



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΕΡΓΑΤΗΡΙΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

**ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΙΜΕΝΩΝ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ
ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Αντωνίου Π. Δελλή

Εξεταστική επιτροπή

Επιβλέπων: Δημήτριος Β. Λυρίδης, Επίκουρος Καθηγητής

Μέλη: Νικόλαος Π. Βεντικός, Επίκουρος Καθηγητής

Λάμπρος Καϊκτσής, Επίκουρος Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2013

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο “Μελέτη Σκοπιμότητας και Οικονομικού Περιβάλλοντος Λειτουργίας Λιμένων Ανεφοδιασμού Πλοίων Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου ως Καύσιμο”, εκπονείται στα πλαίσια του Προπτυχιακού Προγράμματος σπουδών της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η εργασία αυτή αποτέλεσε μία δημιουργική διαδικασία μέσα από την οποία αποκόμισα σημαντικά εφόδια τόσο σε επιστημονικό όσο και σε προσωπικό επίπεδο.

Για την τόσο σημαντική αυτή εμπειρία θα ήθελα να εκφράσω τη βαθύτατη ευγνωμοσύνη μου στον Επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας Επίκουρο Καθηγητή κ. Δημήτρη Λυρίδη. Η άριστη συνεργασία που είχαμε, η συνεχής καθοδήγηση και πάνω από όλα η εμπιστοσύνη απέναντι στο πρόσωπο μου κατά τη διάρκεια της μελέτης υπήρξαν καταλυτικοί παράγοντες που με βοήθησαν να ανταπεξέλθω στις αυξημένες απαιτήσεις.

Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Κωνσταντίνο Περιδικάκη, τμηματάρχη προσόρμισης δικαιωμάτων επί πλοίων του ΟΛΠ Α.Ε. ο οποίος αφιέρωσε σημαντικό μέρος από το πολύτιμο χρόνο τους για να μας τροφοδότησαν με στοιχεία και πληροφορίες απαραίτητες για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Μεταδιδακτορικού Συνεργάτη του Εργαστηρίου Θαλασσίων Μεταφορών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κ. Παναγιώτη Ζαχαριουδάκη. Η ηθική και έμπρακτη υποστήριξη του καθ’ όλη τη διάρκεια της μελέτης υπήρξε πολύτιμη και διασφάλισε την αρτιότητα αυτής. Ακόμη, ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής Επίκουρο Καθηγητή κ. Νικόλαο Βεντίκο και Επίκουρο Καθηγητή κ. Λάμπρο Καϊκτσή.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για τη συμπαράστασή τους καθ’ όλη τη διάρκεια της δύσκολης προσπάθειάς μου εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Αθήνα, Ιούνιος 2013

Αντώνιος Π. Δελλής

Περίληψη

Οι επερχόμενοι κανονισμοί για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της ναυτιλιακής βιομηχανίας έχουν οδηγήσει τους πλοιοκτήτες να στραφούν σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας και/ή νέες τεχνολογίες. Η χρήση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο αποτελεί μια αρκετά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για τη συμμόρφωση των περιβαλλοντικών κανονισμών καθώς αποτελεί μια καθαρή πηγή ενέργειας σε σχετικά χαμηλή τιμή με υψηλά επίπεδα ασφάλειας. Ωστόσο για να υπάρξει ευρεία υιοθέτηση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα σύνολο υποδομών και μια αποτελεσματική αλυσίδα εφοδιασμού. Οι δύο αυτές βασικές παράμετροι βρίσκονται σήμερα σε πρώιμο στάδιο στις περισσότερες περιοχές της Ευρώπης.

Ο Πειραιάς είναι ένα κομβικό λιμάνι της ναυτιλιακής βιομηχανίας καθώς αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους σταθμούς διαμετακόμισης εμπορευμάτων προς τα γειτονικά λιμάνια της Μεσογείου και των αναπτυσσόμενων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Λόγω του νησιωτικού χαρακτήρα της Ελλάδας από το λιμάνι του Πειραιά πραγματοποιείτε ένας μεγάλος αριθμός κατάπλων που στόχο έχουν την εξυπηρέτηση της επιβατικής αλλά και της εμπορικής κίνησης. Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι τις τελευταίες δεκαετίες η βιομηχανία της κρουαζιέρας έχει σημειώσει σημαντική αύξηση.

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει δυνατότητα για πραγματοποίηση ανεφοδιασμού πλοίων με καύσιμο LNG στο λιμάνι του Πειραιά. Ωστόσο, η δημιουργία σταθμού ανεφοδιασμού LNG θεωρείται ότι θα αποτελέσει σημαντικό σημείο συζήτησης στους ναυτιλιακούς κύκλους στο εγγύς μέλλον. Στη μελέτη που πραγματοποιήσαμε γίνεται μια προσπάθεια προσέγγισης του συγκεκριμένου ζητήματος, ακολουθώντας συγκεκριμένη μεθοδολογία με στόχο την εκτίμηση της ετήσιας ζήτησης LNG βασισμένη στο προφίλ της ναυτιλιακής βιομηχανίας που δραστηριοποιείται στο συγκεκριμένο λιμάνι.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης η ετήσια ζήτηση LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο για τα έτη αναφοράς 2020 και 2030 θα αγγίξει 297.000 m³ και 421.000 m³ αντίστοιχα, ενώ οι διαδικασίες ανεφοδιασμού που θα πραγματοποιούνται αριθμούν περίπου 2.140 και 3.220, σε ετήσια βάση. Την μεγαλύτερη ετήσια ζήτηση σε παροχή ναυτιλιακού καυσίμου LNG θα παρουσιάσουν τα πλοία της ακτοπλοΐας με 186.200 m³ το 2020 και 310.000 m³ το 2030, ακολουθούν τα κρουαζιερόπλοια και τα φορτηγά πλοία με παροχή LNG 85.000 m³ και 25.000 m³ αντίστοιχα.

Η ενοικίαση αποθηκευτικού χώρου στον τερματικό σταθμό εισαγωγής LNG στη Ρεβυθούσας αποτελεί μια εφικτή λύση για τη συγκεκριμένη ζήτηση. Έτσι προχωρήσαμε σε μια επενδυτική πρόταση για τη δημιουργία του τερματικού σταθμού, σύμφωνα με την οποία η κάλυψη των αναγκών για ανεφοδιασμό θα γίνεται από ένα “bunker vessel” 3.000 m³ και δύο βυτιοφόρα 50 m³ το καθένα.

Λόγω της αυξημένης ζήτησης που παρουσιάζεται το 2030 η απόκτηση ακόμα δύο βυτιοφόρων κρίνεται αναγκαία την ίδια χρονιά.

Έχοντας ολοκληρώσει την επενδυτική μας πρόταση προχωρήσαμε στην οικονομική της αξιολόγηση σε βάθος χρόνου. Σημαντικά είναι τα συμπεράσματα σχετικά με τη σχέση που αναπτύσσεται ανάμεσα στο προστιθέμενο κόστος ανά τόνο LNG και την επιθυμητή περίοδο απόσβεσης της επένδυσης. Για μια περίοδο αποπληρωμής 10 ετών απαιτείτε η τιμή τελικής πώλησης ανά τόνο LNG να εμπεριέχει αύξηση 159,81 € και ο Δείκτης Εσωτερικής Απόδοσης να αγγίζει το 17%. Ωστόσο, θεωρείται αναγκαίο το προστιθέμενο κόστος στην τιμή εισαγωγής από το σταθμό ανεφοδιασμού να κυμανθεί σε χαμηλά σχετικά επίπεδα. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να υπάρξουν επιχορηγήσεις από χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, την Ε.Ε. καθώς ακόμα τα κράτη μέλη της Ε.Ε. να δημιουργήσουν κίνητρα για επενδύσεις από επιχειρήσεις με σκοπό την ανάπτυξη των χερσαίων υποδομών ανεφοδιασμού LNG.

Abstract

The upcoming regulations on the reduction of carbon footprint in the shipping industry lead ship owners to search for alternative energy sources and new technologies. A very promising solution in order to adapt to the new regulation is the use of LNG, as it is a very clean energy source at low price and high safety standards. However, in order for LNG to be widely used as a marine fuel, proper infrastructure and an efficient supply chain has to be developed. At this moment those two parameters are at an early stage in the most of the Europe.

Piraeus is a major transition station for merchandise purposes. Because of its geographical key position, it can act as a link with nearby ports in the Mediterranean and the European Union. Also due to the great number of the Greek islands, Piraeus' port is the center of the commercial and passenger marine industry in Greece. Finally, we have to mention the great increase, the cruise industry has presented in the last decades.

Currently the LNG fuel bunkering is not possible in port Piraeus. However, the construction of an LNG refueling station would be a very interesting topic in the near future. Keeping in mind the above, in this study we try to estimate the annual demand of LNG using a specific methodology based on the current profile of the marine industry.

According to the results of our study the annual demand of LNG as a marine fuel for the years 2020 and 2030 is calculated to be 297.000 m³ and 421.000 m³, respectively. For the same years the number of the refueling processes are estimated to be around 2.140 and 3.200, in an annual base. The passenger vessels travelling from Piraeus to islands will present the greatest demand, consuming 186.200 m³ for the 2020 and 310.00 m³ for 2030, followed by the cruise vessels and containers and Vehicle ships consuming 85.000 m³ and 25.000 m³, respectively.

Based on the numbers above, a realistic solution would be the renting of storage space in the LNG import terminal station on Revithousa Island. For this reason we prepared an investment proposal for the construction of this terminal station. According to this proposal the need for refueling will be covered by a bunker vessel of 3.000 m³ and two tanker trucks of 50 m³, each. Due to the increase of demand in the year 2030 two more tanker trucks will be needed.

Having completed the investment proposal we move to its financial evaluation. The conclusions about the relation between the added cost per ton LNG and the desired pay-back period are very important. For a 10-year pay-back period (PBP) a 159,81 € increment in the final delivery price is needed and the internal rate of return (IRR) will have to be around 17%. Although, the spread in the

import price from the refueling station is necessary to be in relatively low levels. For this reason there should be grants from financial institutions and the EU, and also the EU Member States should create incentives for investment by companies to develop onshore infrastructure for LNG supply.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	1
Περίληψη.....	3
Abstract	5
Περιεχόμενα	7
Λίστα Εικόνων	11
Λίστα Πινάκων.....	13
Εισαγωγή.....	15
Αντικειμενικός Σκοπός.....	15
Περίγραμμα Εργασίας.....	15
1. Στρατηγικές Συμμόρφωσης Πλοιοκτητών με τους Κανονισμούς.....	17
1.1. Χρήση HFO με Σύστημα Αποθείωσης Καυσαερίων (Scrubber)	17
1.2. Καύσιμο Τύπου MGO.....	19
1.3. Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG).....	20
1.3.1. Επιλογές κινητήρων φυσικού αερίου	21
1.4. Επενδυτικό και Λειτουργικό Κόστος για Εναλλακτικές Λύσεις Καυσίμων.....	22
1.4.1. Κόστη Επένδυσης για Διαφορετικές Στρατηγικές Συμμόρφωσης	23
1.4.2. Λειτουργικές Δαπάνες για Διαφορετικές Στρατηγικές Συμμόρφωσης	24
1.5. Δαπάνες για την Προμήθεια LNG και Ανταγωνιστικών Καυσίμων.....	26
1.5.1. Ιστορικές Τιμές και οι Σχέσεις των Τιμών του HFO, LNG και MGO.....	27
2. Εφοδιαστική Αλυσίδα LNG.....	31
2.1. “Ανάντη” Τομέας Εφοδιαστικής Αλυσίδας LNG, (Up-Stream LNG Supply Chain).....	33
2.1.1. Εγκαταστάσεις Παραγωγής Φυσικού Αερίου στη Ευρώπη	33
2.1.2. Τερματικοί Σταθμοί Εισαγωγής LNG.....	36
2.1.3. Τοποθεσίες υφιστάμενων εγκαταστάσεων τερματικών σταθμών LNG.....	37
2.2. “Κατάντη” Τομέας Εφοδιαστικής Αλυσίδας LNG, (Down-Stream LNG Supply Chain)	38

2.2.1. Ενδιάμεσοι τερματικοί σταθμοί LNG (Intermediary LNG Terminals)	41
2.2.2. Μικρού και Μεσαίου Μεγέθους Πλοία Μεταφοράς LNG για ανεφοδιασμό	41
2.2.3. Ειδικά Βυτιοφόρα για Περιφερειακή Διανομή του LNG	44
2.2.4. Μεταφορά LNG Μέσω Αγωγών.....	45
2.2.5. Μετατροπή Αερίου σε Υγρό	45
2.3. Λύσεις για τον Ανεφοδιασμό Καυσίμου LNG	46
2.3.1. Ανεφοδιασμός από πλοίο σε πλοίο, Ship-to-ship (STS) Bunkering	48
2.3.2. Ανεφοδιασμός από βυτιοφόρο σε πλοίο, (Truck-to-Ship bunkering, TTS).....	50
2.3.3. Ανεφοδιασμός από τον Σταθμό Ανεφοδιασμού LNG σε πλοίο μέσω αγωγών,	51
(LNG Terminal-to-Ship via pipeline, TPS)	51
2.3.4. Κινητές Δεξαμενές Αποθήκευσης LNG	52
2.3.5. Κατάλληλη μέθοδοι ανεφοδιασμού για διάφορες κατηγορίες πλοίων	53
2.3.6. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Διαφορετικών Μεθόδων Ανεφοδιασμού	54
2.4. Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ).....	55
2.4.1. Σταθμός Εισαγωγής LNG Ρεβυθούσα	56
3. Εκτίμηση Ζήτησης Καυσίμου LNG στο Λιμάνι του Πειραιά	61
3.1. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας στο Λιμάνι του Πειραιά	61
3.2. Μεθοδολογία Εκτίμηση Ζήτησης Καυσίμου LNG.....	70
3.3. Container ship	73
3.3.1. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας “Container Ship” στον Πειραιά.....	75
3.3.2. Container Ship 0-1999 TEU	78
3.4. Vehicle Ro-Ro Carriers.....	80
3.4.1. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας Vehicle Ro-Ro Carriers στον Πειραιά.....	81
3.4.2. Vehicle Ro-Ro Carriers ≤ 3.999 ceu	83
3.5. Passenger Vessel	84
3.5.1. Cruise Ships	84

3.5.2. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας της Κρουαζιέρας στον Πειραιά.....	85
3.5.3. Κρουαζιερόπλοια ≤ 999 berths.....	87
3.5.4. Κρουαζιερόπλοια ≥ 1000 berths.....	88
3.5.5. Ferries.....	90
3.5.6. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας των ferries στον Πειραιά.....	90
3.5.7. Κυκλάδες.....	92
3.5.8. Κρήτη.....	94
3.5.9. Βόρειο Αιγαίο.....	95
3.5.10. Δωδεκάνησα.....	97
3.6. Εκτιμώμενος Όγκος LNG για Ανεφοδιασμό στον Πειραιά.....	98
3.7. Επιλογή Μέσων για Ανεφοδιασμών LNG στον Λιμένα.....	102
4. Κόστος του Τερματικό Σταθμό Ανεφοδιασμού LNG.....	105
4.1. Γενικές Υποθέσεις.....	105
4.2. Μεθοδολογία.....	105
4.3. Αποτελέσματα και Συμπεράσματα.....	107
5. Συμπεράσματα.....	111
5.1. Γενικά Συμπεράσματα.....	111
5.2. Στοιχεία για Αξιόπιστα Αποτελέσματα.....	113
Αναφορές.....	115
Βιβλιογραφία.....	115
Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις.....	117
Παράρτημα Α.....	119

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1. Μια τυπική σχεδίαση “dry SO _x scrubber system”. Παρατηρούμε τις φυσικές διαστάσεις του σε σχέση με την κύρια μηχανή.	18
Εικόνα 2. Σύγκριση εκπομπών NO _x , SO ₂ , CO ₂ , PM των εναλλακτικών ναυτιλιακών καυσίμων.....	20
Εικόνα 3. M/T Bit Viking.....	25
Εικόνα 4. Τιμές καυσίμων Gasoline, Gas oil και Heavy fuel oil όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Ρότερνταμ.....	27
Εικόνα 5. Τιμές καυσίμων Gasoline, Gas oil και Heavy fuel oil όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Ρότερνταμ.....	28
Εικόνα 6. Τιμή πώλησης του LNG στην Ιαπωνία, Κορέα, Ηνωμένες Πολιτείες και στην Ε.Ε.....	29
Εικόνα 7. Εφοδιαστική αλυσίδα LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο	32
Εικόνα 8. Διαγραμματική απεικόνιση παραγωγής και κατανάλωση του φυσικού αερίου από το 1986 μέχρι το 2011.....	34
Εικόνα 9. Οι κυριότερες εμπορικές διαδρομές του φυσικού αερίου που πραγματοποιούνται είτε μέσω αγωγών, είτε μέσω πλοίων μεταφοράς LNG.....	36
Εικόνα 10. Σύγκριση υφιστάμενων και προγραμματισμένων τερματικών σταθμών LNG στη Νορβηγία και Ελλάδα.....	37
Εικόνα 11. Υφιστάμενοι, προγραμματισμένοι και υπό μελέτη τερματικοί σταθμοί LNG.....	38
Εικόνα 12. Πιθανά δρομολόγια του LNG με σκοπό τον ανεφοδιασμό των τελικών χρηστών.....	39
Εικόνα 13. “Bunker vessel” μεταφορική ικανότητα 2.800m ³ LNG.....	42
Εικόνα 14. Το “Segas” πραγματοποιεί καθημερινά ανεφοδιασμό LNG για λογαριασμό του passenger ferry “MS Viking Grace”	43
Εικόνα 15. Ανεφοδιασμός LNG από ειδικό βυτιοφόρα σε αποβάθρα.....	44
Εικόνα 16. Οι τρεις βασικοί τρόποι ναφοδιασμού πλοίων με ναυτιλιακό καύσιμο LNG.....	47
Εικόνα 17. Τυπικό χρονοδιάγραμμα ανεφοδιασμού LNG.....	49
Εικόνα 18. Τυπική διασύνδεση για την ασφαλή μεταφορά ναυτιλιακού καυσίμου LNG.....	50

Εικόνα 19. Εγκαταστάσεις παροχής LNG στο λιμάνι Halhjem της Νορβηγίας.....	52
Εικόνα 20. (α) Η άποψη της νήσου Ρεβυθούσας. (β) Η διαρρύθμιση της εγκατάστασης.....	57
Εικόνα 21. Feeder container ship (1500 TEU) στο σταθμό διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων στο Πειραιά.....	73
Εικόνα 22. Η συχνότητα των πλοίων που επισκέφτηκαν τον Πειραιά ανάλογα με την ηλικία.....	75
Εικόνα 23. Η συχνότητα των πλοίων που επισκέφτηκαν τον Πειραιά ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα.....	76
Εικόνα 24. Ποσοστό αφίξεων κάθε κατηγορίας για το έτος 2012.....	77
Εικόνα 25. Η συχνότητα των πλοίων μεταφορικής ικανότητας μέχρι 2000 TEU ανάλογα με την ηλικία τους.....	78
Εικόνα 26. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία.	79
Εικόνα 27. Η συχνότητα των πλοίων ανάλογα με την ηλικία.	81
Εικόνα 28. Η συχνότητα των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα.....	82
Εικόνα 29. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία	83
Εικόνα 30. Η συχνότητα των πλοίων ανάλογα με την ηλικία.....	85
Εικόνα 31. Η συχνότητα των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα.....	86
Εικόνα 32. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία	87
Εικόνα 33. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία	89
Εικόνα 34. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση τον προορισμό.....	91
Εικόνα 35. Εκτιμώμενες ποσότητες Ανεφοδιασμού LNG ανά κατηγορία πλοίων για το 2020.	101
Εικόνα 36. Τιμή του LNG ανά τόνο ως συνάρτηση με συγκεκριμένα έτη απόσβεσης.....	108
Εικόνα 37. Τιμή του LNG ανά τόνο ως συνάρτηση με συγκεκριμένα έτη απόσβεσης.....	110

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1. Τα επενδυτικά κόστη για τις εναλλακτικές στρατηγικές συμμόρφωσης για μετασκευή ή νέα κατασκευή πλοίου.....	23
Πίνακας 2. Κόστη επένδυσης για μετασκευή ή κατασκευή νέου πλοίου (σε χιλιάδες €).....	24
Πίνακας 3. Φυσικά και ενεργειακά χαρακτηριστικά των ναυτιλιακών καυσίμων.....	26
Πίνακας 4. Όγκοι του φυσικού αερίου που κατανάλωσαν, παρήγαγαν και εισήγαγαν οι χώρες της Ε.Ε. το έτος 2011	35
Πίνακας 5. Προσδιορισμός χαρακτηριστικών των τριών κλιμάκων μεγέθους.....	40
Πίνακας 6. Βαθμονόμηση των τρόπων ανεφοδιασμού με βάση την καταλληλότητα για κάθε τύπο πλοίου.....	53
Πίνακας 7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τριών τρόπων ανεφοδιασμού	54
Πίνακας 8. Μέγιστες ποσότητες προμήθειας ανά έτος και η περίοδο διάρκειας συμβολαίου από κάθε εταιρεία.....	56
Πίνακας 9. Απόστάσεις σημαντικών Μεσογειακών λιμένων από το λιμάνι του Πειραιά	62
Πίνακας 10. Διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων στο ΣΕΜΠΟ για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012.....	64
Πίνακας 11. Διακίνηση οχημάτων στο Car Terminal για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012.....	65
Πίνακας 12. Διακίνηση συμβατικού γενικού φορτίου για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012.....	66
Πίνακας 13. Διακίνηση επιβατών εσωτερικού-εξωτερικού για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012.....	67
Πίνακας 14. Αριθμός δεξαμενισθέντων πλοίων για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012.....	68
Πίνακας 15. Αφίξεις πλοίων εσωτερικού-εξωτερικού για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012.....	69
Πίνακας 16. Χαρακτηριστικά πλοίων που πραγματοποίησαν κατάπλους προς νησιά των Κυκλάδων.	93

Πίνακας 17. Χαρακτηριστικά πλοίων που πραγματοποίησαν κατάπλους προς λιμάνια της Κρήτης.	94
Πίνακας 18. Χαρακτηριστικά πλοίων που πραγματοποίησαν κατάπλους προς νησιά του Βορείου Αιγαίου.....	95
Πίνακας 19. Χαρακτηριστικά πλοίων που πραγματοποίησαν κατάπλους προς νησιά των Δωδεκανήσων.	97
Πίνακας 20. Εκτίμηση της ζήτησης LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο στο λιμάνι του Πειραιά το 2020	100
Πίνακας 21. Κύρια χαρακτηριστικά του τερματικού σταθμού ανεφοδιασμού LNG	106
Πίνακας 22. Χαρακτηριστικά κόστη του σταθμού ανεφοδιασμού LNG στον Πειραιά	107
Πίνακας 23. Αποτελέσματα για την εναλλακτική λύση του τερματικού σταθμού με σταθερή απόδοση σύμφωνα με τον χρόνο απόσβεσης της επένδυση.	108
Πίνακας 24. Αποτελέσματα για την εναλλακτική λύση του τερματικού σταθμού με σταθερή απόδοση σύμφωνα με τον χρόνο απόσβεσης της επένδυση.	109
Πίνακας 25. Επενδυτικά, λειτουργικά κόστη καθώς και διάρκεια οικονομικής ζωής στοιχείων τερματικού σταθμού	120
Πίνακας 26. Προτεινόμενα στοιχεία σταθμού ανεφοδιασμού στον Πειραιά	122

Εισαγωγή

Αντικειμενικός Σκοπός

Η χρήση του φυσικού αερίου ως ναυτιλιακό καύσιμο δεν αποτελεί λύση επιστημονικής φαντασίας καθώς σήμερα ο αριθμός πλοίων που επιλέγουν αυτό τον τύπο καυσίμου συνεχώς αυξάνεται. Για να μπορέσει όμως να υιοθετηθεί ευρέως η χρήση του θα πρέπει να υπάρξει ανάπτυξη του παγκόσμιου δικτύου υποδομών παροχής καθώς και μια αποτελεσματική εφοδιαστική αλυσίδα. Οι δύο αυτές βασικές παράμετροι βρίσκονται σήμερα σε πρώιμο στάδιο στις περισσότερες περιοχές της Ευρώπης καθώς οι εταιρείες παροχής φυσικού αερίου και οι προμηθευτές καυσίμων είναι απρόθυμοι να επενδύσουν στη δημιουργία της αναγκαίας υποδομής έως ότου υπάρξει επαρκής εμπορική ζήτηση από τη βιομηχανία της ναυτιλίας. Από την άλλη πλευρά οι πλοιοκτήτες είναι απρόθυμοι να επενδύσουν σε νέες κατασκευές ή μετασκευές πλοίων που θα χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο εάν η προμήθειά του καθίσταται δύσκολη.

Αντικειμενικός σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο προσδιορισμός της σκοπιμότητας και εφικτότητας δημιουργίας τερματικού σταθμού ανεφοδιασμού LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο στο λιμάνι του Πειραιά. Αρχικά, πραγματοποιείται μια περιγραφή του προφίλ της ναυτιλιακής βιομηχανίας που εξυπηρετεί το συγκεκριμένο λιμάνι, ενώ στη συνέχεια με βάση συγκεκριμένη μεθοδολογία εκτιμάτε η ετήσια ζήτηση LNG. Το σημαντικότερο μέρος της μελέτης αποτελείται από μια επενδυτική πρόταση για τη δημιουργία των απαιτούμενων υποδομών και την απόκτηση του κατάλληλου εξοπλισμού που καθιστά δυνατή τη παροχή LNG από το κάθε λιμάνι. Ολοκληρώνοντας, με σκοπό την όσο το δυνατόν πληρέστερη μελέτη, πραγματοποιήθηκε οικονομική αξιολόγηση της επενδυτικής πρότασης.

Περίγραμμα Εργασίας

Η σύγχρονη ανάγκη για μείωση των ρύπων αλλά και της προστασίας του περιβάλλοντος οδηγεί στην αναζήτηση φιλικότερων καυσίμων. Η χρήση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη και για αυτό τον λόγο εμφανίζεται η ανάγκη για να μελετηθούν οι απαραίτητες προϋποθέσεις και αλλαγές που χρειάζονται για την χρήση του. Για μία ολοκληρωμένη προσέγγιση του ζητήματος, θεωρείται αναγκαίο να αναφέρουμε αρχικά ορισμένες γενικές πληροφορίες πριν προχωρήσουμε στο υπολογιστικό μέρος της μελέτης.

Στο πρώτο κεφάλαιο καταγράφονται οι στρατηγικές που μπορούν να ακολουθήσουν οι πλοιοκτήτες με στόχο τη συμμόρφωση των πλοίων με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Αναφέρονται, επίσης, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε όρους περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και μία

προσέγγιση για τα επενδυτικά και λειτουργικά κόστη κάθε εναλλακτικής λύσης. Ακόμα πραγματοποιείτε μια περιγραφή των ιστορικών τιμών των ναυτιλιακών καυσίμων HFO, MGO και του LNG.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η προτεινόμενη εφοδιαστική αλυσίδα LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο και γίνεται μία περιγραφή για κάθε στοιχείο της ξεχωριστά. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στους τρόπους ανεφοδιασμού πλοίων με LNG ως καύσιμο, καθώς και των χαρακτηριστικών του ΕΣΦΑ.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η εκτίμηση της ζήτησης LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο στο λιμάνι του Πειραιά με τη μεθοδολογία, τις παραδοχές που χρησιμοποιήσαμε και τον κατάλληλο εξοπλισμό να αναφέρονται εκτενέστερα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείτε υπολογισμός για τα επενδυτικά και λειτουργικά κόστη της πρότασης δημιουργίας τερματικού σταθμού ανεφοδιασμού LNG στο λιμάνι του Πειραιά. Ακολουθεί οικονομική αξιολόγηση της πρότασης και τα βασικά συμπεράσματα που αφορούν τη σχέση της επιθυμητής περιόδου απόσβεσης με το προστιθέμενο κόστος ανά τόνο LNG στην τιμή εισαγωγής στο σταθμό εισαγωγής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της μελέτης και κάποια βασικά αντικείμενα για μία διαφορετική επενδυτική προσέγγιση.

1. Στρατηγικές Συμμόρφωσης Πλοιοκτητών με τους Κανονισμούς

Υπάρχουν δύο ρεαλιστικές εναλλακτικές λύσεις, εκτός από τη χρήση του LNG, για να καλυφθούν οι απαιτήσεις των νέων κανονισμών στο βραχυπρόθεσμο και μεσοπρόθεσμο μέλλον. Η πρώτη είναι τα πλοία να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν βαρύ καύσιμο (Heavy Fuel Oil, HFO) αλλά με την προσθήκη συστήματος αποθείωσης καυσαερίων (Scrubber) για τη μείωση των εκπομπών θείου ενώ η δεύτερη είναι η χρήση καυσίμου με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, τύπου Marine Gas Oil (MGO). Όλες οι εναλλακτικές λύσεις έχουν ως αποτέλεσμα την επιβολή μεγάλων εξόδων για τους πλοιοκτήτες και τις επιχειρήσεις τους.

Ποια στρατηγική, εάν τελικά κάποια από αυτές που αναφέραμε, κυριαρχήσει εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από διάφορες οικονομικές πτυχές, όπως το επενδυτικό και λειτουργικό κόστος καθώς και το πώς θα διαμορφωθούν οι τιμές των καυσίμων στο μέλλον το οποίο είναι και το σημαντικότερο όλων.

1.1. Χρήση HFO με Σύστημα Αποθείωσης Καυσαερίων (Scrubber)

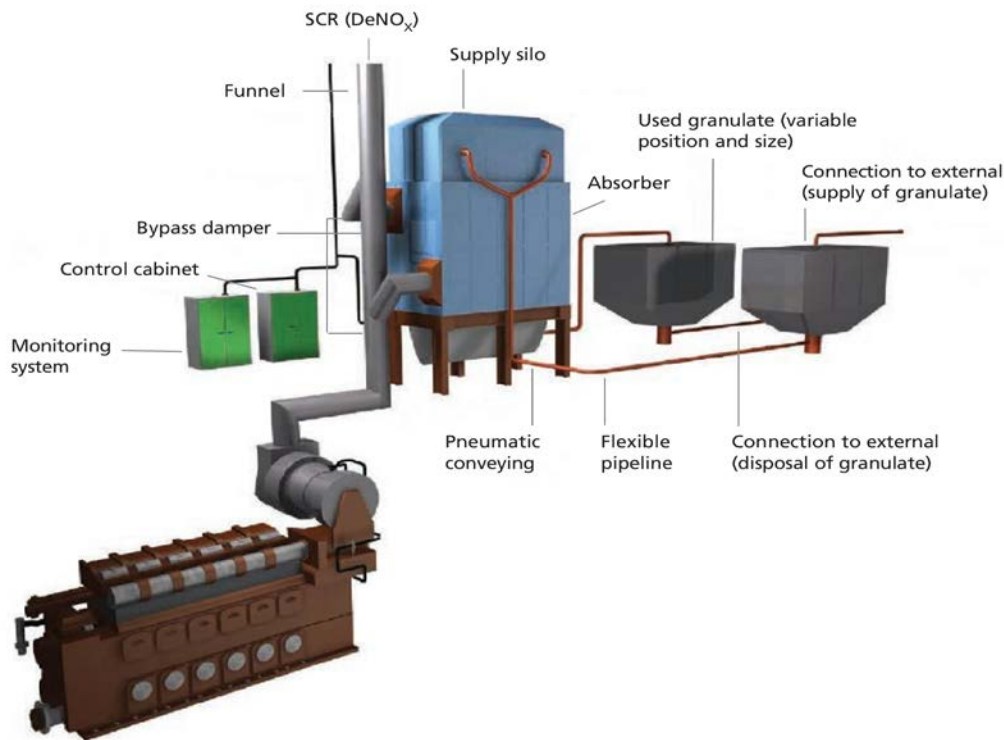
Οι τεχνολογίες μείωσης ή οι λύσεις “end-of-riple”, περιλαμβάνουν κυρίως τη χρήση των “scrubber” για την αφαίρεση των SO_x και PM σε συνδυασμό είτε με σύστημα Επιλεκτικής Καταλυτικής Αναγωγής (Selective Catalytic Reduction, SCR) ή με Σύστημα Ανακυκλοφορίας Καυσαερίων (Exhaust Gas Recirculation, EGR) για την μείωση των εκπομπών NO_x. Ο συνδυασμός αυτός θεωρείται ότι έχει καλές προοπτικές για την εκπλήρωση των απαιτήσεων στις περιοχές SECA το 2015 και τις απαιτήσεις Tier III σε περιοχές ECA’s. Είναι πιθανό ότι Tier III απαιτήσεις NO_x μπορούν να εκπληρωθούν ακόμα και χωρίς την εφαρμογή της τεχνικής SCR.

Το κύριο πλεονέκτημα της τεχνολογίας “scrubber” είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο που είναι ευχερώς διαθέσιμα, HFO, διατηρώντας έτσι το κόστος καυσίμου σε χαμηλά επίπεδα και για τα οποία υπάρχει, σήμερα, αποτελεσματικό δίκτυο και υποδομές παροχής αυτού του τύπου καυσίμου. Η χρήση του HFO δεν απαιτεί από τους ιδιοκτήτες των πλοίων να αναβαθμίσουν ή να αντικαταστήσουν τις μηχανές. Οι δοκιμές που έχουν πραγματοποιηθεί με την προσθήκη “scrubber” δείχνουν ότι οι εκπομπές θείου μειώνονται σχεδόν στο μηδέν και επιτυγχάνεται επίσης σημαντική μείωση των PM.

Εκτός από την απαραίτητη επένδυση κεφαλαίου στον εξοπλισμό “scrubber” επί του σκάφους, τα απόβλητα που παράγονται από τη λειτουργία του θα πρέπει να διαχειρίζονται και να απορρίπτονται στο λιμάνι. Προς το παρόν δεν υπάρχει καμία υποδομή στα λιμάνια για την υποδοχή και τη διάθεση αυτών των αποβλήτων καθώς επίσης δεν υπάρχουν κανονισμοί που να ρυθμίζουν την ευθύνη του λιμένα στη διαχείριση τέτοιων αποβλήτων. Τον Ιούλιο του 2011, ο IMO εξέδωσε ψήφισμα δίνοντάς

τις κατευθυντήριες γραμμές για τις εγκαταστάσεις υποδοχής κάτω από το παράρτημα VI της MARPOL. Ένα σύστημα τελών για την παραλαβή των αποβλήτων πρέπει να σχεδιαστεί ώστε να μην δημιουργούν αντικίνητρα για την μη ασφαλή παράδοση στην ξηρά λόγω αδικαιολόγητη καθυστέρηση ή κόστους.

Άλλα μειονεκτήματα με τη χρήση “scrubber” είναι ότι το ποσοστό των εκπομπών CO₂ στα καυσαέρια δεν μειώνεται και ότι κάθε “scrubber” που χρησιμοποιείται για την εκπλήρωση των απαιτήσεων SECA πρέπει να είναι πιστοποιημένα από τον IMO. Επίσης, η χρήση της τεχνολογίας “scrubber” καταλαμβάνει αρκετό χώρο και σε ορισμένες περιπτώσεις η ικανότητα φορτίου μπορεί να μειωθεί. Για τη στρατηγική συμμόρφωσης με χρήση “scrubber”, η ύπαρξη υψηλής διαθεσιμότητας του εξοπλισμού είναι σημαντική. Στην Εικόνα 1 παρατηρούμε μια τυπική διάταξη εξοπλισμού “scrubber” και κύριας μηχανής.



Εικόνα 1. Μια τυπική σχεδίαση “dry SO_x scrubber system”. Παρατηρούμε τις φυσικές διαστάσεις του σε σχέση με την κύρια μηχανή.

(Πηγή: Lloyd’s Register, 2012, Understanding exhaust gas treatment systems)

1.2. Καύσιμο Τύπου MGO

Τα συμβατικά ναυτιλιακά καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τα εμπορικά πλοία χωρίζονται συνήθως σε δύο κατηγορίες, τα υπολείμματα αποστάξεως και τα προϊόντα κλασματικής απόσταξης. Τα καύσιμα που προέρχονται από υπολείμματα αποστάξεως, που συχνά αναφέρονται ως βαρύ Μαζούτ (HFO), αποτελούν τα βαρύτερα ναυτιλιακά καύσιμα σε σχέση με το ιξώδες και την περιεκτικότητα σε θείο. Τα καύσιμα που αποτελούν προϊόν απόσταξης μπορεί να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, καύσιμο τύπου Marine Gas Oil (MGO) και Marine Diesel Oil (MDO). Όταν το καύσιμο που προέρχεται από υπολείμματα αποστάξεως αναμιχθεί με καύσιμο από κλασματική απόσταξη, το μίγμα ονομάζεται ενδιάμεσο καύσιμο (IFO).

Θεωρητικά είναι δυνατό να πραγματοποιήσουμε αποθείωση σε καύσιμο HFO και να παραχθεί HFO με περιεκτικότητα σε θείο 0,1%, αλλά στην πράξη η πιο βιώσιμη λύση, όταν επιλέξουμε ως εναλλακτική λύση καύσιμο πετρελαίου για τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς SECA, είναι η χρησιμοποίηση καυσίμου MGO. Εάν τα διωλιστήρια έχουν πλεόνασμα από HFO είναι πιθανό να παράγουν, μέσα από διεργασίες όπως πυρόλυσης, κ.α., MGO.

Το MGO με θείο 0,1% ή λιγότερο είναι άμεσα διαθέσιμο και έχει παρόμοιες ιδιότητες ως καύσιμο ντίζελ που χρησιμοποιείται για υψηλής ταχύτητας κινητήρων ντίζελ. Το ιξώδες του MGO είναι χαμηλότερο από ότι του MDO ή HFO και για λειτουργία σε δίχρονους κινητήρες ντίζελ πλοίων το καύσιμο μπορεί να χρειαστεί να ψυχθεί, ώστε να παραμείνει σε συγκεκριμένα επίπεδα ιξώδους σύμφωνα με το σχεδιασμό του κινητήρα, για την πρόληψη της φθοράς των αντλιών καυσίμων και άλλων εξοπλισμών. Το ιξώδες δεν πρέπει να είναι χαμηλότερο από 2cSt^1 στην είσοδο του κινητήρα και συνιστάται να είναι πάνω από 3cSt . Η εναλλαγή από προθερμασμένο HFO (80-150°C) σε ψυχόμενο MGO (max 35°C) κατά την εισαγωγή σε περιοχή SECA πρέπει να πραγματοποιηθεί με δέουσα προσοχή στο πραγματικό ιξώδες καυσίμων ιδίως στους συμβατικούς κινητήρες χωρίς συστήματα έγχυσης κοινού συλλέκτη (Common Rail Systems). Για μακροπρόθεσμη χρήση του MGO μπορεί επίσης να είναι απαραίτητο να αλλάξει το λάδι λίπανσης με λάδι άλλης ποιότητας.

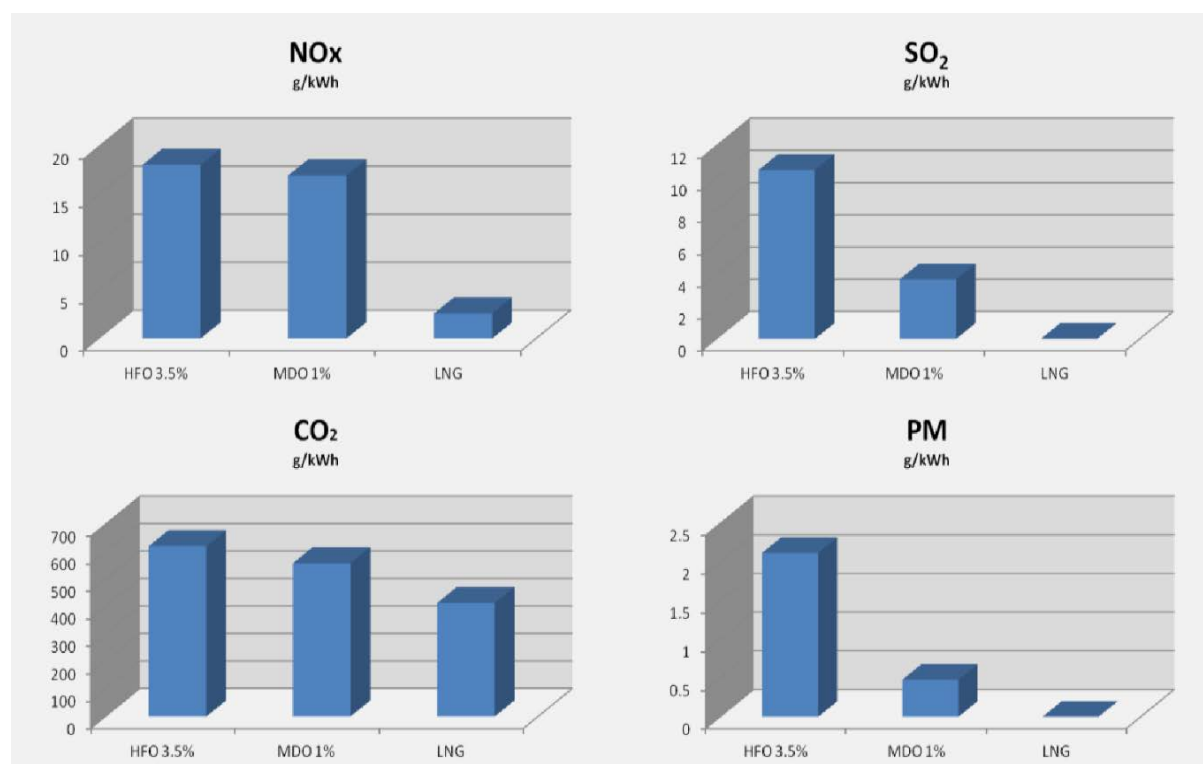
Με το MGO επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών SO_x και PM. Οι εκπομπές των NO_x και των αερίων του θερμοκηπίου παραμένουν στο ίδιο επίπεδο όπως κατά τη χρήση HFO. Προκειμένου να συμμορφωθούν με τις εκπομπές NO_x Tier III, συστήματα SCR και EGR είναι απαραίτητα. Πλεονέκτημα της χρήσης MGO αποτελεί η μη απαίτηση μετασκευής του κινητήρα και η προσθήκη επιπλέον όγκο για τις δεξαμενές αποθήκευσης, πράγμα που καθιστά την επένδυση αρκετά μικρή ή

¹ CentiStokes, είναι μέτρο του ιξώδους. $1\text{cSt} = 1\text{mm}^2/\text{s}$. Για μπορέσει να γίνει μια σύγκριση αρκεί να αναφέρουμε ότι το ιξώδες του νερού στους 20°C είναι περίπου 1cSt .

