξασφαλισμένες και θα πιεστούν οι τιμές των υπόλοιπων περιοχών προς τα κάτω.

Παράλληλα αναμένεται να αλλάξουν και οι τύποι των πλοίων. Θα κατασκευαστούν κατάλληλα πλοία, σε μέγεθος που να επιτρέπει τη διέλευση από τη διώρυγα του Παναμα, ήτοι, με μέγιστο πλάτος 49μ και μέγιστο μήκος 300 με 310 μ για να είναι κατάλληλα για τους τερματικούς σταθμούς παραλαβής LNG της Ασίας.

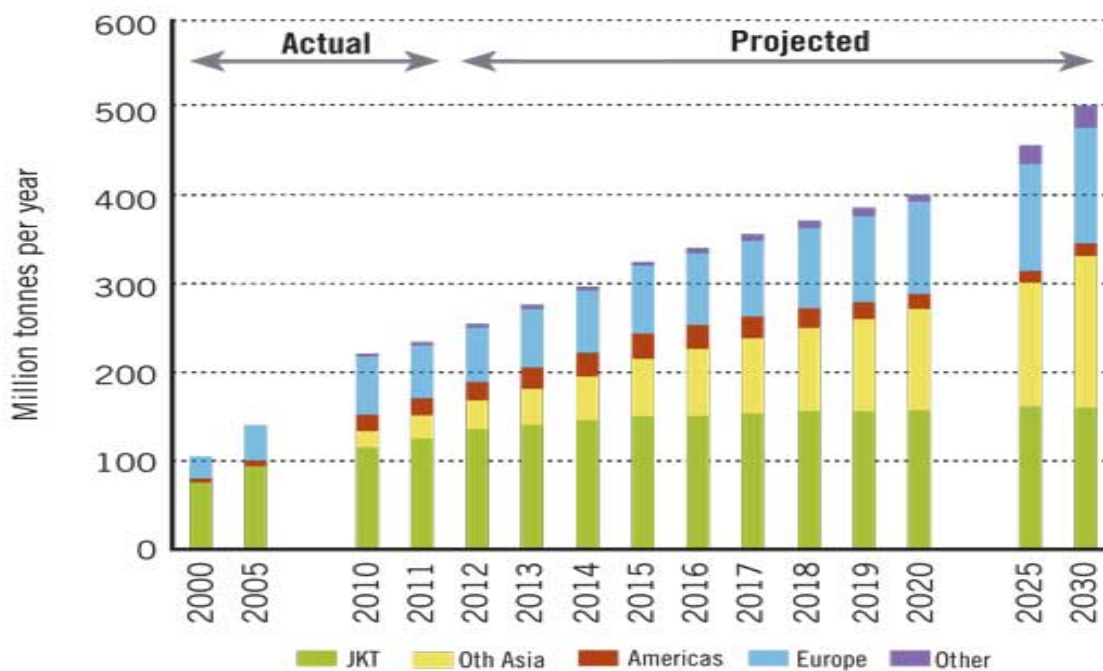
Αυτοί οι παράγοντες θα επιδράσουν σημαντικά στην ναυπήγηση των LNG carriers τόσο όσον αφορά στον τύπο (Arctic ships για την διαδρομή του Βόρειου Αρκτικού ωκεανού όσο και αναλόγως σχεδιασμένα για τη διώρυγα του Παναμά) όπως επίσης και συνδεδεμένα με το σχεδιασμό των μελλοντικών μονάδων υγροποίησης.

Οπωσδήποτε θα πρέπει να υπολογισθούν και να προστεθούν στα ναύλα, στη διαδρομή του Βόρειου ωκεανού, παρά το γεγονός οτι είναι μικρότερη και το αυξημένο κόστος, λόγω του τύπου του πλοίου, καθώς και τυχόν λειτουργικές δαπάνες, στην περιπτώση που θα απαιτηθεί η συνδρομή παγοθραυστικού για βοήθεια.

## **5.2. Μελλοντική πορεία αγορών και Ανάλυση**

Η συνολική παγκόσμια ζήτηση ΦΑ αναμένεται να αυξάνεται ετησίως κατά 1-2% μέχρι το 2035, περισσότερο από το διπλάσιο του αναμενόμενου ρυθμού ανάπτυξης για το αργό πετρέλαιο. Όμως η αύξηση της ζήτησης LNG αναμένεται

να είναι ακόμη πιο ισχυρή, ιδίως μέχρι το 2020. Ενώ υπάρχει ένα ευρύ φάσμα των διαθέσιμων προβλέψεων, οι αναλυτές από την βιομηχανία και τα ενεργειακά ιδρύματα, συγκλίνουν σε μια ετήσια αύξηση της τάξης του 5-6%. Μετά το 2020, η αύξηση της ζήτησης αναμένεται να συνεχιστεί, αν και με ελαφρώς βραδύτερο ρυθμό (δηλαδή, περίπου 2-3% ετησίως), καθώς οι αγορές ωριμάζουν. Ωστόσο, η παγκόσμια ζήτηση LNG έως το 2030 θα μπορούσε να είναι σχεδόν διπλάσια από εκείνη του επίπεδου του 2012, εκτιμώμενη σε περίπου 250 εκατομμύρια μετρικούς τόνους .



Source: Ernst & Young assessment from multiple sources

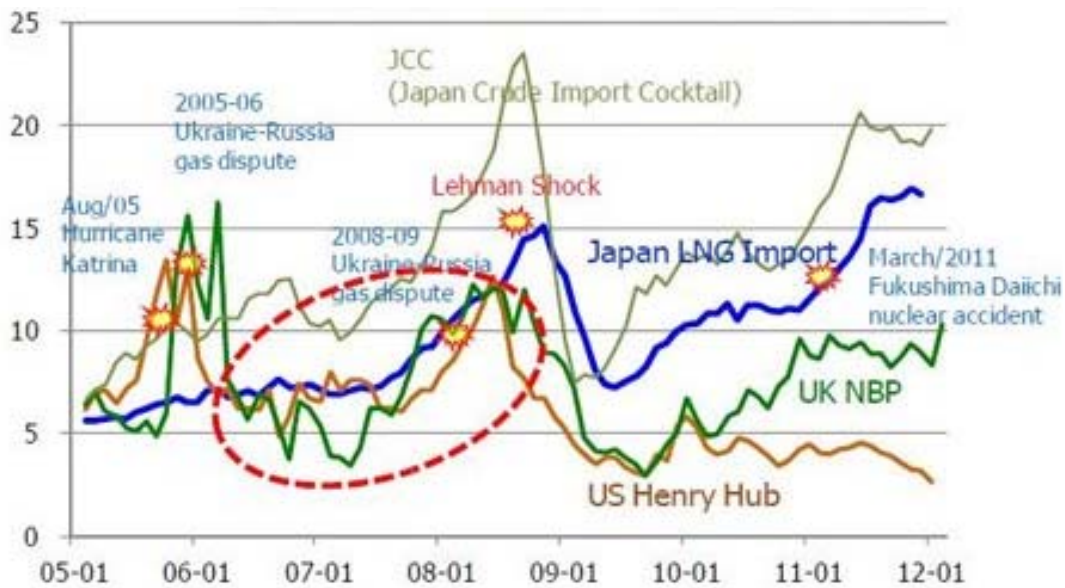
Διάγραμμα 27 Η Παγκόσμια Ζήτηση LNG και οι προβλέψεις μέχρι το 2030 [Dale Nijoka, Foster Mellen – 2013][36]

Η Ιαπωνία, η Νότια Κορέα και η Ταϊβάν ( συλλογικά , JKT ) είναι και αναμένεται να παραμείνουν η ραχοκοκαλιά της παγκόσμιας αγοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου. Οι χώρες της JKT χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα βιομηχανοποιημένες και με περιορισμένες εγχώριες ενεργειακές επιλογές και αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το ήμισυ του συνόλου της παγκόσμιας ζήτησης LNG το 2012, γι'αυτό θεωρούνται και σαν " premium" αγορές υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Ωστόσο σήμερα, υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση για LNG από την Κίνα, την Ινδία, την Ευρώπη και την Νότια Αμερική παρ'ότι οι αγορές αυτές έχουν οικονομικά,

περισσότερο ανταγωνιστικές ενεργειακές επιλογές, συμπεριλαμβανομένου του άνθρακα και του αργού πετρελαίου, καθώς και άλλες πηγές φυσικού αερίου, είτε από την εγχώρια παραγωγή ή από εισαγωγές με αγωγούς. Ως αποτέλεσμα, αυτές οι νέες αγορές θα είναι γενικά λιγότερο πρόθυμες να πληρώσουν το τίμημα για την ασφάλεια του εφοδιασμού και θα αντιδρούν με καλύτερο τρόπο στις αλλαγές της τιμής.

\$/MMBTU



Source: MOF, USEIA

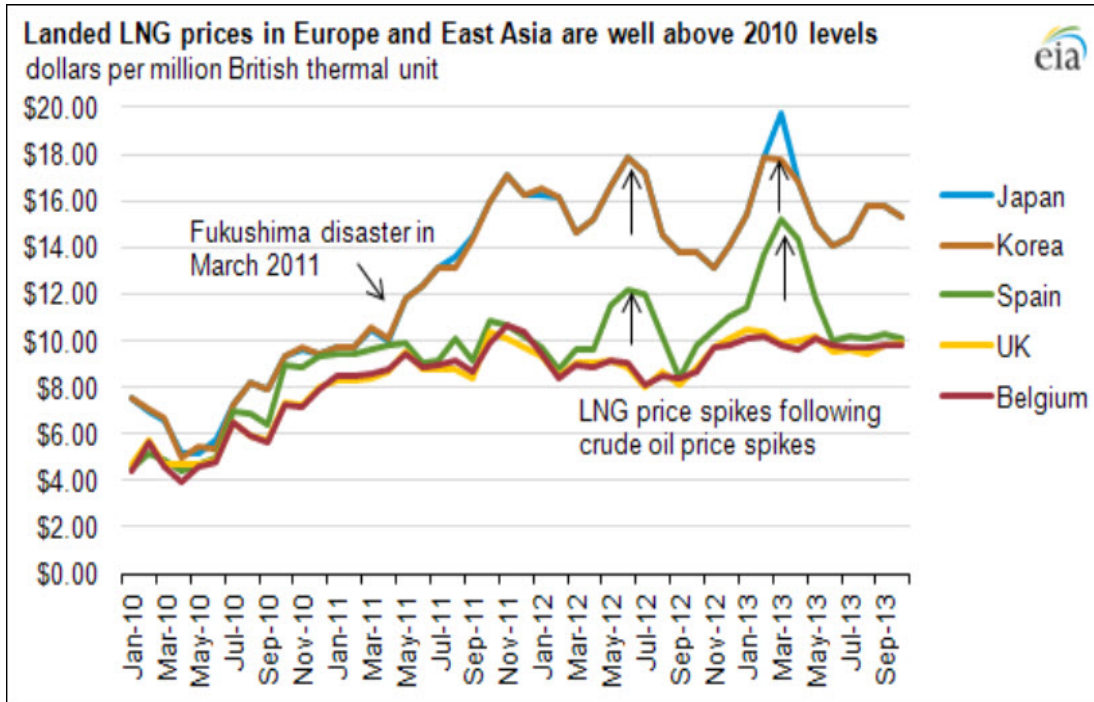
Διάγραμμα 28 Η τιμή του LNG αντιδρά ανοδικά στις παγκόσμιες κρίσεις . Hiroshi Hasimoto 2012 [38]

Το παραπάνω διάγραμμα 28 δείχνει την επίδραση διαφόρων γεγονότων στη τιμή του LNG. Στην Ιαπωνία η τιμή είναι συγκρίσιμη με τη τιμή του Crude oil και παρακολουθεί τα αιχμές του αργού πετρελαίου.

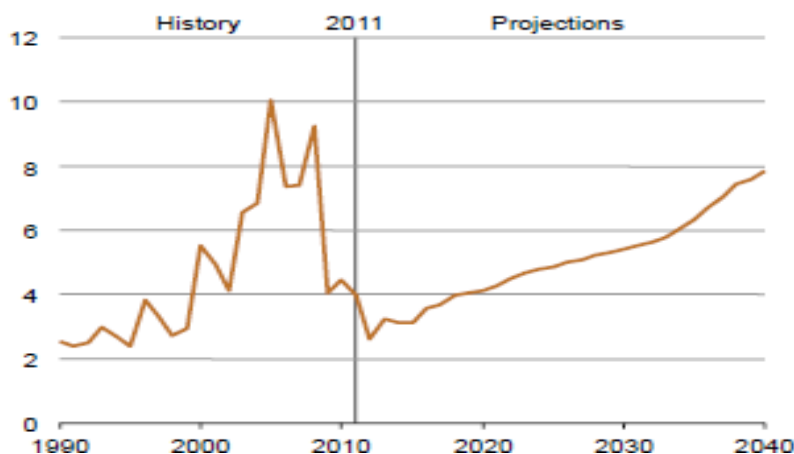
### 5.3. Επίδραση στις τιμές του φυσικού αερίου λόγω της αύξησης του κόστους παραγωγής

Οι τιμές του φυσικού αερίου στις ΗΠΑ έχουν παραμένει σχετικά χαμηλές τα τελευταία χρόνια λόγω της άφθονης εσωτερικής παραγωγής αλλά και της αποτελεσματικότητας των μεθόδων παραγωγής. Όμως η ανάγκη παραγωγής με

νέες μεθόδους θα οδηγήσει σε μικρή αύξηση της τιμής spot Henry Hub. Οι τιμές αυτές για το φυσικό αέριο θα αυξάνονται περίπου κατά 2,4% κάθε χρόνο μέχρι το 2024 όπου η τιμή προβλέπεται να φθάσει τα 7,83/mBtu. Αν χρησιμοποιηθεί αυτή η τιμή σαν βάση, στην Ιαπωνία προβλέπεται να φθάσει τα 13,33 \$/mBtu αν προστεθούν, +3\$ κόστος αποθήκευσης και + 2,5\$ μεταφορικό κόστος.

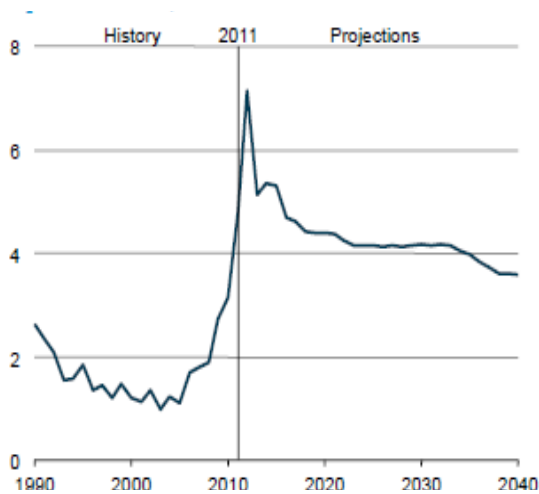


Διάγραμμα 29. Η μεταβολή της τιμής του ΦΑ σε πέντε μεγάλες καταναλώτριες χώρες [Michael Korpalek and Tejasvi Raghuveer-2013] [37].

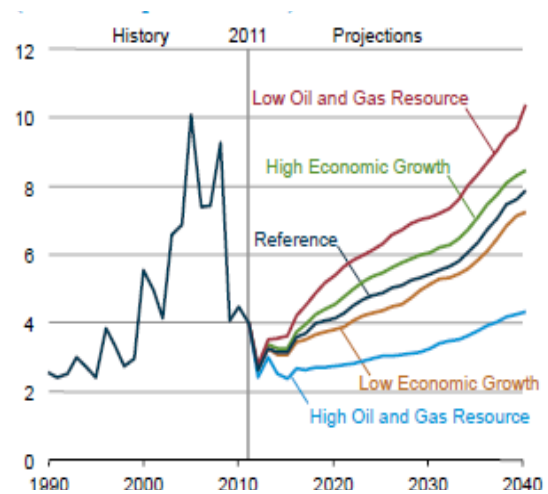


Διάγραμμα 30. Ετήσια μέση τιμή Spot Henry Hub, 1990-2040, σε δολάρια 2011 ανά εκατ. Btu [EIA. Annual Energy Outlook - 2013] [3]

Το Ιανουάριο του 2011, τα συνολικά αποθέματα σε φυσικό αέριο, με στοιχεία του EIA, εκτιμώνται στα 2.327 τρις cf. Με τη πάροδο του χρόνου και με την εξάντληση των κοιτασμάτων σε περιοχές εύκολα προσβάσιμες, η έρευνα και η εκμετάλλευση κοιτασμάτων ΦΑ θα προχωρήσει σε πιο δύσκολες περιοχές με πιο δύσκολες συνθήκες εξαγωγής, οπότε αυτό θα οδηγήσει σε σταδιακή αύξηση της τιμής από το 2015 και μετά μέχρι το 2040, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα όπου η τιμή παραμένει για λίγο χαμηλή και μετά ανεβαίνει.