ακόμα και μηδενική. Ωστόσο, η τιμή για το καύσιμο MGO είναι σημαντικά υψηλότερη από ότι για το HFO και σε γενικές γραμμές πιστεύεται ότι θα αυξηθεί σε κάποιο βαθμό λόγω της περιορισμένης ικανότητας διύλισης.

1.3. Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG)

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο έχει αποδειχθεί ότι αποτελούν μια αξιόπιστη λύση καθώς επίσης το LNG αποτελεί ένα φιλικό προς το περιβάλλον καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Οι εκπομπές καυσαερίων, όπως SO_x και PM από τη χρήση LNG είναι αμελητέες. Οι εκπομπές NO_x μπορεί να μειωθούν κατά περίπου 80-90% για τετράχρονους κινητήρες Otto και 10-20% για τους δίχρονους κινητήρες. Ακόμα το LNG περιέχει λιγότερο άνθρακα από τα άλλα καύσιμα, μειώνοντας τις εκπομπές CO₂ κατά περίπου 20%. Στην Εικόνα 2 μπορούμε να δούμε τα σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει τα καύσιμα LNG σε σχέση με τις άλλες εναλλακτικές λύσεις.



Εικόνα 2. Σύγκριση εκπομπών NO_x,SO₂,CO₂,PM των εναλλακτικών ναυτιλιακών καυσίμων

(Πηγή: TRI-ZEN International, 2012, LNG Markets Perspective)

Το LNG είναι το φυσικό αέριο και αποθηκεύεται σε υγρή μορφή σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία -162°C. Το κύριο συστατικό είναι το μεθάνιο (CH₄) και άλλους υδρογονάνθρακες (αιθάνιο C₂H₆, προπάνιο C₃H₈, βουτάνιο C₄H₁₀), καθώς και σε μικρές ποσότητες άλλες ουσίες (άζωτο

N_2 , υδρόθειο H_2S , διοξείδιο του άνθρακα, κ.α.). Η ακριβής σύσταση του κυμαίνεται ανάλογα με τις γεωγραφικές περιοχές στις οποίες εντοπίζεται. Λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας, το LNG θα πρέπει να αποθηκεύεται σε κρυογενικές δεξαμενές. Το LNG έχει υψηλή θερμοκρασία αυτανάφλεξης και επομένως χρειάζεται μια πρόσθετη πηγή ανάφλεξης, δηλαδή ένα “pilot fuel”. Το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και έχει μικρό εύρος αναφλεξιμότητας. Μπορεί να καεί σε δίχρονους κινητήρες αερίου ή σε τετράχρονους κινητήρες Otto.

Ωστόσο, το μεθάνιο αποτελεί ένα επιθετικό αέριο του θερμοκηπίου με σημαντικά περιβαλλοντικά μειονεκτήματα, λόγω του φαινομένου “methane slip” που παρουσιάζεται μόνο από τους τετράχρονους διπλού καυσίμου κινητήρες Otto. Η τεχνολογική ανάπτυξη προχωράει σε αυτόν τον τομέα και οι κατασκευαστές κινητήρων ισχυρίζονται ότι το ζήτημα “methane slip” θα μειωθεί σημαντικά στο μέλλον.

Σύμφωνα με το τελικό Έγγραφο Εργασίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, SWD (2013)⁴², η χρήση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο αποτελεί την πιο πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση τόσο σε βραχυπρόθεσμο όσο και σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα, τουλάχιστον για τις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων αλλά και για θαλάσσιες δραστηριότητες εκτός των μεταφορών, π.χ. αλιείας και υπεράκτιες υπηρεσίες.

1.3.1. Επιλογές κινητήρων φυσικού αερίου

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες κινητήρων για την χρήση LNG ως καύσιμου για την κίνηση πλοίων. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται κινητήρες διπλού καυσίμου, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιούν είτε με πετρέλαιο είτε με LNG και η καύση μπορεί να γίνεται τόσο σε δύο όσο και σε τέσσερις χρόνους. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει κινητήρες οι οποίοι μπορούν να λειτουργήσουν χρησιμοποιώντας μόνο καύσιμο σε αέρια μορφή.

Τετράχρονος Κινητήρας Διπλού καυσίμου (κύκλος Otto)

Οι ναυτικοί κινητήρες διπλού καυσίμου αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται σε πλοία μεταφοράς LNG, προκειμένου να αξιοποιηθεί η εξάτμιση του μεταφερόμενου υγρού αερίου. Το LNG μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο, όταν το πλοίο λειτουργεί σε περιοχές SECA και το απλό πετρέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκτός SECA καθώς και σε περιοχές όπου το αέριο καύσιμο δεν είναι διαθέσιμο. Η αρχή λειτουργίας για χρήση LNG βασίζεται στον κύκλο Otto και ο κύκλος Diesel είναι η βάση για τη λειτουργία με καύσιμο πετρελαίου. Η πηγή ανάφλεξης κατά τη λειτουργία LNG είναι μια μικρή ποσότητα του πετρελαίου, “pilot fuel”, το οποίο εγχέεται και αναφλέγεται από τη

² Actions towards a comprehensive EU framework on LNG for shipping

θερμότητα που παράγεται από τη συμπίεση και η καύση του πετρελαίου αποτελεί την πυγή ανάφλεξης για το αέριο που εγχέεται σε χαμηλή πίεση.

Δίχρονος Κινητήρας Διπλού καυσίμου (κινητήρας Diesel)

Η τεχνολογία αυτού του κινητήρα εφαρμόζει έγχυση αερίου σε υψηλή πίεση (περίπου 300 bar) μαζί με “pilot fuel”. Το πετρέλαιο αναφλέγεται πρώτο και το αέριο αναφλέγεται από την καύση του πετρελαίου. Αυτή η μηχανή μπορεί να χρησιμοποιεί μόνο καύσιμο πετρελαίου ή μίγμα φυσικού αερίου και πετρελαίου.

Κινητήρας Καυσίμου Φυσικού Αερίου (Single fuel gas engines)

Ο κύκλος Otto/Miller αποτελεί τη βάση για τη λειτουργία αυτού του κινητήρα. Εφαρμόζεται τεχνολογία καύσης φτωχού μείγματος σε ένα κύκλο ανάφλεξης με σπινθήρα. Αντί ενός pilot fuel, ένα πλούσιο μίγμα αερίου/αέρα αναφλέγεται σε ένα προθάλαμο καύσεως, το οποίο σχηματίζει μια ισχυρή πηγή ανάφλεξης για τον πολύ φτωχό μίγμα στον κύλινδρο. Αυτή η τεχνολογία εξασφαλίζει την υψηλή απόδοση και χαμηλές εκπομπές ρύπων, αλλά δεν επιτρέπει την ευελιξία της χρήσης και του πετρελαίου.

1.4. Επενδυτικό και Λειτουργικό Κόστος για Εναλλακτικές Λύσεις Καυσίμων

Η συνέχιση της χρήση του HFO σε συνδυασμό με την εγκατάσταση “scrubber” συνδέεται με σημαντικό κόστος επένδυσης για την απόκτηση του “scrubber” και του σχετικού εξοπλισμού. Ωστόσο τα λειτουργικά κόστη επηρεάζονται οριακά λόγω της ελαφρά αύξησης της κατανάλωσης καυσίμων και από την κατανάλωση των χημικών διεργασιών. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει διαφορά των επενδυτικών δαπανών μεταξύ μιας μετασκευής της μηχανολογικής εγκατάστασης σε υπάρχον πλοίο (retrofit installations) και κατασκευής νέου πλοίου.

Η λύση της εναλλαγής της λειτουργίας από HFO σε MGO έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση του λειτουργικού κόστους, ουσιαστικά κατ' αναλογία προς τη διαφορά της τιμής μεταξύ HFO και MGO. Σημαντικές μετατροπές ή επενδυτικά κόστη επί του πλοίου δεν είναι απαραίτητα με αυτή την λύση. Ένα βασικό πλεονέκτημα είναι ότι οι υπάρχουσες υποδομές εφοδιασμού ναυτιλιακών καυσίμων έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν στους πελάτες τους MGO χωρίς να υποστούν δραματικές αλλαγές εκτός από την σχέση των παραδιδόμενων ποσοτήτων μεταξύ του HFO και MGO.

Για τη χρήση του LNG, στα υπάρχοντα πλοία που είναι πετρελαιοκίνητα αποτούνται σημαντικές εργασίες ανακατασκευής συμπεριλαμβανομένων των κινητήρων και των δεξαμενών LNG. Οι κατασκευές νέων πλοίου είναι και αυτές συνδεδεμένες με υψηλό κόστος αν είναι εξοπλισμένα με

κινητήρα διπλού καυσίμου ή μόνο με LNG και δεξαμενές καυσίμων. Ωστόσο ο σημαντικότερος παράγοντας για την οικονομική βιωσιμότητα της χρήσης του LNG ως καύσιμο των πλοίων είναι η τιμή του LNG για τον ιδιοκτήτη του πλοίου (FOB) και η σχέση με της τιμής FOB για τα συμβατικά καύσιμα.

1.4.1. Κόστη Επένδυσης για Διαφορετικές Στρατηγικές Συμμόρφωσης

Το κόστος της επένδυσης διαφέρει για εναλλακτικές στρατηγικές συμμόρφωσης, για μετασκευή ή νέα κατασκευή και είναι εν μέρει ανάλογη με το μέγεθος της προωστήριας εγκατάστασης. Ο Πίνακας 1 έχει συνταχθεί από την συλλογή πληροφοριών από διαφορετικούς κατασκευαστές κινητήρων και ναυπηγεία.

Πίνακας 1. Τα επενδυτικά κόστη για τις εναλλακτικές στρατηγικές συμμόρφωσης για μετασκευή ή νέα κατασκευή πλοίου

(Πηγή: SSPA SWEDEN AB, 2012, Feasibility Study on LNG Fuelled Short Sea and Coastal Shipping in the Wider Caribbean Region)

<i>Compliance strategy</i>	<i>Retrofit</i>	<i>New builds</i>
MGO-engine conversion, SCR and EGR	180.000 USD + 75 USD/kW	140.000 USD + 63 USD/kW
HFO and Scrubber-scrubber and SCR	600 USD/kW	2.200 USD/kW*
LNG four stoke dual fuel-LNG tanks etc.	800 USD/kW	1.600 USD/kW*
LNG two stoke high pressure dual fuel-LNG tanks etc.	700 USD/kW	1.500 USD/kW*
LNG four stoke spark ignition-LNG tanks etc.	800 USD/kW	1.600 USD/kW*

*including engine, generators, etc.

Όταν ένας διαχειριστή πλοίου πρόκειται να επιλέξει την στρατηγική συμμόρφωσης που πρέπει να ακολουθήσει ουσιαστικά καλείτε να δώσει μεγάλη σημασία στην εξισορρόπηση του υψηλού κόστους επένδυσης, για την μετασκευή με νέο εξοπλισμό ή τη νέα κατασκευή, σε σχέση με το μακροπρόθεσμο λειτουργικό κόστος ανάλογα με τον επιλεγμένο τύπο καυσίμου. Εκτός από αυτούς τους βασικούς υπολογισμούς που πρέπει να πραγματοποιηθούν υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, για παράδειγμα ο ανεφοδιασμός καυσίμων LNG μπορεί να διαρκεί περισσότερο χρόνο σε σύγκριση με τα άλλα καύσιμα καθώς και η περαιτέρω εκπαίδευση του προσωπικού καθώς και απαιτήσεις για ειδικές άδειες και πιστοποιητικά. Τέλος, η απώλεια διαθέσιμου χώρου λόγω της κατασκευής των δεξαμενών LNG αποτελεί επιπλέον κόστος, ιδιαίτερα σημαντικό για πολλούς τύπους πλοίων όπως για παράδειγμα τα δεξαμενόπλοια.

Για τη στρατηγική συμμόρφωσης με “scrubber”, η υψηλή διαθεσιμότητα “scrubber” και του απαραίτητου εξοπλισμού είναι σημαντική καθώς και δημιουργία λιμενικών υποδομών για την αποτελεσματική παραλαβή των αποβλήτων τους.

Η εναλλακτική λύση της χρήσης MGO θεωρείται ότι είναι αρκετά ελκυστική καθώς αποτελεί μια στρατηγική με χαμηλό κόστος επένδυσης για αυτούς που πιστεύουν ότι LNG μπορεί να αποτελέσει σημαντική ανακάλυψη κάποια στιγμή στο μεσοπρόθεσμο μέλλον. Ωστόσο, αν αυξηθούν τα πλοία που ακολουθούν αυτή τη στρατηγική άμεσο αποτέλεσμα είναι η αύξηση της ζήτησης για MGO, και ως εκ τούτου η τιμή του μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω.

Συγκεκριμένα τα κόστη επένδυσης για μετασκευή ή κατασκευή νέου πλοίου για τέσσερις βασικούς τύπους πλοίων οι οποίοι θεωρούνται ιδανικοί να υιοθετήσουν τη χρήση LNG, παρουσιάζονται αναλυτικότερα στον Πίνακα 2. Τα τυπικά πλοία αποτελούν δύο RoPax/RoRo διαφορετικού μεγέθους (RoRo, Big RoRo), ένα Coastal tanker/Chemical tanker/Bulk carrier και ένα Container Ship (700-800 TEU). Η τυπική μηχανολογική εγκατάσταση είναι 5400kW, 21000kW, 8500kW και 8000kW, αντίστοιχα.

Πίνακας 2. Κόστη επένδυσης για μετασκευή ή κατασκευή νέου πλοίου (σε χιλιάδες €)

(Πηγή: DMA, 2012, Appendices, A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations, Appendix 3)

	<i>Retrofit</i>					<i>New builds</i>			
k€	RoRo	Costal tanker	Container ship	Big RoRo	k€	RoRo	Costal tanker	Container ship	Big RoRo
HFO	2.300	3.700	3.400	9 000	HFO	3.300	5.100	4.800	12.600
MGO	500	700	600	1 500	MGO	1.600	2.500	2.400	6.000
LNG	3.200	4.800	4.800	12 600	LNG	4.300	6.800	6.400	16.700

Από τον παραπάνω πίνακα μπορεί να παρατηρηθεί ότι το LNG είναι 35 με 45% ακριβότερο από το HFO τόσο όσον αφορά την μετασκευή όσο και για τα νέα πλοία. Το κόστος της επένδυσης για την εναλλακτική λύση MGO είναι το 20% ή λιγότερο από τη χρήση του HFO σε μετασκευές και περίπου το 50% σε νέα πλοία.

1.4.2. Λειτουργικές Δαπάνες για Διαφορετικές Στρατηγικές Συμμόρφωσης

Σε γενικές γραμμές, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα λειτουργικά έξοδα (εκτός από το κόστος των καυσίμων) για τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις καυσίμων.

Ωστόσο, ο πρόσθετος εξοπλισμός, όπως “scrubber” στη χρήση του HFO και η χρήση SCR/EGR, περιλαμβάνουν επιπλέον λειτουργικό κόστος. Οι ειδικές λειτουργικές δαπάνες για τα “scrubbers” έχουν υπολογιστεί με βάση την παραγωγή ενέργειας (κύρια ισχύς του κινητήρα [kW] · χρόνο στη θάλασσα [ώρες/ έτος]). Εκτιμάται ότι το ειδικό κόστος για τη χρήση “scrubbers” είναι 0,0025€/kWh_{main} και για το SCR 0,007€/kWh_{main}.

Η μείωση του χώρου του φορτίου, το οποίο επίσης μπορεί να θεωρηθεί ως λειτουργικό κόστος, εξετάστηκε από μελέτη του GL σε μία μετασκευή ενός Container Ship “CV Neptune 1.200” για εναλλαγή χρήσης καυσίμου HFO σε LNG. Λόγω των διαστάσεων των απαιτούμενων δεξαμενών LNG, η χωρητικότητα από 1.284 TEU μειώθηκε κατά 48 TEU σε 1.236 TEU (μείωση 4%). Σε πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων ο χώρος φορτίου που χάνεται έχει μεγάλη σημασία, πράγμα που σε άλλους τύπους πλοίων δεν έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς μπορεί να είναι πιο εύκολο να τοποθετηθούν οι δεξαμενές LNG σε χώρο που δεν θα επηρεαστεί η μεταφορική ικανότητα. Αυτό μπορεί να γίνει ευκολότερα αντιληπτό από το πρώτο ποντοπόρο δεξαμενόπλοιο “Bit Viking” το οποίο πραγματοποίησε μετασκευή για τη χρήση καυσίμου LNG. Οι δεξαμενές καυσίμων 500 m³ είναι τοποθετημένες στο κατάστρωμα, όπως παρατηρείτε στην Εικόνα 3, χωρίς να επέλθει πραγματική μείωση της ικανότητας μεταφοράς φορτίου. Ωστόσο ειδικές απαιτήσεις πρέπει να πληρούνται τόσο για τις δεξαμενές αποθήκευσης όσο και για τα συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου λόγω των ιδιοτήτων που παρουσιάζει το LNG.



Εικόνα 3. M/T Bit Viking

(Πηγή: GL, http://www.gl-group.com/assets/img/gl_conducts_clean_shipping_index_verification_for_bit_viking.jpg)

Τα κόστη συντήρησης, προσωπικού, εκπαίδευσης και των έμμεσων δαπανών είναι περισσότερο ή λιγότερο παρόμοια για όλους τους τύπους καυσίμων και συνεπώς δεν επηρεάζουν την κατάσταση της ζήτησης των εναλλακτικών λύσεων.

Η σημαντικότερη παράμετρος για τις λειτουργικές δαπάνες είναι οι τιμές των διαφορετικών τύπων καυσίμων με τις οποίες θα ασχοληθούμε αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο. Πρέπει να σημειώσουμε ότι θερμογόνος δύναμη και η πυκνότητα, δυο βασικά χαρακτηριστικά των καυσίμων, ποικίλουν μεταξύ των διαφόρων ποιοτήτων πετρελαιοειδών καυσίμων και εξαρτώνται από τη συγκεκριμένη σύνθεση του LNG. Επομένως, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη αυτές οι διαφορές, όταν οι συγκρίσεις των τιμών γίνονται για τα διάφορα είδη καυσίμων και για τα κόστη κάθε στρατηγικής συμμόρφωσης. Για τις συγκρίσεις των τιμών που αναφέρονται στο παρακάτω κεφάλαιο, τα μεγέθη που ακολουθούν στον Πίνακα 3 σε SI μονάδες θεωρούνται αντιπροσωπευτικά.

Πίνακας 3. Φυσικά και ενεργειακά χαρακτηριστικά των ναυτιλιακών καυσίμων

(Πηγή: SSPA SWEDEN AB, 2012, Feasibility Study on LNG Fuelled Short Sea and Coastal Shipping in the Wider Caribbean Region)

<i>Fuel</i>	<i>Density (kg/m³)</i>	<i>Specific Energy (GJ/tonne)</i>
MGO	850	46
HFO	990	43
LNG	450	54

Παρατηρούμε ότι στο ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο, το LNG καταλαμβάνει περίπου 1.9 μεγαλύτερο όγκο από το HFO.

1.5. Δαπάνες για την Προμήθεια LNG και Ανταγωνιστικών Καυσίμων

Η ναυτιλιακή βιομηχανία αποτελεί έναν από τους κυριότερους καταναλωτές των ορυκτών καυσίμων. Το HFO αποτελούσε για πολλά χρόνια την επιλογή των πλοιοκτητών ως ναυτιλιακό καύσιμο ωστόσο τις τελευταίες δεκαετίες οι πιέσεις από τη διεθνή κοινότητα για μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των πλοίων έχει οδηγήσει τους πλοιοκτήτες σε αναζήτηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας και/ή νέων τεχνολογιών. Ακόμα τα αυστηρά όρια για τον ρύπο της ναυτιλιακής βιομηχανίας που επρόκειτο να τεθούν σε εφαρμογή τα επόμενα χρόνια καθιστούν το ζήτημα υψίστης σημασίας για τις ναυτιλιακές εταιρείες. Η συνέχιση της χρήσης του HFO με την προσθήκη εξοπλισμού απόλυσης καυσαερίων και η εναλλαγή σε καύσιμο MGO αποτελούν τις δύο λύσεις των πετρελαιοειδών καυσίμων. Η χρήση αερίου καύσιμου αποτελεί μια εναλλακτική λύση πολλά υποσχόμενη για τη ναυτιλιακή βιομηχανία καθώς αποτελεί μια καθαρή μορφή ενέργειας η χρήση της οποίας μειώνει θεαματικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των πλοίων.

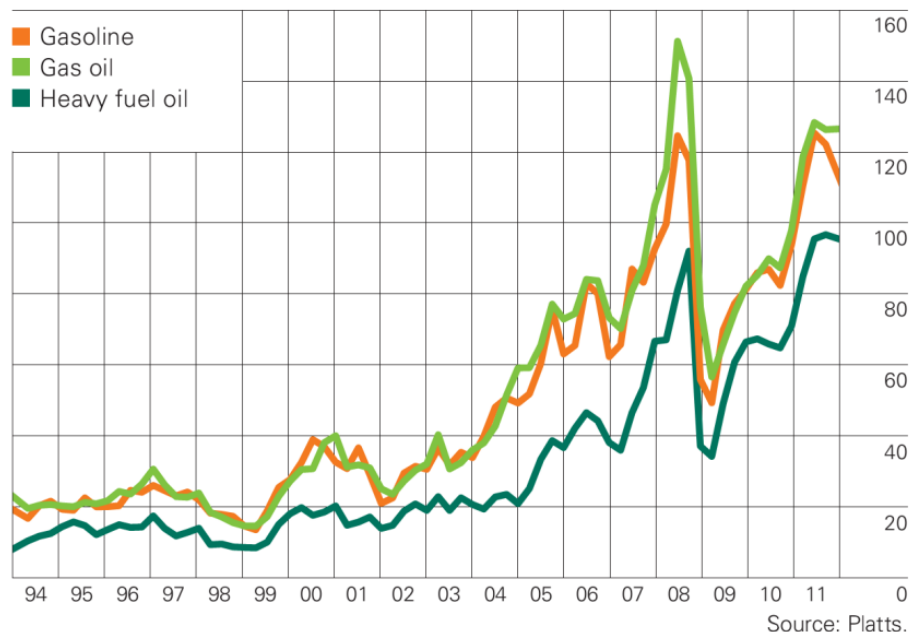
Ωστόσο η επιλογή του πλοιοκτήτη για την στρατηγική συμμόρφωσης με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς συνδέεται άμεσα από τις τιμές παροχής των ναυτιλιακών καυσίμων HFO, MGO και LNG καθώς το κόστος αυτό μπορεί να αντιπροσωπεύει ποσοστό μεταξύ 50% και 70% του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας και λειτουργίας του εν λόγω πλοίου. Αυτό σημαίνει ότι τυχόν αλλαγές σε αυτές τις τιμές κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του πλοίου επισκιάζουν όλες τις άλλες παραμέτρους στη διαχείριση του πλοίου. Μια πρόβλεψη των τιμών των ναυτιλιακών καυσίμων δεν αποτελεί στόχο της μελέτης. Ωστόσο στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε την αγορά αυτών των τύπων καυσίμων.

1.5.1. Ιστορικές Τιμές και οι Σχέσεις των Τιμών του HFO, LNG και MGO

Οι τιμές παράδοσης των ναυτιλιακών καυσίμων ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τις γεωγραφικές περιοχές στις οποίες πραγματοποιείτε ο ανεφοδιασμός. Τα πετρελαιοειδή προϊόντα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τη αγορά του αργού πετρελαίου. Την τελευταία δεκαετία και συγκεκριμένα από τα μέσα του 2003 παρατηρείτε σημαντική αύξηση στις τιμές των πετρελαιοειδών. Στην Εικόνα 4 μπορούμε να δούμε τις τιμές των καυσίμων Gasoline, Gas oil και Heavy fuel oil όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Ρότερνταμ από το 1994 μέχρι το 2011.

Rotterdam product prices

US dollars per barrel



Εικόνα 4. Τιμές καυσίμων Gasoline, Gas oil και Heavy fuel oil όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Ρότερνταμ.

(Πηγή: BP, 2012, Statistical Review of World Energy)

Παρατηρούμε ότι τιμές των ναυτιλιακών καυσίμων Heavy fuel oil και Gas oil από το 2009 μέχρι το 2011 παρουσίασαν σημαντική αύξηση και συγκεκριμένα από περίπου 38 \$/βαρέλι σε 95 \$/βαρέλι και από 60\$/βαρέλι σε 130\$/βαρέλι αντίστοιχα. Στη Εικόνα 5 παρατηρούμε τη διακύμανση του φυσικού αερίου σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές.

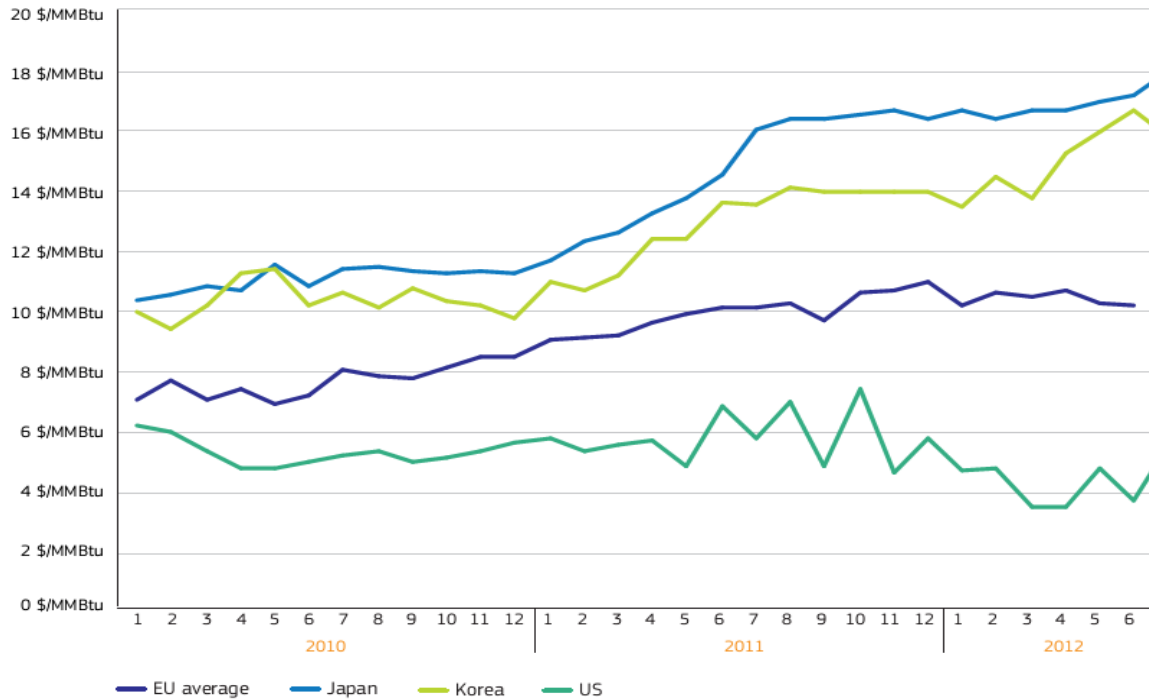


Εικόνα 5. Τιμές καυσίμων Gasoline, Gas oil και Heavy fuel oil όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Ρότερνταμ.

(Πηγή: BP, 2012, Statistical Review of World Energy)

Παρατηρούμε ότι τα τελευταία χρόνια και κυρίως μετά το 2007 υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις τιμές του φυσικού αερίου ανά γεωγραφική περιοχή. Ωστόσο παραμένει φθηνότερη πηγή ενέργειας σε σχέση με τα πετρελαιοειδή καύσιμα. Για να καταστεί αυτό κατανοητό πρέπει να αναφέρουμε ότι $1\$/barrel \approx 5,825\$/MmBtu$.

Στην Εικόνα 6 που παρατίθεται παρακάτω παρατηρούμε ότι στις Ηνωμένες Πολιτείες παρουσιάζεται η φθηνότερη τιμή του LNG η οποία κυμαίνεται 4-6\$/MmBtu από το 2010 μέχρι τον Ιούλιο του 2012. Για την ίδια περίοδο στα κράτη μέλη της Ε.Ε κυμαινόταν μεταξύ 7-11\$/MmBtu ενώ η Ιαπωνία και η Κορέα προμηθεύονταν το LNG με 10-18\$/MmBtu. Η έκρηξη στο πυρηνικό εργοστάσιο της Φουκουσίμα αποτέλεσε σημείο αναφοράς στη διακύμανση των τιμών του LNG στην Ευρώπη καθώς η ζήτηση στην Ιαπωνία αυξήθηκε ραγδαία. Η Ιαπωνία μέχρι σήμερα, λόγω της ανεπτυγμένης οικονομίας της, μπορεί να συνεχίσει να πληρώνει αυτή την άνοδο των τιμών.



Source: Eurostat Comext, Gas Strategies

Εικόνα 6. Τιμή πώλησης του LNG στην Ιαπωνία, Κορέα, Ηνωμένες Πολιτείες και στην Ε.Ε

(Πηγή: European Commission, 2012, Quarterly Report Energy on European Gas Markets: Market Observatory for Energy, DG Energy Volume 5, issue 4, fourth quarter 2012)

Στην Ελλάδα οι τιμές στο τρίτο τετράμηνο του 2012 κυμάνθηκαν για το φυσικό αέριο που καταφθάνει στη χώρα μας από τη Ρωσία σε 39 €/MWh και για το LNG σε 27,5 €/MWh. Για την ίδια χρονική περίοδο η τιμή του LNG στη γειτονική Ιταλία ήταν 37,4 €/MWh.

2. Εφοδιαστική Αλυσίδα LNG

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί περιγράφεται η εφοδιαστική αλυσίδα του LNG, η ύπαρξη και η αποτελεσματικότητα της οποίας θεωρείται άκρως απαραίτητη για την διαθεσιμότητα του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο.

Με μία πρώτη επισκόπηση της σημερινής κατάστασης μπορούμε να παρατηρήσουμε σημαντικές ελλείψεις τόσο στην εφοδιαστική αλυσίδα όσο και στις υποδομές παροχής LNG. Οι ελλείψεις αυτές θεωρούνται ένα σημαντικό εμπόδιο για την ευρεία υιοθέτηση του LNG ως καύσιμο, με τις εταιρείες παροχής φυσικού αερίου και τους προμηθευτές καυσίμων απρόθυμους να επενδύσουν στη δημιουργία της αναγκαίας υποδομής έως ότου υπάρξει επαρκής εμπορική ζήτηση από τη βιομηχανία της ναυτιλίας για παροχή με καύσιμο LNG. Από την άλλη πλευρά, οι πλοιοκτήτες είναι απρόθυμοι να επενδύσουν σε νέες κατασκευές ή μετασκευές πλοίων που θα χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο εάν η προμήθειά του καθίσταται δύσκολη.

Περιγράφοντας τη βιομηχανία του φυσικού αερίου μπορούμε να διακρίνουμε κυρίως δύο βασικούς τομείς. Ο πρώτος, “άνάντη” τομέας (up-stream sector), περιλαμβάνει το στάδιο της εξερεύνησης και εξόρυξης και ο δεύτερος, “κατάντη” τομέας (down-stream sector) την επεξεργασία/παραγωγή, υγροποίηση, μεταφορά³ και διανομή του φυσικού αερίου ή/και άλλων υποπροϊόντων του.

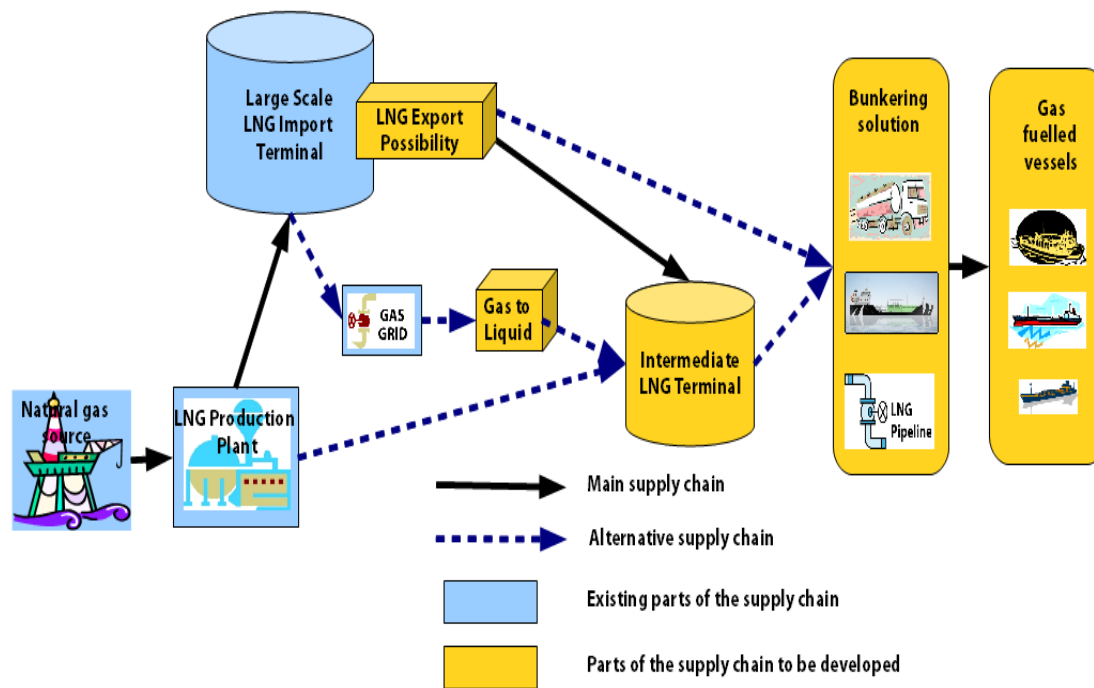
Ο “άνάντη” τομέας χαρακτηρίζεται ως υψηλής έντασης κεφαλαίου, με υψηλά ρίσκα, κυρίως στη φάση της εξερεύνησης, ενώ ο “κατάντη” ως λιγότερης έντασης κεφαλαίου και μεγαλύτερης έντασης εργασίας, κυρίως λόγω της δημιουργίας των απαιτούμενων υποδομών (για επεξεργασία, υγροποίηση, μεταφορά και πρωτίστως για εκτεταμένα δίκτυα διανομής). Στη συνέχεια του κεφαλαίου γίνεται μία πιο λεπτομερής ανάλυση για τους τομείς της βιομηχανίας του φυσικού αερίου καθώς και για το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ) της Ελλάδας.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι προτεινόμενες μέθοδοι για τον ανεφοδιασμό των πλοίων με LNG ως καύσιμο και αξιολογούνται σε λειτουργικό και εφοδιαστικό επίπεδο. Ακόμα παρουσιάζονται οι παράμετροι οι οποίες θα πρέπει να αξιολογούνται ώστε να επιλέγεται η καταλληλότερη μέθοδος ανεφοδιασμού. Διερευνάται, επίσης, η καταλληλότητα των εγκαταστάσεων για τους τερματικούς σταθμούς ανεφοδιασμού LNG.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το LNG χρησιμοποιείται σήμερα από τη ναυτιλιακή βιομηχανία τόσο σε ανοικτή θάλασσα όσο και στις εσωτερικές πλωτές οδούς. Ωστόσο, όπως έχουμε αναφέρει, οι

³ Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επεξεργασία και η μεταφορά αναλύεται ως midstream sector

υποδομές για τον ανεφοδιασμό πλοίων με καύσιμο LNG είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο, με μόνο τη Σουηδία και την Νορβηγία να διαθέτουν μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις για τον ανεφοδιασμό LNG για τα πλοία που πραγματοποιούν πλου προς διάφορα άλλα κράτη μέλη. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή⁴, μέσω της στρατηγικής για στροφή σε πιο καθαρά καύσιμα προτείνει την εγκατάσταση σταθμών ανεφοδιασμού LNG σε σύνολο 139 θαλάσσια και εσωτερικής ναυσιπλοΐας λιμάνια (σε γενικές γραμμές περίπου το 10% όλων των λιμανιών στην Ευρώπη) για το Διερωπαϊκό Δίκτυο Μεταφορών (Trans European Core Network) από το 2020 και 2025 αντίστοιχα. Αυτοί οι σταθμοί δεν αναφέρονται σε μεγάλους τερματικούς σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά είτε σταθερούς ή κινητούς σταθμούς ανεφοδιασμού. Αυτό θα καλύπτει όλα τα μεγάλα λιμάνια της Ε.Ε. Η Εικόνα 7 δίνει μια περιγραφή της προτεινόμενης αλυσίδας εφοδιασμού.



Εικόνα 7. Εφοδιαστική αλυσίδα LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο

(Πηγή: CNSS, 2011, LNG supply chain definition, WP4 Activity 2, Action D)

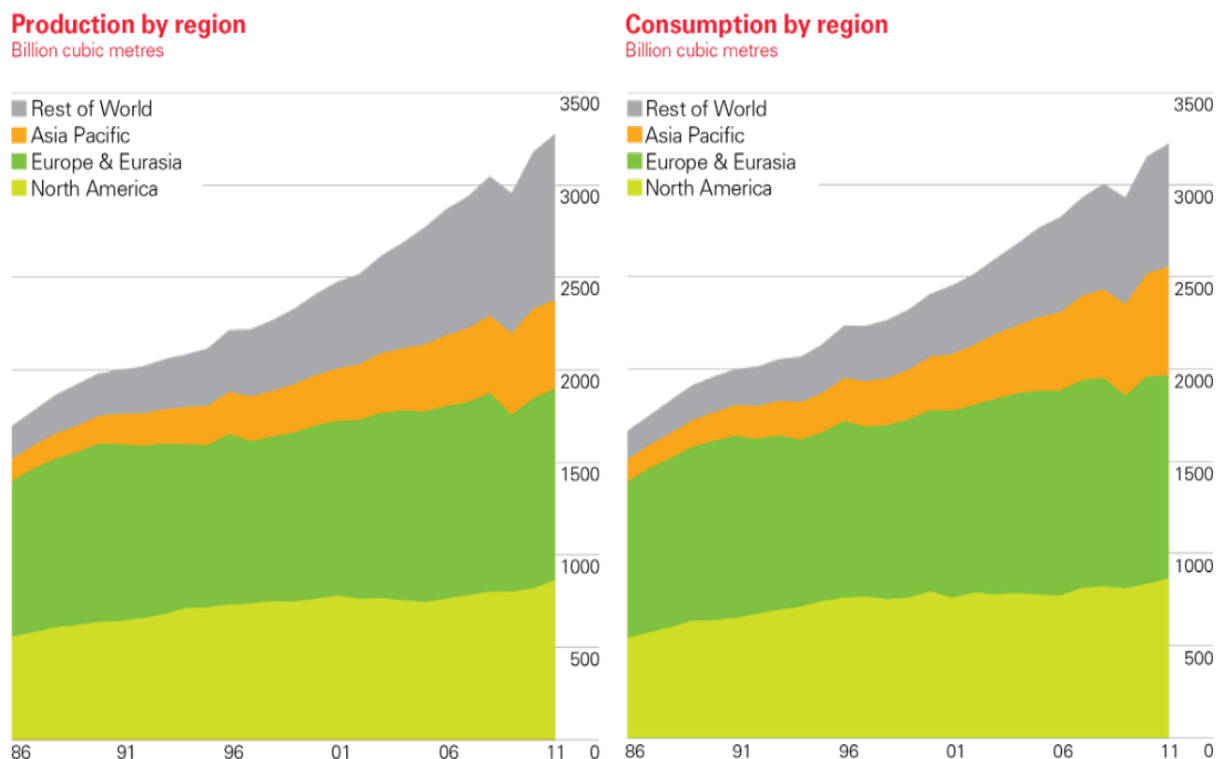
⁴ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-40_en.htm

2.1. “Ανάντη” Τομέας Εφοδιαστικής Αλυσίδας LNG, (Up-Stream LNG Supply Chain)

2.1.1. Εγκαταστάσεις Παραγωγής Φυσικού Αερίου στη Ευρώπη

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στην παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου για το έτος 2011. Αρχικά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου αυξήθηκε κατά 3,1% το 2011, με τις ΗΠΑ να είναι η χώρα με τη μεγαλύτερη εθνική αύξηση με ποσοστό 7,7% και τη Μέση Ανατολή με τη μεγαλύτερη περιφερειακή αύξηση στην παραγωγή. Η αύξηση της παραγωγής στη Ρωσία και το Τουρκμενιστάν αντισταθμίστηκε εν μέρει από την μεγάλη μείωση της Ευρωπαϊκής παραγωγής, η μείωση της οποίας συνεχίστηκε και τους πρώτους δέκα μήνες του 2012 με παραγωγή 1.230 Twh σε σύγκριση με 1.298 Twh στο αντίστοιχο διάστημα το 2011 και τουλάχιστον 1.400 Twh για την ίδια περίοδο την προηγούμενη δεκαετία. Με τη σειρά της η κατανάλωση φυσικού αερίου αυξήθηκε κατά 2,2%, με κάτω του μέσου όρου ανάπτυξης σε όλες τις περιφέρειες αλλά και στη Βόρεια Αμερική. Τη μεγαλύτερη αύξηση την είχε η Κίνα με ποσοστό 21,5%, έπειτα η Σαουδική Αραβία με ποσοστό 13,2% και τέλος η Ιαπωνία με ποσοστό 11,6%. Η Ευρωπαϊκή Ένωση σημείωσε την μεγαλύτερη πτώση στην κατανάλωση φυσικού αερίου -9,9% σε σχέση με το 2010. Η πτώση αυτή συνεχίζεται και το 2012 με τους πρώτους δέκα μήνες να παρουσιάζεται μείωση 6% σε σχέση με τους αντίστοιχους μήνες το 2011. Σημαντικό στοιχείο είναι ότι η Ελλάδα σημείωσε άνοδο στην κατανάλωση του φυσικού αερίου σε σχέση με το 2010 κατά 24,3%.

Στην Εικόνα 8 φαίνεται η διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγής και κατανάλωσης του φυσικού αερίου από το 1986 μέχρι το 2011 για διάφορες περιοχές.



Εικόνα 8. Διαγραμματική απεικόνιση παραγωγής και κατανάλωσης του φυσικού αερίου από το 1986 μέχρι το 2011

(Πηγή: BP, 2012, Statistical Review of World Energy)

Συλλογικά, τα κράτη μέλη της Ε.Ε. αποτελούν τον μεγαλύτερο εισαγωγέα ενέργειας στον κόσμο, εισάγοντας περίπου το 55% του εφοδιασμού σε ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα εισάγει περίπου το 84% του πετρελαίου και το 64% του φυσικού αερίου που καταναλώνει.

Τα κράτη μέλη δείχνουν όλο και περισσότερο ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο φυσικό αέριο για το λόγο ότι θεωρείτε μία εναλλακτική μορφή ενέργεια η οποία θα επιτρέψει να επιτευχθούν οι φιλόδοξοι στόχοι για τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα και εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Το φυσικό αέριο αποτέλεσε το 24% της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας της Ε.Ε. το 2011, αριθμός που αναμένεται να αυξηθεί σε σχεδόν 30% από 2030. Τα πετρελαιοειδή αποτέλεσαν περίπου το 38%, ο άνθρακας σχεδόν 23% και η πυρηνική ενέργεια το 12% του πρωτογενούς ενεργειακού εφοδιασμού της Ε.Ε.. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προβλέπει ότι η Ε.Ε. θα εισάγει περίπου το 74% των αναγκών σε φυσικό αέριο από το 2030. Αναλυτές σημείωσαν ότι οι πρόσφατες πολιτικές αποφάσεις, όπως η ανακοίνωση το 2011 των Γερμανών ότι θα καταργήσει σταδιακά τη χρήση των πυρηνικών σταθμών της από το 2020 και οι πιθανές απαγορεύσεις για την ανάπτυξη σχιστολιθικού φυσικού αερίου από ορισμένα κράτη μέλη της Ε.Ε., θα μπορούσε να σημαίνει μια πιο γρήγορη αύξηση της εξάρτησης της Ευρώπης από τους εισαγωγείς του φυσικού αερίου.

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται ο όγκος του φυσικού αερίου που κατανάλωσαν, παρήγαγαν και εισήγαγαν οι χώρες της Ε.Ε για το έτος 2011.

Πίνακας 4. Όγκοι του φυσικού αερίου που κατανάλωσαν, παρήγαγαν και εισήγαγαν οι χώρες της Ε.Ε. το έτος 2011

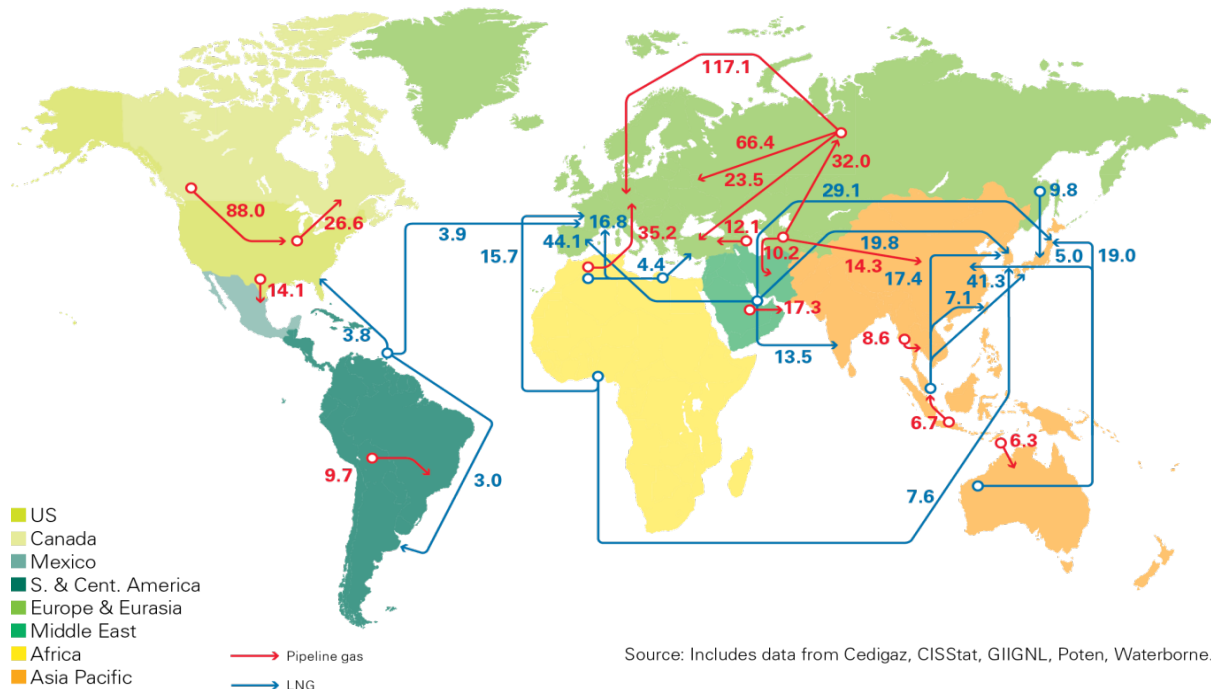
(Πηγή: Congressional Research Service, 2013, Europe's Energy Security: Options and Challenges to Natural Gas Supply Diversification)

<i>EU Natural Gas Data, 2011</i>			
<i>Units equal billion cubic feet per year (bcf)</i>			
	<i>Natural Gas Consumption</i>	<i>Natural Gas Production</i>	<i>Natural Gas Imports</i>
Austria	335	58	339
Belgium	569	0	802
Bulgaria	102	0	101
Cyprus	0	0	0
Czech Republic	297	7	424
Denmark	148	251	0
Estonia	13	0	13
Finland	127	0	134
France	1.423	26	1.141
Germany	2.560	353	2.966
Greece	159	0	117
Hungary	360	88	237
Ireland	166	11	191
Italy	2.518	271	2.147
Latvia	23	0	23
Lithuania	120	0	120
Luxembourg	48	0	48
Malta	0	0	0
Netherlands	1.345	2.267	480
Poland	544	152	381
Portugal	180	0	180
Romania	487	388	99
Slovakia	219	4	187
Slovenia	31	0	31
Spain	1.134	4	1.296
Sweden	46	0	46
United Kingdom	2.832	1,596	1.886
TOTAL	15.786	5.476	13.289

Όπως φαίνεται, τη μεγαλύτερη κατανάλωση την είχε το Ηνωμένο Βασίλειο, τη μεγαλύτερη παραγωγή την είχε η Ολλανδία και ο μεγαλύτερος όγκος φυσικού αερίου εισήχθη από την Γερμανία. Οι περισσότερες από τις εγκαταστάσεις παραγωγής LNG βρίσκονται εκτός της Ευρώπης και το LNG μεταφέρεται στην Ευρώπη σε μεγάλους τερματικούς σταθμούς εισαγωγής.

Στην Εικόνα 9 μπορούμε να δούμε τις κυριότερες εμπορικές διαδρομές ανά την υφήλιο του φυσικού αερίου που πραγματοποιούνται είτε μέσω αγωγών, είτε μέσω πλοίων μεταφοράς LNG το 2011.

Major trade movements 2011
Trade flows worldwide (billion cubic metres)



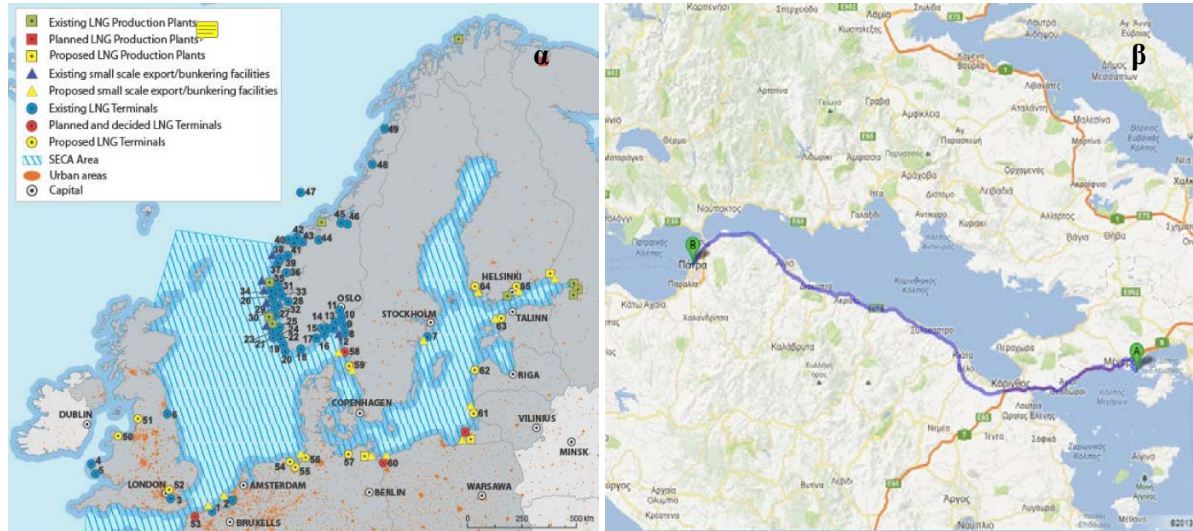
Εικόνα 9. Οι κυριότερες εμπορικές διαδρομές του φυσικού αερίου που πραγματοποιούνται είτε μέσω αγωγών, είτε μέσω πλοίων μεταφοράς LNG

(Πηγή: BP, 2012, Statistical Review of World Energy)

2.1.2. Τερματικοί Σταθμοί Εισαγωγής LNG

Τερματικοί σταθμοί εισαγωγή LNG βρίσκονται σε όλη την Ευρώπη, όπως στην Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, Τουρκία, Ηνωμένο Βασίλειο, Σουηδία, Νορβηγία κ.α. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι υποδομές LNG της Νορβηγίας διαφέρουν από τις άλλες χώρες, αφού μέχρι σήμερα υπάρχουν ήδη πάνω από 40 εγκαταστάσεις τερματικών σταθμών μικρής κλίμακας LNG. Τα περισσότερα από αυτά τα τερματικά έχουν αποθηκευτική ικανότητα μικρότερη από 1.000m³ και συνολικά αντιστοιχούν σε λιγότερο από το 1% της συνολικής αποθηκευτικής χωρητικότητας στην περιοχή. Η συνολική χωρητικότητα αποθήκευσης LNG στην περιοχή ήταν περίπου 2 εκατ. m³ το 2011. Το γεγονός αυτό αποτελεί βασικό πλεονέκτημα για την υιοθέτηση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο. Αντίθετα στη Μεσόγειο δεν

υπάρχουν μέχρι σήμερα τέτοιοι σταθμοί μικρής κλίμακας, γεγονός που καθιστά έναν ενδεχόμενο ανεφοδιασμό πλοίου με καύσιμο LNG αρκετά δύσκολο και χρονοβόρο. Αυτό γίνεται αντιληπτό αν παρατηρήσουμε την διαφορά ανάμεσα σε ένα σενάριο ανεφοδιασμού βασισμένο στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στο λιμάνι της Πάτρα σε σύγκριση με έναν ανεφοδιασμό σε κάποιο μέρος της Νορβηγίας. Όπως διακρίνεται και στην Εικόνα 10, για να πραγματοποιηθεί ένας ανεφοδιασμός στο λιμάνι της Πάτρα με καύσιμο LNG απαιτείται να καλυφθεί μια διαδρομή τουλάχιστον 190 χιλιομέτρων από ειδικό βυτιοφόρο ή περίπου 90 ναυτικών μιλίων με πλοίο ανεφοδιασμού.



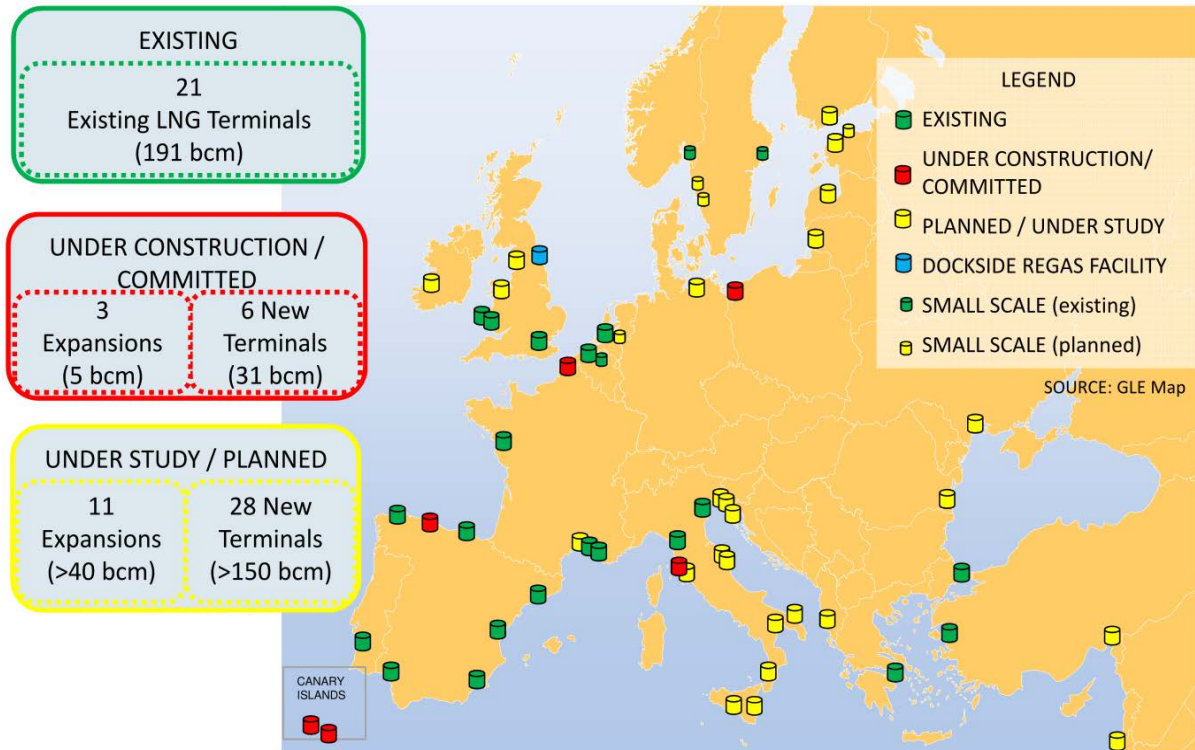
Εικόνα 10. Σύγκριση υφιστάμενων και προγραμματισμένων τερματικών σταθμών LNG στη Νορβηγία και Ελλάδα

(Πηγή: (α) DMA, 2012, Full Report, A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendation), (β) <http://maps.google.gr/>)

2.1.3. Τοποθεσίες υφιστάμενων εγκαταστάσεων τερματικών σταθμών LNG

Οι τοποθεσίες των υφιστάμενων τερματικών σταθμών LNG και το μεγαλύτερο μέρος από τις προγραμματισμένες υποδομές που θα κατασκευαστούν σχετίζονται έντονα με τις επεκτάσεις του χερσαίου δικτύου μεταφοράς φυσικού αερίου. Για παράδειγμα στις χώρες της Βόρειας Ευρώπης η βασική αποστολή των τερματικών σταθμών εισαγωγής είναι η παροχή φυσικού αερίου στο δίκτυο με στόχο να μπορεί να υπάρχει κάλυψη των αναγκών σε ζήτηση ακόμα και όταν οι αυτόχθονες πηγές φυσικού αερίου βρίσκονται σε παρακμή βελτιώνοντας την ασφάλεια και τη διαφοροποίηση της διαδικασίας του εφοδιασμού. Για χώρες της Ανατολικής Βαλτικής Θάλασσας καθώς και της Μεσογείου οι οποίες σήμερα εξαρτώνται από την χερσαία προμήθεια φυσικού αερίου από τη Ρωσία η διαφοροποίηση της προσφοράς είναι ένα ζήτημα προτεραιότητας. Ως εκ τούτου, η δημιουργία τερματικών σταθμών εισαγωγής LNG είναι μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση σε αυτές τις χώρες. Η Ελλάδα αποτελεί ένα τυπικό παράδειγμα αυτών των χωρών.

Στην Εικόνα 11 φαίνονται οι υφιστάμενοι τερματικοί σταθμοί LNG, αυτοί που βρίσκονται υπό κατασκευή, καθώς και αυτοί που είναι προγραμματισμένοι ή βρίσκονται ακόμα στο πρώιμο στάδιο της μελέτης.

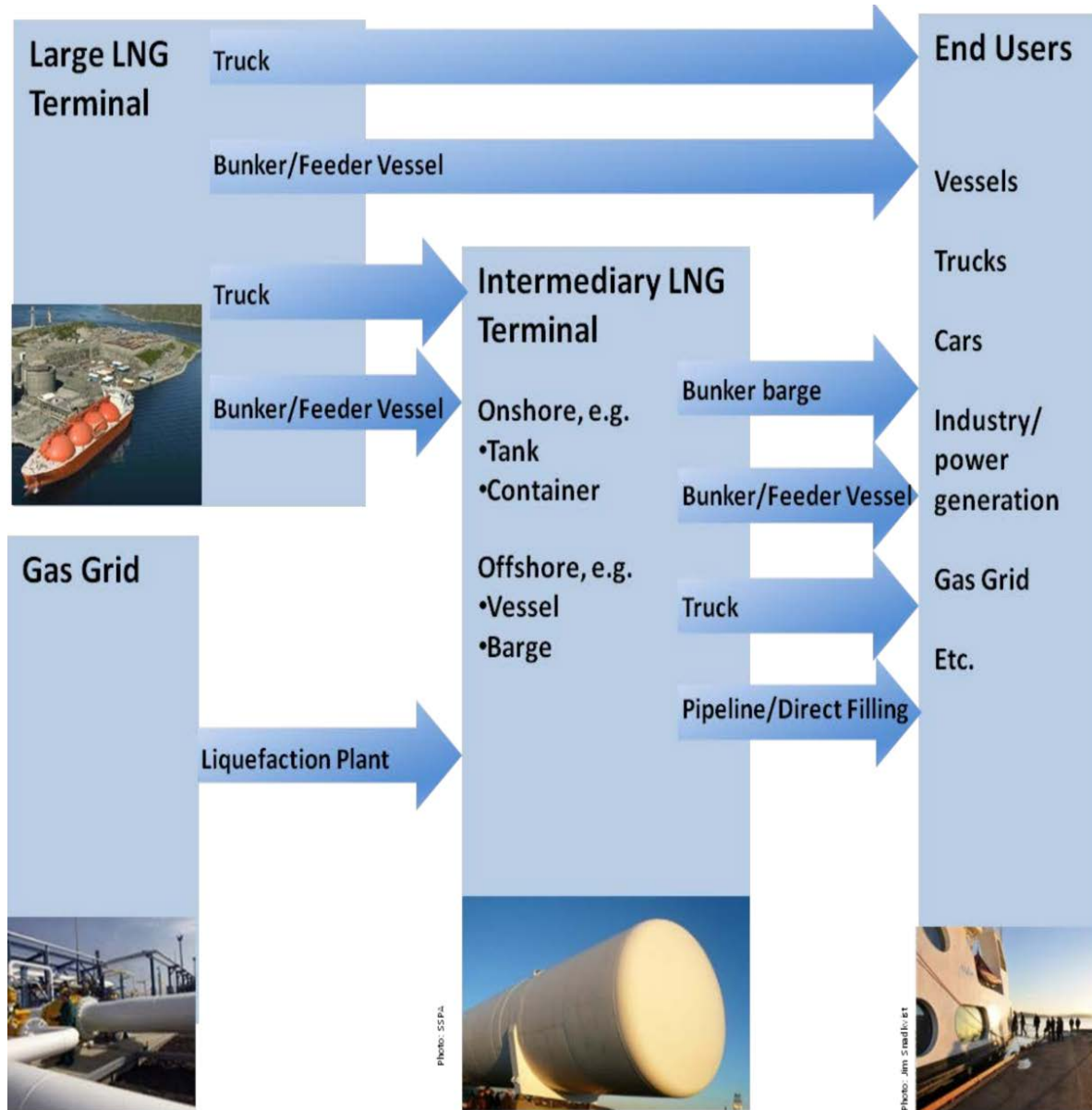


Εικόνα 11. Υφιστάμενοι, προγραμματισμένοι και υπό μελέτη τερματικοί σταθμοί LNG

(Πηγή: Wim Groenendijk, “Securing gas supplies for Europe: Developing infrastructure for LNG”, 2012)

2.2. “Κατάντη” Τομέας Εφοδιαστικής Αλυσίδας LNG, (Down-Stream LNG Supply Chain)

Όταν το LNG χρησιμοποιείται ως καύσιμο για τα πλοία ή για άλλους τελικούς χρήστες, η αλυσίδα εφοδιασμού επεκτείνεται σε πολλά βήματα τα οποία λαμβάνουν χώρα μετά τον τερματικό σταθμό εισαγωγής LNG. Οι διάφορες επιλογές που ακολουθούνται για τον εφοδιασμό των πλοίων από τους τερματικούς σταθμούς εισαγωγής LNG απεικονίζονται στην Εικόνα 12 και περιγράφονται στη συνέχεια.



Εικόνα 12. Πιθανά δρομολόγια του LNG με σκοπό τον ανεφοδιασμό των τελικών χρηστών

(Πηγή: DMA, 2012, Full Report A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations)

Για να αναπτυχθεί μια υποδομή που να υποστηρίζει τη χρήση του LNG ως καύσιμο πλοίων, έννοιες που αφορούν τη διανομή και τον ανεφοδιασμό σε καύσιμα, καθώς επίσης και οι ποσότητες του LNG που διαχειρίζονται, πρέπει να χαρακτηρίζονται από κλίμακες μεγέθους διαφορετικές από εκείνες που χρησιμοποιούνται για να περιγράφονται οι υφιστάμενοι τερματικοί σταθμοί εισαγωγής LNG, οι οποίοι είναι συνήθως μεγάλης κλίμακας. Η σκοπιμότητα μιας διάρθρωσης της προσφοράς LNG θα πρέπει, σε μεγάλο βαθμό, να αφορά μικρές, μεσαίες και μεγάλες λύσεις. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι ορισμοί που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρίσουν αυτό που περιγράφεται ως μεγάλη, μεσαία και μικρή κλίμακα διακίνησης LNG.

Πίνακας 5. Προσδιορισμός χαρακτηριστικών των τριών κλιμάκων μεγέθους

(Πηγή: DMA, 2012, Full Report A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations)

<i>Activity/Aspect</i>	<i>Large-scale</i>	<i>Medium-scale</i>	<i>Small-scale</i>
On shore storage capacity	Import terminal ≥ 100.000 m ³	Intermediary terminal 10.000-100.000 m ³	Intermediary terminal < 10.000 m ³
Ship size, LNG capacity	LNG carriers 100.000-270.000 m ³	LNG feeder vessels 10.00 -100.000 m ³	LNG bunker vessels 1.000-10.000 m ³ LNG bunker vessels/barges 200-1.000 m ³
Tank trucks			40-80 m ³

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, τα βυτιοφόρα LNG έχουν σχεδόν πάντα το ίδιο μέγεθος, περίπου 40-80m³, ενώ τα “bunker vessel” και οι ενδιάμεσες δεξαμενές LNG μπορεί να ποικίλουν σημαντικά σε μέγεθος. Πιο συγκεκριμένα, η χωρητικότητα των πλοίων μεταφοράς LNG για τον ανεφοδιασμό πλοίων μπορεί να κυμαίνεται από 1.000m³ έως 10.000m³, ανάλογα με την απόσταση της τοποθεσίας για την προμήθεια, την τοποθεσία για τον ανεφοδιασμό, το είδος των πελατών που εξυπηρετούνται και του συνολικού όγκου καυσίμων που διαχειρίζεται ο σταθμός ανεφοδιασμού.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ενδιάμεσοι τερματικοί σταθμοί μπορούν να τροφοδοτούνται είτε από την πλευρά της θάλασσας με “LNG feeder vessel” είτε από την χερσαία πλευρά μέσω του δικτύου μεταφοράς φυσικού αερίου. Σε περίπτωση που τροφοδοτούνται από την χερσαία πλευρά ο ενδιάμεσος τερματικός σταθμός πρέπει να διαθέτει εγκατάσταση υγροποίησης του φυσικού αερίου. Οι αρχές που αφορούν την πραγματοποίηση του ανεφοδιασμού με καύσιμα των δεξαμενών είναι ίδιες και για τις δύο περιπτώσεις.

Οι εγκαταστάσεις υγροποίησης μικρής κλίμακας αποτελούν συνήθως μια συμφέρουσα επένδυση, διότι τα κεφάλαια που απαιτούνται είναι σε λογικά πλαίσια. Επιπλέον, το συμπαγές μέγεθος αυτών των εγκαταστάσεων δίνουν την δυνατότητα παραγωγής LNG κοντά στις περιοχές όπου θα χρησιμοποιηθεί, αφού αυτές οι εγκαταστάσεις καταστούν δυνατή, για τους πελάτες που δεν έχουν πρόσβαση σε αγωγούς φυσικού αερίου, την τροφοδοσία τους με φυσικό αέριο. Το LNG μεταφέρεται συνήθως από τις εγκαταστάσεις αυτές σε βιομηχανίες και άλλους πελάτες από ειδικά βυτιοφόρα LNG ή πλοία LNG.

2.2.1. Ενδιάμεσοι τερματικοί σταθμοί LNG (Intermediary LNG Terminals)

Ενδιάμεσοι τερματικοί σταθμοί LNG μπορεί να χρησιμοποιούνται εάν η απόσταση μεταξύ των τερματικών εγκαταστάσεων εισαγωγής LNG από τους τελικούς χρήστες είναι περισσότερο από ότι είναι οικονομικά εφικτό για την κάλυψη της από “bunker vessel” ή βυτιοφόρα LNG. Το φάσμα των οικονομικά εφικτών αποστάσεων είναι περίπου μέχρι 100 ναυτικά μίλια (185 χιλιόμετρα), για τα “bunker vessel”, με βάση τις τρέχουσες πρακτικές και μέχρι 500 χιλιόμετρα για βυτιοφόρα LNG. Η απόσταση αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα μεγέθη των βυτιοφόρων που επιτρέπονται σε διάφορες χώρες.

Ενδιάμεσοι τερματικοί σταθμοί μπορεί να διαφέρουν σημαντικά σε μέγεθος. Σε εφαρμογή πλήρους κλίμακας σε ένα μεγάλο λιμάνι ο ενδιάμεσος τερματικός μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος, όπως για παράδειγμα 100.000m³, ενώ αντίστοιχα ένας ενδιάμεσος τερματικός σταθμός που εξυπηρετεί μικρά αλιευτικά ή ρυμουλκά σκάφη μέσω συστήματος αγωγών στην αποβάθρα μπορεί να είναι εξοπλισμένος με αρκετά μικρής ικανότητας δεξαμενές, όπως για παράδειγμα 50m³.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης του LNG μπορεί να είναι χερσαίες, κινητές ή πλωτές. Πολλοί από τους υφιστάμενους ενδιάμεσους τερματικούς σταθμούς διαθέτουν χερσαίες δεξαμενές αποθήκευσης LNG. Οι κινητές δεξαμενές αποθήκευσης LNG (LNG Containers) οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του από σιδηρόδρομους, μέσω θαλάσσης, ποταμών ή από το οδικό δίκτυο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση του LNG στη ξηρά. Οι πλωτοί σταθμοί, πλοία ή μπάριτζες, μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως ενδιάμεσοι τερματικοί σταθμοί ανεφοδιασμού. Και στις δύο περιπτώσεις πλωτών σταθμών, ένα “bunker vessel” και ένα μικρής κλίμακας πλοίο που χρησιμοποιεί το LNG ως καύσιμο θα έχει την δυνατότητα το αγκυροβολεί παράλληλα στο πλοίο/μπάριτζα και στο “LNG bunker”. Τα βασικότερα πλεονέκτημα των πλωτών τερματικών σταθμών σε σύγκριση με τις σταθερές χερσαίες δεξαμενές είναι το χαμηλότερο κόστος επένδυσης καθώς και η διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου είναι σημαντικά μικρότερη.

2.2.2. Μικρού και Μεσαίου Μεγέθους Πλοία Μεταφοράς LNG για ανεφοδιασμό

Τα μικρού και μεσαίου μεγέθους πλοία μεταφοράς LNG είναι απαραίτητα όταν απαιτείται περαιτέρω διανομή από του τερματικού σταθμού εισαγωγής LNG σε ενδιάμεσους σταθμούς συμπεριλαμβανομένων των πλωτών σταθμών (πλοία/μπάριτζες). Υπάρχουν δύο κατηγορίες που μπορούμε να διακρίνουμε τα πλοία μεταφοράς LNG: “LNG bunker vessels” και “LNG feeder vessels”. Επιπλέον, το LNG μπορεί να μεταφερθεί από μπάριτζες οι οποίες μπορεί να έχουν ή όχι σύστημα αυτοπρόωσης. Στην Εικόνα 13 μπορούμε να δούμε ένα τυπικό “bunker vessel”.



Εικόνα 13. “Bunker vessel” μεταφορική ικανότητα 2.800m³ LNG.

(Πηγή: White Smoke, <http://www.whitesmoke.se/en/the-ws3-design-evolves-2013-01-08>)

Τα “LNG bunker vessels” σε σύγκριση με τα “LNG feeder vessels” είναι μικρότερα και ευέλικτα κινήσεων μέσα στο λιμένα. Η πρόωση θα πραγματοποιείται πιθανότατα από δύο προωθητήρες αζιμούθιο για να εξασφαλιστεί μια μοναδική ικανότητα ελιγμών και η απαιτούμενη εφεδρεία. Σε γενικές γραμμές, η μεταφορική ικανότητα των “LNG bunker vessels” κυμαίνεται από 1.000 έως 10.000m³. Για να είναι σε θέση να εξυπηρετήσει ένα ευρύτερο φάσμα πλοίων, το “LNG bunker vessel” θα μπορούσε να σχεδιαστεί έτσι ώστε να έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει καύσιμα LNG καθώς και πετρελαιοειδή καύσιμα. Ακόμα θα μπορούσε και το ίδιο να χρησιμοποιεί LNG ως καύσιμο καθιστώντας το όσο το δυνατόν φιλικό προς το περιβάλλον. Αντλίες φορτίου υψηλής χωρητικότητας και ένα σύστημα διανομής χωρίς ιδιαίτερες επιπλοκές θεωρούνται αναγκαία ώστε να εξασφαλιστεί ένας γρήγορος και άκοπος ανεφοδιασμός.

Ο βασικός σκοπός των “LNG feeder vessels” είναι η περιφερειακή διανομή του ναυτλιακού καυσίμου LNG από τους μεγάλους τερματικούς σταθμούς εισαγωγής προς τους ενδιάμεσους σταθμούς κατά μήκος της ακτογραμμής καθώς και η δυνατότητα ανεφοδιασμού μεγάλων πλοίων που έχουν ανάγκη από μεγάλες ποσότητες LNG. Το μέγεθος και κύριες διαστάσεις των “LNG feeder vessels” μπορεί να ποικίλει αρκετά ανάλογα με τις διάφορες απαιτήσεις της αγοράς, τα βάθη και άλλους φυσικούς περιορισμούς των λιμένων και των προκαθορισμένων σημείων όπου πραγματοποιούνται οι ανεφοδιασμοί καθώς και την ευελιξία την οποία θα πρέπει να διαθέτει. Τυπική χωρητικότητα μεταφοράς φορτίου για ένα τέτοιο πλοίο τροφοδοσίας LNG θα πρέπει να είναι 7.000 έως 20.000m³. Ο εξοπλισμός που θα πρέπει να διαθέτει το πλοίο θα πρέπει να είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να το καταστεί όσο το δυνατό πιο ευέλικτο σε ανεφοδιασμό λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις του LNG ως φορτίο. Ακόμα θα πρέπει να διαθέτει “bow thrusters” καθώς και υψηλής

απόδοσης πηδάλιο έτσι ώστε να μην απαιτείτε η βοήθεια από ρυμουλκά για πρόσδεση σε προβλήτα ή σε πλοίο. Το κύριο καύσιμο το πλοίου θα μπορούσε να είναι το LNG, χρησιμοποιώντας τους ατμούς του LNG από τις δεξαμενές αποθήκευσης, αλλά θα ήταν προτιμότερο να διαθέτει μηχανή διπλού καυσίμου ώστε να αυξηθεί η εφεδρική πρόωση του πλοίου.

Ήδη από τις 21 Μαρτίου του 2013 στο λιμάνι της Στοκχόλμης και για λογαριασμό του “MS Viking Grace” (passenger ferry), ένα τέτοιο “LNG bunker vessel” βρίσκεται σε λειτουργία. Το “Seagas”, το οποίο απεικονίζεται στην Εικόνα 14, πραγματοποιεί ανεφοδιασμό καθημερινά με 60-70 τόνους LNG σε λιγότερο από μια ώρα.



Εικόνα 14. Το “Seagas” πραγματοποιεί καθημερινά ανεφοδιασμό LNG για λογαριασμό του passenger ferry “MS Viking Grace”

(Πηγή: Sirius Shipping, <http://siriusshipping.eu/our-fleet/seagas/>)

2.2.3. Ειδικά Βυτιοφόρα για Περιφερειακή Διανομή του LNG

Η περιφερειακή διανομή του LNG πραγματοποιείται από βυτιοφόρα οχήματα που εξυπηρετούν τις γύρω βιομηχανικές εγκαταστάσεις, άλλα λιμάνια σε συγκεκριμένες περιοχές καθώς και τη μεταφορά του εντός των λιμένων. Τα LNG φορτηγά μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου από μονάδες υγροποίησης μικρής κλίμακας σε πελάτες που δεν είναι συνδεδεμένοι με το δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου. Στην Εικόνα 15 παρατηρούμε ανεφοδιασμό LNG από βυτιοφόρο σε αποβάθρα.



Εικόνα 15. Ανεφοδιασμός LNG από ειδικό βυτιοφόρο σε αποβάθρα

(Πηγή: Brunsbüttel Ports, <http://www.elbehafen.de/node/388>)

Οι τερματικοί σταθμοί για να πραγματοποιήσουν τη διανομή σε περιφερειακό επίπεδο θα πρέπει να διαθέτουν εγκαταστάσεις φόρτο/εκφόρτωσης. Η διαδικασία που ακολουθείτε για την φόρτο/εκφόρτωση ενός βυτιοφόρου είναι όμοια με την διαδικασία που ακολουθείτε για μια δεξαμενή IMO τύπου C. Εύκαμπτοι σωλήνες χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά LNG μεταξύ του φορτηγού και του τερματικού σταθμού. Η άντληση μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους, είτε με την αύξηση της πίεσης της δεξαμενής του βυτιοφόρου είτε με τη χρήση αντλιών. Ο πρώτος τρόπος απαιτεί ύπαρξη λιγότερου εξοπλισμού αλλά καθιστά τον ανεφοδιασμό χρονοβόρο. Ο δεύτερος τρόπος δίνει τη δυνατότητα υψηλής ταχύτητας ανεφοδιασμού με τη χρήση πρόσθετου εξοπλισμού αντλιών με τυπικό μέγεθος σωληνώσεων δύο έως τρεις ίντσες. Το όχημα μπορεί να μεταφέρει μεταξύ

50 έως 80m³ LNG, ανάλογα με επιτρεπόμενο μέγεθος των φορητών σε μια συγκεκριμένη χώρα. Ένας τυπικός ανεφοδιασμός από ένα βυτιοφόρο 50m³ μπορεί να διαρκέσει έως και δύο ώρες, συμπεριλαμβανομένου της συμπλήρωσης των απαιτούμενων εγγράφων και των διαδικασιών ασφαλείας. Ο χρόνος άντλησης είναι περίπου μια ώρα (transfer rate 60m³/h) . Αποτελεί ωστόσο μια αρκετά οικονομική λύση με κόστος επένδυσης να κυμαίνεται από 350.000-500.000€ για ένα τυπικό βυτιοφόρο 55m³.

2.2.4. Μεταφορά LNG Μέσω Αγωγών

Η μεταφορά του LNG μέσω δικτύων αγωγών σε μεγάλες αποστάσεις αποτελεί μια δύσκολη και ακριβή τεχνική. Ως εκ τούτου, αναμένεται ότι η χρήση αγωγών θα περιορίζεται σε διανομή για εφοδιασμό σταθμών ανεφοδιασμού LNG (δεξαμενές) και όταν οι αποστάσεις ανάμεσα στο ρυθμιστικό σταθμό για την πίεση του φυσικού αερίου και του ενδιάμεσου σταθμού ανεφοδιασμού LNG είναι μικρή.

Προβληματισμοί υπάρχουν για το φαινόμενο της εξάτμισης “boil off gas” στους αγωγούς, ιδίως όταν το LNG δεν χρησιμοποιείται. Δύο είναι οι κύριοι τρόποι αντιμετώπισης των προβλημάτων του LNG σε αγωγούς, όταν δεν είναι σε χρήση:

- Η συνεχής κυκλοφορία του LNG στον αγωγό μπορεί να γίνει ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος μείωσης της θερμοκρασίας μέχρι την επόμενη φορά που θα χρησιμοποιηθεί ο αγωγός. Η μέθοδος αυτή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της έντασης του φαινομένου “boil off”, γεγονός που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη. Εάν το δίκτυο των αγωγών συνδέεται με τερματικό σταθμό, ο σταθμός αυτός θα μπορεί να χρησιμοποιούν το “boil off” από τους αγωγούς. Πρέπει να σημειώσουμε ότι ένας γεμάτος αγωγός εμπεριέχει υψηλά επίπεδα κινδύνου σε σύγκριση με έναν άδειο.
- Το άδειασμα του αγωγού μετά από κάθε χρήση απαιτεί συνήθως άζωτο. Το πρόβλημα είναι ότι το άζωτο μπορεί να ενεργήσει μολύνοντας όταν χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα. Ένας αγωγός που γεμίζεται με άζωτο μπορεί να χρειαστεί να διοχετευτεί με φυσικό αέριο προτού κρυώσει. Αυτό είναι χρονοβόρο και μη αποτελεσματικό.

2.2.5. Μετατροπή Αερίου σε Υγρό

Υπάρχουν πλέον νέες τεχνολογίες για την παραγωγή LNG σε σταθμούς ρύθμισης της πίεσης και μέτρησης σε ένα δίκτυο αγωγών. Πριν από τη διανομή του αερίου στον τελικό χρήστη, η πίεση εντός των αγωγών πρέπει να μειωθεί. Ως εκ τούτου, μπορεί να χρησιμοποιηθούν διαδικασίες εκτόνωσης για να εκμεταλλευθούν την διαφορά πίεσης. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με την εκτόνωση του αερίου εισόδου σχεδόν ισοτροπικά μέσω ενός στροβίλου, μειώνοντας κατά συνέπεια την

θερμοκρασία και υγροποιώντας μερικώς το αέριο. Μια μονάδα παραγωγής LNG αυτού του τύπου θα πρέπει φυσικά να βρίσκεται στη φυσική γραμμή μεταφοράς αερίου, ωστόσο το LNG θα μπορούσε να αποσταλεί σε άλλη τοποθεσία.

Αυτό θα ήταν εφικτό να πραγματοποιηθεί με τα υφιστάμενα εμπορικά συστήματα, αν η μείωση της πίεσης είναι αρκετά μεγάλη. Αριθμητικά στοιχεία από τις νέες εγκαταστάσεις δείχνουν ότι 20-30% του όγκου του αερίου διέλευσης του σταθμού μπορεί να παραχθεί ως LNG. Μέχρι σήμερα ο κύριος σκοπός των υφιστάμενων εγκαταστάσεων είναι η παραγωγή LNG ως καύσιμο οχημάτων. Η διαδικασία αυτή θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στην παροχή του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο, κυρίως από εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας.