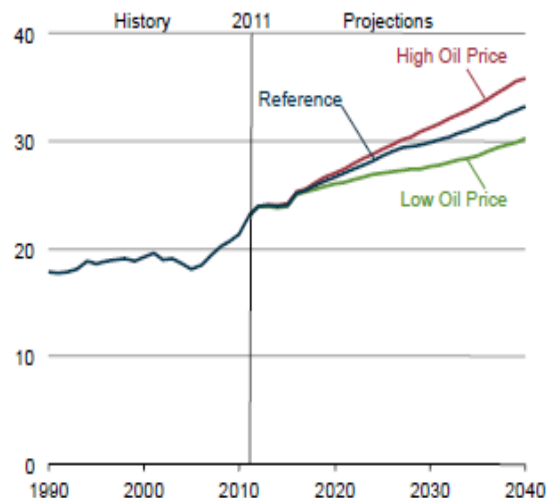
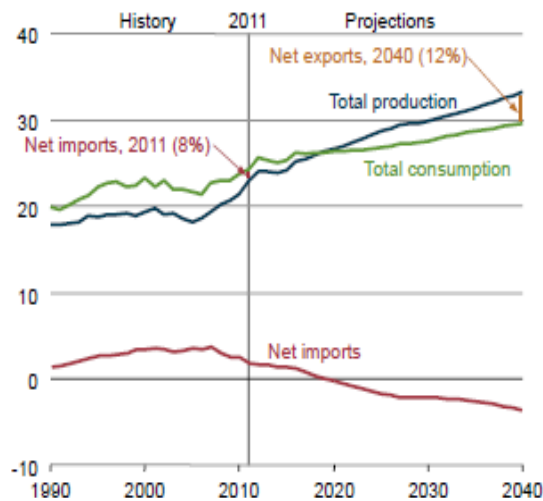
Διάγραμμα 31 Λόγος της τιμής Brent προς την τιμή Spot Henry Hub με βάση την ενεργειακή ισοδυναμία, 1990-2040 [3]



Διάγραμμα 32 Ετήσια μέση spot τιμή του Henry Hub σε 5 περιπτώσεις σε δολάρια του 2011 ανά εκατ. Btu, 1990-2040 [3]

Οι τιμές του ΦΑ εξαρτώνται όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 33 και 34 από την οικονομική ανάπτυξη και τον ρυθμό ανάκτησης από τα κοιτάσματα του ΦΑ και αργού, μεταξύ άλλων παραγόντων.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 33, η περίσσεια της ποσότητας ΦΑ στις ΗΠΑ, που θα κατευθυνθεί σε εξαγωγές θα είναι το 12% της παραγωγής ή περίπου 6 τρις cf και θα παίξει σημαντικό ρόλο στο παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο, αλλά δεν θα μπορέσει να λύσει τα προβλήματα της Ευρώπης. Ο λόγος είναι ότι οι ΗΠΑ είναι η χώρα με τη μεγαλύτερη κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας στον κόσμο. Μέχρι να την ξεπεράσει η Κίνα τα τελευταία χρόνια σε συνολική κατανάλωση ενέργειας οι ΗΠΑ ήταν και πρώτη σε συνολική κατανάλωση ενέργειας.



Διάγραμμα 33 Συνολική παραγωγή, κατανάλωση και οι καθαρές εισαγωγές ΦΑ των ΗΠΑ, (τρεις cf), 1990 - 2040 [3]

Διάγραμμα 34 Συνολική ετήσια παραγωγή των ΗΠΑ σε 3 περιπτώσεις τιμών αργού, 1990-2040(σε τρεις btu/a) [3]

Μια χώρα που αντιπροσωπεύει το 4% του παγκόσμιου πληθυσμού καταναλίσκει το 25% της παγκόσμιας καταναλισκόμενης ενέργειας. Γι'αυτό και προκειμένου να προχωρήσει σε εξαγωγές ενέργειας, ΦΑ στην προκειμένη περίπτωση, πρέπει το DoE να δικαιολογήσει τις εξαγωγές ή την επένδυση για τις εξαγωγές, καθησυχάζοντας τους Αμερικανούς πολίτες ότι δεν θα υπάρξουν επιπτώσεις στις τιμές για την κατανάλωση.

Η αναλογία των τιμών του αργού πετρελαίου και του φυσικού αερίου ορίζεται με βάση την ισοδύναμη ενεργειακή ποσότητα για το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Με αυξανόμενη τη ζήτηση και το κόστος παραγωγής, οι τιμές του αργού πετρελαίου και του ΦΑ θα αυξηθούν μέχρι το 2040. Το πετρέλαιο φαίνεται ότι παραμένει ακριβότερο από το φυσικό αέριο μέχρι το 2040 αλλά η διάφορα αυτή θα περιορίζεται όσο περνά ο χρόνος.

Οι τιμές του ΦΑ σχεδόν διπλασιάζονται ως το 2040 από την τιμή των 3,98 σε 7,83 και η τιμή του αργού πετρελαίου θα αυξηθεί κατά 50% στα 28,054 \$/mbtu το 2040. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου η αναλογία είναι πολύ παραπάνω απ' ότι ήταν τις δύο προηγούμενες δεκαετίες.

Το επίπεδο της τιμής του ΦΑ εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων και των μακροοικονομικών ρυθμών ανάπτυξης αλλά και με τους εκτιμώμενους ρυθμούς παραγωγής του. Μεγαλύτεροι ρυθμοί ανάπτυξης συνεπάγονται μια αυξανόμενη κατανάλωση του ΦΑ που με τη σειρά της θα προκαλέσει ταχύτερη εξάντληση των αποθεμάτων όπως και επιτάχυνση της

εφαρμογής νέων μορφών παραγωγής, το οποίο όμως από τη πλευρά του θα πιέσει τη τιμή προς τα πάνω. Ο χαμηλότερος ρυθμός ανάκτησης του αργού πετρελαίου και του ΦΑ αντιστοιχεί σε μεγαλύτερο κόστος και μεγαλύτερες τιμές. Ενώ ο μεγαλύτερος ρυθμός ανάκτησης σημαίνει το αντίθετο.

Τέλος είναι φανερό ότι οι χαμηλές τιμές στο ΦΑ θα οδηγήσουν σε αύξηση στις εξαγωγές το οποίο πάλι θα δημιουργήσει πιέσεις για αύξηση της τιμής. Όμως όπως φάνηκε και παραπάνω δεν είναι το μόνο που θα επιδράσει στις αλλαγές των τιμών.

#### **5.4. Μοντελοποίηση της τιμής του LNG**

Όπως φαίνεται και στις προηγούμενες παραγράφους 3.4., 3.5, 3.6. και 5.3. η προσπάθεια μοντελοποίησης της τιμής του ΦΑ θα πρέπει να λάβει υπόψη της, τις ιδιαιτερότητες των διαφόρων αγορών αλλά και τους περιφερειακούς παράγοντες που διαμορφώνουν την τιμή όπως και τους παγκόσμιους που αναλύθηκαν διεξοδικά την παρούσα εργασία.

Είναι φανερό ότι μια φόρμουλα για τις ΗΠΑ θα συσχέτιζε την τιμή κύρια με τη ζήτηση και την προσφορά ΦΑ. μια και δε φαίνεται να εμπλέκεται άλλος εξωτερικός παράγοντας που να επιδρά στην τιμή. Το συντριπτικά μεγαλύτερο μέρος(σύντομα και το σύνολο της κατανάλωσης) παράγεται εντός των ΗΠΑ . Αντίθετα στην Ευρώπη όπου μικρό μέρος της κατανάλωσης παράγεται εντός των ορίων της, ενώ μεγάλες ποσότητες εισάγονται είτε με αγωγούς από τη Ρωσία, είτε με LNG από τη Μέση Ανατολή, είτε και λόγω arbitrage των τιμών από το Ηνωμένο Βασίλειο, η φόρμουλα της τιμής όπως θα δούμε παρακάτω και φαίνεται και στο σχήμα 4, βασίζεται στη προσφορά και τη ζήτηση αλλά είναι πιο περίπλοκη.

Επιπλέον θα πρέπει να λάβει υπόψη του κάποιος αναλυτής τη σκοπιμότητα μιας τέτοιας φόρμουλας. Για άλλους λόγους θα είχε ενδιαφέρον μια βραχυπρόθεμη πρόβλεψη της τιμής του ΦΑ, πχ για το τρόπο που θα καλυφθούν τυχόν διαφορές στις ήδη συμβολοποιημένες ποσότητες ΦΑ και στις πραγματικές ανάγκες της αγοράς. Όμως και μια μακροπρόθεσμη πρόβλεψη έχει ενδιαφέρον από την πλευρά και των πωλητών και των αγοραστών προκειμένου να προχωρήσουν στη συμβολαιοποίηση ποσοτήτων και να καλύψουν μελλοντικές ανάγκες ή αδιάθετες ποσότητες, ανάλογα με την πλευρά της αγοράς.

Τέλος θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι μια πρόβλεψη της τιμής και οι αποφάσεις που πρέπει να παρθούν με βάση αυτή την πρόβλεψη, όχι μόνο για το ΦΑ αέριο, αλλά για όλα τα προϊόντα, αφορά την στιγμή που έγινε η πρόβλεψη, επειδή η

τιμή αυτή αν εφαρμοστεί επικαιροποιημένα στη ίδια φόρμουλα αλλά σε άλλο χρόνο, θα δώσει διαφορετικές τιμές.

Οι εμπλεκόμενοι σε κάθε περίπτωση έχουν και άλλους τρόπους να αντιμετωπίζουν τις αλλαγές στις συνθήκες της αγοράς και στην αυξομείωση των τιμών για την κάλυψη των αναγκών τους από τη μία αλλά και τη διασφάλισή τους από κινδύνους αλλαγών στην αγορά. Ειδικά με το ΦΑ και το LNG λόγω και του υψηλού κόστους επενδύσεων που απαιτούνται για την κατασκευή των μονάδων Υγροποίησης ΦΑ ή της κατασκευής των αγωγών διασύνδεσης των νέων κοιτασμάτων με το δίκτυο των αγωγών προς τους μεγάλους καταναλωτές, πριν ληφθεί η απόφαση, πρέπει να συμβολαιοποιηθεί το μεγαλύτερο μέρος των ποσοτήτων, ώστε να είναι δυνατή η απόσβεση των επενδύσεων των οποίων το κόστος υπερβαίνει το 1,5 δις \$. Σε πολλές χώρες το ποσοστό κάλυψης των αναγκών από Long Term και take or pay συμβόλαιο φθάνει το 70-80%

Βέβαια και τα long term συμβόλαια όπως περιγράφηκε και στις παραγράφους 3.5 και 3.6. της εργασίας αυτής προβλέπονται και αναθεωρήσεις αλλά και συνδέονται και με μεταβλητές ή την τιμή κάποιων αργών πχ ώστε να παρακολουθούν τις διακυμάνσεις της αγοράς.