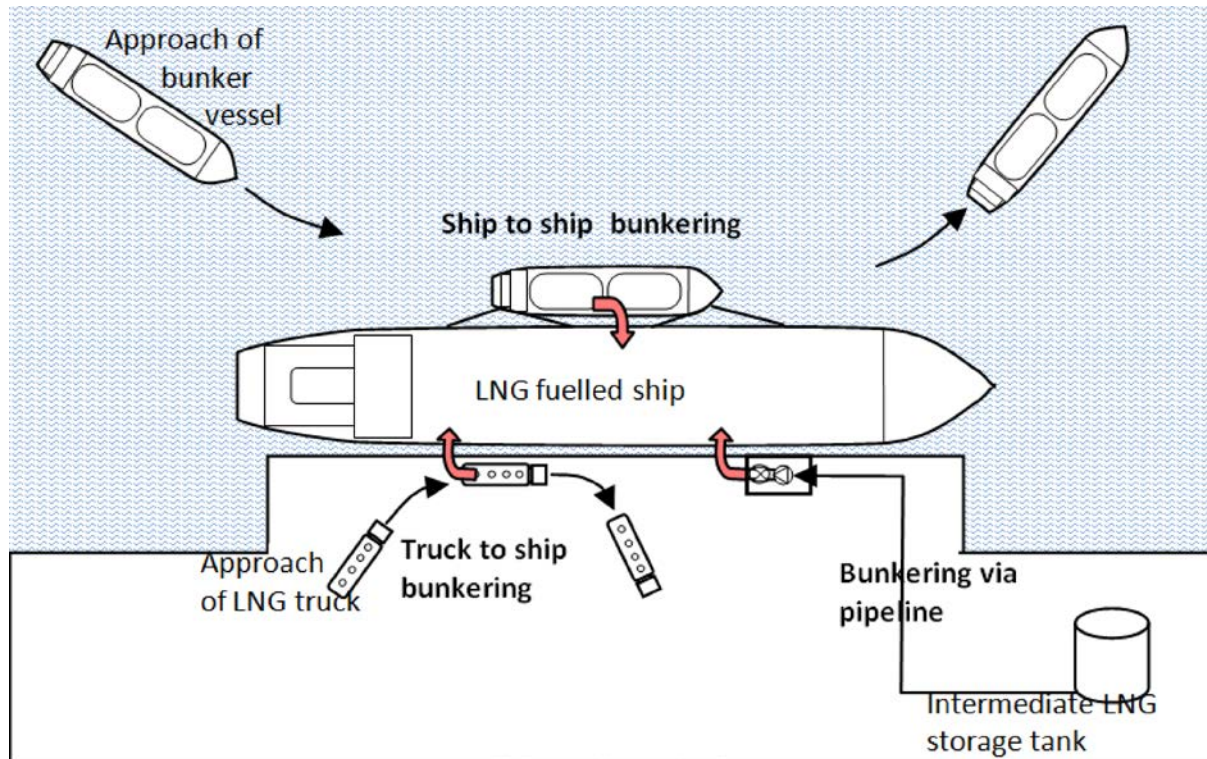
Το μεγάλο μειονέκτημα με τη χρήση ενός συστήματος όπως αυτό είναι, ότι η χρήση του LNG θα πρέπει να ακολουθείται από τα χαρακτηριστικά της χρήσης του φυσικού αερίου. Είναι πιθανό ότι το LNG το οποίο θα παράγεται στους σταθμούς ρύθμισης πίεσης και μέτρησης θα προορίζεται για σταθμούς ανεφοδιασμού πλοίων, οι οποίοι έχουν ένα προφίλ ζήτησης που είναι πολύ διαφορετικό από εκείνο του δικτύου των αγωγών. Με την εγκατάσταση μιας μεγαλύτερης δεξαμενής μπορεί να ξεπεράσει κατά πάσα πιθανότητα αυτό το εμπόδιο. Υπάρχουν και άλλα μέσα παραγωγής LNG από το φυσικό αέριο, ωστόσο αυτά θα ήταν πολύ ακριβά για χρήση και κρίνουμε σκόπιμο να μην αναφερθούν. Το τυπικό κόστος υγροποίησης σύμφωνα με την Νορβηγική εταιρεία διαχείρισης φυσικού αερίου Gasnor είναι 150 έως 300€/τόνο.

2.3. Λύσεις για τον Ανεφοδιασμό Καυσίμου LNG

Πρέπει να αναφέρουμε ότι η επιτυχής υιοθέτηση του LNG ως καύσιμο πλοίων εξαρτάται άμεσα από τις ασφαλείς και αποτελεσματικές επιχειρήσεις ανεφοδιασμού. Οι κανόνες και οι κανονισμοί που σχετίζονται με την διαχείριση του LNG ως φορτίο, έχουν αναπτυχθεί εδώ και αρκετές δεκαετίες, όπως ο κώδικας IGC του IMO και εφαρμόζονται με απόλυτη επιτυχία. Ωστόσο όταν αναφερόμαστε στη διαχείριση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο το ρυθμιστικό πλαίσιο που θα το διέπει βρίσκεται υπό ανάπτυξη. Ακόμα κανόνες και κανονισμοί που έχουν αναπτυχθεί ώστε να καλύψουν το ζήτημα του LNG ως καύσιμο παρουσιάζουν αρκετά κενά, τα οποία θα πρέπει να καλυφθούν με στόχο την ασφαλής και αποδοτική χρήση του. Παρόλο ότι η δημιουργία υποδομών για τον ανεφοδιασμό LNG στην Ευρώπη είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο, οι τεχνικές και λειτουργικές πτυχές των λύσεων για τον ανεφοδιασμό των πλοίων βρίσκονται στο επίκεντρο των συζητήσεων.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τρεις βασικοί τρόποι ανεφοδιασμού των πλοίων με LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 16, οι τρεις βασικοί τρόποι ανεφοδιασμού είναι:

- Ανεφοδιασμός από πλοίο σε πλοίο, πραγματοποιείται σε αποβάθρα ή στην θάλασσα (Ship-to-Ship, STS)
- Ανεφοδιασμός από ειδικά διαμορφωμένο βυτιοφόρο σε πλοίο (Truck-to-Ship, TTS)
- Ανεφοδιασμός από τον σταθμό Ανεφοδιασμού LNG σε πλοίο μέσω αγωγών (LNG Terminal-to-Ship via pipeline, TPS)



Εικόνα 16. Οι τρεις βασικοί τρόποι ναφοδιασμού πλοίων με ναυτιλιακό καύσιμο LNG

(Πηγή: DMA, 2012, Full Report A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations)

Ένα άλλος τρόπος ανεφοδιασμού που δεν είναι τόσο διαδεδομένος, είναι η χρήση κινητών δεξαμενών αποθήκευσης LNG.

Η επιλογή του καταλληλότερου τρόπου ανεφοδιασμού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες τους θα πρέπει κάθε φορά να λαμβάνουμε υπόψη μας. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι η απόσταση, η ένταση της κυκλοφορίας, ο απαιτούμενος όγκος, η συχνότητα, η ασφάλεια, η ύπαρξη γειτονικών λιμένων ανεφοδιασμού LNG καθώς και η χερσαία ζήτηση.

2.3.1. Ανεφοδιασμός από πλοίο σε πλοίο, Ship-to-ship (STS) Bunkering

Ο ανεφοδιασμός που πραγματοποιείται από πλοίο σε πλοίο (STS) μπορεί να εκτελεστεί όταν το πλοίο βρίσκεται στην αποβάθρα, στο αγκυροβόλι ή στη θάλασσα όταν το πλοίο είναι σε λειτουργία. Ωστόσο, η σκοπιμότητα του τελευταίου περιορίζεται από τις αντίξοες καιρικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων των ισχυρών ανέμων, κυμάτων, ορατότητας, ύπαρξης πάγου, ρευμάτων και παλίρροιες.

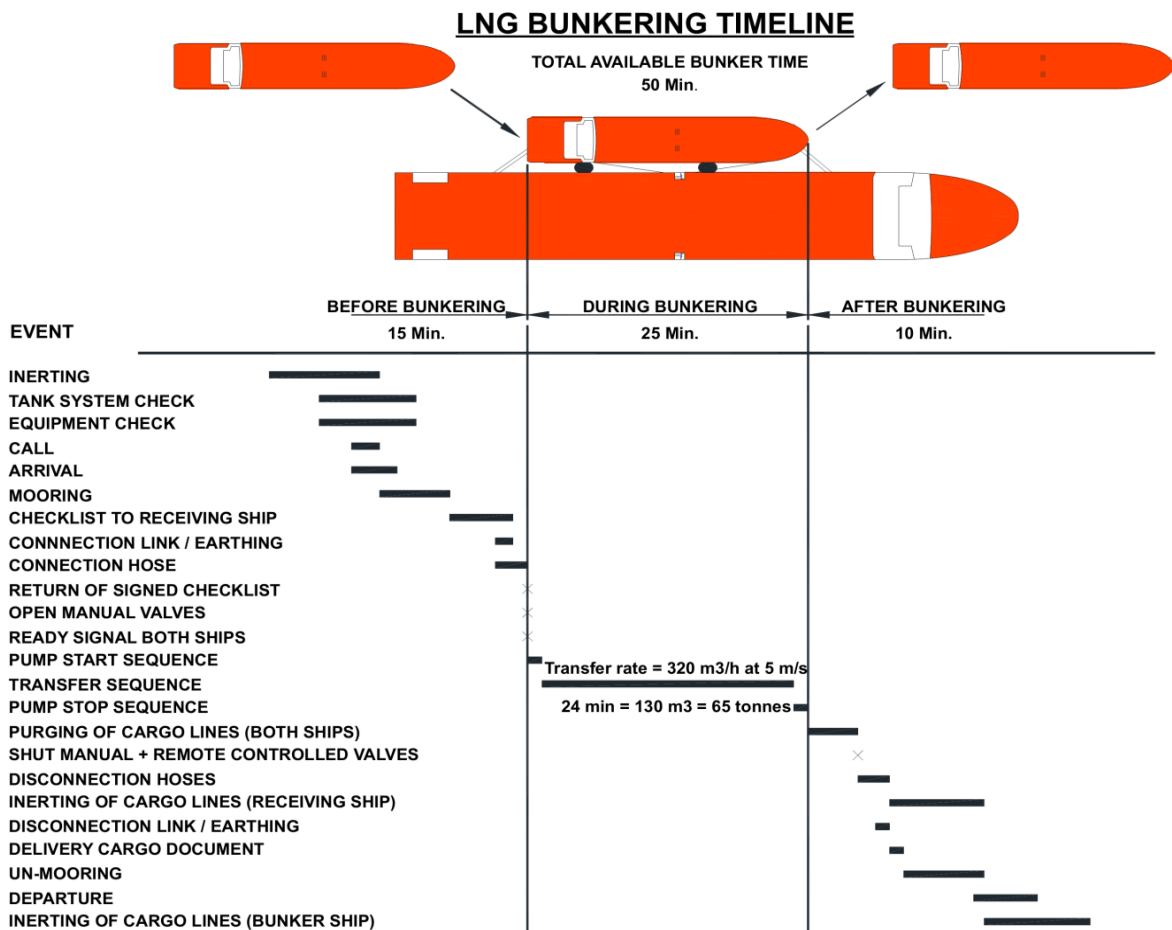
Θα πρέπει να παρέχονται όλες οι απαιτούμενες συνθήκες ώστε να πραγματοποιείται μια καλή πρόσδεση ανάμεσα στο “bunker vessel” και στο πλοίο που τροφοδοτείται με καύσιμο LNG. Οι κατάλληλοι προσκρουστήρες και η κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα των σκοινιών πρόσδεσης είναι απαραίτητοι παράμετροι για έναν ανεφοδιασμό καυσίμων με τη μέθοδο STS. Ακόμα το σύστημα ανεφοδιασμού πρέπει να έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την ασφαλή και αποτελεσματική κυκλοφορία ανάμεσα στα εμπλεκόμενα πλοία. Ο απαιτούμενος χρόνος για να πραγματοποιηθεί το δέσιμο των πλοίων πρέπει να βασίζεται στο “turnaround time”, στο οποίο έχει σημαντικές επιπτώσεις στη διαδικασία του ανεφοδιασμού.

Για λειτουργικούς λόγους όσο και για πρακτική και χρονική απόδοση, οι ποσότητες του LNG που πρέπει να παραδίνονται από τα πλοία μεταφοράς LNG δεν μπορεί να είναι πάρα πολύ μικρές. Όγκοι οι οποίοι είναι περισσότεροι από 100m³ αποτελούν μια λογική επιλογή για το συγκεκριμένο τρόπο ανεφοδιασμού. Τυπικά μεταφορικές ικανότητες πλοίων για τον ανεφοδιασμό καυσίμων μπορεί να κυμαίνονται από 1.000 έως 10.000m³. Μικρά πλοία ή φορτηγίδες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε ορισμένους λιμένες με χωρητικότητες κάτω των 1.000m³.

Ο ανεφοδιασμός καυσίμων με τη μέθοδο STS αναμένεται να είναι η κύρια μέθοδος ανεφοδιασμού πλοίων που απαιτούν όγκο καυσίμων άνω των 100 m³, λόγω του υψηλού βαθμού ευελιξίας, η οποία επιτρέπει σε όλους τους τύπους των πλοίων να εξυπηρετούνται τόσο στην αποβάθρα όσο και στη θάλασσα, αλλά και των υψηλών ρυθμών φόρτωσης και τις μεγάλες πιθανές ποσότητες ανεφοδιασμού καυσίμων που μπορούν να μεταφέρουν.

Στην Εικόνα 17 που ακολουθεί, μπορούμε να παρατηρήσουμε τις απαιτούμενες διεργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν σύμφωνα με ένα τυπικό σενάριο ανεφοδιασμού καθώς και ο απαιτούμενος χρόνος για την ολοκλήρωσης του. Το πλοίο στο οποίο βασίστηκε το σενάριο ανεφοδιασμού είναι ένα Ro-Pax μικρών αποστάσεων, το οποίο θεωρείτε κατάλληλο για τη χρήση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο. Ο ανεφοδιασμός πραγματοποιείται σε λιμάνι το οποίο βρίσκεται κοντά σε αστική περιοχή. Βασικές απαιτήσεις του σεναρίου είναι τα υψηλά επίπεδα ασφαλείας καθώς και το σύντομο χρονικό διάστημα ανεφοδιασμού. Ακόμα, για να γίνει η διαδικασία ανεφοδιασμού

χρονικά αποδοτική, ο ανεφοδιασμός πραγματοποιείται παράλληλα με τις διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης. Η απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου έχει οριστεί στα $130 \text{ m}^3 \approx 65 \text{ ton}$. Ο μέγιστος χρόνος ανεφοδιασμού καυσίμων συμπεριλαμβανομένης της πρόσδεσης έχει οριστεί σε 50 λεπτά. Οι ζώνες ασφαλείας έχουν οριστεί περί τα 10m γύρω από κάθε σημείο του συστήματος σωληνώσεων. Για να γίνεται ευκολότερος ο διαχωρισμός των διεργασιών, ο ανεφοδιασμός μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τρία χρονικά στάδια: πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τον ανεφοδιασμό. Ωστόσο πρέπει να σημειώσουμε ότι για άλλους τύπους πλοίων που πραγματοποιούν διαφορετικά δρομολόγια, οι όγκοι καυσίμου είναι φυσικά διαφορετικοί, οπότε και ο χρόνος που απαιτείται για τον ανεφοδιασμό θα είναι διαφορετικός.

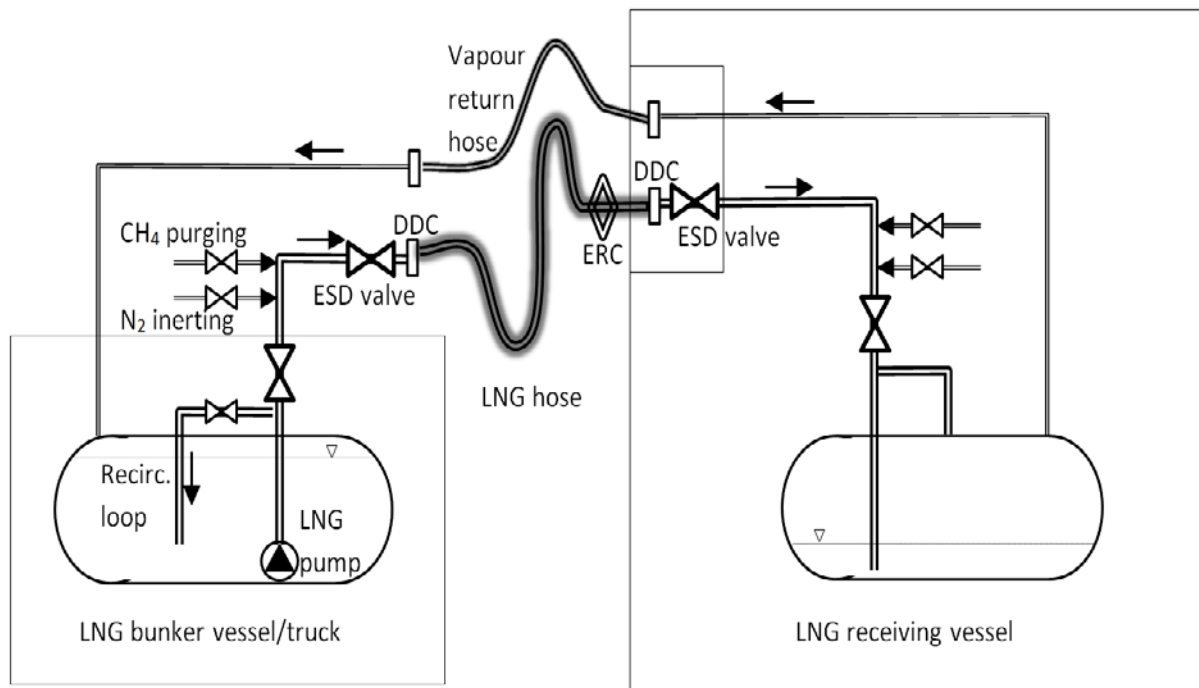


Εικόνα 17 Τυπικό χρονοδιάγραμμα ανεφοδιασμού LNG

(Πηγή: Swedish Marine Technology Forum, 2010, LNG ship to ship bunkering procedure)

2.3.2. Ανεφοδιασμός από βυτιοφόρο σε πλοίο, (Truck-to-Ship bunkering, TTS)

Ο ανεφοδιασμός από ειδικά διαμορφωμένο βυτιοφόρο αποτελεί σήμερα τον πιο διαδεδομένο τρόπο ανεφοδιασμού πλοίων με καύσιμο LNG. Το κύριο όφελος των ειδικά διαμορφωμένων βυτιοφόρων είναι ότι αποτελούν μια ανέξοδη επένδυση σε σύγκριση με τις άλλες εναλλακτικές λύσεις. Ο ανεφοδιασμός πραγματοποιείται στην προβλήτα, όπου το βυτιοφόρο είναι σταθμευμένο, μέσω ενός συστήματος εύκαμπτων σωληνώσεων. Ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι ο εφοδιασμός των πλοίων δεν πραγματοποιείται με γρήγορο ρυθμό, με αποτέλεσμα ο συγκεκριμένος τρόπος ανεφοδιασμού να είναι κατάλληλος για μικρούς όγκους καυσίμου μέχρι 100-200m³. Επιπλέον, έχει σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο σε λειτουργίες οι οποίες μπορούν να πραγματοποιηθούν παράλληλα με έναν ανεφοδιασμό, όπως ο χειρισμός φορτίων και η επιβίβαση/αποβίβαση επιβατών καθώς ο ανεφοδιασμός πραγματοποιείται από την πλευρά της προβλήτας. Ακόμα ένας προφανής περιορισμός είναι ότι η προτιμώμενη τοποθεσία για την πραγματοποίηση του ανεφοδιασμού θα πρέπει να συνδέεται οδικά με τον σταθμό ανεφοδιασμού LNG, ο οποίος θα πρέπει να διαθέτει ειδική εγκατάσταση και εξοπλισμό για να μπορεί να επιτρέψει τη φόρτο/εκφόρτωση των βυτιοφόρων. Στην Εικόνα 18 παρουσιάζεται μια τυπική διασύνδεση για διαδικασία μεταφοράς LNG.



Εικόνα 18 Τυπική διασύνδεση για την ασφαλή μεταφορά ναυτιλιακού καυσίμου LNG

(Πηγή: DMA, 2012, Full Report A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations)

2.3.3. Ανεφοδιασμός από τον Σταθμό Ανεφοδιασμού LNG σε πλοίο μέσω αγωγών,

(LNG Terminal-to-Ship via pipeline, TPS)

Ο ανεφοδιασμός με σύνδεση αγωγών από τερματικούς σταθμούς LNG στα πλοία για την παραλαβή του αποτελεί το τρίτο μέσο ανεφοδιασμού καυσίμων. Ο συγκεκριμένος τρόπος αποτελεί ιδανική λύση για την παράδοση, με υψηλούς ρυθμούς, μεγάλες ποιότητες καυσίμων, πράγμα που σημαίνει ότι ο ανεφοδιασμός μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μικρό χρονικό διάστημα. Αποτελεί κατάλληλη λύση για πλοία που πραγματοποιούν δρομολόγια, σύντομης χρονικής διάρκειας, με υψηλή συχνότητα και για λιμάνια με υψηλή συχνότητα παράδοσης χαμηλών ποσοτήτων όγκου καυσίμων, όπως για παράδειγμα σε ρυμουλκά και αλιευτικά σκάφη.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις εφοδιαστικές επιλογές το μέγεθος της δεξαμενής αποθήκευσης του LNG ποικίλει από πολύ μικρές (20m³) έως πολύ μεγάλες (100.000m³).

Η πρόσβαση στην αποβάθρα και η απόσταση μεταξύ της πηγής και του πλοίου που τροφοδοτείτε αποτελούν θεμελιώδεις παράγοντες για την επιτυχία της μεθόδου ανεφοδιασμού από αγωγό. Βασικό περιορισμό αποτελεί η απόσταση της δεξαμενής από το σημείο ανεφοδιασμού. Μεγάλες αποστάσεις είναι αρκετά δύσκολο να τροφοδοτηθούν με LNG μέσω δικτύου σωληνώσεων κατευθείαν από τους τερματικούς σταθμούς τόσο από τεχνική όσο και από λειτουργική και οικονομική άποψη. Άμεσο συμπέρασμα είναι ότι θα πρέπει να υπάρχει στενή γειτνίαση των δεξαμενών αποθήκευσης με της προβλήτες όπου πραγματοποιούνται οι ανεφοδιασμοί. Η ευελιξία δεν αποτελεί χαρακτηριστικό αυτού του τρόπου ανεφοδιασμού, αφού η θέση ανεφοδιασμού παραμένει σταθερή και λόγω των διαφορών δραστηριοτήτων που μπορεί να λαμβάνουν χώρα στο λιμένα. Ωστόσο, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν φορηγίδες, οι οποίες θα λειτουργούν ως ενδιάμεσα τερματικά, καθιστώντας τη μέθοδο αυτή πιο ευέλικτη.

Ο ανεφοδιασμός μέσω αγωγών είναι κατάλληλος να χρησιμοποιηθεί σε λιμάνια ή προβλήτες που διαθέτουν μια σταθερή και μακροπρόθεσμη ζήτηση για παράδοση καυσίμων ή όταν η τοπική ζήτηση για ανεφοδιασμό πλοίων συμπίπτει με την ζήτηση από άλλους καταναλωτές, με αποτέλεσμα την από κοινού χρήση των υποδομών.

Παράδειγμα ανεφοδιασμού μέσω αγωγών είναι οι εγκαταστάσεις στο λιμάνι Halhjem της Νορβηγίας το οποίο παρουσιάζεται στην εικόνα 16. Τα πλοία ανεφοδιάζονται από 2x500m³ σταθερές δεξαμενές μέσω ενός αγωγού μεταφοράς LNG μήκους 150m. Η σύνδεση του συστήματος σωληνώσεων από την ξηρά προς το σύστημα δεξαμενής καυσίμων του πλοίου λαμβάνει χώρα μέσω μιας φλάντζας. Τα πλοία που τροφοδοτούνται διαθέτουν 2x120m³ δεξαμενές καυσίμου LNG. Ο ρυθμός άντλησης των δεξαμενών για τον ανεφοδιασμό των ferries είναι περίπου 100m³/h με δυνατότητα να σχεδιαστούν

συστήματα για ταχύτερο ανεφοδιασμό εάν αυτός απαιτείται. Στις Εικόνες 19(α) και (β) που ακολουθούν παρουσιάζεται η εν λόγω εγκατάσταση, από όπου μπορούμε να διακρίνουμε την μικρή απόσταση των δεξαμενών από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.



Εικόνα 19 Εγκαταστάσεις παροχής LNG στο λιμάνι Haljem της Νορβηγίας

(Πηγή: (α) http://www.nordic-market.de/news/6038/brunsbuettel_ports_deutsche_maritime_branche_ruestet_sich_fuer_lng.htm (β) Port of Hamburg, <http://www.hafen-hamburg.de/>)

2.3.4. Κινητές Δεξαμενές Αποθήκευσης LNG

Η παράδοση και αποθήκευση του LNG σε κινητές δεξαμενές εμπορευματοκιβωτίων αποτελεί μια ευέλικτη επιλογή τροφοδοσίας, που παρέχει τη δυνατότητα χρήσης του LNG ως καύσιμο σε περιοχές όπου καμία άλλη υποδομή εφοδιασμού LNG δεν είναι διαθέσιμη.

Η δεξαμενή αποθήκευσης LNG είναι τοποθετημένη σε ένα ανθεκτικό πλαίσιο, όπως ένα κινητό δοχείο με διαστάσεις σύμφωνα με τα πρότυπα ISO. Ένα container 40ft. μπορεί να έχει χωρητικότητα 31,5m³. Για να καλυφθούν οι ανάγκες του πλοίου σε καύσιμα φορτώνεται και ο απαιτούμενος αριθμός κινητών δεξαμενών. Αποτελεί, σε κάποιο βαθμό, μια λύση η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε Containers Ships και πλοία RoRo. Βασικά μειονεκτήματα των κινητών δεξαμενών δεν είναι μόνο τα θέματα ασφαλείας, αλλά και η μείωση της μεταφορικής ικανότητας του πλοίου. Ακόμα θα πρέπει να καθοριστεί από τον IGF Code εάν μια τέτοια διάταξη επιτρέπεται και εάν επιτρέπεται να σχεδιαστεί ένα τέτοιο σύστημα. Η λύση αυτή δεν αποτελεί επιλογή για τον ανεφοδιασμό με ναυτιλιακό καύσιμο LNG στα πλαίσια αυτή της διπλωματικής. Ωστόσο θα πρέπει να σημειώσουμε ότι θα μπορούσε να αναπτυχθεί για εξειδικευμένες αγορές στο μέλλον. Για παράδειγμα η Wärtsilä εξετάζει τη δυνατότητα χρήσης δοχείων LNG, τα οποία είναι συνδεδεμένα με το σύστημα φυσικού αερίου του πλοίου με εύκαμπτους σωλήνες και δυνατότητας γρήγορης σύζευξης του δοχείου

με το πλοίο σε σταθμούς ελλιμενισμού. Επίσης αυτοκινητάμαξες εισέρχονται στην αλυσίδα εφοδιασμού του LNG, όπως για παράδειγμα στο λιμάνι του Ρότερνταμ.

2.3.5. Κατάλληλη μέθοδοι ανεφοδιασμού για διάφορες κατηγορίες πλοίων

Η κατάλληλη κάθε φορά μέθοδος ανεφοδιασμού εξαρτάται από τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά των πλοίων που τροφοδοτούνται με LNG. Βασικοί παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή του τρόπου ανεφοδιασμού είναι το μέγεθος και ο απαιτούμενος όγκος καυσίμων του πλοίου που τροφοδοτείται, η ώρα παραμονής στο λιμάνι και η γεωγραφική κάλυψη. Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι πλοίων και οι καταλληλότεροι τρόποι ανεφοδιασμού για τον κάθε τύπο με κατάταξη των τρόπων ανεφοδιασμού με βάση την καταλληλότητα του. Το νούμερο “1” δείχνει την πιο κατάλληλη λύση για την πραγματοποίηση του ανεφοδιασμού, το νούμερο “2” την ενδιάμεση λύση ανεφοδιασμού και το νούμερο “3” την τελευταία λύση για ανεφοδιασμό.

Πίνακας 6. Βαθμονόμηση των τρόπων ανεφοδιασμού με βάση την καταλληλότητα για κάθε τύπο πλοίου

(Πηγή: DMA, 2012, Full Report A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations)

<i>Type of vessel / Type of bunkering</i>	<i>STS</i>	<i>TTS</i>	<i>TPS</i>
RoPax/RoRo Vessels	1	3	2
Tugboats (vessels occupied in port areas)	3	1	1
Coastal Tankers / Bulk Carriers	1	3	3
Container Feeder Vessels	1	2	2
LNG Feeder Vessels	1	3	1
LNG Bunker Vessels	2	2	1
LNG Tankers (140,000 m ³)	2	3	1
Naval / Coast Guard Vessels	2	1	2
Offshore Supply Vessels	2	1	2
Smaller Passenger Vessels	2	1	1
Larger Fishing Vessels	1	2	1
VLCC (Very Large Crude oil Carrier)	1	3	2

<i>Matrix Legend</i>	
1	Most suitable LNG bunkering solution
2	Suitable LNG bunkering solution, though not the best
3	Unsuitable LNG bunkering solution for this vessel type

2.3.6. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Διαφορετικών Μεθόδων Ανεφοδιασμού

Από λειτουργικής και εφοδιαστικής άποψης οι διαφορετικές λύσεις ανεφοδιασμού LNG διαθέτουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα πιο σημαντικά από αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τριών τρόπων ανεφοδιασμού

(Πηγή: DMA, 2012, Full Report A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations)

	<i>STS</i>	<i>TTS</i>	<i>TPS</i>
<i>Πλεονεκτήματα</i>	Ευελιξία	Ευελιξία	Μη-ευελιξία
	Υψηλός ρυθμός μεταφοράς	Μικρό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος	Ικανότητα τροφοδοσίας μεγάλων ποσοτήτων καυσίμων
	Ικανότητα τροφοδοσίας μεγάλων ποσοτήτων καυσίμων		Ικανότητα γρήγορου ανεφοδιασμού
	Ανεφοδιασμός στη θάλασσα		
<i>Μειονεκτήματα</i>	Υψηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος	Μικρές ποσότητες καυσίμου	Σταθερό σημείο ανεφοδιασμού
		Χαμηλός ρυθμός μεταφοράς	Καταλαμβάνει χώρο στο τερματικό σταθμό

Απόρροια των παραπάνω είναι ότι, ο ανεφοδιασμός από πλοίο σε πλοίο είναι ένας ευέλικτος τρόπος ανεφοδιασμού ικανός να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες καυσίμου και να εκφορτώσει σε σχετικά γρήγορο ρυθμό, αλλά έχει υψηλά επενδυτικά και λειτουργικά κόστη. Ο ανεφοδιασμός μπορεί να πραγματοποιείται στην προβλήτα, αλλά υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται και στο αγκυροβόλι ή στη θάλασσα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου. Ο ανεφοδιασμός από δεξαμενή μέσω αγωγών αποτελεί επίσης έναν γρήγορο ανεφοδιασμό με δυνατότητα μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων με αποτελεσματικό τρόπο. Ωστόσο αυτή η λύση απαιτεί ένα σταθερό σημείο για τον ανεφοδιασμό και μπορεί να μην είναι κατάλληλη για όλους του τύπους των πλοίων. Περαιτέρω πρόβλημα είναι ότι δεν μπορούν να ανακτηθούν επενδυτικά κεφάλαια εάν πραγματοποιηθούν αλλαγές στο λιμένα. Τα βυτιοφόρα αποτελούν την πιο φθηνή, επενδυτικά και λειτουργικά, λύση με μεγάλο βαθμό ευελιξίας, αλλά είναι κατάλληλα για ανεφοδιασμό μικρών ποσοτήτων LNG.

2.4. Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ)

Το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ) μεταφέρει φυσικό αέριο από τα ελληνοβουλγαρικά (ανάντι Διαχειριστής BULGARTRANGAZ) και ελληνοτουρκικά (ανάντι Διαχειριστής BOTAS) σύνορα, καθώς και από τον τερματικό σταθμό LNG, ο οποίος βρίσκεται εγκατεστημένος στη νήσο Ρεβυθούσα του κόλπου Μεγάρων, σε καταναλωτές εγκατεστημένους στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Αποτελείται από:

- Τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς αερίου μήκους 512 χλμ. και διαμέτρου 36’’ και 30’’ και τους κλάδους αυτού συνολικού μήκους 779 χλμ. (συμπεριλαμβανομένου και του υποθαλάσσιου αγωγού διαμέτρου 20’’ και μήκους 14,20 χλμ. του κλάδου Αλιβερίου), που συνδέουν διάφορες περιοχές της χώρας με τον κύριο αγωγό
- Τους Μετρητικούς Σταθμούς Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου
- Το Σταθμό LNG της Ρεβυθούσας
- Το Σταθμό Συμπίεσης στη Νέα Μεσημβρία Θεσσαλονίκης
- Τους Μετρητικούς και Ρυθμιστικούς σταθμούς φυσικού αερίου
- Τα Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου
- Τα Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης του Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου, Ανατολικής Ελλάδος, Βορείου Ελλάδος, Κεντρικής Ελλάδος και Νοτίου Ελλάδος
- Το σύστημα Τηλεελέγχου και Τηλεπικοινωνιών
- Δύο υποθαλάσσιους αγωγούς, εφεδρικός ο ένας του άλλου, διαμέτρου 24’’ έκαστος και μήκους 620m και 510m, που συνδέουν τον Σταθμό LNG Ρεβυθούσας με την ηπειρωτική χώρα

Συνοψίζοντας, το Φυσικό Αέριο παραδίδεται από τους Χρήστες Μεταφοράς σε τρία Σημεία Εισόδου του ΕΣΦΑ και παραλαμβάνεται από τους Χρήστες Μεταφοράς μέσω τριάντα οκτώ Σημείων Εξόδου σε όλη την ηπειρωτική Ελλάδα.

Η ΔΕΠΑ αποτελεί τον κύριο εισαγωγέα φυσικού αερίου αγωγών και LNG στην Ελλάδα. Είναι η εταιρεία η οποία έχει υπογράψει μακροχρόνιες συμβάσεις προμήθειας αερίου με τη ρωσική Gazprom, την τουρκική BOTAS, και την αλγερινή Sonatrach. Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέγιστες ποσότητες προμήθειας ανά έτος και η περίοδο διάρκειας συμβολαίου από κάθε εταιρεία. Σύμφωνα με αυτόν, ο κύριος προμηθευτής φυσικού αερίου είναι η Ρωσική εταιρεία

Gazprom με 67% του συνόλου της συμβολαιοποιημένης ποσότητας, ακολουθούμενη από την Τουρκική εταιρεία BOTAS με 17%. Η εισαγωγή του LNG από την Αλγερία αποτελεί μόλις το 16%.

Πίνακας 8. Μέγιστες ποσότητες προμήθειας ανά έτος και η περίοδο διάρκειας συμβολαίου από κάθε εταιρεία

(Πηγή: ΔΕΠΑ, <http://www.depa.gr>)

<i>Παραγωγός Χώρα (αγωγός και LNG)</i>	<i>Προμηθεύτρια Εταιρεία</i>	<i>Μέγιστη Ποσότητα (δισ Nm³ ανά έτος)</i>	<i>Περίοδος Συμβολαίου (διάρκεια έως)</i>
Ρωσία	Gazprom	2,80	2016
Αλγερία	Sonatrach (LNG)	0,68	2021
Τουρκία	BOTAS	0,71	2021
Σύνολο Συμβολαιοποιημένων Ποσοτήτων ΔΕΠΑ		4,2	

2.4.1. Σταθμός Εισαγωγής LNG Ρεβυθούσα

Η Ελλάδα διαθέτει έναν σταθμό εισαγωγής και αποθήκευσης LNG ο οποίος βρίσκεται στη νήσο Ρεβυθούσα. Αποτελεί το τρίτο Σημείο Εισόδου στο ΕΣΦΑ και συμβάλλει ουσιαστικά στην ασφάλεια εφοδιασμού τόσο μέσω του αποθηκευτικού χώρου που διαθέτει όσο και μέσω της δυνατότητας που παρέχεται για τη διαφοροποίηση της προέλευσης του φυσικού αερίου που εισάγεται στην ελληνική αγορά. Ο μοναδικός εισαγωγέας LNG μέχρι σήμερα είναι η εταιρεία Sonatrach η οποία εξασφαλίζει την προμήθεια 0,68 δισεκατ. κυβικών μέτρων ανά έτος με Αλγερινό LNG μέχρι το 2021.

Τοποθεσία

Η εγκατάσταση LNG του ΔΕΣΦΑ βρίσκεται επί της νήσου Ρεβυθούσας στον κόλπο Μεγάρων. Η θέση της νήσου Ρεβυθούσας βρίσκεται σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος 37° 57,6' και ανατολικό γεωγραφικό μήκος 23° 24,2' ενώ απέχει περίπου 16,8 ναυτικά μίλια από το επιβατικό λιμάνι του Πειραιά. Στην Εικόνα 20 βλέπουμε μια άποψη της νήσου Ρεβυθούσα και τη διαρρύθμιση της εγκατάστασης.



Εικόνα 20. (α) Η άποψη της νήσου Ρεβυθούσας. (β) Η διαρρύθμιση της εγκατάστασης

(Πηγή: (α) Το Βήμα, 2009, <http://www.tovima.gr/finance/article/?aid=250505>, (β) ΔΕΣΦΑ, <http://www.desfa.gr/files/YFA/JETTY%20AND%20TERMINAL%20INFORMATION%202011.pdf>)

Η Λιμενική Αρχή που είναι υπεύθυνη για την πλοήγηση εντός του λιμένα στη Ρεβυθούσα είναι η Υπηρεσία του Λιμεναρχείου Πειραιώς, ενώ για τη θαλάσσια ασφάλεια στην εγκατάσταση LNG του ΔΕΣΦΑ υπεύθυνη είναι η Λιμενική Αρχή Ελευσίνας. Συγκεκριμένα το Λιμεναρχείο Ελευσίνας έχει καθορίσει ζώνη αποκλεισμού ακτίνας 300m γύρω από την προβλήτα LNG για την οποία πρέπει να είναι ενήμεροι οι πλοηγοί πλοίων, ώστε να τηρείται ελεύθερη επαρκής περιοχή προς πρόσδεση, για τα προς ελλιμενισμό πλοία μεταφοράς LNG.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Η εγκατάσταση διαθέτει πλήρως εξοπλισμένη προβλήτα εκφόρτωσης πλοίων LNG στη νότια πλευρά του νησιού, η οποία μπορεί να δεχτεί πλοία μήκους έως 290 μέτρα και μέγιστου βυθίσματος 11,54 μέτρα. Ο μέγιστος ρυθμός εκφόρτωσης LNG είναι $7.250\text{m}^3/\text{h}$ και πραγματοποιείται με τρεις βραχίονες LNG, ο σταθερός μέγιστος ρυθμός αεριοποίησης (Sustained Maximum Sendout Rate, SMSR) είναι $1.000\text{m}^3/\text{h}$ ενώ ο έκτακτος ρυθμός αιχμής αεριοποίησης (Peak Sendout Rate, Peak) είναι $1.250\text{m}^3/\text{h}$.

Η Εγκατάσταση LNG κατέστη λειτουργική το έτος 2000. Το πρώτο πλοίο που προσέγγισε ήταν το “LNG Century”, που μετέφερε περίπου 30.000m^3 Αλγερινού LNG. Στις αρχές του έτους 2008 ολοκληρώθηκε η φάση επέκτασης της εγκατάστασης με αποτέλεσμα την αύξηση της Δυναμικότητας Αεριοποίησης και την αύξηση της Δυναμικότητας Έγχυσης Φορτίου LNG από πλοίο μεταφοράς LNG. Ο σταθμός αποτελείται πλέον από δύο (2) δεξαμενές LNG χωρητικότητας 65.000m^3 έκαστην και αποτελεί τη μοναδική εγκατάσταση του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου που δύναται να αποθηκεύσει προσωρινά ποσότητες Φυσικού Αερίου έως $130.000\text{m}^3 \approx 882.700\text{MWh}$. Στα πρώτα

δέκα χρόνια λειτουργίας του σταθμού έχουν παραληφθεί πάνω από τριακόσια (300) φορτία LNG που φθάνουν στη χώρα μας με δεξαμενόπλοια.

Έχει ήδη αναπτυχθεί σχέδιο για την 2^η αναβάθμιση του τερματικού σταθμού LNG της νήσου Ρεβυθούσας, σύμφωνα με το “Πρόγραμμα Ανάπτυξης ΕΣΦΑ 2013-2022”. Στο έργο περιλαμβάνεται την αύξηση του αποθηκευτικού χώρου του σταθμού με την εγκατάσταση μιας νέας δεξαμενής 95.000m³. Με την προσθήκη της δεξαμενής αυτής ο συνολικός χώρος αποθήκευσης θα αυξηθεί από τα 130.000 στα 225.000m³, ενώ ο διατιθέμενος στους χρήστες αποθηκευτικός χώρος από 110.000m³ σε περίπου 200.000 m³ (δηλ. αύξηση 82%). Επίσης, θα πραγματοποιηθούν λιμενικά έργα με σκοπό τη αναβάθμισή του, δίνοντας τη δυνατότητα υποδοχής μεγαλύτερων πλοίων με χωρητικότητα έως και 260.000 m³, γεγονός που του δίνει τη δυνατότητα υποδοχής σχεδόν του συνόλου του στόλου των πλοίων μεταφοράς LNG παγκοσμίως. Σημειώνεται ότι σήμερα ο τερματικός σταθμός έχει τη δυνατότητα υποδοχής πλοίων με χωρητικότητα LNG έως 140.000 m³. Εκτός από την αύξηση του ανταγωνισμού λόγω ενεργοποίησης περισσότερων μεταφορέων LNG, θα υπάρξει όφελος και από το γεγονός ότι το ανά μονάδα όγκου μεταφορικό κόστος του LNG μειώνεται όσο μεγαλύτερο είναι το φορτίο, έτσι το έργο αυτό αναμένεται να οδηγήσει σε χαμηλότερες τιμές Φυσικού Αερίου για τον καταναλωτή. Θα αυξήσει την δυνατότητα μιας ομάδας συγκεκριμένων καταναλωτών οι οποίοι αναφέρονται ως “Επιλεγέντες Πελάτες⁵” να κλείνουν μόνοι τους συμφωνίες για την εισαγωγή και αποθήκευση του LNG. Τέλος, το έργο περιλαμβάνει πρόταση για την εγκατάσταση κρυογενικού εξοπλισμού ο οποίος θα αυξήσει τον ρυθμό αεριοποίησης σε κανονικές συνθήκες από 1000Nm³/h LNG σήμερα, σε 1400Nm³/h LNG (δηλ. αύξηση 40%), καθώς και την αναβάθμιση του μετρητικού σταθμού Αγ. Τριάδας. Με βάση το τρέχον χρονοδιάγραμμα η ολοκλήρωση του συνολικού έργου αναμένεται στις αρχές του 2016.