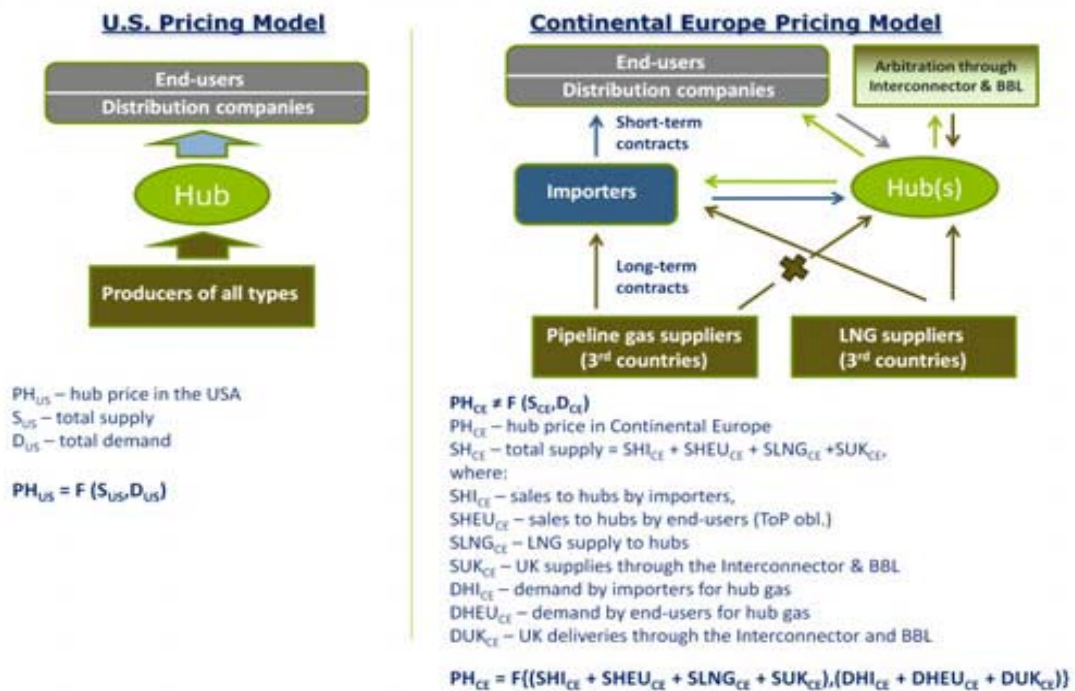
Η αγορά του ΦΑ είναι πολύ πιο ανελαστική από την αγορά του αργού, το οποίο διακινείται ως επί το πλείστον με δεξαμανόπλοια σε συγκεκριμένες ποσότητες και έχει την δυνατότητα διαπραγμάτευσης, ακόμη και εν πλώ, δημιουργώντας μ'αυτό τον τρόπο έναν ασύγκριτα μεγαλύτερο όγκο αγοράς και πεδίο διαπραγμάτευσης, μια και το μεγαλύτερο μέρος του αργού διαπραγματεύεται σε spot ή σε short term συμβόλαια σε αντίθεση με το ΦΑ.

Στο παρακάτω σχήμα 4 απεικονίζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση της τιμής και η συνάρτηση της με τη προσφορά και τη ζήτηση, στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη. Στις ΗΠΑ η τιμή είναι συνάρτηση της συνολικής ζήτησης και της συνολικής προσφοράς. Όλοι οι παραγωγοί ΦΑ κατευθύνουν τις παραγώμενες ποσότητες, όπως και τις ποσότητες που μπαίνουν στο σύστημα από τις αποθήκες στα κέντρα κατανομής και από εκεί στις εταιρίες διανομής και στους τελικούς χρήστες.

Στην Ευρώπη όπως φαίνεται και στο σχήμα 4 η συνάρτηση παραμένει η ίδια, δηλαδή, η βασική τιμή είναι συνάρτηση της συνολικής ζήτησης και της συνολικής προσφοράς, όμως η συνολική προσφορά, τώρα, αποτελεί το άθροισμα των πωλήσεων στους διαχειριστές του συστήματος από τους εισαγωγείς, από τους τελικούς καταναλωτές της περίσσειας ΦΑ, των ποσοτήτων ΦΑ από τους εισαγωγείς LNG και τυχόν ποσότητες από το Ηνωμένο Βασίλειο λόγω arbitrage. Αντίστοιχα η συνολική ζήτηση στα κέντρα κατανομής είναι το άθροισμα των



ποσοτήτων που ζητούνται από τους εισαγωγείς, από τις εταιρίες διανομής και τους τελικούς καταναλωτές όπως και ποσότητες που θα προωθηθούν στο Ηνωμένο Βασίλειο, λόγω πάλι του arbitrage των τιμών. Το arbitrage των τιμών μεταξύ Ηνωμένου Βασιλείου και Ευρώπης και οι ποσότητες που διακινούνται από και προς την Ευρώπη δια μέσου του αγωγού διασύνδεσης των δύο πλευρών ή και του αγωγού BBL μέσω της Ολλανδίας φαίνεται ότι παίζουν ιδιαίτερα ρυθμιστικό ρόλο στις τιμές.



Σχήμα 4. Μοντέλα φόρμουλας της τιμής ΦΑ για τις ΗΠΑ και την Ευρώπη [Sergei Komlev 2011] [39]

Συμπληρώνοντας τις τιμές στις συναρτήσεις του Σχήματος 4 με τους αντίστοιχους συντελεστές θα καταλήξει κάποιος σε κάποιες προβλεπόμενες τιμές. Έχοντας λοιπόν αυτή την τιμή και την πρόβλεψη της ζήτησης, κάτι που έχει να κάνει, κύρια, με τις καιρικές συνθήκες την επόμενη χειμερινή περίοδο θα πρέπει να καταλήξει σε κάποιες αποφάσεις όσον αφορά την επάρκεια του εφοδιασμού, την διάθεση στους τελικούς καταναλωτές, αλλά περισσότερο απ'όλα την αποφυγή έκθεσης σε χρηματοπιστωτικούς κινδύνους ή και κάθε φύσεως χρηματοροές. Βεβαίως υπάρχει πάντα η δυνατότητα αποθήκευσης της περίσσειας, όμως αυτό έχει και κόστος και ρίσκο [Sergei Komlev 2011] [39].

Άλλωστε εκτός από τους μεγάλους “παίχτες” στην αγορά, που έχουν πολλές δυνατότητες διασποράς του κινδύνου αλλά και χρέωσης σε τελική ανάλυση, των όποιων περισσευούμενων ή υπολειπούμενων ποσοτήτων (κάλυψη από spot φορτία LNG) στους τελικούς καταναλωτές σε μεγάλο βαθμό, στους διανομείς ΦΑ και μεγάλους καταναλωτές, όπου και ο ανταγωνισμός είναι μεγάλος, σε τί θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν κάποιες βραχυπρόθεσμες προβλέψεις της τιμής ή και της ζήτησης;

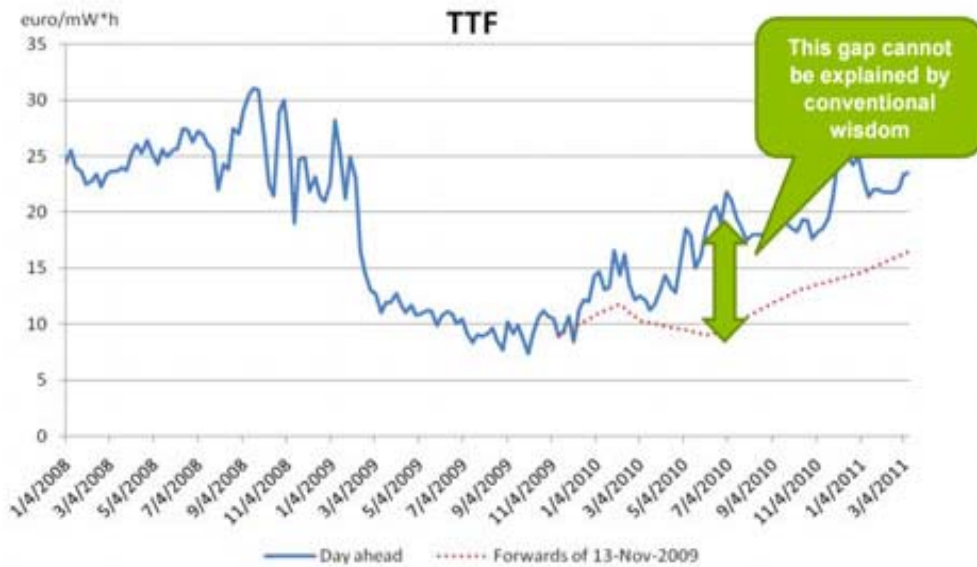
Στα χρηματιστήρια με βάση τις προβλεπόμενες τιμές από τα διάφορα μοντέλα διαμορφώνουν μελλοντικά συμβόλαια (Futures) όπου οι εταιρίες (Hedgers) “κλειδώνουν” κάποια κέρδη χάνοντας βέβαια ταυτόχρονα, κάποια ενδεχόμενα μεγαλύτερα κέρδη από την ωρίμανση των τιμών στην αγορά (market opportunities) και από την άλλη το συμβόλαιο υπογράφουν οι κερδοσκόποι (speculators), δυστυχώς ερμηνεύεται με την κακή έννοια στα Ελληνικά, παρ’ότι είναι απαραίτητοι για τη λειτουργία της χρηματιστηριακής αγοράς. Τα συμβόλαια αυτά μετά την υπογραφή τους είναι διαπραγματεύσιμα στο χρηματιστήρια και από την πλευρά του αγοραστή και του πωλητή.

Από την άλλη οι εταιρίες, όπως η PLATT’S, δημοσιεύουν κάθε μέρα τις τιμή αλλά και τιμή forward, δηλαδή τις μελλοντικές τιμές για ένα μήνα μέχρι και ένα χρόνο, του ΦΑ και όχι μόνο, σε διάφορες περιοχές του κόσμου όπου η τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτερα. Με βάση την τιμή forward είναι δυνατό να υπογραφούν συμβόλαια όταν είναι επιθυμητό από τα δύο μέρη. Σε κάθε περίπτωση οι εμπλεκόμενοι για όποιο ρίσκο παίρνουν, φροντίζουν να κάνουν back up κινήσεις ώστε να καλύπτονται στην περίπτωση μεγάλων ανισοριών κατά την ωρίμανση των συμβολαίων αγοραπωλησίας ΦΑ.

Όπως είναι φυσικό η κάλυψη των εταιριών ΦΑ δεν γίνεται μόνο μέσω των συμβολαίων Futures και των τιμών Forward, αλλά χρησιμοποιώντας και πιο περίπλοκα χρηματιστηριακά εργαλεία όπως options και swaps ή χρησιμοποιώντας και άλλα διαπραγματεύσιμα προϊόντα όπως crude διαφόρων τύπων, gasoil κα. Στο Διάγραμμα 27 φαίνονται οι σημαντικές αποκλίσεις των προβλεπόμενων τιμών, σε συμβόλαια Future (TTF) που εκδίδονται στην Ολλανδία την περίοδο 2009-2010. Η διαφορά αυτή θα μπορούσε να οδηγήσει σε απώλεια μεγάλων εσόδων από την πλευρά των πωλητών ΦΑ.

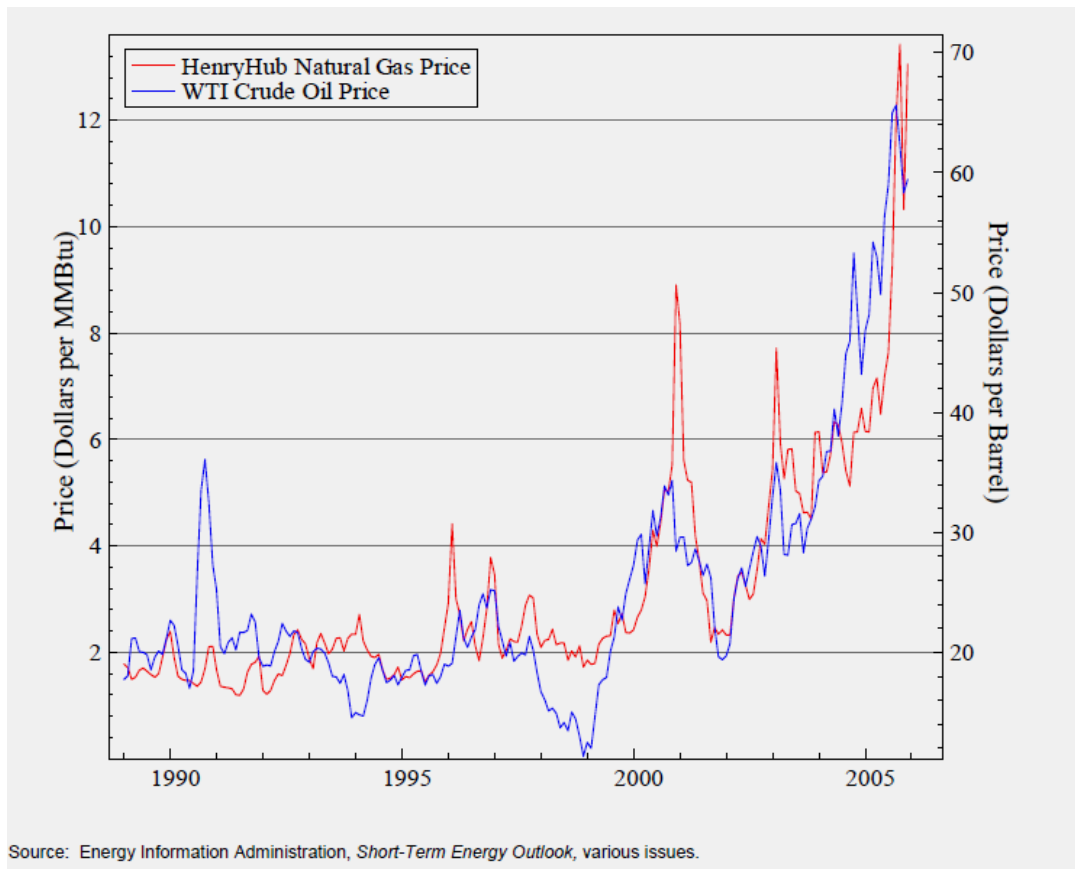
Ένα άλλο παράδειγμα σημαντικών προβλημάτων που δημιούργησαν οι λάθος προβλέψεις περισσότερο της ζήτησης ΦΑ αποτελεί το 2008. Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 33 υπάρχει ισχυρή συσχέτιση των τιμών με την οικονομική ανάπτυξη. Ως γνωστόν το οικονομικό έτος για το ΦΑ αρχίζει τουλάχιστον για το Βόρειο ημισφαίριο όπου βρίσκεται και η συντριπτική πλειοψηφία της

κατανάλωσης από την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου, που είναι και η έναρξη της περιόδου θέρμανσης.



Διάγραμμα 35 Αποκλίσεις των προβλεπόμενων τιμών με τις πραγματικές [Sergei Komlev 2011] [39]

Το 2008, η παγκόσμια οικονομία, μέχρι τον Ιούλιο, βρισκόταν σε φάση υπερθέρμανσης. Αυτό οδήγησε πολλές εταιρίες ΦΑ για να καλυφθούν από την διαφανιόμενη μεγάλη ζήτηση ΦΑ να κλείσουν μεγάλες ποσότητες ΦΑ και σε ανεβασμένες τιμές. Το Σεπτέμβριο του ίδιου χρόνου, ήλθε η κατάρρευση του χρηματοπιστωτικού τομέα με το κλείσιμο της τράπεζας Lehman Brothers και το πέρασμα της παγκόσμιας οικονομίας σε βαθιά ύφεση. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα και την έκθεση των εταιριών σε αγορά ποσοτήτων ΦΑ, από τα συμβόλαια take or pay, αλλά και την αγορά ΦΑ σε τιμές ψηλότερες από τις τιμές από τις τιμές της αγοράς στο πραγματικό χρόνο. Η ανισοροπία αυτή, φαίνεται και στη μεγάλη πτώση των τιμών στο διάγραμμα 37 παρακάτω, δημιούργησε τεράστια προβλήματα στην αγορά ΦΑ, που προσπάθησε να μηχανευτεί τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος με το αντίστοιχο μεγάλο κόστος βέβαια (αποθήκευση ποσοτήτων ΦΑ με υψηλή τιμή, προαγορά των ποσοτήτων για μεταγενέστερα χρόνια ή και πιθανή ακύρωση συμβολαίων με το αντίστοιχο τίμημα).