Ο τρέχων προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 159 εκ. €, εκ των οποίων τα 129,8 εκ. € αφορούν στην κατασκευή της δεξαμενής, τα 7,3 εκ. € την αναβάθμιση των λιμενικών εγκαταστάσεων και τα 21,9 εκατ. € την αύξηση του ρυθμού αεριοποίησης και την αναβάθμιση του μετρητικού σταθμού Αγίας Τριάδας. Το ποσοστό επιχορήγησης μέσω του Προγράμματος Δημοσίων Επενδύσεων (ΠΔΕ) στο πλαίσιο του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) ανέρχεται στο ποσοστό 35% του επιλέξιμου κόστους, ενώ το ποσοστό 65% του συνολικού προϋπολογισμού που δεν θα συγχρηματοδοτηθεί από το ΠΔΕ θα καλυφθεί από ίδια κεφάλαια και δανεισμό.

⁵ Σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας από τις 15 Νοεμβρίου 2009 εισήλθε ο όρος “Επιλεγέντες Πελάτες” που δίνει τη δυνατότητα σε Καταναλωτές (με κατανάλωση φυσικού αερίου τουλάχιστον 100.000 MWh/έτος \approx 6.667 τόνους/έτος) να επιλέγουν τον προμηθευτή τους. Ωστόσο σύμφωνα με τον υφιστάμενο Κώδικα του ΕΣΦΑ η μέγιστη Περίοδος Προσωρινής Αποθήκευσης του LNG είναι 18 μέρες.

Ο τερματικός σταθμός εισαγωγής της Ρεβυθούσας έχει την δυνατότητα να τροφοδοτεί πλοία μεταφοράς LNG, “bunker vessels” και “feeder vessels”, καθώς και ειδικά βυτιοφόρα, δεδομένου του εξοπλισμού του οποίου διαθέτει. Λόγω του ότι η Ρεβυθούσα είναι νησί και δεν υπάρχει μέχρι σήμερα εγκατάσταση και δίκτυο για τη μεταφορά του LNG στην απέναντι χερσαία πλευρά, η τροφοδοσία των βυτιοφόρων πάνω στο νησί θεωρείται ως το πιο πιθανό σενάριο. Παρόλα αυτά υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας χερσαίας εγκατάστασης εφοδιασμού βυτιοφόρων στο ακρωτήριο της Αγίας Τριάδας το οποίο βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από τη Ρεβυθούσα⁶.

Ο τερματικός σταθμός εισαγωγής LNG της Ρεβυθούσα αποτελεί την πιο εφικτή λύση για χρήση ως σταθμού ανεφοδιασμού πλοίων με ναυτιλιακό καύσιμο LNG στην ευρύτερη περιοχή. Η ύπαρξη μεγάλων αποθηκευτικών χώρων καθώς και η επικείμενη επέκτασή τους, δεν απαιτεί δημιουργία καινούργιας δεξαμενής αποθήκευσης (δηλαδή ενδιάμεσο τερματικό σταθμό) γεγονός που καθιστά τη λύση αυτή οικονομικά ευνοϊκή.

⁶ Οι πληροφορίες αυτές δόθηκαν από το τεχνικό τμήμα της ΔΕΣΦΑ στη Ρεβυθούσα ύστερα από τηλεφωνική επικοινωνία με τον συγγραφέα.

3. Εκτίμηση Ζήτησης Καύσιμου LNG στο Λιμάνι του Πειραιά

Ο βασικός στόχος του κεφαλαίου είναι η εκτίμηση της ζήτησης ναυτιλιακού καυσίμου LNG τα έτη αναφοράς της μελέτης (2020 και 2030) στο λιμάνι του Πειραιά. Στην αρχή προχωρήσουμε σε μια γενική περιγραφή της ναυτιλιακής δραστηριότητας του λιμανιού καθώς αποτελεί βασική παράμετρο για την αρχική εκτίμηση της ζήτησης LNG και της περαιτέρω επενδυτικής πρότασης για δημιουργία τερματικού σταθμού ανεφοδιασμού. Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την εκτιμώμενη ζήτηση LNG ακολουθήσαμε συγκεκριμένη μεθοδολογία η οποία παρουσιάζεται λεπτομερέστερα παρακάτω. Οι υποθέσεις, στις οποίες βασίστηκε η συγκεκριμένη μέθοδος, είχαν σκοπό την παροχή αξιόπιστων αποτελεσμάτων.

3.1. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας στο Λιμάνι του Πειραιά

Η στρατηγική γεωγραφική θέση που καταλαμβάνει η Ελλάδα την καθιστά προφανή πύλη εισόδου για την προσέγγιση πλοίων από την Ανατολή, με στόχο τις αναπτυσσόμενες χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και της Μαύρης Θάλασσας όσο και για χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ο Πειραιάς, το πρώτο σε μέγεθος και διακίνησης λιμάνι της χώρας και ένα από τα μεγαλύτερα της Μεσογείου αποτελεί σημαντικό αναπτυξιακό μοχλό του διεθνούς εμπορίου καθώς και της τοπικής και εθνικής οικονομίας. Συνιστά κομβικό σημείο της χώρας για τον ανεφοδιασμό και τις εξαγωγές πρώτων υλών και τελικών προϊόντων. Λόγο του νησιωτικού χαρακτήρα της Ελλάδας εξυπηρετεί τόσο την επιβατική όσο και την τουριστική κίνηση. Παράλληλα αποτελεί διεθνές κέντρο διαμετακομιστικού εμπορίου αφού βρίσκεται στη διασταύρωση των θαλάσσιων οδών που συνδέουν τη Μεσόγειο με τη Βόρεια Ευρώπη μέσω του άξονα Σουέζ-Γιβραλτάρ εξυπηρετώντας πλοία κάθε τύπου και μεγέθους. Στον Πίνακα 9 μπορούμε να δούμε τις αποστάσεις μεταξύ του λιμένα του Πειραιά και άλλων μεγάλων λιμένων της Μεσογείου, οι περισσότερες των οποίων κυμαίνονται από 350 με 600 ναυτικά μίλια.

Πίνακας 9. Απόστάσεις σημαντικών Μεσογειακών λιμένων από το λιμάνι του Πειραιά(Πηγή: ΟΛΠ, <http://www.olp.gr/>)

<i>Port</i>	<i>Distance</i>
Thessaloniki	252
Istanbul	352
Port Said	593
Ashdod	657
Constanza	548
Koper	853
Genoa	972
Marsaxlokk	517
Novorossiysk	808
Gibraltar	1481

Το λιμάνι καλύπτει ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων με τη διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων να αποτελεί την κύρια δραστηριότητα. Η διακίνηση οχημάτων και συμβατικού φορτίου, τα δρομολόγια της ακτοπλοΐας, η βιομηχανία της κρουαζιέρας καθώς και η ναυπηγοεπισκευή αποτελούν με τη σειρά τους τις άλλες δραστηριότητες του λιμένα.

Σταθμό Διακίνησης Εμπορευματοκιβωτίων (ΣΕΜΠΟ)⁷ και Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων Πειραιά (ΣΕΠ)

Ο Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων (ΣΕΜΠΟ), ξεκίνησε την λειτουργία του τον Ιούνιο του 2010, με ετήσια δυναμικότητα 1.000.000 TEUs και αποτελεί τον κύριο Προβλήτα των εμπορευματικών δραστηριοτήτων του λιμένα.

Ο ΣΕΜΠΟ διαθέτει υποδομή και εξοπλισμό υψηλών προδιαγραφών και έχει την δυνατότητα να προσφέρει προηγμένες υπηρεσίες φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων στον Προβλήτα Ι. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός είναι τελευταίας τεχνολογίας με οκτώ γερανογέφυρες (4 SPP) και οκτώ RMGs. Υπάρχουν δύο κρηπιδώματα, το Ανατολικό με μήκος 500m και βάθος 18m και το Δυτικό με μήκος 320m και βάθος 12m.

⁷ Η Σ.Ε.Π. Α.Ε. από την 1η Ιουνίου 2010 έχει την αποκλειστική διαχείριση του Προβλήτα ΙΙ με βάση σύμβαση παραχώρησης του με την Ο.Λ.Π. Α.Ε, ενώ η διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων στον ΣΕΜΠΟ από αφορά στη διακίνηση του Προβλήτα Ι της Ο.Λ.Π. Α.Ε.

Δίπλα στον Σταθμό, θα λειτουργήσει ο νέος επιλιμένος τερματικός σταθμός του Οργανισμού Σιδηροδρόμων Ελλάδος, του οποίου η κύρια σιδηροδρομική γραμμή θα συνδέει το εμπορευματικό λιμάνι του Ν. Ικονίου με το νέο Εμπορευματικό Σταθμό Συνδυασμένων Μεταφορών Αττικής στο Θριάσιο Πεδίο της Ελευσίνας.

Η ΣΕΠ, αντίστοιχα, διαθέτει τέσσερις υπάρχουσες αποβάθρες στον Προβλήτα II, οι οποίες θα επεκταθούν σε έξι αποβάθρες όταν ολοκληρωθούν τα έργα του Προβλήτα III. Ο Προβλήτας II Δυτικά έχει μήκος 700m με βάθος 16m, ενώ Ανατολικά έχει μήκος 787m με βάθος 14m. Το μήκος του Προβλήτα III Ανατολικά θα είναι 600m με βάθος 16m και θα παραδοθεί σε λειτουργία το έτος 2015. Επιπλέον θα προστεθούν στους Προβλήτες II και III 13 καινούριες γερανογέφυρες τύπου Super Post Panamax, επεκτείνοντας έτσι μέχρι το έτος 2015 σε 21 το συνολικό αριθμό γερανογεφυρών από τις υπάρχουσες 8.

Η ΣΕΠ καταλαμβάνει συνολική έκταση περίπου 763.998τ.μ. και διαθέτει μια τεράστια υποστηρικτική έκταση στοιβάσις εμπορευματοκιβωτίων, κατασκευασμένη με μπλοκ σκυροδέματος και σχεδιασμένη με ετήσια χωρητικότητα περίπου 3,7 εκ. TEU όταν θα ολοκληρωθεί και ο Προβλήτας III. Τα στοιβαγμένα εμπορευματοκιβώτια θα εξυπηρετούνται από 24 μονάδες RMG τελευταίας τεχνολογίας (Γερανοί Σταθερής Τροχιάς σε Ράγες) και θα υπάρχουν 1000 σημεία παροχής ρεύματος για τα ψυγεία-εμπορευματοκιβώτια.

Σταθμός Διακίνησης Οχημάτων (Car Terminal)

Η λειτουργία του σταθμού αυτοκινήτων στον Πειραιά ξεκίνησε αρχικά το 1995, στη Δραπετσώνα ως Γ1 Διαχείριση παράλληλα με την εισαγωγή λοιπών συμβατικών φορτίων στην αποθήκη της εκεί περιοχής. Μετά το 2002 όλος ο χώρος 69.000τ.μ. παραχωρήθηκε για τη διακίνηση-αποθήκευση αυτοκινήτων και μόνο, παρέχοντας δυναμικότητα αποθήκευσης 4.500 αυτοκινήτων. Παράλληλα από το 1999 στο Ν. Ικόνιο από τη Διαχείριση Γ2 εξυπηρετούνται τα πρώτα πλοία μεταφοράς οχημάτων και αποθηκεύονται τα πρώτα αυτοκίνητα σε 2.300 θέσεις υποδοχής σε 17.150τ.μ.

Το 2005 προσαρτάται το νέο “Car Terminal” επιφάνειας 74.000τ.μ. το οποίο προήλθε από την επιχωμάτωση της λιμενικής περιοχής της Καρβουνόσκαλας. Το 2009 κατεδαφίζεται το συγκρότημα Γ8-9-10 και ο χώρος παραχωρείται στο “Car Terminal”. Το 2011, εντός του πρώτου εξαμήνου, με τις σύγχρονες προδιαγραφές που επιβάλλουν τα διεθνή πρότυπα των σταθμών διαχείρισης οχημάτων, προσαρτάται νέος χώρος περίπου 20.000τ.μ.

Το 2011 ο αποθηκευτικός χώρος της Γ1 Διαχείρισης διαμορφώθηκε στα 47.140τ.μ., χωρητικότητας 2.300 θέσεων αυτοκινήτων, μετά την παραχώρηση 21.860τ.μ. για τη διακίνηση των Ro-Ro

εσωτερικού. Η σημερινή δυνατότητα διακίνησης και στις δύο διαχειρίσεις είναι 600.000 κινήσεις ετησίως.

Συμβατικό φορτίο

Η διακίνηση και αποθήκευση του συμβατικού φορτίου πραγματοποιείται μέσω των εγκαταστάσεων του λιμένα στην περιοχή Σχιστού. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη φορτοεκφόρτωση συμβατικού φορτίου είναι αυτοκινούμενοι γερανοί, περνοφόρα και ελκυστήρες διαφόρων τύπων. Για την εξυπηρέτηση του συμβατικού φορτίου ο λιμένας διαθέτει ανάλογες αποθήκες.

Κρουαζιέρα

Ο Λιμένας του Πειραιά αποτελεί ένα σημαντικό προορισμό για κρουαζιερόπλοια εντός της Μεσογείου, διαθέτοντας 11 θέσεις ταυτόχρονης πρόσδεσης (παραβολής) πλοίων και έχοντας τη δυνατότητα εξυπηρέτησης των μεγαλύτερων πλοίων του είδους.

Στους παρακάτω πίνακες παραθέτουμε ορισμένα στατιστικά στοιχεία τα οποία αφορούν την δραστηριότητα του λιμένα την περίοδο 2009-2012.

Πίνακας 10. Διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων στο ΣΕΜΠΟ για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012

(Πηγή: ΟΛΠ, <http://www.olp.gr/el/stats>)

<i>Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων (Container Terminal)</i>							
<i>(ΣΕ TEUs)</i>							
	2009	2010	Ετήσια Μεταβολή (%)	2011	Ετήσια Μεταβολή (%)	2012	Ετήσια Μεταβολή (%)
Εισαγωγή & Εξαγωγή	377.946	229.457	-39,29%	52.797	-76,99%	42.555	-19,40%
Μεταφόρτωση	83.491	172.959	107,16%	378.196	118,66%	483.972	27,97%
Κενά	203.458	110.903	-45,49%	59.911	-45,98%	99.387	65,89%
ΣΥΝΟΛΟ	664.895	513.319	-22,80%	490.904	-4,37%	625.914	27,50%

Η διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων στον Σ.ΕΜΠΟ από 1η Ιουνίου 2010 αφορά στη διακίνηση του Προβλήτα I της Ο.Α.Π. Α.Ε. Η Σ.Ε.Π. Α.Ε. από την ίδια ημερομηνία έχει την αποκλειστική διαχείριση του Προβλήτα II με βάση σύμβαση παραχώρησης του με την Ο.Α.Π. Α.Ε.

Με βάση τον Πίνακα 10 παρατηρούμε ότι το έτος 2012 το “Container Terminal” παρουσίασε ετήσια αύξηση στο σύνολο της διακίνησης των εμπορευματοκιβωτίων σε ποσοστό 27,50%, ωστόσο η συνολική διακίνηση το ίδιο έτος σε σύγκριση με το 2009 έχει μειωθεί περίπου κατά 5,8%. Οι εισαγωγές και εξαγωγές TEU ακολουθούν μία συνεχή πτώση με το ποσοστό να αγγίζει 89% από το 2009 μέχρι 2012. Η μεγαλύτερη ετήσια μείωση παρουσιάστηκε το 2011 με ποσοστό 76,99%. Αντίθετα η μεταφόρτωση TEU έχει αυξητικές τάσεις με τον αριθμό τους να έχει αυξηθεί σημαντικά από το 2009 μέχρι 2012 και συγκεκριμένα από 83.491 σε 483.972 TEU. Η μεγαλύτερη ετήσια αύξηση παρουσιάστηκε το 2011, με ποσοστό 118,66%.

Πίνακας 11. Διακίνηση οχημάτων στο Car Terminal για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012

(Πηγή: ΟΛΠ, <http://www.olp.gr/el/stats>)

<i>Σταθμός Διακίνησης Οχημάτων (Car Terminal)</i>							
<i>(αριθμός αυτοκινήτων)</i>							
	2009	2010	Ετήσια Μεταβολή (%)	2011	Ετήσια Μεταβολή (%)	2012	Ετήσια Μεταβολή (%)
Εισαγωγή & Εξαγωγή	173.264	133.545	-22,92%	88.663	-33,61%	54.785	-38,21%
Μεταφόρτωση	103.206	246.801	139,13%	328.996	33,30%	403.970	22,79%
ΣΥΝΟΛΟ	276.470	380.346	37,57%	417.659	9,81%	458.755	9,84%

Με βάση τον Πίνακα 11 παρατηρούμε ότι το “Car Terminal” παρουσίασε ετήσια αύξηση το 2012 στο σύνολο της διακίνησης των οχημάτων σε ποσοστό 9,84% και 66% σε σύγκριση με το 2009. Η συνολική διακίνηση οχημάτων έχει αυξητικούς ρυθμούς σε ετήσια βάση. Οι εισαγωγές και εξαγωγές οχημάτων έχουν μειωθεί αισθητά σε σύγκριση με το 2009 και συγκεκριμένα από 173.264 σε 54.785. Η μεγαλύτερη ετήσια μείωση παρουσιάστηκε το 2012 με ποσοστό 38,21%. Ωστόσο, η μεταφόρτωση των οχημάτων παρουσιάζει συνεχή ετήσια αύξηση με τη μεγαλύτερη να εμφανίζεται το 2010 σε ποσοστό 139,13%. Το 2012 ο αριθμός των οχημάτων που μεταφορτώθηκαν τετραπλασιάστηκε σε σύγκριση με το 2009.

Πίνακας 12. Διακίνηση συμβατικού γενικού φορτίου για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012(Πηγή: ΟΛΠ, <http://www.olp.gr/el/stats>)

<i>Διακίνηση Συμβατικού Γενικού Φορτίου</i>							
<i>(σε μετρικούς τόνους)</i>							
	2009	2010	Ετήσια Μεταβολή (%)	2011	Ετήσια Μεταβολή (%)	2012	Ετήσια Μεταβολή (%)
Α.ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ	62.188	43.201	-30,5%	57.194	32,4%	56.374	-1,4%
Εκφόρτωση	58.277	42.702	-26,7%	37.687	-11,7%	47.870	27,0%
Φόρτωση	3,910	499	-87,2%	19.507	3809,2%	8.504	-56,4%
Β.ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ	5.568.634	5.462.552	-1,9%	4.687.499	-14,2%	4.236.877	-9,6%
Εκφόρτωση	2.485.774	2.438.427	-1,9%	2.092.450	-14,2%	1.891.308	-9,6%
Φόρτωση	3.082.860	3.024.125	-1,9%	2.595.049	-14,2%	2.345.569	-9,6%
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	5.630.822	5.505.753	-2,2%	4.744.693	-13,8%	4.293.251	-9,5%

*Σημείωση: Τα στοιχεία δεν περιλαμβάνουν την διακίνηση εμπορευμάτων μέσω Ro-Ro πλοίων εξωτερικού.**Μετρικός τόνος = 1.000 κιλά*

Με βάση τον Πίνακα 12 παρατηρούμε ότι το 2012 η διακίνηση συμβατικού γενικού φορτίου παρουσίασε ετήσια μείωση στο γενικό σύνολο της σε ποσοστό 9,5% και 23,57% σε σύγκριση με το 2009. Ποιο συγκεκριμένα το ίδιο έτος η ετήσια μείωση σε γενικό συμβατικό φορτίο εξωτερικού και εσωτερικού ήταν 1,4% και 9,6%. Παρατηρούμε ότι η διακίνηση εσωτερικού ακολουθεί μία καθοδική πορεία από το 2009 πράγμα που δεν θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι ισχύει για τη διακίνηση εξωτερικού, με την ετήσια μεταβολή να εναλλάσσεται με αρνητικό και θετικό πρόσημο.

Πίνακας 13. Διακίνηση επιβατών εσωτερικού-εξωτερικού για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012(Πηγή: ΟΛΠ, <http://www.olp.gr/el/stats>)

<i>Διακίνηση Επιβατών εσωτερικού-εξωτερικού</i>							
<i>Αριθμός Επιβατών</i>							
	2009	2010	Ετήσια Μεταβ. (%)	2011	Ετήσια Μεταβ. (%)	2012	Ετήσια Μεταβ. (%)
ΕΣΩΤ.	10.695.228	10.100.697	-5,56%	9.351.135	-7,42%	7.729.778	-17,34%
Ακτοπλοΐας	7.478.729	7.233.328	-3,28%	6.883.249	-4,84%	5.778.688	-16,05%
Αργοσαρων.	3.216.499	2.867.369	-10,85%	2.467.886	-13,93%	1.951.090	-20,94%
ΕΞΩΤ.	2.028.006	1.864.657	-8,05%	2.517.371	35,00%	2.066.925	-17,89%
Κρουαζιέρας	415.260	426.147	2,62%	454.284	6,60%	329.168	-27,54%
Διερχόμενοι	1.612.746	1.438.510	-10,80%	2.063.087	43,42%	1.737.757	-15,77%
ΣΥΝΟΛΟ	12.723.234	11.965.354	-5,96%	11.868.506	-0,81%	9.796.703	-17,46%
ΚΙΝΗΣΗ ΠΟΡΘΜ.	8.723.709	8.371.064	-4,04%	8.304.999	-0,79%	8.186.932	-1,42%
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	21.446.943	20.336.418	-5,18%	20.173.505	-0,80%	17.983.635	-10,86%

Με βάση τον Πίνακα 13 παρατηρούμε ότι το 2012 η διακίνηση επιβατών από πλοία εσωτερικού-εξωτερικού παρουσίασε ετήσια μείωση στο γενικό σύνολο της σε ποσοστό 17,46% και 23% σε σύγκριση με το 2009. Η ετήσια μείωση της διακίνησης επιβατών εσωτερικού και εξωτερικού το 2012 κυμάνθηκε σε περίπου ίδια επίπεδα. Η διακίνησης επιβατών εσωτερικού ακολουθεί μια συνεχής καθοδική πορεία από το 2009 μέχρι το 2012 με ποσοστό μείωσης την περίοδο αυτή περίπου 27,70%. Το 2012 η διακίνηση επιβατών από την ακτοπλοΐα και τα δρομολόγια του Αργοσαρωνικού παρουσίασε την μεγαλύτερη ετήσια μείωση με 16,05% και 20,94% αντίστοιχα. Επίσης, το ίδιο χρόνο η διακίνηση επιβατών εξωτερικού από κρουαζιέρες παρουσίασε μείωση κατά 27,54%, ενώ τα προηγούμενα χρόνια είχε μικρές ανοδικές τάσεις. Ο αριθμός των διερχόμενων επιβατών παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις την περίοδο 2009-2012 (ετήσια μεταβολή -15,77% το 2012 και 43,42% το 2011). Τέλος, η διακίνηση επιβατών στο Πορθμείο ακολουθεί πτωτική πορεία.

Πίνακας 14. Αριθμός δεξαμενισθέντων πλοίων για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012(Πηγή: ΟΛΠ, <http://www.olp.gr/el/stats>)

<i>Δεξαμενισθέντα Πλοία</i>							
<i>(Αριθμός Πλοίων)</i>							
ΔΕΞΑΜΕΝΗ	2009	2010	Ετήσια Μεταβολή (%)	2011	Ετήσια Μεταβολή (%)	2012	Ετήσια Μεταβολή (%)
Μεγάλη Πλωτή	49	41	-16,33%	28	-31,71%	27	-3,57%
Μικρή Πλωτή	15	33	120,00%	23	-30,30%	0	-100,00%
Μεγάλη Μόνιμη	42	50	19,05%	40	-20,00%	46	15,00%
Μικρή Μόνιμη	37	30	-18,92%	21	-30,00%	17	-19,05%
ΣΥΝΟΛΟ	143	154	7,69%	112	-27,27%	90	-19,64%

Σημειώσεις: 1. Ο αριθμός των δεξαμενισθέντων πλοίων αφορά τα πλοία που βρίσκονταν στη συγκεκριμένη δεξαμενή κατ' έτος.

2. Στη μικρή πλωτή δεξαμενή δεν έγιναν δεξαμενισμοί το 2012 γιατί είναι σε εξέλιξη διαδικασία επισκευής ζημιάς.

Με βάση τον Πίνακα 14 παρατηρούμε ότι το ο αριθμός των δεξαμενισθέντων πλοίων παρουσίασε ετήσια μεταβολή -19,64% το 2012. Παρατηρούμε ότι το 2010 παρουσίασε ετήσια αύξηση κατά 7,69% ενώ το 2011 ετήσια μείωση κατά 27,27%.

Τέλος στον παρακάτω Πίνακα 15 παρουσιάζεται ο αριθμός των αφίξεων κατά την προηγούμενη τετραετία. Συγκεκριμένα μπορούμε να δούμε ότι το 2012 ο συνολικός αριθμός αφίξεων πλοίων εξωτερικού-εσωτερικού παρουσίασε ετήσια μείωση με ποσοστό 20,11% ενώ αντίστοιχα το 2011 με ποσοστό 6,90%. Μόνο το 2010 υπήρχε θετική ετήσια μεταβολή, ωστόσο με αρκετά μικρό ποσοστό (2,19%). Ο ετήσιος συνολικός αριθμός αφίξεων φορτηγών πλοίων το 2012 μειώθηκε κατά 24,07%. Πιο συγκεκριμένα οι αφίξεις των φορτηγών πλοίων εξωτερικού παρουσίασαν μείωση 26,27% ενώ αντίστοιχη μείωση είχαν και οι αφίξεις φορτηγών πλοίων εσωτερικού με ποσοστό 20,64%. Ωστόσο, πρέπει να αναφέρουμε ότι μέχρι το 2011 ο συνολικός αριθμός αφίξεων φορτηγών πλοίων παρουσίαζε αυξητικές τάσεις, με το 2011 να έχει την μεγαλύτερη ετήσια μεταβολή με ποσοστό 50,06%. Το 2012 πραγματοποιήθηκαν συνολικά 14.846 αφίξεις από επιβατικά πλοία, αρκετές λιγότερες από το 2010 όπου πραγματοποιήθηκαν 21.751 (ποσοστό μείωσης 31,7%). Οι αφίξεις που πραγματοποιήθηκαν από επιβατικά εξωτερικού (κυρίως κρουαζιερόπλοια) το 2012 ήταν 763 μειωμένο κατά 17,16 % σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Αντίστοιχα, οι αφίξεις που πραγματοποιήθηκαν από επιβατικά πλοία εσωτερικού (κυρίως δρομολόγια ακτοπλοΐας και Αργοσαρωνικού) το 2012 ήταν 14.083 μειωμένο κατά 19,12% σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά και 32,8% σε σχέση με το 2010.

Πίνακας 15. Αφίξεις πλοίων εσωτερικού-εξωτερικού για την χρονική περίοδο μεταξύ του 2009 και 2012(Πηγή: ΟΛΠ, <http://www.olp.gr/el/stats>)

<i>Αφίξεις πλοίων εσωτερικού -εξωτερικού.</i>														
	2009		2010		Ετήσια Μεταβολή (%)		2011		Ετήσια Μεταβολή (%)		2012 ⁽³⁾		Ετήσια Μεταβολή (%)	
	αφίξεις	κ.ο.χ ⁽¹⁾ (G.T.) ⁽²⁾	αφίξεις	κ.ο.χ ⁽¹⁾ (G.T.) ⁽²⁾	αφίξεις	κ.ο.χ ⁽¹⁾ (G.T.) ⁽²⁾	αφίξεις	κ.ο.χ ⁽¹⁾ (G.T.) ⁽²⁾	αφίξεις	κ.ο.χ ⁽¹⁾ (G.T.) ⁽²⁾	αφίξεις	κ.ο.χ ⁽¹⁾ (G.T.) ⁽²⁾	αφίξεις	κ.ο.χ ⁽¹⁾ (G.T.) ⁽²⁾
ΕΞΩΤ.	3.046	88.607.712	3.241	98.701.360	6,40%	11,39%	3.997	134.604.000	23,33%	36,38%	3.031	104.608.978	-24,17%	-22,28%
Φορτηγά	2.169	50.549.887	2.436	65.020.908	12,31%	28,63%	3.076	87.289.530	26,27%	34,25%	2.268	64.121.258	-26,27%	-26,54%
Επιβατηγά	877	38.057.825	805	33.680.452	-8,21%	-11,50%	921	47.314.470	14,41%	40,48%	763	40.487.720	-17,16%	-14,43%
ΕΣΩΤ.	21.530	87.263.208	21.874	95.322.164	1,60%	9,24%	19.384	72.265.093	-11,38%	-24,19%	15.648	59.898.076	-19,27%	-17,11%
Φορτηγά	972	2.110.782	928	3.120.855	-4,53%	47,85%	1.972	8.031.678	112,50%	157,36%	1.565	3.328.293	-20,64%	-58,56%
Επιβατηγά	20.558	85.152.426	20.946	92.201.309	1,89%	8,28%	17.412	64.233.415	-16,87%	-30,33%	14.083	56.569.783	-19,12%	-11,93%
ΣΥΝΟΛΟ ΦΟΡΤ.	3.141	52.660.669	3.364	68.141.763	7,10%	29,40%	5.048	95.321.208	50,06%	39,89%	3.833	67.449.551	-24,07%	-29,24%
ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΙΒΑΤ.	21.435	123.210.251	21.751	125.881.761	1,47%	2,17%	18.333	111.547.885	-15,71%	-11,39%	14.846	97.057.503	-19,02%	-12,99%
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	24.576	175.870.920	25.115	194.023.524	2,19%	10,32%	23.381	206.869.093	-6,90%	6,62%	18.679	164.507.054	-20,11%	-20,48%

⁽¹⁾ Κόροι ολικής χωρητικότητας (μονάδα μέτρησης όγκου), ⁽²⁾ Gross tonnage, ⁽³⁾ Από 1/5/2012 τα δικαιώματα προσόρμισης των πλοίων που καταπλέουν μόνο στον Προβλήτα ΙΙ έχουν παραχωρηθεί στην Σ.Ε.Π. Α.Ε. Κατά συνέπεια, από αυτή την ημερομηνία οι αφίξεις αυτών των πλοίων δεν υπολογίζονται στις αφίξεις των φορτηγών πλοίων εξωτερικού.

3.2. Μεθοδολογία Εκτίμηση Ζήτησης Καυσίμου LNG

Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε την εκτίμηση ζήτησης LNG στο λιμάνι του Πειραιά χρειαζόμαστε δύο βασικά στοιχεία, τον αριθμό των ανεφοδιασμών που θα πραγματοποιούνται και τις ποσότητες που θα παρέχονται. Για μια όσο το δυνατόν αξιόπιστη μελέτη σκιαγραφήσαμε το προφίλ της ναυτιλιακής βιομηχανίας που δραστηριοποιείτε στο συγκεκριμένο λιμάνι, δημιουργώντας μια βάση δεδομένων⁸ η οποία συγκεντρώνει το σύνολο των πλοίων που επισκέφτηκαν το λιμένα το έτος 2012. Στη συνέχεια πραγματοποιήσαμε μια λεπτομερή περιγραφή για το κάθε πλοίο συλλέγοντας στοιχεία από τη βάση δεδομένων της SEAWEB. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

Βασικά χαρακτηριστικά κάθε πλοίου:

- Τύπος πλοίου
- Διαστάσεις γάστρας
- Μεταφορική ικανότητα (π.χ. Dwt, TEU, ceu, berths κ.α.)
- Ηλικία⁹
- Συνολική εγκατεστημένη ισχύ
- Υπηρεσιακή ταχύτητα¹⁰
- Αριθμός αφίξεων στο λιμάνι

Με βάση τα στοιχεία αυτά προχωρήσαμε σε μια σειρά διαχωρισμών. Ο βασικός στόχος των διαχωρισμών είναι η κατηγοριοποίηση του συνολικού αριθμού αφίξεων με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για το κάθε πλοίο. Η κατηγοριοποίηση των πλοίων μας βοηθάει να πραγματοποιήσουμε μία προσέγγιση για τον εκτιμώμενο αριθμό ανεφοδιασμών που θα πραγματοποιούνται με LNG στο λιμένα τα επόμενα χρόνια (έτη αναφοράς το 2020 και 2030) καθώς επίσης και τις εκτιμώμενες ποσότητες LNG με τις οποίες θα ανεφοδιάζονται τα συγκεκριμένα πλοία.

Πιο συγκεκριμένα, ο αρχικός διαχωρισμός έγινε με βάση τον τύπο του πλοίου σε πλοία ακτοπλοΐας, κρουαζιερόπλοια, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και πλοία μεταφοράς οχημάτων. Αυτή η ομαδοποίηση μας βοηθά να καταλήξουμε σε συμπεράσματα σχετικά με τα δρομολόγια που

⁸ Τα στοιχεία δόθηκαν από τον Οργανισμό Λιμένα Πειραιώς για το έτος 2012

⁹ Το έτος ναυπήγησης αποτελεί το στοιχείο που θεωρήσαμε ώστε να πραγματοποιήσουμε τους υπολογισμούς της ηλικίας και όχι οι χρονολογίες όπου το πλοίο πραγματοποίησε μετασκευές, φαινόμενο που παρατηρείται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις των ferries.

¹⁰ Η μείωση της ταχύτητας, το λεγόμενο “slow steaming” αποτελεί μια πρακτική που εφαρμόζεται ευρέως σήμερα στη ναυτιλία με στόχο τη μείωση του κόστους και των εκπομπών καυσαερίων. Επομένως η υπηρεσιακή ταχύτητα δεν αποτελεί την πραγματική ταχύτητα με την οποία κινούνται τα πλοία.

εξυπηρετούν τα πλοία και κατ' επέκταση τις γεωγραφικές περιοχές στις οποίες δραστηριοποιούνται. Για να μπορέσουμε να καταλάβουμε καλύτερα τη σημασία της αρχική ομαδοποίησης αρκεί να λάβουμε υπόψη τις διαφορές που παρουσιάζουν μεταξύ τους πλοία διαφορετικού τύπου. Για παράδειγμα τα πλοία της ακτοπλοΐας δραστηριοποιούνται σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές καλύπτοντας τις ανάγκες της επιβατικής κίνησης, αντίθετα τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων δεν δραστηριοποιούνται επί το πλείστον σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, με τα δρομολογία τους να παρουσιάζουν ανομοιομορφία.

Έχοντας κατηγοριοποιήσει το σύνολο των πλοίων με βάση τον τύπο τους, προχωρήσαμε σε έναν επιπλέον διαχωρισμό ώστε να καταστεί δυνατή μια λεπτομερής περιγραφή της κίνησης της κάθε κατηγορίας στο λιμένα. Για τα πλοία της ακτοπλοΐας η δεύτερη ομαδοποίηση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις γεωγραφικές περιοχές των δρομολογίων που εξυπηρετήσαν κατά το έτος 2012, την υπηρεσιακή τους ταχύτητα και την ηλικία τους, ενώ για τις υπόλοιπες κατηγορίες πλοίων η ομαδοποίηση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μεταφορική ικανότητα και την ηλικία τους.

Η μεταφορική ικανότητα και η ηλικία κάθε πλοίου αποτελούν τα σημαντικότερα κριτήρια της μελέτης βάση των οποίων πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του εκτιμώμενου αριθμού ανεφοδιασμών LNG. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά σχετίζονται άμεσα με τη λήψη της απόφασης από τον πλοιοκτήτη για την επιλογή ως εναλλακτική λύση τη χρήση καυσίμου LNG δεδομένου ότι αποτελούν σημαντικό κομμάτι οικονομικών και χρηματοοικονομικών ζητημάτων καθώς και τεχνικών και λειτουργικών πτυχών. Ωστόσο πρέπει να αναφέρουμε ότι προκειμένου να αξιολογηθεί εάν η επένδυση μετασκευής ή νέας κατασκευής πλοίου με χρήση LNG είναι αποδοτική, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το κόστος μετατροπής ή εγκατάστασης της μηχανής, το κόστος της δεξαμενής αποθήκευσης, τα λειτουργικά κόστη, το κόστος συντήρησης και τέλος το περιβαλλοντικό κόστος στα πλαίσια των επερχόμενων MBM (περιβαλλοντική επιβάρυνση ή χρηματιστήριο ανταλλαγής ρύπων). Στο πλαίσιο αυτής της μελέτης θεωρούμε ότι η συσχέτιση των τιμών όλων των ναυτιλιακών καυσίμων κυμαίνεται στα σημερινά επίπεδα, γεγονός που καθιστά το LNG αρκετά ελκυστικό σε πλοία που προορίζονται να ταξιδεύουν στις ειδικά προστατευόμενες περιοχές.

Από τη μία πλευρά, η μεταφορική ικανότητα του κάθε πλοίου, αυτή αποτελεί το χαρακτηριστικό για το χρόνο που περνά το εκάστοτε πλοίο σε ειδικά προστατευμένες περιοχές (ECA, SECA). Για παράδειγμα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μεταφορικής ικανότητας έως 2.000 TEU δραστηριοποιούνται κυρίως στη διαμετακόμιση των TEU από κομβικά σε γειτονικά λιμάνια με αποτέλεσμα να περνάνε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα του ταξιδιού τους σε αυτές τις θαλάσσιες περιοχές, αντίθετα πλοία με χωρητικότητα 8000+ TEU πραγματοποιούν κυρίως υπερατλαντικούς

κατάπλους (εμπορικά δρομολόγια Ασίας-Ευρώπης) με το διάστημα παραμονής σε περιοχές ελέγχου να είναι σχετικά μικρό.

Από την άλλη πλευρά, η ηλικία του πλοίου αποτελεί σημαντικό παράγοντα καθώς συνδέεται άμεσα με την περίοδο απόσβεσης της απαιτούμενης επένδυσης. Η συνήθης οικονομική διάρκεια ζωής των φορτηγών πλοίων είναι 25 έτη, ενώ για τα επιβατικά πλοία και τα κρουαζιερόπλοια είναι αρκετά μεγαλύτερη. Για το λόγο αυτό θεωρήσαμε ως παραδοχή ότι τα φορτηγά πλοία ηλικίας μέχρι 10 έτη και τα επιβατικά/κρουαζιερόπλοια ηλικίας μέχρι 15 έτη θα έχουν την τάση να στραφούν στη χρήση καυσίμου LNG. Για την κατηγοριοποίηση του αριθμού των αφίξεων με βάση τη ηλικία ακολουθήσαμε διαχωρισμό των ηλικιών ανά 5 έτη μέχρι πλοία ηλικίας 25 ετών ενώ πλοία μεγαλύτερης ηλικίας εντάχθηκαν σε μια ενιαία κατηγορία.

Για να υπολογίσουμε την εκτιμώμενη ποσότητα ανεφοδιασμού που χρειάζεται κάθε κατηγορία πλοίου χρησιμοποιήσαμε ως παραδοχή ότι η απόσταση που πρέπει να διανύσει, εκτός από πλοία που εξυπηρετούν δρομολόγια της ακτοπλοΐας, μέχρι να πραγματοποιηθεί ο επόμενος ανεφοδιασμός είναι 500 ναυτικά μίλια. Η απόσταση αυτή θεωρείται ιδανική σε σχέση με τη γεωγραφική θέση του Πειραιά από γειτονικά εμπορικά και τουριστικά λιμάνια.

Σε αυτό το σημείο χρειάστηκε να βρούμε τις τυπικές καταναλώσεις κινητήρων διπλού καυσίμου με χρήση 100% αερίου καυσίμου. Για το λόγο αυτό υποθέσαμε έναν ιδανικό κινητήρα διπλού καυσίμου ο οποίος απέδιδε τουλάχιστον το μέσο όρο της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς της εκάστοτε κατηγορίας πλοίου. Η επιλογή κινητήρων έγινε από μεγάλους κατασκευαστές όπως η MAN και η Wärtsilä.

Τέλος, πρέπει να σημειώσουμε ότι η συγκεκριμένη μεθοδολογία έχει μοντελοποιηθεί και έχει σκοπό τον υπολογισμό της αρχικής εκτίμησης ζήτησης LNG στο λιμένα του Πειραιά.

3.3. Container ship

Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων αποτελούν μία από τις μεγαλύτερες ομάδες εμπορικών πλοίων παγκοσμίως. Η ταχύτητα αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα σε σύγκριση με άλλους τύπους πλοίων, δεδομένου ότι τα φορτία που διαχειρίζονται και χειρίζονται απαιτούν άμεση μεταφορά. Την τελευταία δεκαετία η μέση μεταφορική ικανότητα σε TEU των πλοίων έχει αυξηθεί σημαντικά καθώς κατασκευάζονται όλο και μεγαλύτερα πλοία λόγω ότι με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η οικονομία κλίμακας, με τη μείωση του κόστους ανά μεταφερόμενη μονάδα.

Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε σύμφωνα με δύο βασικές παραμέτρους, την μεταφορική ικανότητα τους σε αριθμό TEU και τις κύριες διαστάσεις τους. Έτσι έχουμε τις εξής κατηγορίες τις οποίες τις περιγράφουμε παρακάτω:

- Small Feeder ≤ 1.000 TEU
- Feeder 1.000-2.800 TEU
- Panamax 2.800-5.100 TEU
- Post-Panamax 5.500-10.000 TEU
- New Panamax 12.000-14.500 TEU
- ULCV >14.500 TEU



Εικόνα 21. Feeder container ship (1500 TEU) στο σταθμό διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων στο Πειραιά (Πηγή: Marine Traffic, http://www.marinetraffic.com/ais/gr/showallphotos.aspx?imo=9306067#top_photo)

Στην Εικόνα 21 βλέπουμε ένα τυπικό “feeder container ship” (1500 TEU) στο σταθμό διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων στο Πειραιά.

Τα μεγαλύτερα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (8000 TEU και άνω) χρησιμοποιούνται για τις λεγόμενες γραμμές κορμού μεταξύ Ασίας, Ευρώπης και Βόρειας Αμερικής, και επισκέπτονται, ως επί το πλείστο, τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ευρώπης (Ρότερνταμ, Αμβέρσα, Αμβούργο, Βαλένθια κ.α.), απ’ όπου τα εμπορευματοκιβώτια στη συνέχεια διαμετακομίζονται σε άλλα περιφερειακά λιμάνια του EOX και της Ρωσίας (Βαλτική), κυρίως με τη βοήθεια πλοίων μικρής μεταφορικής ικανότητας έως 2.000 TEU.

Σύμφωνα με την μελέτη για την επισκεψιμότητα των Ευρωπαϊκών λιμένων από την IHS Fairplay¹¹, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων πραγματοποίησαν 68.458 κλήσεις σε λιμάνια εντός του EOX (συμπεριλαμβανομένου και της Ρωσίας) εκ των οποίων το 82% πραγματοποιήθηκε από πλοία που ο προηγούμενος ή ο επόμενος σταθμός ήταν λιμάνι εντός της περιοχής του EOX, το 2% ήταν από ή προς λιμάνια της Ρωσίας (Βαλτικής), 6% από ή προς λιμάνια της Μεσογείου/Μαύρης Θάλασσας και μόλις το 10% ήταν προς ή από άλλες χώρες εκτός της ζώνης του EOX.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι η Ισπανία, η Ολλανδία, η Γερμανία, η Ιταλία και το Ηνωμένο Βασίλειο ήταν οι πέντε χώρες που κατέγραψαν το μεγαλύτερο αριθμό αφίξεων κατά τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς. Από το συνολικό αριθμό των κλήσεων, το 61% πραγματοποιήθηκε σε λιμάνια που βρίσκονται στις χώρες αυτές. Πιο συγκεκριμένα το 83% ήταν από πλοία τα οποία πραγματοποίησαν κατάπλους προς άλλα λιμάνια του EOX, το 2% είχε κατεύθυνση λιμάνια της Ρωσίας (Βαλτικής), το 5% λιμάνια της Μεσογείου/Μαύρης Θάλασσας και το 11% λιμένες εκτός της επικράτειας του EOX.

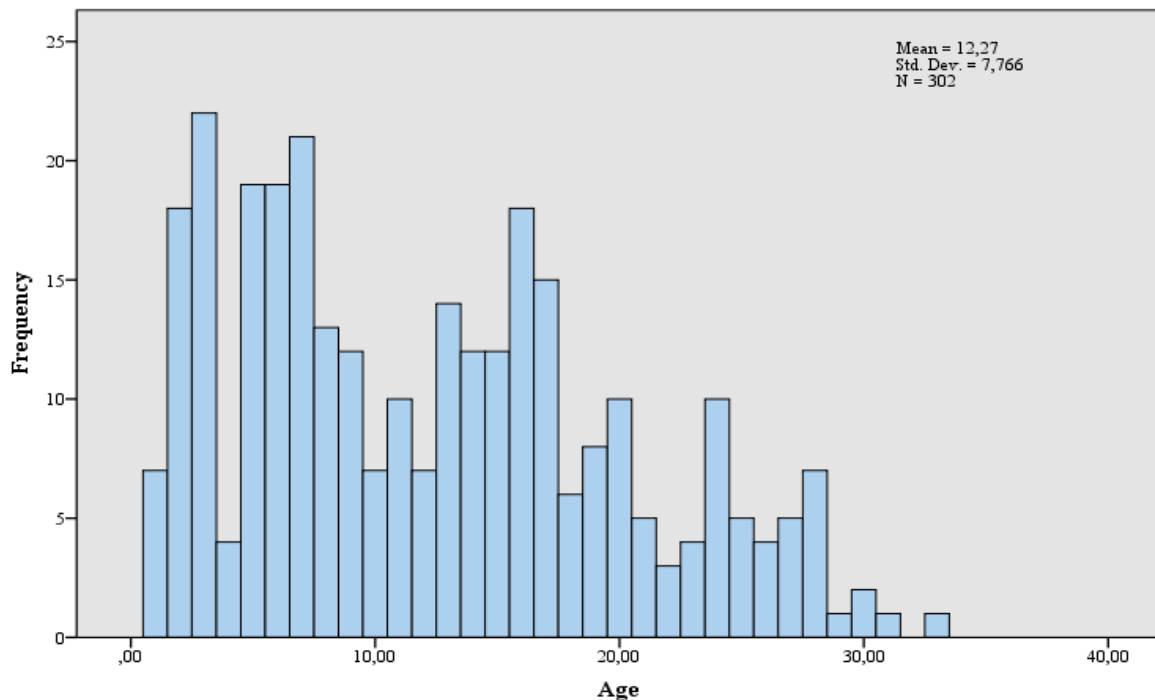
Σχετικά με ότι αφορά το μέγεθος των πλοίων που επισκεφτήκαν τα Ευρωπαϊκά λιμάνια πρέπει να αναφέρουμε ότι το 39% πραγματοποιήθηκε από πλοία μεγαλύτερα των 20.000 GT και το υπόλοιπο 61% από πλοία μικρότερα από 20.000 GT. Τα μικρά πλοία λειτούργησαν κυρίως ως πλοία τροφοδοσίας και το 88% των επόμενων κλήσεων τους πραγματοποιήθηκε σε λιμάνια που βρίσκονται εντός του EOX, σε σύγκριση με 74% για τα πλοία με μεγαλύτερο από 20.000 GT.

Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μεγαλύτερα από 50.000 GT, τα οποία πραγματοποιούν κυρίως υπερατλαντικούς κατάπλους, αντιπροσωπεύουν το 18% του συνόλου των κλήσεων στους λιμένες του EOX (συμπεριλαμβανομένης της Ρωσίας). Το μερίδιο των πέντε μεγαλύτερων χωρών στο σύνολο των κλήσεων αυτής την κατηγορία μεγέθους ήταν 71%.

¹¹ Περίοδος αναφοράς της μελέτης αυτής είναι από 30 Ιουνίου του 2009 μέχρι 1 Ιουλίου 2010

3.3.1. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας “Container Ship” στον Πειραιά

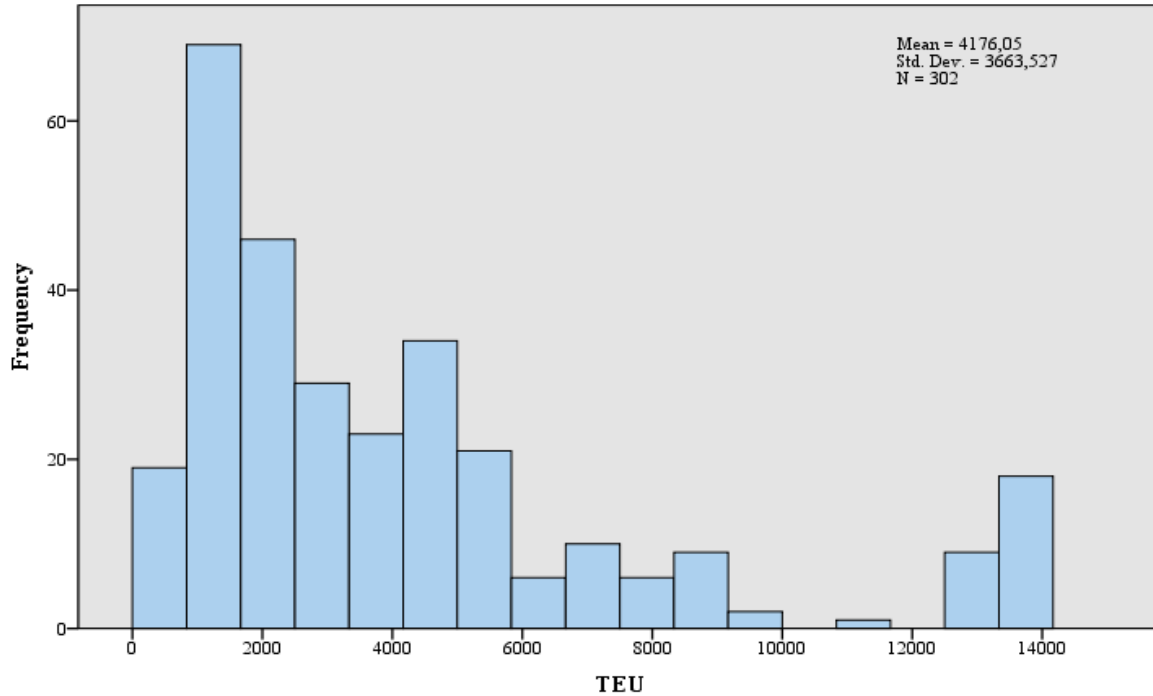
Το έτος 2012 στους σταθμούς διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων του Πειραιά πραγματοποιήθηκαν συνολικά περίπου 2.398 αφίξεις από 302 πλοία. Όπως έχουμε αναφέρει η μεταφόρτωση TEU αποτελεί κύρια δραστηριότητα του λιμένα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των πλοίων που επισκέπτονται το λιμάνι είναι κυρίως μικρής μεταφορικής ικανότητας, που σκοπό έχουν να τροφοδοτούν είτε τα μεγάλα πλοία που εξυπηρετούνται στον Πειραιά είτε γειτονικά λιμάνια τα οποία δεν έχουν υψηλή ζήτηση από τα μεγάλα πλοία ή δεν διαθέτουν τις απαιτούμενες υποδομές για την εξυπηρέτησή τους.



Εικόνα 22. Η συχνότητα των πλοίων που επισκέφθηκαν τον Πειραιά ανάλογα με την ηλικία

Στην Εικόνα 22 μπορούμε να δούμε τις ηλικίες των πλοίων μεταφοράς TEU που επισκέφθηκαν τον Πειραιά κατά το έτος 2012. Παρατηρούμε ότι ήταν σχετικά μικρής ηλικίας με το μέσο όρο να αγγίζει τα 12,27 έτη.

Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε μία καλύτερη προσέγγιση στο προφίλ των πλοίων που επισκέφθηκαν το λιμάνι το έτος 2012 θεωρήσαμε αναγκαίο το διαχωρισμό των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα τους σε TEU. Στην Εικόνα 23 μπορούμε να δούμε τη συχνότητα των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα.



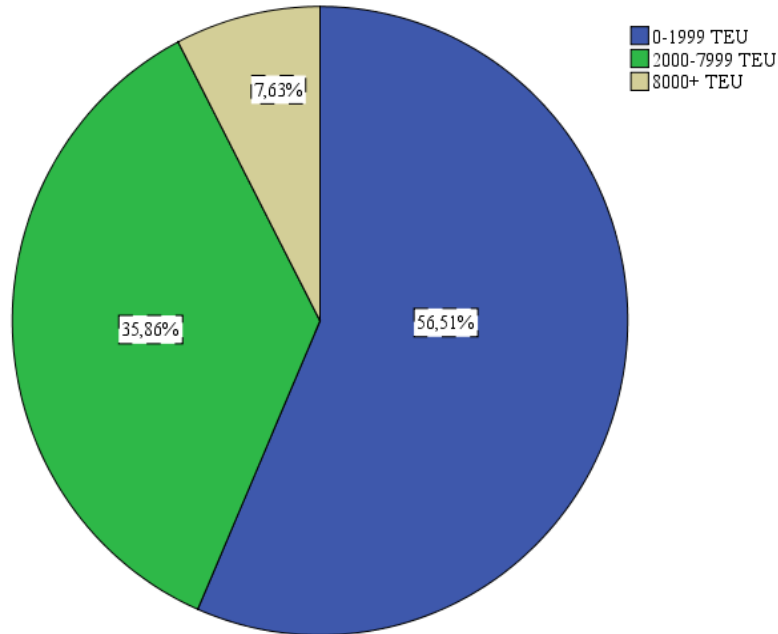
Εικόνα 23. Η συχνότητα των πλοίων που επισκέφτηκαν τον Πειραιά ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα.

Παρατηρούμε ότι ο αριθμός των πλοίων που επισκέφτηκαν τον Πειραιά συγκεντρώνεται σε τρεις βασικές περιοχές. Η πρώτη περιοχή καλύπτει πλοία κάτω από 2000 TEU, η δεύτερη μεταξύ 2000 και 8000 TEU και η τρίτη τα πλοία μεταφορικής ικανότητας από 8000 TEU και πάνω. Οι τρεις αυτές περιοχές αποτέλεσαν και τον βασικό διαχωρισμό της μελέτης:

- Κατηγορία Α (0-1.999 TEU)
- Κατηγορία Β (2.000-7.999 TEU)
- Κατηγορία Γ (8.000+ TEU)

Συγκεκριμένα η κατηγορία Β είχε το μεγαλύτερο αριθμό πλοίων με 141 πλοία και ποσοστό 47% επί του συνόλου. Το μικρότερο αριθμό πλοίων είχε η κατηγορία Γ με 45 πλοία και ποσοστό 15%. Τέλος τα πλοία μεταφορικής ικανότητας μέχρι 2.000 TEU ήταν 116 και ποσοστό 38%.

Ωστόσο, ο αριθμός των αφίξεων που πραγματοποιήθηκαν από την κάθε κατηγορία αποτελεί το πιο σημαντικό στοιχείο για τη μελέτη μας. Τα πλοία μεταφορικής ικανότητας μέχρι 2.000 TEU ήταν τα πλοία που επισκέφτηκαν περισσότερο το λιμάνι με 1.355 αφίξεις. Πλοία μεταξύ 2.000 και 7.999 TEU αφίχθηκαν 860 φορές, αριθμός μικρότερος κατά 36,5% από τα πλοία της πρώτης κατηγορίας. Τέλος, τα μεγάλα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (8.000 TEU+) πραγματοποίησαν 183 αφίξεις, 86,5% και 78,7% λιγότερες από τις κατηγορίες Α και Β αντίστοιχα. Στην Εικόνα 24 μπορούμε να δούμε το ποσοστό επί του συνόλου των αφίξεων κάθε κατηγορίας.



Εικόνα 24. Ποσοστό αφίξεων κάθε κατηγορίας για το έτος 2012

Τα πλοία τα οποία θεωρούμε ιδανικά για τη χρήση καυσίμου LNG είναι τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μέχρι 2.000 TEU, δεδομένου ότι πραγματοποιούν κατάπλους ως επί το πλείστο προς διάφορα λιμάνι της Ε.Ε. και περνάνε τον περισσότερο χρόνο λειτουργίας τους σε θάλασσες όπου τα όρια για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ναυτιλιακής βιομηχανίας γίνονται ολοένα και πιο αυστηρά.

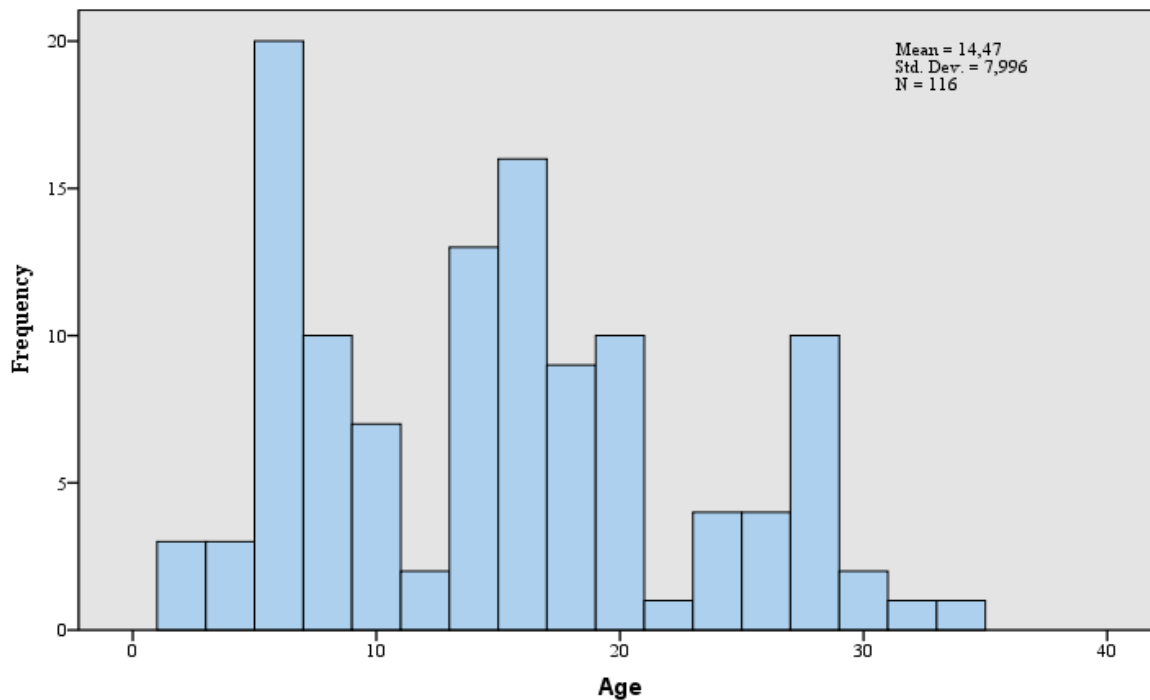
Ένα μεγάλο μέρος των πλοίων της δεύτερης κατηγορίας και το σύνολο της τρίτης χρησιμοποιούνται για κατάπλους όπου η διάρκεια ταξιδιού σε περιοχές ελέγχου των ρύπων είναι σημαντικά μικρή σε σχέση με το συνολικό ταξίδι. Τα πλοία αυτά θεωρούμε ότι δεν θα αποτελέσουν ιδανική περίπτωση για τη χρήση καυσίμου LNG. Ωστόσο, πρέπει να σημειώσουμε σε αυτό το σημείο ότι για να μπορούσαμε να είχαμε πιο αξιόπιστα συμπεράσματα για αυτές τις κατηγορίες σχετικά με την τάση για τη χρήση του ναυτιλιακού καυσίμου LNG θα έπρεπε να πραγματοποιήσουμε έναν ακόμη σημαντικό διαχωρισμό ο οποίος σχετίζεται με το χρόνο που περνούν σε περιοχές με αυστηρά περιβαλλοντικά όρια σε σχέση με το συνολικό ταξίδι. Ο διαχωρισμός αυτός δεν θεωρήθηκε αναγκαίος στα πλαίσια αυτής της μελέτης καθώς δεν υπήρχε η δυνατότητα παροχής των συγκεκριμένων στοιχείων.

Επόμενος η κατηγορία η οποία θα μας απασχολήσει παρακάτω σχετικά με τη χρήση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο είναι τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μέχρι 2.000 TEU. Στην επόμενη ενότητα πραγματοποιείται μια πλήρης περιγραφή της κίνησης και των χαρακτηριστικών

αυτών των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά. Ακόμα αναφέρονται οι υποθέσεις οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό την προσπάθεια εκτίμησης της ζήτησης του LNG για ανεφοδιασμό αυτής της κατηγορίας πλοίων.

3.3.2. Container Ship 0-1999 TEU

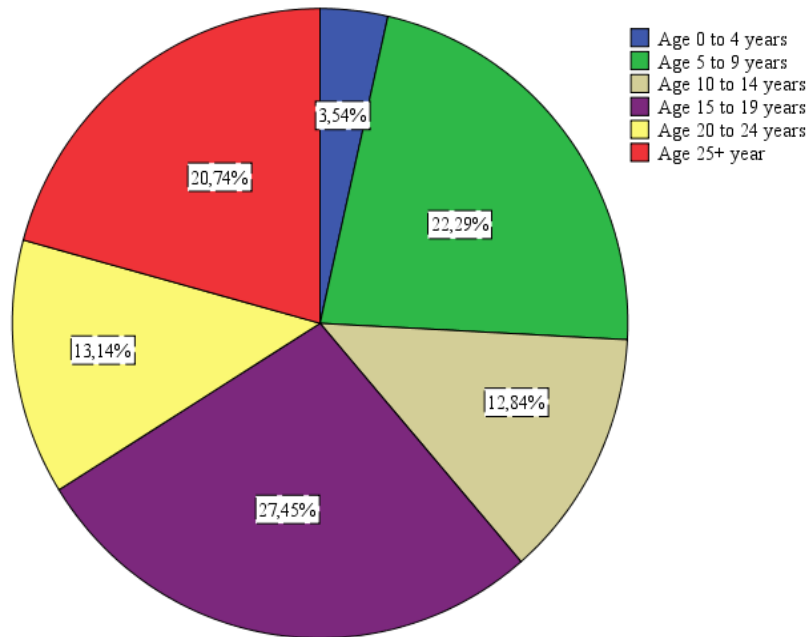
Όπως έχουμε αναφέρει τα πλοία μεταφορικής ικανότητας κάτω από 2.000 TEU αποτέλεσαν την βασική κατηγορία πλοίων που αφίχθηκαν στον Πειραιά την περίοδο αναφοράς. Παρατηρούμε ότι οι ηλικίες των πλοίων που επισκεφτήκαν τον Πειραιά εμφανίζονται εντονότερα σε δύο περιοχές ηλικιών, μεταξύ 5 με 10 και 15 με 20 έτη. Αντίθετα η περιοχή στην οποία ο αριθμός των πλοίων είναι μικρότερος είναι οι ηλικίες μέχρι 5. Στην Εικόνα 25 μπορούμε να δούμε τη συχνότητα των πλοίων αυτής κατηγορίας ανάλογα με την ηλικία τους.



Εικόνα 25. Η συχνότητα των πλοίων μεταφορικής ικανότητας μέχρι 2000 TEU ανάλογα με την ηλικία τους

Τα πλοία ηλικίας μεταξύ 15 και 20 έτη πραγματοποίησαν 372 αφίξεις και αποτέλεσαν την κατηγορία με τις περισσότερες επισκέψεις στον Πειραιά. Οι λιγότερες αφίξεις έγιναν από πλοία που η ηλικία τους ήταν μέχρι 5 έτη και δεν ξεπερνούσαν τις 40. Τα πλοία ηλικίας από 5 έως 10 έτη επισκέφτηκαν το λιμάνι 302 φορές και αποτέλεσαν τα πλοία με το δεύτερο μεγαλύτερο αριθμό αφίξεων. Οι αφίξεις των πλοίων των οποίων οι ηλικίες βρίσκονταν στα διαστήματα των ηλικιών μεταξύ 10 έως 15 και 20 έως 25 ήταν περίπου ίδιες, με 175 και 178 αντίστοιχα. Τέλος, μεγάλος ήταν και ο αριθμός των

αφίξεων από πλοία μεγάλης ηλικίας, 25+ έτη, με 281 επισκέψεις. Στην Εικόνα 26 μπορούμε να δούμε τα ποσοστά επί του συνόλου των αφίξεων κάθε κατηγορίας.



Εικόνα 26. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία.

Πρέπει να αναφέρουμε ότι υποθέτουμε τα πλοία ηλικίας μέχρι 10 έτη ιδανικές περιπτώσεις για τη χρήση ναυτιλιακού καυσίμου LNG. Αξίζει να σημειώσουμε ότι το σύνολο των πλοίων αυτών πραγματοποίησαν συνολικά 350 αφίξεις το έτος 2012 που αντιστοιχεί στο 26% του συνόλου των αφίξεων.

Εκτιμώμενος όγκος ανεφοδιασμού LNG

Σήμερα στο σύνολο τους τα πλοία αυτής της κατηγορίας επιτυγχάνουν την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης με τη χρήση ναυτικών κινητήρων που χρησιμοποιούν ως καύσιμα πετρελαιοειδή. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι είτε 4-χρόνοι είτε 2-χρόνοι. Συγκεκριμένα τα πλοία αυτής της κατηγορίας που επισκέφτηκαν τον Πειραιά είχαν ισχύ πρόωσης κατά μέσο όρο 11.513,5kW και η υπηρεσιακή ταχύτητα τους ήταν 18,6 knots.

Ένας τυπικός 4-χρονος κινητήρας διπλού καυσίμου τον οποίον τον επιλέξαμε από την Wärtsilä με σκοπό να εκτιμήσουμε την ειδική κατανάλωση αέριου καυσίμου είναι το μοντέλο 12V50DF. Ο συγκεκριμένος κινητήρας αποδίδει 11.700 kW στις 514 rpm με ειδική κατανάλωση 7258 kJ/kWh \approx 134,4 gr/kWh.

Η τυπική απόσταση που υποθέτουμε ότι χρειάζεται να διανύσει το πλοίο μέχρι να μεταβεί από ένα λιμάνι σε άλλο και να πραγματοποιήσει ανεφοδιασμό καυσίμων είναι τα 500 ναυτικά μίλια. Ο χρόνος που απαιτείται για να διανύσει ένα τυπικό πλοίο αυτής της κατηγορίας την συγκεκριμένη απόσταση είναι περίπου λίγο περισσότερο από 26,9 ώρες.

Επομένως, η απαίτηση σε ποσότητα ανεφοδιασμού καυσίμου LNG είναι 41,6 τόνοι $\approx 92,3 \text{ m}^3$.

3.4. Vehicle Ro-Ro Carriers

Ο συγκεκριμένος τύπος πλοίων ειδικεύεται στη μεταφορά νέων οχημάτων μεταξύ των μεγάλων ηπείρων. Η μεταφορική ικανότητα μετρείται σε ceu. Κάνοντας μια επισκόπηση στον παγκόσμιο στόλο μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ο αριθμός των πλοίων διπλασιάστηκε από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 έως το 2008, τη χρονιά που αποσύρθηκε ένας μεγάλος αριθμός από ηλικιωμένα πλοία. Τα νέα πλοία είχαν παραγγελθεί το 2007 και 2008 οδήγησαν με τη σειρά τους στη σημερινή αύξηση του παγκόσμιου στόλου.

Σύμφωνα με την έκθεση της IHS Fairplay, κατά την διάρκεια της περιόδου αναφοράς 11.271 κλήσεις πραγματοποιήθηκαν από πλοία μεταφοράς οχημάτων στα λιμάνια του EOX. Σχεδόν τα δύο τρίτα πραγματοποιήθηκαν στο Ηνωμένο Βασίλειο, τη Γερμανία, το Βέλγιο και την Ισπανία ενώ το 24% των κλήσεων έγιναν στη Γαλλία, την Ιταλία, τη Σουηδία, την Ολλανδία και την Ελλάδα.

Από αυτές τις κλήσεις, το 73% πραγματοποιήθηκε από πλοία με μέγεθος 20.000+ GT, 19% ήταν μεγέθους μεταξύ 2.000 και 10.000 GT και 11% μεταξύ 10.000 και 20.000 GT. Η ηλικία των πλοίων ήταν σχετικά μικρή με μέσο όρο να είναι στα 10,5 έτη.

Και σε αυτή την εμπορική δραστηριότητα υπάρχουν μεγάλη τερματικοί σταθμοί που εξυπηρετούν τα μεγάλα πλοία, τα οποία εκτελούν δρομολόγια μεταξύ Ευρώπης και Ασίας ή Αμερικής. Στη συνέχεια η διαμετακόμιση προς άλλα λιμάνια γειτονικών περιοχών πραγματοποιείται από πλοία μικρότερης μεταφορικής ικανότητας. Αυτός είναι ο κύριος λόγος που το 88% του συνόλου των κλήσεων είχαν προηγούμενο ή επόμενο σταθμό λιμάνι του EOX.

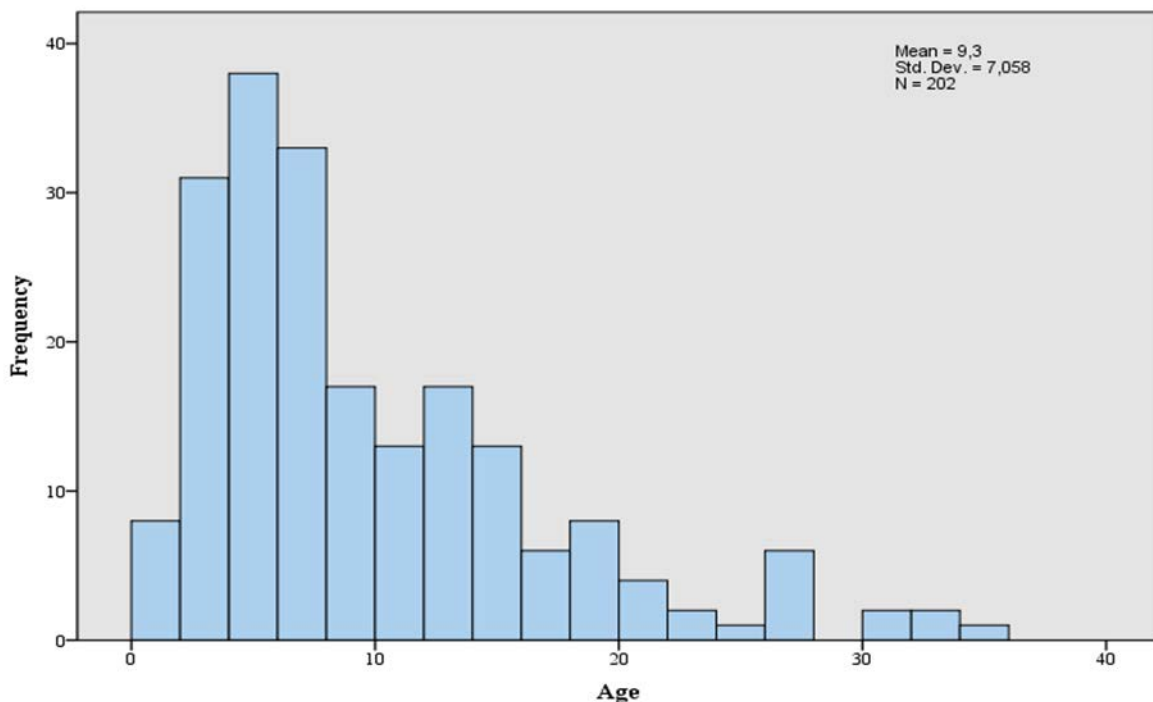
Το Βέλγιο, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία και η Ισπανία είναι οι χώρες με τον υψηλότερο αριθμό των κλήσεων από πλοία μεγάλης χωρητικότητας (20.000+ GT). Στις χώρες αυτές έχει καταχωρηθεί το 65% όλων των κλήσεων σε αυτή την κατηγορία μεγέθους. Πρέπει να αναφέρουμε ότι για τα πλοία μικρού μεγέθους, κάτω από 20.000 GT, το 95% των κλήσεων ήταν σε λιμάνια εντός EOX. Το μέσο μέγεθος του συνόλου των πλοίων που πραγματοποίησαν κλήσεις ήταν κοντά στα 12.800 dwt.

Ο μέσος χρόνος που χρειάστηκε να παραμείνουν σε ένα λιμάνι ήταν 25 ώρες, ο οποίος πρέπει να αναφέρουμε ότι είναι σχετικά χαμηλός σε σύγκριση με το μέγεθος των πλοίων. Μόνο τα ferries έχουν λιγότερες ώρες παραμονής στα λιμάνια.

Τα πέντε μεγαλύτερα λιμάνια υποδοχής πλοίων μεταφοράς οχημάτων ήταν τα λιμάνια Zeebrugge, Bremerhaven, Southampton, Emden και Antwerp, αντιπροσωπεύοντας το 33% των συνολικών κλήσεων.

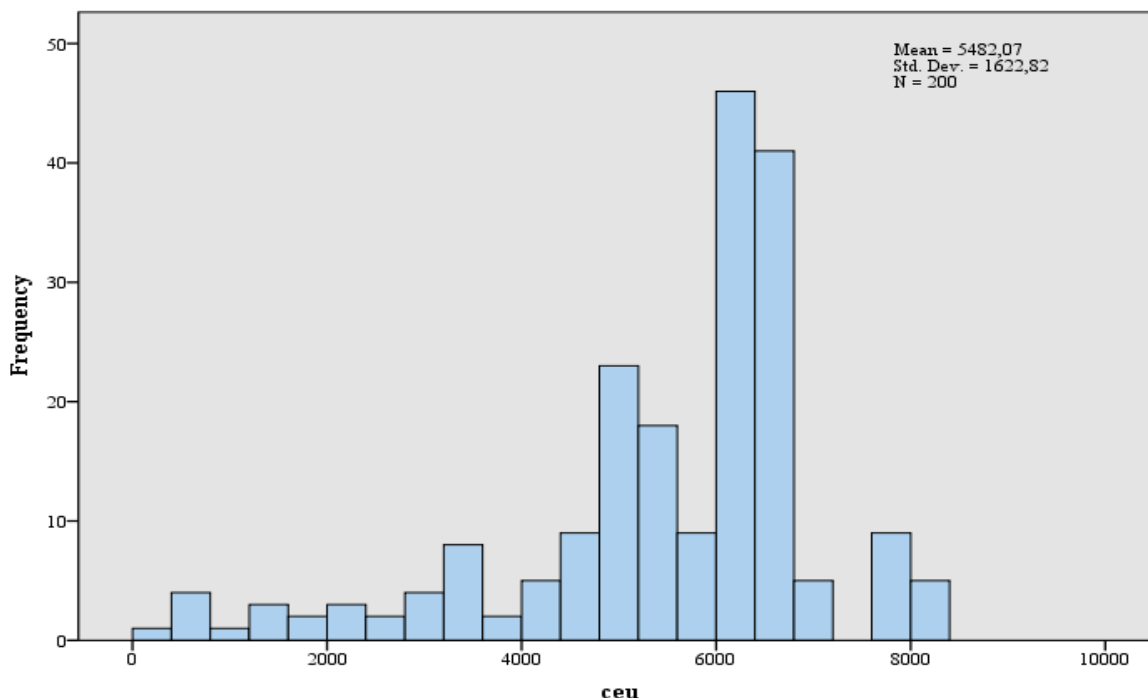
3.4.1. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας Vehicle Ro-Ro Carriers στον Πειραιά

Το 2012 στο λιμάνι του Πειραιά πραγματοποιήθηκαν 716 αφίξεις από 202 πλοία μεταφοράς οχημάτων. Στην Εικόνα 27 παρατηρούμε τις ηλικίες των πλοίων μεταφοράς οχημάτων. Η μέση ηλικία ήταν τα 9,3 έτη.



Εικόνα 27. Η συχνότητα των πλοίων ανάλογα με την ηλικία.

Όπως έχουμε αναφέρει, η μεταφόρτωση οχημάτων αποτελεί την κύρια δραστηριότητα του λιμένα. Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε μία καλύτερη προσέγγιση στο προφίλ των πλοίων που επισκέφτηκαν το λιμάνι το έτος 2012 θεωρήσαμε αναγκαίο το διαχωρισμό των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα σε τευ. Στην Εικόνα 28 μπορούμε να δούμε τη συχνότητα των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα.



Εικόνα 28. Η συχνότητα των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα

Παρατηρούμε ότι ο μέγεθος των πλοίων που επισκέφτηκαν τον Πειραιά ήταν σχετικά μεγάλο, κυρίως πλοία μεταφορικής ικανότητας πάνω από 4000 ceu. Για το λόγο αυτό διακρίναμε τα πλοία που αφίχθηκαν στο λιμάνι σε δύο βασικές κατηγορίες:

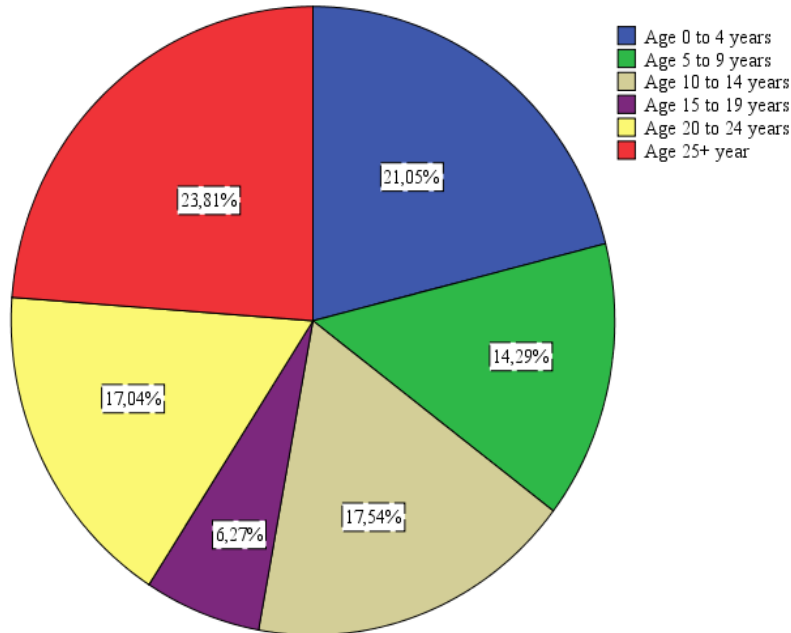
- Κατηγορία Α (≤ 3.999 ceu)
- Κατηγορία Β (≥ 4.000 ceu)

Ο αριθμός των πλοίων της Κατηγορίας Β είναι περίπου εξαπλάσιος από τα πλοία της Κατηγορίας Α, ωστόσο πραγματοποίησαν λιγότερες αφίξεις συγκριτικά με την Κατηγορία Α. Συγκεκριμένα πραγματοποίησαν 319 και 394 αφίξεις αντίστοιχα.

Τα μεγάλα πλοία δραστηριοποιούνται σε δρομολόγια μεταξύ μεγάλων Ηπείρων και χρόνος που περνάνε σε περιοχές ελέγχου ρύπων είναι σχετικά μικρός. Αντίθετα τα πλοία της Κατηγορίας Α θεωρούμε ότι θα χρησιμοποιήσουν ως εναλλακτική λύση τη χρήση του LNG, ώστε να συμμορφωθούν με τα αυστηρά όρια σχετικά με τις εκπομπές ρύπων, δεδομένου ότι τα πλοία αυτής της κατηγορίας δραστηριοποιούνται στη μεταφορά οχημάτων από τους κεντρικούς κόμβους σε γειτονικά λιμάνια. Στη συνέχεια θα γίνει μια περιγραφή αυτής της κατηγορίας.

3.4.2. Vehicle Ro-Ro Carriers ≤3.999 ceu

Για να γίνει μια πιο λεπτομερής περιγραφή της συγκεκριμένης κατηγορίας ο διαχωρισμός των αφίξεων με βάση την ηλικία θεωρείται αναγκαίος. Στην Εικόνα 29 μπορούμε να δούμε το ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία.



Εικόνα 29. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία

Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αφίξεων, περίπου 24%, πραγματοποιήθηκε από πλοία μεγάλης ηλικίας, 25+ έτη. Τα πλοία ηλικίας μέχρι 5 έτη καταλαμβάνουν το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό αφίξεων με 21%. Περίπου ίδιο αριθμό αφίξεων είχαν οι κατηγορίες πλοίων από 10 έως 15 και από 20 έως 25 έτη. Τα πλοία μέσης ηλικίας, δηλαδή από 15 μέχρι 20 έτη πραγματοποίησαν τις λιγότερες αφίξεις με ποσοστό να μην ξεπερνάει το 6%, περίπου τις μισές σε σχέση με τα πλοία ηλικίας από 5 έως 10 έτη.

Οι ηλικίες των πλοίων τις οποίες θεωρούμε ιδανικές για τη χρήση καυσίμου LNG σε αυτή την κατηγορία πλοίων είναι μέχρι τα 10 έτη. Αξίζει να αναφέρουμε το σύνολο των πλοίων αυτών πραγματοποίησαν συνολικά 138 αφίξεις το έτος 2012 που αντιστοιχεί στο 35% του συνόλου των αφίξεων.

Εκτιμώμενος όγκος ανεφοδιασμού LNG

Σήμερα στο σύνολο τους τα πλοία αυτής της κατηγορίας επιτυγχάνουν την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης με τη χρήση ναυτικών κινητήρων που χρησιμοποιούν ως καύσιμα πετρελαιοειδή. Οι

κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως 2-χρονοι. Συγκεκριμένα τα πλοία που επισκέφτηκαν τον Πειραιά είχαν ισχύ πρόωσης κατά μέσο όρο 9.637,9 kW και η υπηρεσιακή ταχύτητα τους ήταν 18,8 knots.

Ένας τυπικός 2-χρονος κινητήρας διπλού καυσίμου τον οποίον τον επιλέξαμε από την MAN είναι το μοντέλο 6G50ME-B9.3-GI-TII το οποίο αποδίδει 10.320 kW στις 100 rpm με ειδική κατανάλωση 135,5 gr/kWh.