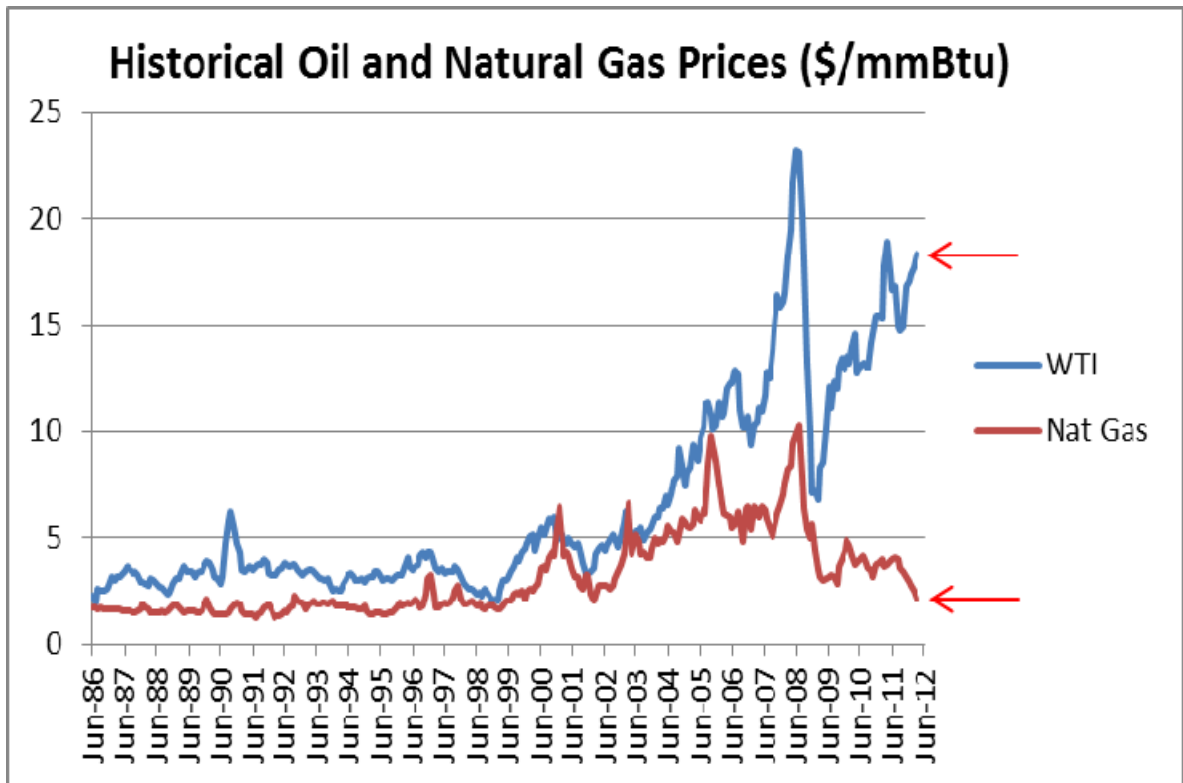


Διάγραμμα 36 Τιμές αργού WTI και ΦΑ Henry Hub την περίοδο 1989-2006 σε τιμές αργού \$/Bbl και του ΦΑ σε\$/MMBtu [Jose A. Villar and Frederick L. Joutz 2012] [41]

Ένας άλλος τρόπος αντιμετώπισης των μελλοντικών τιμών είναι και η σύνδεση τους με τις τιμές του αργού για ισοδύναμη ποσότητας ενέργειας. Η ισοτιμία αυτή ονομάζεται και Oil Parity όπως αναλύθηκε και στη παράγραφο 3.6. της παρούσας εργασίας.

Το ΦΑ και το αργό είναι έτσι κι αλλιώς ανταγωνιστικές αλλά και συμπληρωματικές μορφές ενέργειας. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 13 σε γενικές γραμμές πέρα από έντονες ανατιμήσεις και υποτιμήσεις της τιμής, οι τιμές ακολουθούν παράλληλες τάσεις, τουλάχιστον μέχρι το 2006.

Όμως όπως φαίνεται η δυνατότητα και η ανάπτυξη της εκμετάλλευσης του Shale Gas στις ΗΠΑ, άλλαξε σημαντικά τα δεδομένα της σχέσης μεταξύ του αργού WTI και του ΦΑ σε τιμές ΗΗ όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 14 που παρουσιάζει και τις τιμές αργού και ΦΑ με βάση την ενεργειακή ισοδυναμία μετά το 2008. Η τιμή του ΦΑ έπεσε σημαντικά όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενα σημεία της εργασίας δίνοντας στο ΦΑ ένα τεράστιο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.



Διάγραμμα 37 Τιμές αργού WTI και ΦΑ Henry Hub την περίοδο 1986-2012 με βάση την ενεργειακή ισοδυναμία (Oil Parity) σε \$/mmBtu [Avalon Energy Services. 2012] [40]

## 5.5. Πρόβλεψη της τιμής. Παρατηρήσεις-Παραδοχές

- Η αρχική τιμή του ΦΑ δεν παρουσιάζει εποχιακή εξάρτηση
- Μικρής έκτασης διαφορές προσφοράς-ζήτησης καθώς και οι διακυμάνσεις της τιμής αποσβένονται και δεν επηρεάζουν την μακροπρόθεσμη πορεία της τιμής
- Έντονες διακυμάνσεις προσφοράς-ζήτησης και ενεργειακές κρίσεις μεγάλης έκτασης είναι αδύνατον να προβλεφθούν αλλά και όταν συμβούν αλλάζουν τελείως το χάρτη της εκτιμώμενης τιμής (όπως έγινε με το αργό πετρέλαιο πρόσφατα).
- Παρόλα αυτά οι αυξήσεις και οι πτώσεις, παρουσιάζονται σαν peak της τάξεως των 2\$ (στις χώρες παραγωγούς) στους δείκτες Henry Hub, NBP και μετά ακολουθούν την προ-κρίσης πορεία τους

- Η σχέση των τιμών ΦΑ-Fuel oil ανεξαρτητοποιούνται σταδιακά .Εξάλλου η τιμή του ΦΑ έχει μικρότερη μεταβλητότητα καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις κλείνονται μεγάλες ποσότητες σε μακροπρόθεσμες συμβάσεις παρά σε spot.
- Ενδεχόμενη μεγάλη πτώση των τιμών κάνει τις επενδύσεις σε λιγότερο προσβάσιμα κοιτάσματα καθώς και τις ακριβότερες επενδύσεις μη συμφέρουσες, πράγμα που περιορίζει τις παραγώμενες ποσότητες και έτσι έχουμε επαναφορά στη βασική πορεία

## Σενάρια

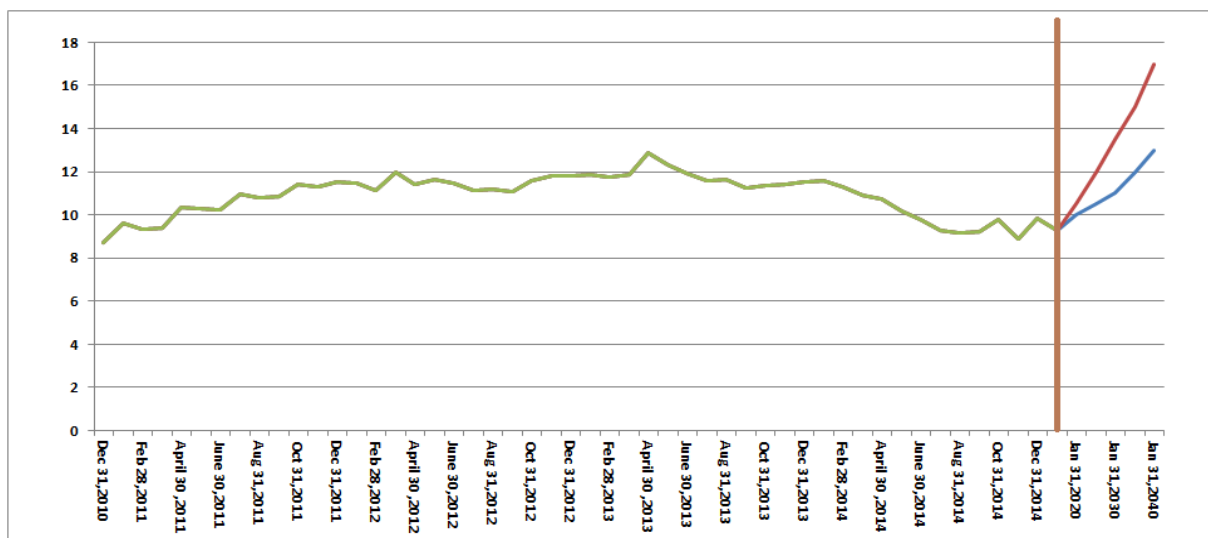
1ο μετριοπαθές σενάριο: χαμηλοί ρυθμοί ανάπτυξης ,υψηλά αποθέματα

Η τιμή αναμένεται να ανέβει 4\$ στο διάστημα μέχρι το 2040

2ο υπερεκτιμημένο σενάριο: υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης, χαμηλά αποθέματα

Η τιμή αναμένεται σύμφωνα με τους αναλυτές ότι θα ανέβει κατά 8\$/MMBTU στο διάστημα μέχρι το 2040

Μέχρι στιγμής επιβεβαιώνεται το μετριοπαθές σενάριο οπότε η κάτω καμπύλη υποδεικνύει τη μακροπρόθεσμη πορεία της τιμής και αναμένεται να κυμανθεί μεταξύ 9-11 μέχρι το 2020 φτάνοντας τη τιμή 10\$MMBTU και να αρχίζει να ανεβαίνει σταδιακά μέχρι το 2040 με εύρος διακύμανσης -2,+2 ως τη τιμή 13\$/MMBTU.



Διάγραμμα 38. Πρόβλεψη της μακροπρόθεσμης πορείας της τιμής στην Ευρώπη ως το 2040

## Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα-Προτάσεις για Διπλωματική

Οι ολοένα και πιο ανησυχητικές ενδείξεις για το περιβάλλον, καθώς και η εξοικονόμηση ενέργειας σε όλους τους τομείς έχουν οδηγήσει τον μηχανικό, τις μελετητικές εταιρείες και ερευνητικά ινστιτούτα, του σήμερα στην ανάγκη εξεύρεσης πιο αποδοτικών συστημάτων. Αυτό συνεπάγεται τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον αλλά παράλληλα και οικονομικά συμφέρουσες για όλες τις πλευρές.