Η τυπική απόσταση που υποθέτουμε ότι χρειάζεται να διανύσει το πλοίο μέχρι να μεταβεί από ένα λιμάνι σε άλλο και να πραγματοποιήσει ανεφοδιασμό καυσίμων είναι τα 500 ναυτικά μίλια. Ο χρόνος που απαιτείται για να διανύσει ένα τυπικό πλοίο αυτής της κατηγορίας την συγκεκριμένη απόσταση είναι περίπου 26,6 ώρες.

Επομένως, η απαίτηση σε ποσότητα ανεφοδιασμού καυσίμου LNG είναι 34,7 τόνοι $\approx 77 \text{ m}^3$ LNG.

3.5. Passenger Vessel

Τα επιβατικά πλοία αποτελούν την κύρια κατηγορία πλοίων που εξυπηρετούνται από το λιμάνι του Πειραιά με περίπου 5.000¹² κατάπλους το έτος 2012. Για να πραγματοποιήσουμε μια πιο λεπτομερή προσέγγιση του προφίλ αυτού του τύπου πλοίου αναγκαίος θεωρείτε ο διαχωρισμός σε πλοία κρουαζιέρας και ακτοπλοΐας. Στη συνέχεια γίνεται μια περιγραφή των δύο αυτών κατηγοριών.

3.5.1. Cruise Ships

Η παγκόσμια βιομηχανία της κρουαζιέρας έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία 15 χρόνια και αναμένεται να συνεχίσει να αναπτύσσεται με ακόμη υψηλότερους ρυθμούς. Το μέσο μέγεθος των κρουαζιερόπλοιων τείνει να γίνεται όλο και μεγαλύτερο, με το μέσο όρο να είναι 83.650GT.

Η Μεσόγειος και τα νησιά του Ατλαντικού εξακολουθούν να είναι οι πιο δημοφιλείς προορισμοί στην Ευρώπη, με 2,8 εκατ. επιβάτες να επισκέφτηκαν αυτές τις περιοχές το 2009. Η Βόρεια Ευρώπη αύξησε τον αριθμό των επιβατών σε 884.000. Το 2010 η Ευρωπαϊκή βιομηχανία κρουαζιέρας αναμενόταν να αυξηθεί κατά 2,5%.

Στη μελέτη του IHS Fairplay, κατά την περίοδο αναφοράς πραγματοποιήθηκαν 11.514 κλήσεις από κρουαζιερόπλοια στα λιμάνια του ΕΟΧ εκ των οποίων το 65% (7.483) πραγματοποιήθηκαν σε χώρες της Μεσογείου. Σε χώρες της Βόρειας και Βαλτικής Θάλασσας πραγματοποιήθηκαν αισθητά

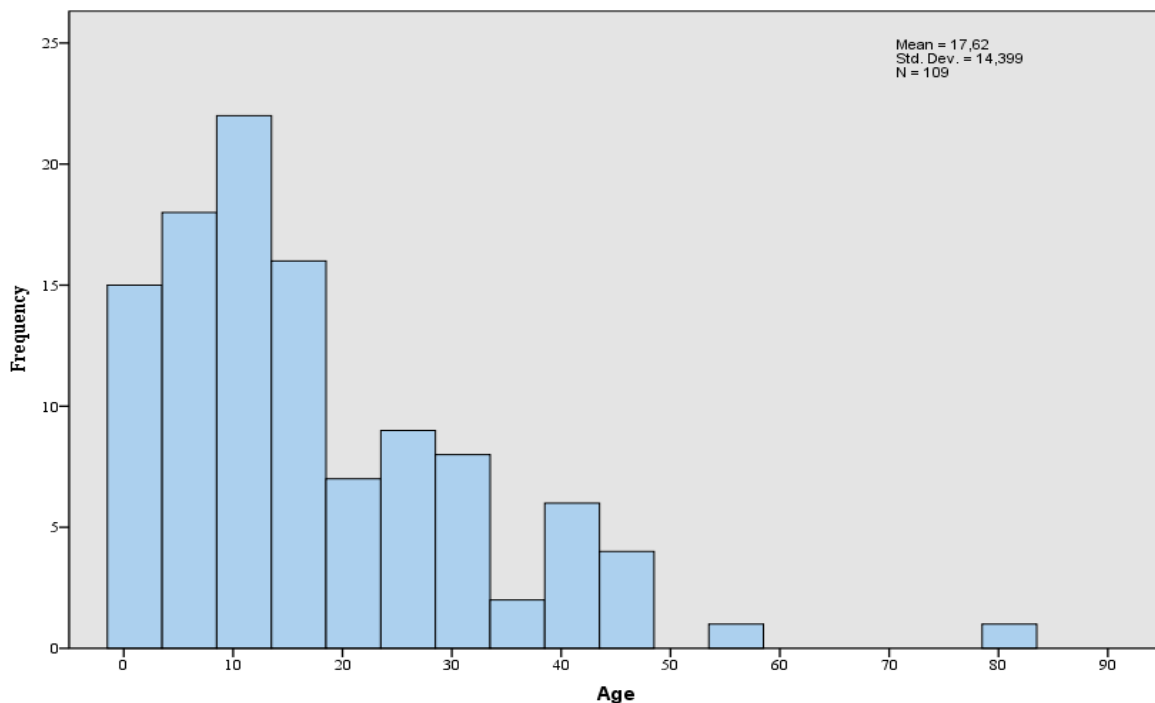
¹² Αναφερόμαστε στου κατάπλους της ακτοπλοΐας και της κρουαζιέρας και όχι στον αριθμό των κατάπλων προς τα νησιά του Αργοσαρωνικού ο οποίος το 2012 έφτασε περίπου στους 9.500.

λιγότερες αφίξεις με τον αριθμό των κλήσεων να είναι 2.914 και 1.317 αντίστοιχα. Κρουαζιερόπλοια μεγαλύτερα από 50.000 GT αντιπροσωπεύουν το 47% των κλήσεων, ενώ από 20.000-50.000 GT και από 2.000-20.000 GT αντιπροσωπεύουν το 27% και 21% αντίστοιχα. Η μέση ηλικία ήταν τα 15,5 έτη.

Πρέπει να αναφέρουμε ότι το 85% των κλήσεων πραγματοποιήθηκαν από κρουαζιερόπλοια που προηγούμενος ή επόμενος προορισμός ήταν λιμάνι του ΕΟΧ. Πιο συγκεκριμένα το 10% είχε προηγούμενο ή επόμενο προορισμό λιμάνι της Μεσογείου/Μαύρης Θάλασσας, το 2% από λιμάνια της Ρωσίας (Βαλτική) και ένα 3% από χώρες εκτός ΕΟΧ. Τέσσερα από επτά μεγαλύτερα λιμάνια κρουαζιέρας για την περίοδο αναφοράς ήταν στην Ιταλία, δύο στην Ισπανία και ένα στην Ελλάδα. Στις τρεις πρώτες θέσεις, όπου ο Πειραιάς καταλαμβάνει την τρίτη θέση, σημειώθηκαν κατά μέσο όρο δύο κλήσεις κάθε ημέρα.

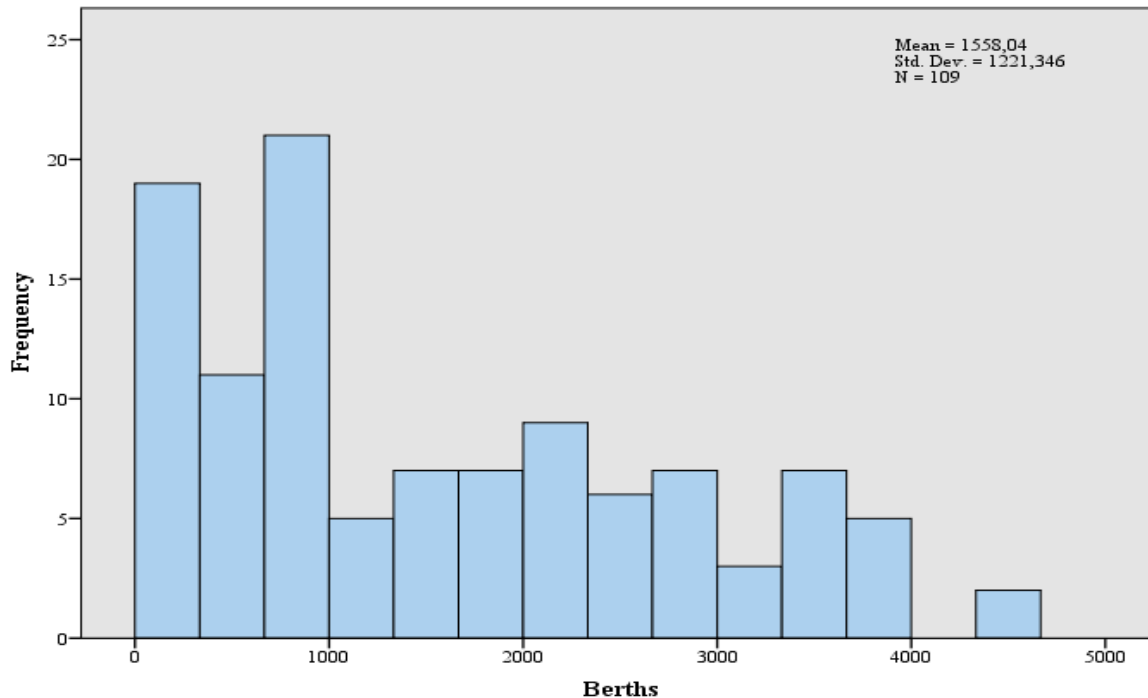
3.5.2. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας της Κρουαζιέρας στον Πειραιά

Το 2012 στο λιμάνι του Πειραιά πραγματοποιήθηκαν 770 αφίξεις από 109 κρουαζιερόπλοια. Στην Εικόνα 30 παρατηρούμε τη συχνότητα των κρουαζιερόπλοιων ανάλογα με την ηλικία τους. Η μέση ηλικία άγγιζε τα 17,62 έτη.



Εικόνα 30 Η συχνότητα των πλοίων ανάλογα με την ηλικία

Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε μία καλύτερη προσέγγιση στο προφίλ των πλοίων που επισκέφτηκαν το λιμάνι το έτος 2012 πραγματοποιήσαμε διαχωρισμό των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα σε berths. Στην Εικόνα 31 μπορούμε να δούμε τη συχνότητα των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα.



Εικόνα 31. Η συχνότητα των πλοίων ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα

Παρατηρούμε ότι το μέγεθος των πλοίων που επισκέφτηκαν τον Πειραιά είναι σχετικά μοιρασμένο σε δύο βασικές περιοχές, τα πλοία τα οποία διαθέτουν κάτω από 1.000 berths και τα πλοία πάνω από 1.000 berths. Για το λόγο αυτό διακρίναμε τα πλοία που αφίχθηκαν στο λιμάνι σε δύο βασικές Ακατηγορίες, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω:

- Κατηγορία Α (≤ 999 berths)
- Κατηγορία Β (≥ 1.000 berths)

Ο αριθμός των πλοίων της κατηγορίας Β είναι περίπου ελάχιστα μεγαλύτερος από τα πλοία της κατηγορίας Α. Ωστόσο, τα μεγάλα κρουαζιερόπλοια πραγματοποίησαν αρκετά περισσότερους κατάπλους σε σχέση με τα μικρά κρουαζιερόπλοια. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποίησαν 478 αφίξεις, σε σύγκριση με τις 292 αφίξεις από την κατηγορία Α.

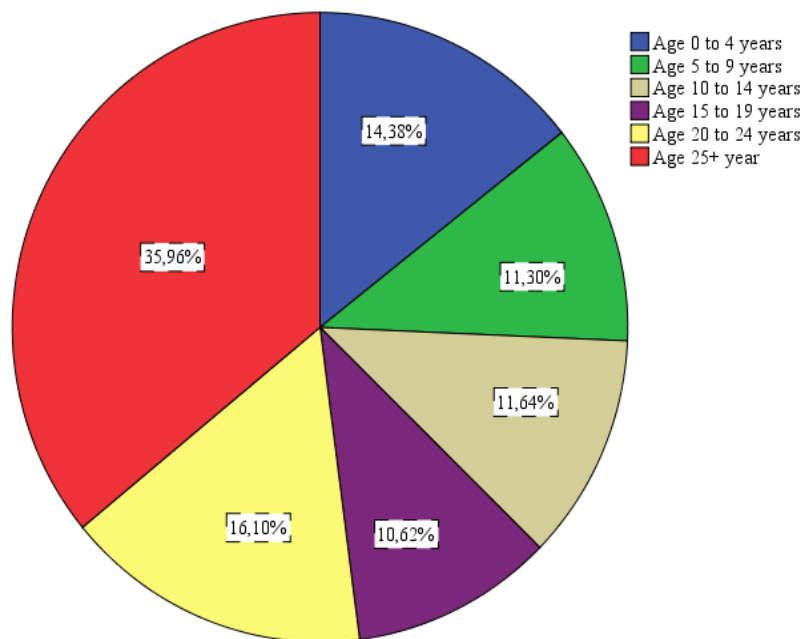
Σε γενικές γραμμές τα κρουαζιερόπλοια ανεξαρτήτως μεγέθους θεωρούμε ότι θα χρησιμοποιήσουν ως εναλλακτική λύση τη χρήση του LNG, ώστε να συμμορφωθούν με τα αυστηρά όρια σχετικά με τις εκπομπές ρύπων. Ακόμα πρέπει να συνυπολογίσουμε ότι η βιομηχανία της κρουαζιέρας είναι

σημαντικό να αναπτύξει μια υπεύθυνη θέση απέναντι σε περιβαλλοντικά ζητήματα δεδομένου ότι τα πλοία αυτά επισκέπτονται έναν μεγάλο αριθμό λιμένων, εκ των οποίων τα περισσότερα δεν συνδέονται άμεσα με τα χαρακτηριστικά των μεγάλων εμπορικών λιμανιών.

Στη συνέχεια θα γίνει μια περιγραφή αυτών των κατηγοριών.

3.5.3. Κρουαζιερόπλοια ≤ 999 berths

Για να γίνει μια πιο λεπτομερής περιγραφή της κατηγορίας ο διαχωρισμός των αφίξεων με βάση την ηλικία θεωρείται αναγκαίος. Στην Εικόνα 29 μπορούμε να δούμε το ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία.



Εικόνα 32. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία

Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αφίξεων, 38%, πραγματοποιήθηκε από πλοία μεγάλης ηλικίας, 25+ έτη. Τα πλοία ηλικίας μεταξύ 20 και 25 έτη καταλαμβάνουν το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό αφίξεων με 16%. Περίπου ίδιο αριθμό αφίξεων είχαν οι κατηγορίες πλοίων από 5 έως 10 και από 15 έως 20 έτη. Τα πλοία ηλικίας από 10 μέχρι 15 έτη πραγματοποίησαν σχετικά μικρό αριθμό αφίξεων με ποσοστό να μην ξεπερνάει το 12%. Τέλος τα πλοία ηλικίας μέχρι 5 έτη πραγματοποίησαν περίπου το 14% των αφίξεων

Οι ηλικίες των πλοίων τις οποίες θεωρούμε ιδανικές για τη χρήση καυσίμου LNG σε αυτή την κατηγορία πλοίων είναι μέχρι τα 15 έτη, δεδομένου ότι η διάρκεια της οικονομικής εκμετάλλευσης των κρουαζιερόπλοιων είναι αρκετά μεγάλη. Αξίζει να αναφέρουμε το σύνολο των πλοίων αυτών

πραγματοποίησαν συνολικά 109 αφίξεις το έτος 2012 που αντιστοιχεί στο 37% του συνόλου των αφίξεων.

Ένα άλλο σημείο στο οποίο πρέπει να δείξουμε μεγάλη σημασία για την επιλογή του εξοπλισμού είναι η διακύμανση του αριθμού των κατάπλων που παρουσιάζεται ανάμεσα στα τρίμηνα του έτους, με το τρίτο τρίμηνο να είναι εκείνο με τις περισσότερες αφίξεις με 125 από τις 292.

Εκτιμώμενος όγκος ανεφοδιασμού LNG

Σήμερα στο σύνολο τους τα πλοία αυτής της κατηγορίας επιτυγχάνουν την απαιτούμενη ισχύς πρόωσης με τη χρήση ναυτικών κινητήρων που χρησιμοποιούν ως καύσιμα πετρελαιοειδή. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως 4-χρονοι. Ωστόσο, σε αυτή την κατηγορία πλοίων θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την ισχύ των γεννητριών καθώς αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό στην συνολικά εγκατεστημένη ισχύ. Συγκεκριμένα τα πλοία που επισκέφτηκαν τον Πειραιά είχαν κατά μέσο όρο 12560,5Kw ισχύ πρόωσης και η υπηρεσιακή ταχύτητα τους ήταν 17,2 knots.

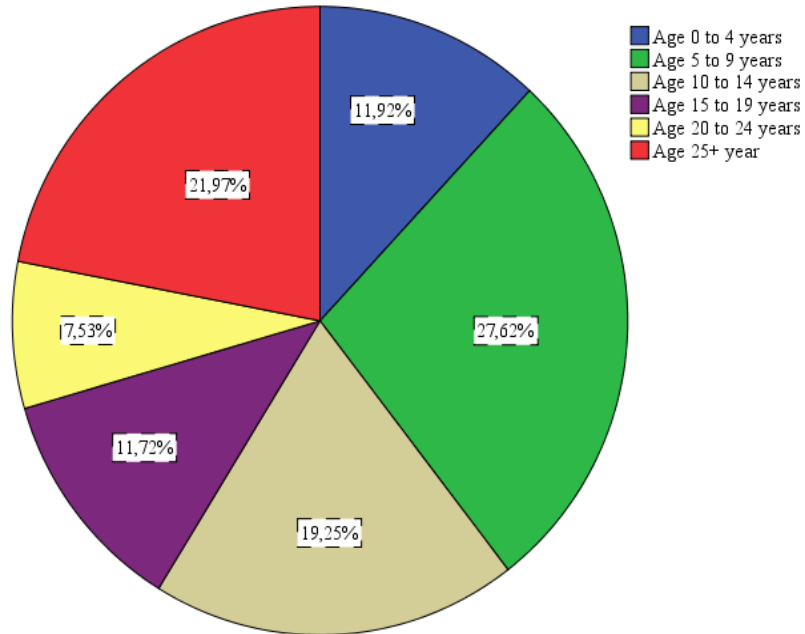
Θεωρήσαμε ότι η μηχανολογική εγκατάσταση αποτελείται από τέσσερις 4-χρόνους κινητήρας διπλού καυσίμου. Ένας τυπικός συνδυασμός κινητήρων τον οποίον τον επιλέξαμε από την Wärtsilä με σκοπό την κάλυψη των αναγκών μας είναι δύο κινητήρες μοντέλου 6L34DF οι οποίοι αποδίδουν 2.700 kW στις 750 rpm με ειδική κατανάλωση 141,3 gr/kWh ο καθένας και δύο κινητήρες μοντέλου 9L34DF οι οποίοι αποδίδουν 3.915 kW στις 720 rpm με ειδική κατανάλωση 141,3 gr/kWh ο καθένας.

Η τυπική απόσταση που υποθέτουμε ότι χρειάζεται να διανύσει το πλοίο μέχρι να μεταβεί από ένα λιμάνι σε άλλο και να πραγματοποιήσει ανεφοδιασμό καυσίμων είναι τα 500 ναυτικά μίλια. Ο χρόνος που απαιτείται για να διανύσει ένα τυπικό πλοίο αυτής της κατηγορίας την συγκεκριμένη απόσταση είναι περίπου 29,1 ώρες. Ωστόσο θεωρήσαμε αναγκαίο λόγω της ιδιαιτερότητας που παρουσιάζουν τα ταξίδια αυτών των πλοίων, με την παραμονή τους σε διάφορα λιμάνια μέσα σε αυτή την τυπική διαδρομή των 500 ναυτικών μιλίων, να υποθέσουμε ότι το 50% του χρόνου που απαιτείται για την κάλυψη αυτής της διαδρομής να θεωρούμε ότι το πλοίο μας βρίσκεται εν όρμω, με λειτουργία κινητήρων στο 50% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς.

Επομένως, η απαίτηση σε ποσότητα ανεφοδιασμού καυσίμου LNG είναι 64,6 τόνοι $\approx 143,5 \text{ m}^3$ LNG.

3.5.4. Κρουαζιερόπλοια ≥ 1000 berths

Για να γίνει μια πιο λεπτομερής περιγραφή της κατηγορίας πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των αφίξεων με βάση την ηλικία. Στην Εικόνα 30 μπορούμε να δούμε το ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία.



Εικόνα 33. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση την ηλικία

Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αφίξεων, 28%, πραγματοποιήθηκε από πλοία ηλικίας μεταξύ 5 και 10 έτη. Τα πλοία μεγάλης ηλικίας, 25+ έτη καταλαμβάνουν το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό αφίξεων με 22%. Περίπου ίδιο αριθμό αφίξεων είχαν οι κατηγορίες πλοίων από 15 έως 20 και μέχρι 5 έτη. Τα πλοία ηλικίας από 20 μέχρι 25 έτη πραγματοποίησαν σχετικά μικρό αριθμό αφίξεων με ποσοστό να μην ξεπερνάει το 7%. Τέλος τα πλοία ηλικίας από 10 έως 15 έτη πραγματοποίησαν περίπου το 19% των αφίξεων.

Οι ηλικίες των πλοίων τις οποίες θεωρούμε ιδανικές για τη χρήση καυσίμου LNG σε αυτή την κατηγορία πλοίων είναι μέχρι τα 15 έτη. Αξίζει να αναφέρουμε το σύνολο των πλοίων αυτών πραγματοποίησαν συνολικά 281 αφίξεις το έτος 2012 που αντιστοιχεί στο 59% του συνόλου των αφίξεων.

Στο τρίτο τρίμηνο πραγματοποιήθηκαν 183 αφίξεις από το σύνολο των 428 του έτους.

Εκτιμώμενος όγκος ανεφοδιασμού LNG

Σήμερα στο σύνολο τους τα πλοία αυτής της κατηγορίας επιτυγχάνουν την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης με τη χρήση ναυτικών κινητήρων που χρησιμοποιούν ως καύσιμα πετρελαιοειδή. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως 4-χρονοι. Ωστόσο, σε αυτή την κατηγορία πλοίων θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την ισχύ των γεννητριών καθώς αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό στην

συνολικά εγκατεστημένη ισχύ. Συγκεκριμένα τα πλοία που επισκέφτηκαν τον Πειραιά είχαν κατά μέσο όρο 52190,2kW ισχύ πρόωσης και η υπηρεσιακή ταχύτητα τους ήταν 21,6 knots.

Θεωρήσαμε ότι η μηχανολογική εγκατάσταση αποτελείται από πέντε 4-χρόνους κινητήρας διπλού καυσίμου. Ένας τυπικός συνδυασμός κινητήρων τον οποίον τον επιλέξαμε από την Wärtsilä με σκοπό την κάλυψη των αναγκών μας είναι πέντε κινητήρες μοντέλου 12V50DF οι οποίοι αποδίδουν 11.700 kW στις 514 rpm με ειδική κατανάλωση 134,1 gr/kWh ο καθένας.

Η τυπική απόσταση που υποθέτουμε ότι χρειάζεται να διανύσει το πλοίο μέχρι να μεταβεί από ένα λιμάνι σε άλλο και να πραγματοποιήσει ανεφοδιασμό καυσίμων είναι τα 500 ναυτικά μίλια. Ο χρόνος που απαιτείται για να διανύσει ένα τυπικό πλοίο αυτής της κατηγορίας την συγκεκριμένη απόσταση είναι περίπου 23,1 ώρες. Ωστόσο θεωρήσαμε αναγκαίο λόγω της ιδιαιτερότητας που παρουσιάζουν τα ταξίδια αυτών των πλοίων, με την παραμονή του σε διάφορα λιμάνια μέσα σε αυτή την τυπική διαδρομή των 500 ναυτικών μιλίων, να υποθέσουμε ότι το 50% του χρόνου που απαιτείται για την κάλυψη αυτής της διαδρομής να θεωρούμε ότι το πλοίο μας βρίσκεται εν όρμω με λειτουργία κινητήρων στο 50% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς.

Επομένως, η απαίτηση σε όγκο ανεφοδιασμού καυσίμου LNG είναι 202,8 τόνοι $\approx 450,2 \text{ m}^3$ LNG.

3.5.5. Ferries

Τα πλοία της ακτοπλοΐας αποτελούν την κατηγορία πλοίων που πραγματοποίησαν τον μεγαλύτερο αριθμό κατάπλων στο λιμάνι του Πειραιά, με μεγάλες αυξομειώσεις στη διάρκεια του έτους αφού τους του θερινούς μήνες σημειώνεται η μεγαλύτερη συχνότητα των δρομολογίων τους. Μάλιστα, τα συγκεκριμένα πλοία θεωρούνται ιδανικά για τη χρήση LNG καθώς περνούν ολόκληρο το χρονικό διάστημα πλεύσης στις περιοχές ελέγχου. Να τονίσουμε ότι τα πλοία που εκτελούν δρομολόγια στα νησιά του Αργοσαρωνικού δεν θα αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας, δεδομένου ότι ο στόλος που τα εξυπηρετεί είναι μεγάλης ηλικίας.

3.5.6. Επισκόπηση Ναυτιλιακής Βιομηχανίας των ferries στον Πειραιά

Στον Πειραιά το έτος 2012 πραγματοποιήθηκαν περίπου 4.296 κατάπλοι από 31 πλοία που εξυπηρετούσαν δρομολόγια της ακτοπλοΐας.

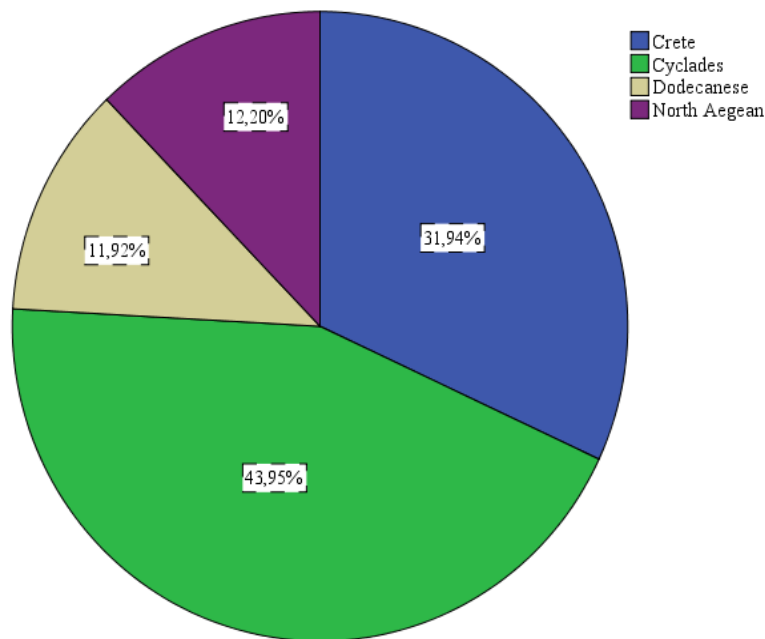
Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε μία καλύτερη προσέγγιση στο προφίλ των πλοίων που επισκέφτηκαν το λιμάνι θεωρήσαμε αναγκαίο το διαχωρισμό τους ανάλογα με τα δρομολόγια τα οποία εξυπηρέτησαν το 2012. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι τα πλοία της ακτογραμμής δεν εξυπηρετούν αναγκαία το ίδιο δρομολόγιο κάθε χρόνο. Για παράδειγμα ορισμένα

πλοία τη μια χρονιά μπορεί να εξυπηρετούν το επιβατικό κοινό με προορισμό την Κρήτη και την επόμενη να εκτελούν δρομολόγια Πάτρας-Ιταλίας ή να ναυλωθούν για διαδρομές εκτός Ελλάδος.

Λόγο του μεγάλου αριθμού νησιών που εξυπηρετεί ένα δρομολόγιο ακτοπλοΐας και δεδομένου ότι μέσα στην εβδομάδα μπορεί να παρουσιάζει διαφοροποιήσεις στα λιμάνια που επισκέπτεται θεωρήσαμε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή που εξυπηρετούν. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- Κυκλάδες
- Κρήτη
- Βόρειο Αιγαίο
- Δωδεκάνησα

Στην Εικόνα 31 βλέπουμε το ποσοστό των κατάπλων προς κάθε γεωγραφική περιοχής επί του συνόλου.



Εικόνα 34. Ποσοστό των κατάπλων επί του συνόλου που πραγματοποιήθηκαν με βάση τον προορισμό

Παρατηρούμε ότι τα δρομολόγια με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι προς τα νησιά των Κυκλάδων στα οποία πραγματοποιήθηκαν 1.888 κατάπλοι, ακολουθούν τα λιμάνια της Κρήτης με 1.372. Προς τα νησιά του Βορείου Αιγαίου πραγματοποιήθηκαν συνολικά 524 κατάπλοι. Τέλος οι λιγότεροι κατάπλοι είχαν προορισμό τα Δωδεκάνησα.

Στα πλοία της ακτοπλοΐας είναι σημαντικό να αναφέρουμε τον αριθμό των κατάπλων του 3^{ου} τρίμηνου του έτους στο οποίο πραγματοποιήθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό των αναχωρήσεων προς τη νησιωτική Ελλάδα. Οι προορισμοί προς τα νησιά των Κυκλάδων και την Κρήτη είχαν 854 και 473 κατάπλους αντίστοιχα, ενώ προς στα νησιά του Βορείου Αιγαίου και τα Δωδεκάνησα πραγματοποιήθηκαν 225 και 152 κατάπλοι αντίστοιχα. Το στοιχείο αυτό θεωρείται σημαντικό ώστε να γίνει αποδοτική επιλογή του απαιτούμενου εξοπλισμού ανεφοδιασμού.

Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε σε μια πιο λεπτομερή περιγραφή των πλοίων που εξυπηρέτησαν τους συγκεκριμένους προορισμούς. Για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στα απαιτούμενα συμπεράσματα προχωρήσαμε σε μία ομαδοποίηση πλοίων με βάση την υπηρεσιακή τους ταχύτητα. Δεδομένου ότι τα πλοία που αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες διαθέτουν μεγαλύτερη εγκατεστημένη συνολική ισχύ και άρα απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες LNG για τον ανεφοδιασμό τους, θεωρούμε την υπηρεσιακή ταχύτητα των 25 knots κατάλληλη ώστε να χρησιμοποιηθεί ως όριο για τους υπολογισμούς μας. Τα πλοία τα οποία έχουν υπηρεσιακή ταχύτητα κάτω από 25 knots θα τα θεωρούμε “Μικρά Ro-Ro/Pax” ενώ τα υπόλοιπα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax”.

Η ηλικία αποτέλεσε ένα ακόμα σημαντικό παράγοντα κατηγοριοποίησης των πλοίων για την επιλογή της χρήσης LNG καθώς συνδέεται άμεσα με την περίοδο απόσβεσης της απαιτούμενης επένδυσης. Πιο συγκεκριμένα ακολουθήσαμε διαχωρισμό των ηλικιών ανά 5 έτη μέχρι πλοία ηλικίας 25 ετών ενώ πλοία μεγαλύτερης ηλικίας εντάχθηκαν σε μια ενιαία κατηγορία. Στο σημείο αυτό θεωρούμε σημαντικό να αναφέρουμε ότι τα έτη 2020 και 2030 αποτέλεσαν σημείο αναφοράς στους υπολογισμούς του εκτιμώμενου αριθμού ανεφοδιασμών που πραγματοποιούνται στο λιμάνι. Με βάση αυτό το 2020 συμπεριλάβαμε μόνο το 60% των πλοίων ηλικίας 15 ετών και κάτω ενώ το 2030 συμπεριλάβαμε το σύνολο των πλοίων της συγκεκριμένης κατηγορίας.

3.5.7. Κυκλάδες

Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε με την περιγραφή της γεωγραφικής περιοχής των Κυκλάδων. Ο διαχωρισμός των πλοίων έγινε με βάση την παραδοχή που αναφέραμε παραπάνω σχετικά με την υπηρεσιακή ταχύτητα. Στον Πίνακα 16 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας όπως είναι ο αριθμός αφίξεων, η συνολική εγκατεστημένη ισχύ, η υπηρεσιακή ταχύτητα και η ηλικία.

Πίνακας 16. Χαρακτηριστικά πλοίων που πραγματοποίησαν κατάπλους προς νησιά των Κυκλάδων.

	<i>“Μικρά Ro-Ro/Pax”</i>	<i>“Μεγάλα Ro-Ro/Pax”</i>
Αριθμός Αφίξεων	1132	756
Μ.Ο. Συνολικής εγκατεστημένης ισχύς [kW]	12.735,6	29.090,4
Μ.Ο. Υπηρεσιακής Ταχύτητας [knots]	22,2	36,0
Μ.Ο. Ηλικίας	20,4	10,2

Πιο συγκεκριμένα πρέπει να αναφέρουμε ότι στην κατηγορία “Μικρά Ro-Ro/Pax” από του 1.132 κατάπλους το 74 % πραγματοποιήθηκε από πλοία των οποίων η ηλικία ήταν κάτω από 15 έτη, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό από πλοία μεγάλης ηλικίας, 25+ έτη. Αντίστοιχα για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax” από τους 756 κατάπλους το 77% το σύνολο των κατάπλων πραγματοποιήθηκε από πλοία των οποίων η ηλικία ήταν κάτω από 15 έτη ενώ το υπόλοιπο ποσοστό από πλοία ηλικίας από 15 έως 20 έτη.

Στο τρίτο τρίμηνο πραγματοποιήθηκαν 327 αφίξεις από “Μικρά Ro-Ro/Pax” και 527 “Μεγάλα Ro-Ro/Pax”.

Εκτιμώμενος όγκος ανεφοδιασμού LNG

Σήμερα στο σύνολο τους τα πλοία αυτής της κατηγορίας επιτυγχάνουν την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης με τη χρήση ναυτικών κινητήρων που χρησιμοποιούν ως καύσιμα πετρελαιοειδή. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως 4-χρονοι. Ωστόσο, σε αυτή την κατηγορία πλοίων θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την ισχύ των γεννητριών καθώς αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό στην συνολικά εγκατεστημένη ισχύ.

Θεωρήσαμε ότι η μηχανολογική εγκατάσταση των πλοίων αποτελείται από τέσσερις 4-χρόνους κινητήρας διπλού καυσίμου. Ένας τυπικός συνδυασμός κινητήρων για “Μικρά Ro-Ro/Pax” τον οποίον τον επιλέξαμε από την Wärtsilä με σκοπό την κάλυψη των αναγκών μας είναι τέσσερις κινητήρες μοντέλου 9L34DF οι οποίοι αποδίδουν 4.050 kW στις 750 rpm με ειδική κατανάλωση 141,3 gr/kWh ο καθένας. Αντίστοιχα για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax” επιλέξαμε από την Wärtsilä τέσσερις κινητήρες μοντέλου 8L50DF οι οποίοι αποδίδουν 7.800 kW στις 514 rpm με ειδική κατανάλωση 134,4 gr/kWh.

Η τυπική απόσταση που υποθέτουμε ότι χρειάζεται να διανύσει το πλοίο ώστε να πραγματοποιήσει ανεφοδιασμό καυσίμων στο λιμάνι του Πειραιά είναι τα 245 ναυτικά μίλια. Η απόσταση αυτή βρέθηκε ως ο μέσος όρος των διπλάσιων αποστάσεων τεσσάρων κεντρικών λιμναίων των Κυκλάδων, όπως είναι η Σαντορίνη, Πάρος, Μύκονος και Αμοργός, από τον Πειραιά. Ο χρόνος που απαιτείται

για να διανύσει ένα τυπικό πλοίο της κάθε κατηγορίας την συγκεκριμένη απόσταση είναι 11 ώρες για τα “Μικρά Ro-Ro/Pax” και 6,8 ώρες περίπου για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax”. Ο χρόνος που απαιτείται για την πραγματοποίηση μανουβρών στο κάθε λιμάνι καθώς και ο χρόνος που το πλοίο παραμένει εν όρμο δεν υπολογιστικά δεδομένου ότι δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία και θεωρήθηκε στοιχείο το οποίο δεν έχει σημαντικές επιρροές στα αποτελέσματα της μελέτης.

Επομένως, η απαίτηση σε ποσότητα ανεφοδιασμού καυσίμου LNG είναι 19,7 τόνοι $\approx 43,8 \text{ m}^3$ LNG και 26,5τόνοι $\approx 58,7\text{m}^3$ LNG αντίστοιχα.

3.5.8. Κρήτη

Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε με την περιγραφή των κατάπλων που πραγματοποιήθηκαν στα λιμάνια της Κρήτης. Στον Πίνακα 17 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας.

Πίνακας 17. Χαρακτηριστικά πλοίων που πραγματοποίησαν κατάπλους προς λιμάνια της Κρήτης.

	<i>“Μικρά Ro-Ro/Pax”</i>	<i>“Μεγάλα Ro-Ro/Pax”</i>
Αριθμός Αφίξεων	664	708
Μ.Ο. Συνολικής εγκατεστημένης ισχύς [kW]	19.946,1	58.200,0
Μ.Ο. Υπηρεσιακής Ταχύτητας [knots]	21,2	29,4
Μ.Ο. Ηλικίας	29,0	12,25

Πιο συγκεκριμένα πρέπει να αναφέρουμε ότι στην κατηγορία “Μικρά Ro-Ro/Pax” το σύνολο των κατάπλων πραγματοποιήθηκε από πλοία των οποίων η ηλικία ήταν πάνω από 15 έτη. Αντίθετα για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax” το σύνολο των κατάπλων πραγματοποιήθηκε από πλοία των οποίων η ηλικία ήταν κάτω από 15 έτη.

Στο τρίτο τρίμηνο πραγματοποιήθηκαν 236 αφίξεις από “Μικρά Ro-Ro/Pax” και 237 “Μεγάλα Ro-Ro/Pax”.

Εκτιμώμενος όγκος ανεφοδιασμού LNG

Σήμερα στο σύνολο τους τα πλοία αυτής της κατηγορίας επιτυγχάνουν την απαιτούμενη ισχύς πρόωσης με τη χρήση ναυτικών κινητήρων που χρησιμοποιούν ως καύσιμα πετρελαιοειδή. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως 4-χρονοι. Ωστόσο, σε αυτή την κατηγορία πλοίων θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την ισχύ των γεννητριών καθώς αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό στην συνολικά εγκατεστημένη ισχύ.

Θεωρήσαμε ότι η μηχανολογική εγκατάσταση των πλοίων αποτελείται από τέσσερις 4-χρόνους κινητήρας διπλού καυσίμου. Ένας τυπικός συνδυασμός κινητήρων για “Μικρά Ro-Ro/Pax” τον οποίον τον επιλέξαμε από την Wärtsilä με σκοπό την κάλυψη των αναγκών μας είναι τέσσερις κινητήρες μοντέλου 9L50DF οι οποίοι αποδίδουν 8.550 kW στις 500 rpm με ειδική κατανάλωση 134,4 gr/kWh ο καθένας. Αντίστοιχα για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax” επιλέξαμε από την Wärtsilä τέσσερις κινητήρες μοντέλου 12V50DF οι οποίοι αποδίδουν 11.700 kW στις 514 rpm με ειδική κατανάλωση 134,4 gr/kWh.

Η τυπική απόσταση που υποθέτουμε ότι χρειάζεται να διανύσει το πλοίο ώστε να πραγματοποιήσει ανεφοδιασμό καυσίμων στο λιμάνι του Πειραιά είναι τα 319 ναυτικά μίλια. Η απόσταση αυτή βρέθηκε ως ο μέσος όρος των διπλάσιων αποστάσεων των τριών κεντρικών λιμναίων της Κρήτης, όπως είναι το Ηράκλειο, τα Χανιά και το Ρέθυμνο, από τον Πειραιά. Ο χρόνος που απαιτείται για να διανύσει ένα τυπικό πλοίο της κάθε κατηγορίας την συγκεκριμένη απόσταση είναι 15,05 ώρες για τα “Μικρά Ro-Ro/Pax” και 10,9 ώρες περίπου για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax”. Ο χρόνος που απαιτείτε για την πραγματοποίηση μανουβρών στο κάθε λιμάνι καθώς και ο χρόνος που το πλοίο παραμένει εν όρμο δεν υπολογιστικά δεδομένου ότι δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία και θεωρήθηκε στοιχείο το οποίο δεν έχει σημαντικές επιρροές στα αποτελέσματα της μελέτης.

Επομένως, η απαίτηση σε ποσότητα ανεφοδιασμού καυσίμου LNG είναι 40,4 τόνοι \approx 89,6 m³ LNG και 85 τόνοι \approx 188,8 m³ LNG αντίστοιχα.

3.5.9. Βόρειο Αιγαίο

Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε με την περιγραφή των κατάπλων που πραγματοποιήθηκαν στα λιμάνια του Βορείου Αιγαίου. Στον Πίνακα 18 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας.

Πίνακας 18. Χαρακτηριστικά πλοίων που πραγματοποίησαν κατάπλους προς νησιά του Βορείου Αιγαίου.

	“Μικρά Ro-Ro/Pax”	“Μεγάλα Ro-Ro/Pax”
Αριθμός Αφίξεων	116	408
Μ.Ο. Συνολικής εγκατεστημένης ισχύς [kW]	14.594,5	31.209,5
Μ.Ο. Υπηρεσιακής Ταχύτητας [knots]	18,75	26,08
Μ.Ο. Ηλικίας	39,00	13,50

Πιο συγκεκριμένα πρέπει να αναφέρουμε ότι στην κατηγορία “Μικρά Ro-Ro/Pax” το σύνολο των κατάπλων πραγματοποιήθηκε από πλοία των οποίων η ηλικία ήταν πάνω από 25 έτη. Αντίθετα για τα

“Μεγάλα Ro-Ro/Pax” το σύνολο των κατάπλων πραγματοποιήθηκε από πλοία των οποίων η ηλικία ήταν κάτω από 10 έτη.