Στην κατεύθυνση αυτή πρέπει να αντιμετωπισθούν τα δύο σημαντικά και παγκόσμια προβλήματα που συνυπάρχουν στη ανάλυσή μας για το LNG, το ενεργειακό όπως και το περιβαλλοντικό πρόβλημα με τα θέματα της κλιματικής αλλαγής που μεταξύ άλλων καλείται να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα. Η εισαγωγή του LNG ως καύσιμο για τα πλοία αλλά και σε άλλες εφαρμογές είναι ένα ακόμη βήμα προς αυτήν την κατεύθυνση. Το ΦΑ και το παράγωγο του, LNG, είναι το ορυκτό καύσιμο που έχει την καθαρότερη καύση, με πρακτικά μηδενική παραγωγή SO<sub>x</sub>, πολύ χαμηλότερη παραγωγή NO<sub>x</sub> και 25% χαμηλότερη παραγωγή CO<sub>2</sub>.

Οι καινούργιοι κανονισμοί αλλά και οι κανονισμοί που σίγουρα θα υπάρξουν στο μέλλον μπορούν να αποτελέσουν οδηγό όχι μόνο για τη βελτίωση του περιβάλλοντος αλλά και για δημιουργία οικονομικού κέρδους προς όλους. Το θέμα είναι πως θα εφευρεθούν λύσεις έξυπνες και επικερδής. Αυτό θα είναι το αντικείμενο εργασιών των μηχανικών κάτι που καλείται "green engineering".

Το να βρεθούν τεχνολογίες οι οποίες θα είναι φιλικές προς το περιβάλλον μεν αλλά εξαιρετικά δαπανηρές δεν είναι λύση γιατί το αντίκρισμα τους μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο. Το να βρεις τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον αλλά και οικονομικά επικερδής για το ευρύτερο σύνολο αλλά και για τους επιχειρηματίες είναι η απάντηση.

Οι αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες καθώς και η ανάγκη εξοικόνησης ενέργειας είναι κάτι που θα απασχολήσει πολύ έντονα τον μηχανικό τα επόμενα χρόνια και θα πρέπει να δώσει λύσεις σ'αυτά τα φλέγοντα θέματα παγκόσμιας εμβέλειας και ενδιαφέροντος.

Όπως φαίνεται η λύση του LNG για τον εφοδιασμό των πλοίων σε πολλές περιπτώσεις αποτελεί λύση σε σχέση με τη χρήση HFO και scrubber, ή τη λύση του χαμηλού Θείου FO, κάτι που βρίσκει τα διυλιστήρια αρνητικά έως αδιάφορα ή τη λύση το MGO ή του MDO 0.1 ή και 0.5 (παγκόσμια μετά το 2025). Σε κάθε

περίπτωση όλες οι λύσεις πλην του LNG δεν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα NOx, εκτός αν μιλάμε πάλι για scrubber.

Τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η χρήση του LNG για τον εφοδιασμό των πλοίων είναι ο κατά 80% παραπάνω αποθηκευτικός χώρος που χρειάζεται το πλοίο για την, ισοδύναμης ενέργειας, ποσότητα των άλλων καυσίμων, η απουσία υποδομών στη τροφοδοσία στα λιμάνια ανεφοδιασμού και η ακριβή μετασκευή του πλοίου και από πλευράς κόστους μετατροπής αλλά και του χρόνου που απαιτείται το πλοίο να βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Από την άλλη το ανταγωνιστικό κόστος της προμήθειας του συν το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα είναι σημαντικά πλεονεκτήματα της λύσης LNG.

Πολιτικές κινήτρων και επιδοτήσεων θα βοηθήσουν στην προώθηση του LNG για τη χρήση που εξετάζουμε αν η ίδια η αγορά με τους αυστηρούς κανονισμούς αλλά και με το πλεονέκτημα της τιμής δεν βοηθήσουν στη διείσδυσή του. Ήδη με πρωτοπόρα την Νορβηγία με τα πρόστιμα και τα κίνητρα που έχει θεσπίσει για τη μείωση των NOx, σπρώχνει σ'αυτήν την κατεύθυνση, όμως και η πίεση των ΗΠΑ για τα νέα πλοία που κατασκευάζονται τα οποία θα λειτουργούν αποκλειστικά εντός ζωνών ECA με LNG.

Η Ελλάδα όπως αναφέρθηκε πέρα από το πολύ σημαντικό μερίδιο που έχει στον παγκόσμιο στόλο των LNG carriers, κάτι που την κάνει να ενδιαφέρεται ιδιαίτερα πάνω στην προώθηση του LNG, έχει και το σημαντικό πρόβλημα της ακτοπλοΐας που πιστεύεται ότι μια προοπτική χρήσης του LNG και θα βοηθούσε στη ρύθμιση του κόστους της μεταφοράς του επιβατηγού κοινού, αλλά θα συντελούσε σημαντικά στη μείωση των ρύπων στα λιμάνια. Το θέμα αυτό όπως φαίνεται παραπάνω, ήδη έχει απασχολήσει την πολιτική ηγεσία της χώρας.

Τέλος πιστεύουμε ότι κύριως παράγοντας που θα συντελέσει στη κατά το δυνατόν μεγαλύτερη και ταχύτερη διείσδυση του LNG θα είναι η σημαντική μείωση των ρύπων και τα χρόνια που έρχονται η πρόοδος της τεχνολογίας για την αντιμετώπιση των προβλημάτων θα αμβλύνει το κόστος μετατροπών στα πλοία, αλλά και θα λειτουργήσει σαν κίνητρο για την κατασκευή των νέων πλοίων με τεχνολογία καύσης LNG που θα είναι σημαντικά χαμηλότερο το κόστος από τις μετατροπές.

Αυτό βέβαια δε θα γίνει από τη μια μέρα στην άλλη, αλλά όσο πλησιάζει η 1.1.2025, τα προβλήματα θα έχουν αντιμετωπισθεί και θα έχει δημιουργηθεί ικανός στόλος που θα χρησιμοποιεί LNG έστω και με dual fuel system, ώστε να έχουν προχωρήσει σημαντικά οι υποδομές στα λιμάνια. Άλλωστε θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι η αυστηροποίηση των κανονισμών σε σχέση με τα περιβαλλοντικά προβλήματα θα προχωρήσει, μπορεί και με ταχύτερα βήματα και



σε κάθε περίπτωση το LNG θα φαντάζει όλο και περισσότερο σαν η μόνη σίγουρη και αξιόπιστη λύση για την πρόωση των πλοίων όλων των κατηγοριών.

Επίσης αναφέρθηκε αρκετά διεξοδικά και η επίδραση των παγκόσμιων προβλημάτων και των γεωστρατηγικών αλλαγών, όπως και τα τυχαία και συνήθως καταστροφικά γεγονότα, όπως το πυρηνικό ατύχημα στη Fukushima στην αλλαγή του ενεργειακού τοπίου και στην επίδραση στη διαμόρφωση των τιμών. Τη περίοδο που διανύουμε η κρίση στις σχέσεις Ρωσίας-Ουκρανίας με τις χιλιάδες νεκρούς στη μεταξύ τους σύρραξη απειλεί, μεταξύ άλλων, να αφήσει την Ευρώπη χωρίς ΦΑ το φετινό χειμώνα. Τέτοια τεράστιας σημασίας γεγονότα αναδεικνύουν το πολύ μεγάλο πλεονέκτημα της διακίνησης ΦΑ σε LNG.

Η πρόβλεψη οπωσδήποτε έχει μεγάλη αξία, ιδιαίτερα η μακροπρόθεσμη και πρέπει να απασχολεί τις κυβερνήσεις και τις επιχειρήσεις που καταναλώνουν ενέργεια, όμως οι αστάθμητοι παράγοντες παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο και βραχυπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα.

Τέλος όπως φαίνεται στη παραπάνω εργασία, τα περισσότερα διαγράμματα είναι από τη βιβλιογραφία και αφορούν διάφορες χρονικές περιόδους, παρ'όλα αυτά δεν χάνουν την αξία τους επειδή προβάλλουν πολύ καλά τα ποιοτητικά χαρακτηριστικά και ανταποκρίνονται ως προς τα αναγκαία συμπεράσματα και τη σημερινή πραγματικότητα. Στην ουσία για πολλά από αυτά τα διαγράμματα θα μπορούσε η επικαιροποίηση τους να αποτελέσει και αντικείμενο νέας διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον θα ήταν χρήσιμο να εξετασθεί σοβαρά το θέμα της πρόωσης με LNG, των επιβατικών πλοίων, λόγω της ιδιαιτερότητας της χώρας μας αλλά και επειδή μια τέτοια προοπτική, θα βοηθούσε πολύ τη μείωση του κόστους μεταφοράς στα νησιά και θα συντελούσε ιδιαίτερα στη δραστική μείωση των ρύπων στα λιμάνια.

## Ορισμοί

**Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη (ΑΘΔ):** ορίζεται η ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1 Nm<sup>3</sup> φυσικού αερίου όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση. Μια μέση τιμή ΑΘΔ είναι 11,5 kWh/Nm<sup>3</sup>.

**Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη(ΚΘΔ):** ορίζεται η ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1 Nm<sup>3</sup> φυσικού αερίου όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε αέρια κατάσταση δηλαδή σε μορφή υδρατμών (οπότε έχει απορροφήσει ενέργεια) και είναι χαμηλότερη περίπου 10% από τη ΑΘΔ. Μια μέση τιμή ΚΘΔ είναι 10,4 kWh/Nm<sup>3</sup>.

**Wobbe index:** Ο λόγος της Ανώτερης θερμογόνου δύναμης προς την τετραγωνική ρίζα της σχετικής πυκνότητας.

**Σχετική Πυκνότητα:** Σχετική πυκνότητα (d) ενός αερίου, είναι ο λόγος της πυκνότητάς του (ρ<sub>G</sub>) προς εκείνη του ξηρού αέρα (ρ<sub>L</sub>=1,293 Kg/m<sup>3</sup>), στην ίδια πίεση και θερμοκρασία :

**Dewpoint (Σημείο Δρόσου):** Είναι η κατώτερη θερμοκρασία κάτω από την οποία συμπυκνώνεται η πρώτη σταγόνα υδρατμού. .

**BOE (Barrel of oil equivalent):** Είναι περίπου 5.8 MMBTU ή 1,700 (kWh)

**ΤΙΠ ή Toe:** Τόνος ισοδυνάμου πετρελαίου (Tone of Oil equivalent).

1 ΤΙΠ =1 toe = 41,87 gigajoules (41,87x 10<sup>9</sup> J ή 39,683 x 10<sup>6</sup> BTU ή 7.4 barrel of oil equivalent (boe)

**Δείκτης αιθάλης :** είναι ο βαθμός μαυρίσματος που προκαλεί η αιθάλη σε λευκό, χάρτινο φίλτρο

**NBP ή National Balancing Point:** Τιμή ΦΑ που χρησιμοποιείται σαν βάση στο Ηνωμένο Βασίλειο

**MTPA :** Million tones per Annum

**Bcm :** Billion cubic meters

**Bcf :** Billion cubic feet

**WTI :** West Texas Intermediate Το αργό που διαπραγματεύεται στο NYMEX και αποτελεί τη βάση υπολογισμού σε πολλά συμβόλαια αγοράς αργού στις ΗΠΑ.

**NYMEX:** New York Merkantile Exchange. Το Χρηματιστήριο Προϊόντων της Νέας Υόρκης

**Brent :** Το αργό που διαπραγματεύεται στο Χρηματιστήριο του Λονδίνου και αποτελεί τη βάση υπολογισμού της τιμής σε πολλά συμβόλαια αγοράς αργού στην Ευρώπη. Είναι τεχνητός τύπος αργού, έχει χαρακτηριστικά, όπως EPI, περιεκτικότητα S, αλλά δεν υπάρχει στη φύση.

**TTF:** Title Transfer Facility. Είναι συμβάσεις για τη φυσική παράδοση μέσω της μεταβίβασης των δικαιωμάτων επί του φυσικού αερίου στη Μονάδα του τίτλου μεταφοράς (TTF) Virtual Point Trading, που λειτουργεί από τη Gasunie Transport

Services (GTS), το διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς στην Ολλανδία. Η παράδοση γίνεται εξίσου κάθε ώρα καθ 'όλη την περίοδο παράδοσης από τις 06:00 την πρώτη ημέρα του μήνα, μέχρι τις 06:00 την πρώτη ημέρα του επόμενου μήνα.

**BBL Pipeline:** Balgzand Bacton Line. Είναι ο 1ος αγωγός ΦΑ μεταξύ Ολλανδίας και Ηνωμένου Βασιλείου

### **Μετατροπές μονάδων**

**1 kJ/Kg = 0, 42992 BTU/lb**

**1 cM = 35,31 cf**

**1kg = 2,20462 lb**

**1 MJ = 947,82 BTU**

**1 MMBTU= 10<sup>6</sup> BTU**

## Βιβλιογραφία

1. BP- Statistical Review of World Energy- June 2013
2. In DEEP ANALYSIS. Η “επανάσταση” του Shale gas. Τευχός 4. 2013  
Ιωάννη Γατσίδα, της Θεοδώρας Νικολετοπούλου και του Κωνσταντίνου Στρατή
3. EIA. Annual Energy Outlook 2012 και 2013
4. Costs and Benefits of LNG as Ship Fuel for Container Vessels MAN Diesel & Turbo – a member of the MAN Group Mr Mads Lyder Andersen (MAN), Mr Niels B. Clausen (MAN) and Dr Pierre C. Sames (GL),2013
5. 17th INTERNATIONAL CONFERENCE & EXHIBITION ON LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG 17) LNG as bunker fuel: Challenges to be overcome - Pablo SEMOLINOS, TOTAL Gas & Power April 17, 2013
6. The LNG Shipping Market. The LNG in 2012: Towards new horizons
7. LNG as marine fuel. Frederick Adamchak. Poten & Partners
8. Η Ελληνική κυριαρχία στα πλοία LNG. newmoney.gr . Μηνιά Τσαμόπουλου. 2014
9. “Marine Fuel Regulations 2010-2025”. Poten & Partners-2013
10. SOx ECA requirements 2015. Challenges and solutions -Trond Hodne - Business Director Maritime-DNV-2013
11. CNSS - Clean North Sea Shipping project. GreenPort Congress on 14/15 September 2011 in Hamburg.
12. Η ποντοπόρος ναυτιλία και τα LNG φέρνουν πιο κοντά Ελλάδα και ΗΠΑ. Καθημερινή. Απρίλιος 2014
13. The Business Case for LNG Bunker - Ship & Bunker –News and Intelligence for the Marine Fuels Industry November 2013
14. Trucks Run on Natural Gas in Pickens Clean Energy Drive: Freight By Alex Kowalski February 2012.
15. Business Case: Marine Gasoil or Scrubbers when operating in ECA? Market Analysis report .Bimco. April 2013
16. How Cheniere Energy got first in line to export America’s Natural Gas, Christopher Helman - Forbes - May 2013.
17. Nuclear Energy Institute (NEI): Germany and Japan rethink nuclear policies - 2012
18. What is shale gas and why is it important? US Energy Information Association EIA December 2012
19. Breaking ice: Gazprom’s LNG tanker opens first Arctic sea route- RT News - December 2012
20. Panama Canal Expansion a Boon to U.S. LNG Exports. Wall<sup>st</sup> Daily. March 2014
21. Risk management for LNG fuelled vessels. Bunkering and Infrastructure for LNG fuelled vessels - London - February 2012
22. 2013: The Year Before the Year of LNG? John Graykowski. Bunkerworld. December 2013
23. Shale Gas: More Complications for Price Forecast Developers. Part II: LNG. Olga Gorstenko-Vera Tikhomolova. July 2012

24. The real Threat to Natural Gas Prices. Mathew da Silva. June 2012. The Global Mail.
25. Global LNG Will new demand and new supply mean new pricing? EY Global Oil & Gas Center
26. The Business Case for LNG Bunkers. Ed de Jong .Ship & Bunker November 2013
27. North America Takes Further Steps to Export its Natural Gas – Gregor.us April 2012
28. LNG as ship fuel. DNV.GL-December 2012
29. Natural gas for marine vessels. US market opportunities. The American Clean Skies Foundation (ACSF). April 2012
30. Lloyd's Register LNG Bunkering Infrastructure Study Jesper Aagesen, Lloyd's Register, Denmark. February 2012
31. EY adapted from Deutsche Bank Markets Research. The Australian LNG Handbook, September 2011
32. Review and Outlook. Natural Resources Canada-Canadian Natural Gas-Review of 2005 & Outlook to 2020
33. Natural Gas Spot Prices Now Below \$2: Adjusted for Inflation, That's the Lowest Since the Mid-1970s . Mark J. Perry April. 2012
34. Natural gas Overview: World LNG prices Federal Energy Regulatory Commission. Market Oversight. March 2013
35. LNG Energy of the Future. Lars Petter Blikom. DNV GL. March 2014
36. Evolving Market Dynamics of Global LNG. Oil & Gas Financial Journal Dale Nijoka, Houston, Ernst & Young LLP and Foster Mellen, Wilmington, NC, Ernst & Young LLP May 2013
37. Western Europe is consuming less Natural gas, more coal. District energy. Michael Kopalek and Tejasvi Raghuvveer October 2013
38. Asian premium on gas strikes LNG importing countries. Hiroshi Hashimoto, Institute of Energy Economics, Japan. April 2012
39. The European Gas Pricing Model. A Choice to be Made. A View from Gazprom Exort. European Cross-Border Trading Forum. Sergei Komlev. Amsterdam. November 2011
40. Crude Oil and Natural Gas Move to Different Hemispheres. Avalon Energy Services. April 2012
41. The Relationship between Crude Oil and Natural Gas Prices. Jose A. Villar (Energy Information Administration) and Frederick L. Joutz (George Washington University) April 2006
42. Center for Energy Economics - Institute of Gas Technology. 2002
43. Avt. Τσιμπλάκης: Πώς ο Πειραιάς θα καταστεί κόμβος LNG καυσίμων. Ναυτεμπορική, 19/9/2014
44. World Bank Commodity Forecast Price data, October 2014
45. LNG fuel tank-benefits and challenges. Dr Gerd - Michael Wursig DNV
46. WPCI world ports climate initiative, [www.lngbunkering.org](http://www.lngbunkering.org)