Στο τρίτο τρίμηνο πραγματοποιήθηκαν 46 αφίξεις από “Μικρά Ro-Ro/Pax” και 179 “Μεγάλα Ro-Ro/Pax”.

Εκτιμώμενος όγκος ανεφοδιασμού LNG

Σήμερα στο σύνολο τους τα πλοία αυτής της κατηγορίας επιτυγχάνουν την απαιτούμενη ισχύς πρόωσης με τη χρήση ναυτικών κινητήρων που χρησιμοποιούν ως καύσιμα πετρελαιοειδή. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως 4-χρονοι. Ωστόσο, σε αυτή την κατηγορία πλοίων θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την ισχύ των γεννητριών καθώς αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό στην συνολικά εγκατεστημένη ισχύ.

Θεωρήσαμε ότι η μηχανολογική εγκατάσταση των πλοίων αποτελείται από δύο και τέσσερις 4-χρόνους κινητήρας διπλού καυσίμου. Ένας τυπικός συνδυασμός κινητήρων για “Μικρά Ro-Ro/Pax” τον οποίον τον επιλέξαμε από την Wärtsilä με σκοπό την κάλυψη των αναγκών μας είναι δύο κινητήρες μοντέλου 6L50DF οι οποίοι αποδίδουν 5.850 kW στις 514 rpm με ειδική κατανάλωση 134,4 gr/kWh ο καθένας. Αντίστοιχα για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax” επιλέξαμε από την Wärtsilä τέσσερις κινητήρες μοντέλου 8L50DF οι οποίοι αποδίδουν 7.800 kW στις 514 rpm με ειδική κατανάλωση 134,4 gr/kWh.

Η τυπική απόσταση που υποθέτουμε ότι χρειάζεται να διανύσει το πλοίο ώστε να πραγματοποιήσει ανεφοδιασμό καυσίμων στο λιμάνι του Πειραιά είναι τα 371 ναυτικά μίλια. Η απόσταση αυτή βρέθηκε ως ο μέσος όρος των διπλάσιων αποστάσεων των δύο κεντρικών λιμναίων του Βορείου Αιγαίου, όπως είναι η Μυτιλήνη και η Σάμος από τον Πειραιά. Ο χρόνος που απαιτείται για να διανύσει ένα τυπικό πλοίο της κάθε κατηγορίας την συγκεκριμένη απόσταση είναι 19,8 ώρες για τα “Μικρά Ro-Ro/Pax” και 14,2 ώρες περίπου για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax”. Ο χρόνος που απαιτείται για την πραγματοποίηση μανουβρών στο κάθε λιμάνι καθώς και ο χρόνος που το πλοίο παραμένει εν όρμο δεν υπολογιστικέ δεδομένου ότι δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία και θεωρήθηκε στοιχείο το οποίο δεν έχει σημαντικές επιρροές στα αποτελέσματα της μελέτης.

Επομένως, η απαίτηση σε ποσότητα ανεφοδιασμού καυσίμου LNG είναι 38,8 τόνοι \approx 85,4 m³ LNG και 59,7 τόνοι \approx 132,5m³ LNG αντίστοιχα.

3.5.10. Δωδεκάνησα

Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε με την περιγραφή των κατάπλων που πραγματοποιήθηκαν στα νησιά των Δωδεκανήσων. Στον Πίνακα 19 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας.

Πίνακας 19. Χαρακτηριστικά πλοίων που πραγματοποίησαν κατάπλους προς νησιά των Δωδεκανήσων.

	<i>“Μικρά Ro-Ro/Pax”</i>	<i>“Μεγάλα Ro-Ro/Pax”</i>
Αριθμός Αφίξεων	238	274
Μ.Ο. Συνολικής εγκατεστημένης ισχύς [kW]	10.815,5	44.480,00
Μ.Ο. Υπηρεσιακής Ταχύτητας [knots]	21,0	20,0
Μ.Ο. Ηλικίας	30,0	13,0

Πιο συγκεκριμένα πρέπει να αναφέρουμε ότι στην κατηγορία “Μικρά Ro-Ro/Pax” το σύνολο των κατάπλων πραγματοποιήθηκε από πλοία των οποίων η ηλικία ήταν πάνω από 20 έτη. Αντίθετα για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax” το σύνολο των κατάπλων πραγματοποιήθηκε από πλοία των οποίων η ηλικία ήταν κάτω από 15 έτη

Στο τρίτο τρίμηνο πραγματοποιήθηκαν 64 αφίξεις από “Μικρά Ro-Ro/Pax” και 88 “Μεγάλα Ro-Ro/Pax”.

Εκτιμώμενος όγκος ανεφοδιασμού LNG

Σήμερα στο σύνολο τους τα πλοία αυτής της κατηγορίας επιτυγχάνουν την απαιτούμενη ισχύς πρόωσης με τη χρήση ναυτικών κινητήρων που χρησιμοποιούν ως καύσιμα πετρελαιοειδή. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως 4-χρονοι. Ωστόσο, σε αυτή την κατηγορία πλοίων θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την ισχύ των γεννητριών καθώς αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό στην συνολικά εγκατεστημένη ισχύ.

Θεωρήσαμε ότι η μηχανολογική εγκατάσταση των πλοίων αποτελείται από δύο και τέσσερις 4-χρόνους κινητήρας διπλού καυσίμου. Ένας τυπικός συνδυασμός κινητήρων για “Μικρά Ro-Ro/Pax” τον οποίον τον επιλέξαμε από την Wärtsilä με σκοπό την κάλυψη των αναγκών μας είναι δύο κινητήρες μοντέλου 6L50DF οι οποίοι αποδίδουν 5.850 kW στις 514 rpm με ειδική κατανάλωση 134,4 gr/kWh ο καθένας. Αντίστοιχα για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax” επιλέξαμε από την Wärtsilä τέσσερις κινητήρες μοντέλου 12V50DF οι οποίοι αποδίδουν 11.700 kW στις 514 rpm με ειδική κατανάλωση 134,4 gr/kWh.

Η τυπική απόσταση που υποθέτουμε ότι χρειάζεται να διανύσει το πλοίο ώστε να πραγματοποιήσει ανεφοδιασμό καυσίμων στο λιμάνι του Πειραιά είναι τα 510 ναυτικά μίλια. Η απόσταση αυτή βρέθηκε ως η διπλάσια απόσταση του λιμανιού της Ρόδου από τον Πειραιά. Ο χρόνος που απαιτείται για να διανύσει ένα τυπικό πλοίο της κάθε κατηγορίας την συγκεκριμένη απόσταση είναι 24,3 ώρες για τα “Μικρά Ro-Ro/Pax” και 18,2 ώρες περίπου για τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax”. Ο χρόνος που απαιτείται για την πραγματοποίηση μανουβρών στο κάθε λιμάνι καθώς και ο χρόνος που το πλοίο παραμένει εν όρμω δεν υπολογιστικέ δεδομένου ότι δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία και θεωρήθηκε στοιχείο το οποίο δεν έχει σημαντικές επιρροές στα αποτελέσματα της μελέτης.

Επομένως, η απαίτηση σε ποσότητα ανεφοδιασμού καυσίμου LNG είναι 35,5 τόνοι $\approx 78,4 \text{ m}^3$ LNG και 108,9 τόνοι $\approx 241,7 \text{ m}^3$ LNG αντίστοιχα.

3.6. Εκτιμώμενος Όγκος LNG για Ανεφοδιασμό στον Πειραιά

Ο αναμενόμενος όγκος LNG ο οποίος θα προορίζεται για τον ανεφοδιασμό πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά υπολογίστηκε με βάση τα ακόλουθα στοιχεία :

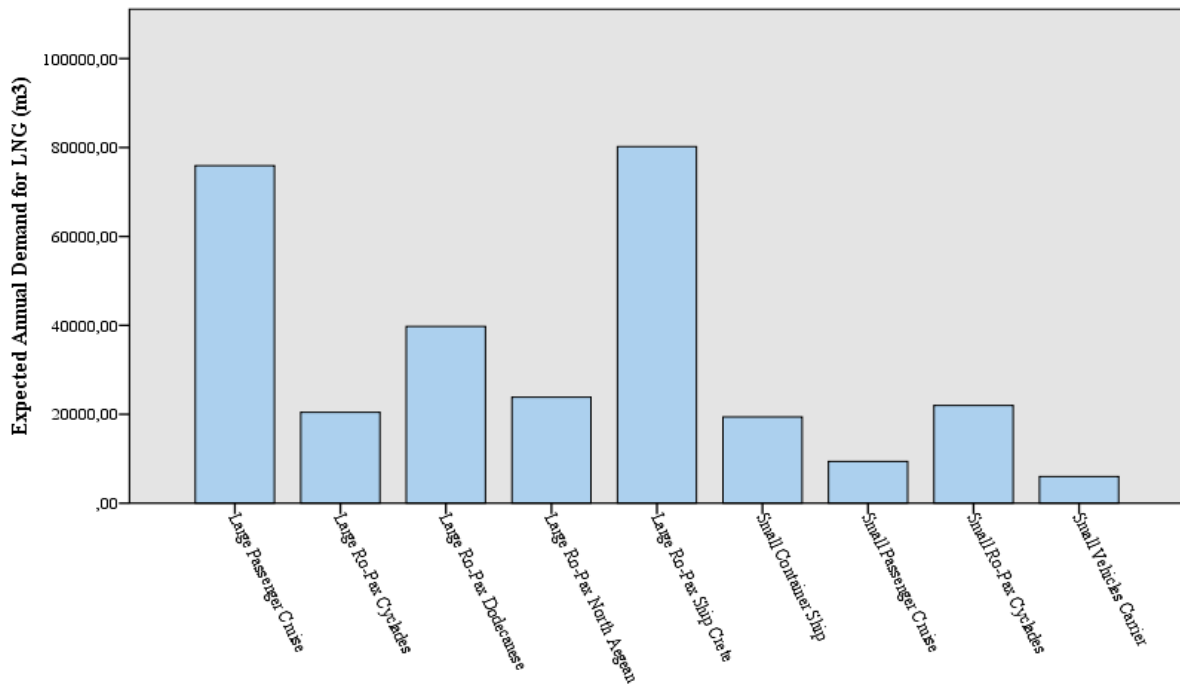
- Ο αναμενόμενος ετήσιος αριθμός κλήσεων στο λιμάνι του Πειραιά για το έτος 2020, διαιρούμενος σε κάθε τύπο πλοίου με τις εκάστοτε υποκατηγορίες του. Ο αριθμός αυτός βασίστηκε στα στοιχεία τα οποία είχαμε για το έτος 2012. Δεν αναμένουμε ότι θα υπάρξει αισθητή αύξηση σε κάποια κατηγορία πλοίων που θα εξυπηρετούνται στο λιμάνι για τα επόμενα χρόνια.
- Ο μέσος όγκος παράδοσης καυσίμων υπολογιστικέ με βάση τις παραδοχές τις οποίες θέσαμε για κάθε κατηγορία ξεχωριστά και έχει αναλυθεί στις παραπάνω ενότητες.
- Το ποσοστό των πλοίων που θα χρησιμοποιούν το LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο ως εναλλακτική λύση για την συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Το ποσοστό αυτό έχει επιλεγεί για κάθε κατηγορία ξεχωριστά και βασίζεται στις παραδοχές που χρησιμοποιήσαμε σχετικά με τη μεταφορική ικανότητα και την ηλικία κάθε πλοίου.
- Το ποσοστό των πλοίων τα οποία θα πραγματοποιούν διαδικασίες ανεφοδιασμού στο λιμάνι του Πειραιά. Είναι σχεδόν αδύνατο να γνωρίζουμε τον ακριβή αριθμό ανεφοδιασμών, εκτός από τα πλοία της ακτοπλοΐας, που θα πραγματοποιούν ανεφοδιασμούς στο λιμάνι, καθώς εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η ανάπτυξη της αγοράς, οι τιμές του καυσίμου, ο ανταγωνισμός με γειτονικά λιμάνια ανεφοδιασμού και τα δίκτυα εξυπηρέτησης των ναυτιλιακών υπηρεσιών.

Τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής έχουν στόχο να οδηγήσουν σε μια προκαταρκτική πρόταση για τον εξοπλισμό που θα απαιτείτε στο λιμάνι. Στον Πίνακα 20 παρουσιάζεται η εκτίμηση της ζήτησης LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο στο λιμάνι του Πειραιά το 2020.

Πίνακας 20. Εκτίμηση της ζήτησης LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο στο λιμάνι του Πειραιά το 2020

<i>Τύπος πλοίου</i>	<i>Αναμενόμενος αριθμός κλήσεων (2020)</i>	<i>Μέση ποσότητα ανεφοδιασμού (m³)</i>	<i>Ποσοστό των πλοίων που θα χρησιμοποιούν LNG</i>	<i>Ποσοστό πλοίων που πραγματοποιούν διαδικασίες ανεφοδιασμού</i>	<i>Εκτιμώμενος αριθμός ανεφοδιασμών</i>	<i>Ετήσια ζήτηση LNG (m³)</i>
Small Container Ship	1355	92,3	26%	60%	210	19.382,9
Small Passenger Cruise	292	143,5	37%	60%	65	9.384,5
Large Passenger Cruise	478	450,2	59%	60%	169	75.898,6
Small Vehicles Carrier	395	77,7	33%	60%	78	6.009,7
Small Passenger Ro-Ro Ship (Vehicles) Crete	1332	89,6	0%	100%	0	0
Large Passenger Ro-Ro Ship (Vehicles) Crete	756	188,8	60%	100%	425	80.195,5
Small Passenger Ro-Ro Ship (Vehicles) Cyclades	664	43,8	44%	100%	502	21978,0
Large Passenger Ro-Ro Ship (Vehicles) Cyclades	708	58,7	46%	100%	348	20431,6
Small Passenger Ro-Ro Ship (Vehicles) North Aegean	116	85,4	0%	100%	0	0
Large Passenger Ro-Ro Ship (Vehicles) North Aegean	408	132,5	44%	100%	180	23849,8
Small Passenger Ro-Ro Ship (Vehicles) Dodecanese	238	78,4	0%	100%	0	0
Large Passenger Ro-Ro Ship (Vehicles) Dodecanese	274	241,7	60%	100%	164	39742,5
				Total	2.141	296.872,9

Η ζήτηση LNG για το έτος 2020 εκτιμάτε ότι θα είναι 296.872,9 m³. Οι διαδικασίες ανεφοδιασμού που θα πραγματοποιούνται ετησίως θα αγγίζουν τις 2.141. Πιο συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι τα “Μεγάλα Ro-Ro/Pax” που εξυπηρετούν δρομολόγια προς τη Κρήτη καθώς και τα μεγάλα κρουαζιερόπλοια θα αποτελέσουν τις δύο κατηγορίες που θα παρουσιάσουν την μεγαλύτερη ετήσια ζήτηση για LNG με τον εκτιμώμενο όγκο παροχής να φτάνει τα 80.200 m³ και 75.900 m³ αντίστοιχα. Η ετήσια ζήτηση LNG από τις υπόλοιπες κατηγορίες πλοίων της ακτοπλοΐας ανέρχεται από 20.000 m³ έως 39.800 m³. Τα μικρά πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων εκτιμάτε ότι θα παρουσιάσουν και αυτά μια αξιόλογη ζήτηση LNG με περίπου 19.400 m³ ετησίως. Τη μικρότερη ετήσια ζήτηση LNG παρουσιάζουν τα μικρά πλοία μεταφοράς οχημάτων καθώς και τα μικρά κρουαζιερόπλοια με 6.000 m³ και 9.400 m³ αντίστοιχα. Στην Εικόνα 35 μπορούμε να δούμε συγκεντρωτικά τις εκτιμώμενες ποσότητες ζήτησης LNG για τις διάφορες κατηγορίες πλοίων που μελετήθηκαν.



Εικόνα 35 Εκτιμώμενες ποσότητες Ανεφοδιασμού LNG ανά κατηγορία πλοίων για το 2020.

Σε γενικές γραμμές τα πλοία της ακτοπλοΐας είναι αυτά που θα καθορίσουν σε μεγάλο βαθμό τη ζήτηση του ναυτιλιακού καυσίμου LNG στον Πειραιά καθώς εκτιμάτε ότι θα καταναλώνουν πάνω από το 50% της συνολικής ετήσιας ζήτησης (186.197 m³). Αποτέλεσμα σχετικά αναμενόμενο δεδομένου ότι τα πλοία της ακτοπλοΐας πραγματοποιούν το μεγαλύτερο αριθμό κατάπλων σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη κατηγορία πλοίων καθώς επίσης και ότι θα πραγματοποιούν στο σύνολό τους διαδικασίες ανεφοδιασμού στο λιμάνι του Πειραιά.

Με βάση την παραδοχή της μελέτης μας, ο αριθμός των πλοίων της ακτοπλοΐας που θα χρησιμοποιεί ναυτιλιακό καύσιμο LNG αναμένεται να αυξηθεί το 2030. Επομένως, η εκτιμώμενη ζήτηση LNG το έτος 2030 θα είναι 421.004 m³ και αντίστοιχα θα πραγματοποιούνται 3.220 διαδικασίες ανεφοδιασμού ετησίως. Η αύξηση που παρατηρείτε είναι αρκετά σημαντική καθώς φτάνει σε ποσοστό 42 % στην ετήσια ποσότητα LNG και 50% στις διαδικασίες ανεφοδιασμού.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι θεωρήσαμε βασική παραδοχή για την περαιτέρω μελέτη μας ότι η ζήτηση LNG σε μακροχρόνιο ορίζοντα θα παραμένει περίπου στα ίδια επίπεδα με το έτος 2030.

3.7. Επιλογή Μέσων για Ανεφοδιασμών LNG στον Λιμένα

Δεδομένου ότι το λιμάνι του Πειραιά βρίσκεται κοντά στον τερματικό σταθμό εισαγωγής LNG της νήσους Ρεβυθούσας, η δημιουργία χερσαίων δεξαμενών αποθήκευσης δεν κρίνεται απαραίτητη καθώς η ενοικίαση αποθηκευτικού χώρου του τερματικού σταθμού αποτελεί την πιο εφικτή λύση. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται ακόμα μεγάλα επενδυτικά κόστη δεδομένου της υψηλής δαπάνης κατασκευής χερσαίων δεξαμενών αποθήκευσης LNG. Τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του τερματικού σταθμού έχουν περιγραφεί εκτενέστερα στην σχετική ενότητα.

Η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού θα μπορούσε να αποτελέσει ξεχωριστή μελέτη με χαρακτηριστικά επιχειρησιακής έρευνας και βελτιστοποίησης. Ωστόσο στο πλαίσιο αυτής της εργασίας η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού πραγματοποιήθηκε με αρκετά απλούστερα κριτήρια.

Τα βασικά κριτήρια με τα οποία επιλέξαμε τον κατάλληλο εξοπλισμό είναι ο εκτιμώμενος ετήσιος όγκος που απαιτείται για παροχή LNG, οι ποσότητες τις οποίες καλούμαστε να παρέχουμε σε κάθε διαδικασία ανεφοδιασμού καθώς και ο αριθμός των ημερήσιων ανεφοδιασμών που καλείται το λιμάνι να εξυπηρετήσει. Η εκτίμηση για τον ημερήσιο αριθμό ανεφοδιασμών προέκυψε με βάση τους συνολικούς κατάπλους του 3^{ου} τριμήνου του έτους δεδομένου ότι αποτελεί τη δυσμενέστερη κατάσταση την οποία θα έπρεπε να λάβουμε υπόψη στην επιλογή των μέσων για την κάλυψη των αναγκών ανεφοδιασμού LNG καθώς τα δρομολόγια πλοίων της ακτοπλοΐας και κρουαζιέρας παρουσιάζουν υψηλότερη συχνότητα.

Οι ετήσιες ποσότητες παροχής LNG και ο αντίστοιχος αριθμός ανεφοδιασμών που θα πραγματοποιείτε από το λιμάνι τα έτη αναφοράς 2020 και 2030 είναι 297.000 m³ και 421.000 m³ με 2.141 και 3.220 ανεφοδιασμούς αντίστοιχα. Οι εκτιμώμενες ποσότητες παροχής LNG σε κάθε διαδικασία ανεφοδιασμού κυμαίνονται από 40 m³ μέχρι 450 m³. Ακόμα εκτιμάτε ότι στο λιμάνι θα

πραγματοποιούνται σε καθημερινή βάση περίπου 9 και 13 διαδικασίες ανεφοδιασμού το 2020 και 2030 αντίστοιχα.

Αφού συνυπολογίσαμε τα παραπάνω κριτήρια και έχοντας αναφέρει τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά κάθε μέσου ανεφοδιασμού καταλήξαμε στον εξοπλισμό του λιμένα με ένα “bunker vessel” 3.000 m³ και δύο ειδικά διαμορφωμένων βυτιοφόρων 50m³ το καθένα. Δεδομένου ότι η ζήτηση για παροχή LNG θα αυξηθεί ραγδαία το 2030 θεωρήθηκε αναγκαία η απόκτηση ακόμα δύο ειδικά διαμορφωμένων βυτιοφόρων την ίδια χρονιά.

Η χρήση δικτύου αγωγών για την παροχή LNG από σταθερό σημείο σε κοντινή απόσταση από τον τερματικό σταθμό θα υπήρχε δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί. Ωστόσο, λόγω της απόστασης του από το λιμάνι του Πειραιά ο συγκεκριμένος τρόπος ανεφοδιασμού θα εξυπηρετούσε ένα μικρό φάσμα πλοίων και θα περιοριζόταν στα φορτηγά. Ακόμα ο τερματικός σταθμός εισαγωγής LNG της Ρεβυθούσας έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί την φόρτο/εκφόρτωση μεγάλων φορτίων LNG έτσι ο συγκεκριμένος τρόπος ανεφοδιασμού δεν προτείνεται στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Οι αποστάσεις του τερματικού σταθμού από τα σημεία που θα πραγματοποιούνται οι ανεφοδιασμοί αποτελούν με τη σειρά τους σημαντικές παραμέτρους της επιλογής του κατάλληλου εξοπλισμού. Πρέπει να αναφέρουμε ότι η νήσος Ρεβυθούσα απέχει από το λιμάνι του Πειραιά περίπου 17 ναυτικά μίλια ή 42 χιλιόμετρα. Ο τυπικός χρόνος που απαιτείται από ένα “bunker vessel” για να διανύσει την συγκεκριμένη απόσταση είναι περίπου 1,2 ώρες με μέση υπηρεσιακή ταχύτητα 12 knots. ντίστοιχα ένα ειδικά διαμορφωμένο βυτιοφόρο χρειάζεται περίπου 30 λεπτά με μέση ταχύτητα 70 km/h.

Η χρησιμότητα του πλοίου μεταφοράς LNG για ανεφοδιασμό στα πρώτα 10 χρόνια θα είναι σε σχετικά χαμηλό επίπεδο, ωστόσο μετά το 2030 η χρησιμότητα αυτή αναμένεται να αυξηθεί. Αντίθετα τα ειδικά διαμορφωμένα βυτιοφόρα θα παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα χρησιμότητας από τα πρώτα έτη λειτουργίας του τερματικού σταθμού.

4. Κόστος του Τερματικό Σταθμού Ανεφοδιασμού LNG

Σε αυτό το κεφάλαιο υπολογίζονται τα επενδυτικά και λειτουργικά κόστη της προτεινόμενης επενδυτικής πρότασης για τη δημιουργία σταθμού ανεφοδιασμού LNG στο λιμάνι του Πειραιά. Τα κόστη αυτά είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την τελική τιμή παράδοσης του ναυτιλιακού καυσίμου LNG γεγονός που τα καθιστά σημαντικές παραμέτρους για την ευρεία υιοθέτηση του. Τα υψηλά επενδυτικά και λειτουργικά κόστη σε αυτό το κομμάτι της εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής πώλησης του LNG καθιστώντας το έτσι μη ανταγωνιστικό σε θέμα τιμής σε σύγκριση με τα πετρελαιοειδή ναυτιλιακά καύσιμα. Με σκοπό να καταλάβουμε καλύτερα τη σύνδεση αυτή προχωρήσαμε σε μια οικονομική αξιολόγηση της προτεινόμενης επένδυσης με βάση διάφορες περιόδους απόσβεσης. Αποτέλεσμα αυτής της μελέτης ήταν η εξαγωγή κρίσιμων συμπερασμάτων αναφορικά με το ύψος του επιπλέον κόστους ανά τόνο LNG στη τιμή εισαγωγής του, που θα οδηγήσει σταδιακά στην απόσβεση της επένδυσης. Επιπλέον κρίσιμα συμπεράσματα εξήχθησαν για την άμεση σχέση του χρόνου απόσβεσης με το επιπλέον κόστος που αναφέραμε και τον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπηρεάζονται. Τα απαραίτητα στοιχεία στα οποία βασιστήκαμε για να πραγματοποιήσουμε τη προαναφερθείσα μελέτη παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα Α.

4.1. Γενικές Υποθέσεις

Οι ακόλουθες γενικές υποθέσεις χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς μας:

- Μέσο Σταθμικό Κόστος Κεφαλαίου (WACC): 8%
- Η ανάλυση δεν συμπεριλαμβάνει φόρους
- Η οικονομική διάρκεια ζωής του “bunker vessel” είναι 20 έτη, του ειδικά διαμορφωμένου βυτιοφόρου είναι 10 έτη και όλων των υπολοίπων εξοπλιστικών υποδομών του λιμένα ανέρχεται στα 40 έτη. Ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσής μας ορίστηκε στα 40 έτη κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα τόσο των “bunker vessels” όσο και τα βυτιοφόρα να αντικαθίστανται με καινούργια στο πέρας της οικονομικής διάρκειας ζωής τους.

4.2. Μεθοδολογία

Η ανάλυση της επένδυσης θα πρέπει να θεωρηθεί ενδεικτική, με μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας. Η μεθοδολογία χρησιμοποιεί ένα κατάλογο των απαραίτητων στοιχείων υποδομών και εξοπλισμού που χρειάζεται να αναπτύξει ο τερματικός σταθμός για πρώτη φορά. Στο Παράρτημα Α μπορούμε να παρατηρήσουμε τη λίστα των στοιχείων που απαιτείται να αναπτυχθούν με σκοπό την εύρυθμη

λειτουργία του θερματικού σταθμού ανεφοδιασμού καθώς και τα επενδυτικά και λειτουργικά κόστη του καθενός.

Για να γίνει ευκολότερα κατανοητό θεωρήθηκε ότι το σύνολο των υποδομών του θερματικού σταθμού κατασκευάζεται και λειτουργεί από έναν και μόνο επενδυτή. Η παραδοχή αυτή έχει σκοπό να αναδείξει τις δαπάνες που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν στο τελικό κομμάτι της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στην πραγματικότητα είναι σχεδόν ανέφικτο η κατασκευή, η ιδιοκτησία και η διαχείριση του θερματικού σταθμού ανεφοδιασμού LNG να συγκεντρώνονται στο πρόσωπο ενός και μόνο επενδυτή.

Στον Πίνακα 21 μπορούμε να παρατηρήσουμε συγκεντρωτικά τα κύρια χαρακτηριστικά του θερματικού σταθμού ανεφοδιασμού LNG στον Πειραιά.

Πίνακας 21. Κύρια χαρακτηριστικά του θερματικού σταθμού ανεφοδιασμού LNG

<i>Εκτίμησης ζήτησης 2020 (m³)</i>	297.000 m ³ /yr
<i>Εκτίμησης ζήτησης 2020 (m³)</i>	134.942 t/yr
<i>Εκτίμησης ζήτησης 2030 (m³)</i>	421.000 m ³ /yr
<i>Εκτίμησης ζήτησης 2030 (m³)</i>	191.365 t/yr
<i>Μέγεθος δεξαμενής αποθήκευσης</i>	(δεν απαιτείται)
<i>Εγκαταστάσεις για την εισαγωγή, ανεφοδιασμό καυσίμων και άλλες μεταφορές στους τελικούς χρήστες</i>	Μια θέση αγκυροβολίας για τον ανεφοδιασμό των “bunker vessel” με LNG συμπεριλαμβανομένης της προβλήτας (προβλήτα αγκυροβολίου) και εξοπλισμού σύνδεσης Ένα μικρής κλίμακας “bunker vessel” μεταφορικής ικανότητας 3.000 m ³ Δύο βυτιοφόρα, 50 m ³ το καθένα (2020) Επιπρόσθετα δύο βυτιοφόρα, 50 m ³ το καθένα (2030)

Για να μπορέσουμε να προχωρήσουμε σε μία οικονομική αξιολόγηση της επενδυτικής πρότασης θα πρέπει αρχικά να υπολογίσουμε τις εκροές του θερματικού σταθμού (επενδυτικά και λειτουργικά κόστη) και εν συνεχεία τις εισροές (έσοδα) που εξαρτώνται άμεσα από την τιμή πώλησης του LNG στους τελικούς χρήστες. Ο αντικειμενικός σκοπός του ιδιοκτήτη του θερματικού σταθμού είναι αρχικά η απόσβεση της συνολικής επένδυσης στην οποία έχει προχωρήσει και εν συνεχεία η κάλυψη

των απαιτήσεων του σε κέρδος. Για την αξιολόγηση της επένδυσης χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο του χρόνου επιστροφής (απόδοσης) των επενδυμένων χρημάτων (pay-back period). Ο χρόνος αυτός αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα που θα χρειαστεί μέχρι η επένδυση να έχει “αποσβέσει” πλήρως το αρχικό κόστος επένδυσης. Τα επιθυμητά χρόνια απόσβεσης για τα οποία πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί είναι τα 8, 10, 12, 15, 20 και 25 έτη. Τα αποτελέσματα αυτής της διαδικασίας παρουσιάζονται και αξιολογούνται στην παρακάτω ενότητα.

4.3. Αποτελέσματα και Συμπεράσματα

Αρχικά παραθέτουμε στον Πίνακα 22 τα αρχικά κόστη επένδυσης και το λειτουργικό κόστος του τερματικού σταθμού με βάση τα έτη αναφοράς 2020 και 2030 όπως αυτά αναφέρονται αναλυτικότερα στο Παράρτημα Α.

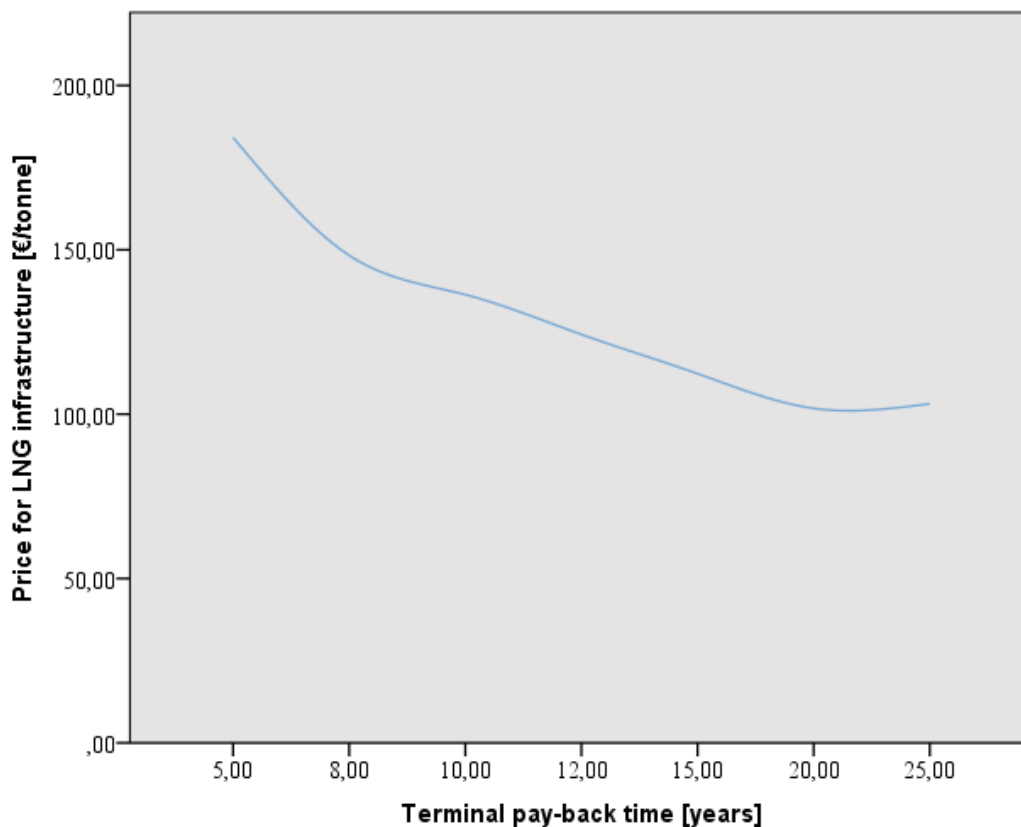
Πίνακας 22. Χαρακτηριστικά κόστη του σταθμού ανεφοδιασμού LNG στον Πειραιά

<i>Επενδυτικά και Λειτουργικά Κόστη</i>	
Αρχικά επενδυτικά κόστη (εκατ. €)	64,50
Λειτουργικά κόστη 2020 (εκατ. €)	11,00
Λειτουργικά κόστη 2030(εκατ. €)	13,50

Για την αξιολόγηση της επένδυσης, όπως έχουμε αναφέρει, χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο του χρόνου επιστροφής (απόδοσης) των επενδυμένων χρημάτων (pay-back period). Ο χρόνος αυτός αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα που θα χρειαστεί μέχρι η επένδυση να έχει “αποσβέσει” πλήρως το αρχικό κόστος επένδυσης. Βασική μεταβλητή του κριτηρίου αποτελεί η πρόσθετη τιμή πώλησης ανά τόνο LNG. Για τη μελέτη τα χρόνια που υποθέτουμε για περίοδο απόσβεσης είναι 8, 10, 12, 15, 20 και 25 έτη. Πρέπει να τονίσουμε ότι το κριτήριο αυτό παρουσιάζει ένα σοβαρό μειονέκτημα καθώς δε αξιολογεί τις εισροές/εκροές που σημειώνονται μετά τη χρονική στιγμή που η επένδυση έχει πρακτικά αποσβέσει το αρχικό της κόστος. Παρόλα αυτά, η ταχύτητα απόδοσης των αρχικών ποσών αποτελεί το βασικό κριτήριο της επένδυσης σε βάρος του συνολικού αποτελέσματος, σε όλη τη διάρκεια ζωής. Στον Πίνακα 23 παρατηρούμε το επιπλέον κόστος ανά τόνο LNG καθώς και τον Δείκτη Εσωτερικής Απόδοσης του κεφαλαίου για διάφορες περιόδους απόσβεσης

Πίνακας 23. Αποτελέσματα για την εναλλακτική λύση του τερματικού σταθμού με σταθερή απόδοση σύμφωνα με τον χρόνο απόσβεσης της επένδυση.

<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 5 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	184,21
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	21%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 8 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	148,31
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	14%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 10 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	136,34
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	12%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 12 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	124,24
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	9%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 15 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	112,31
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	6%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 20 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	101,76
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	3%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 25 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	103,16
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	4%



Εικόνα 36. Τιμή του LNG ανά τόνο ως συνάρτηση με συγκεκριμένα έτη απόσβεσης

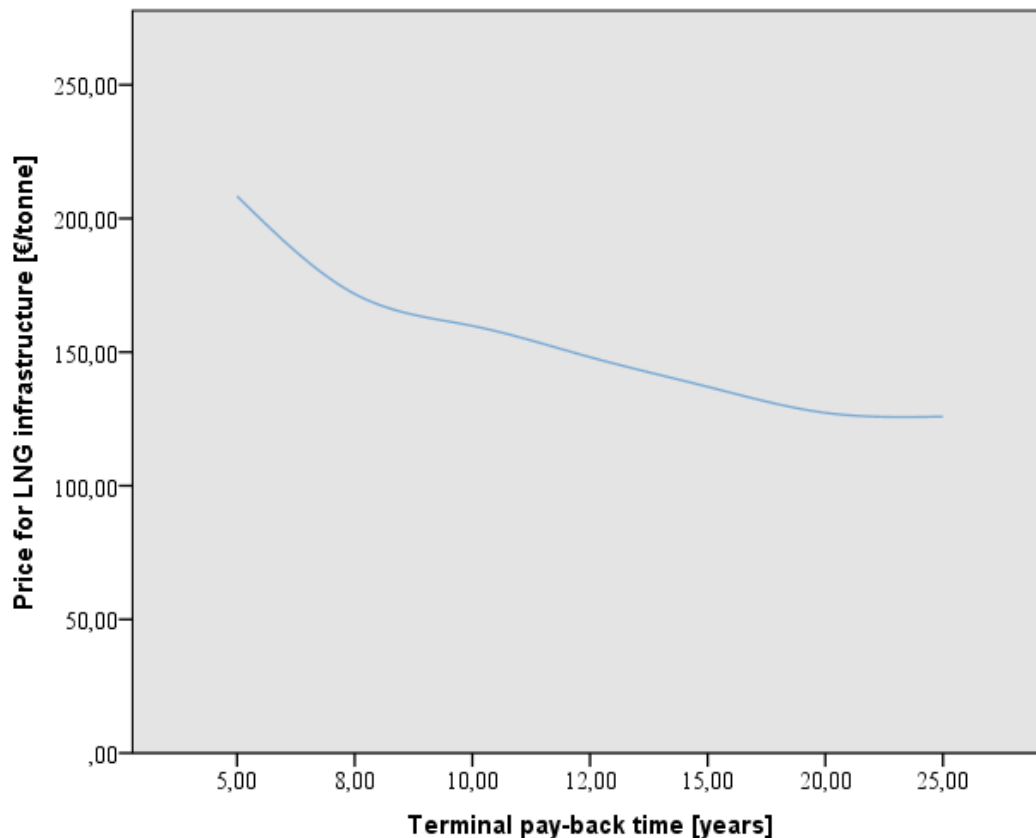
Στην Εικόνα 36 φαίνεται ο τρόπος εξέλιξης της πρόσθετη τιμή ανά τόνο LNG για τα εξεταζόμενα έτη απόσβεσης. Αυτό που παρατηρείτε είναι ότι για να υπάρξει απόσβεση της αρχικής επένδυσης στα πρώτα 10 χρόνια η τιμή πώλησης του LNG προς τους τελικούς χρήστες θα πρέπει να έχει αυξηθεί κατά 136,4 €/τόνο. Επομένως οι τελικές τιμές παράδοσης¹³ των ναυτιλιακών καυσίμων LNG, HFO και MGO στο λιμάνι του Πειραιά θα ήταν 549 €/τόνο, 540 €/τόνο και 700 €/τόνο αντίστοιχα. Το HFO αποτελεί το φθηνότερο ναυτιλιακό καύσιμο με το LNG να είναι 10€/τόνο ακριβότερο ενώ το MGO παραμένει το ακριβότερο ναυτιλιακό καύσιμο.

Ωστόσο για να έχουμε μια καλύτερη άποψη με τον πραγματικό χρόνο απόσβεσης θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την αξία του χρήματος ανάγοντας όλες τις εκροές/εισροές τη χρονική στιγμή μηδέν. Το κόστος ανά τόνο LNG για τα εξεταζόμενα χρόνια αποπληρωμής με αυτό τον συγκεκριμένο τρόπο αξιολόγησης αναμένεται να είναι ελαφρώς υψηλότερα, τα αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στον Πίνακα 24.

Πίνακας 24. Αποτελέσματα για την εναλλακτική λύση του τερματικού σταθμού με σταθερή απόδοση σύμφωνα με τον χρόνο απόσβεσης της επένδυση.

<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 5 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	208,36
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	26%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 8 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	171,77
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	19%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 10 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	159,81
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	17%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 12 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	148,11
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	14%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 15 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	137,03
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	12%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 20 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	127,29
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	10%
<i>Κόστος ανά τόνο LNG για 25 χρόνια αποπληρωμής [€/ τόνο LNG]</i>	125,88
<i>Αντίστοιχος συντελεστή εσωτερικής απόδοσης [%]</i>	9%

¹³ Η χονδρική τιμή πώλησης του LNG στην Ελλάδα για το 3^ο τρίμηνο του 2012, με βάση τα στοιχεία της έκθεσης για την ενέργεια της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για με το φυσικό αέριο, ήταν 27,5 €/MWh \approx 412,5 €/t. Οι τιμές παράδοσης των πετρελαιοειδών καυσίμων HFO και MGO στο λιμάνι του Πειραιά το μήνα Μάιο του 2013 κυμαινόντουσαν σε 540 €/t και 700 €/t αντίστοιχα. Οι τιμές παράδοσης του HFO και MGO για το λιμάνι του Πειραιά είναι με βάση την ιστοσελίδα <http://www.bunkerworld.com/>.



Εικόνα 37. Τιμή του LNG ανά τόνο ως συνάρτηση με συγκεκριμένα έτη απόσβεσης

Στην Εικόνα 37 παρουσιάζεται ο τρόπος εξέλιξης της πρόσθετης τιμής ανά τόνο LNG για τα εξεταζόμενα έτη απόσβεσης συνυπολογίζοντας την αξία του χρήματος ανάγοντας όλες τις εκροές/εισροές τη χρονική στιγμή μηδέν. Αυτό που παρατηρείτε είναι ότι για να υπάρξει απόσβεση της αρχικής επένδυσης στα πρώτα 10 χρόνια η τιμή πώλησης του LNG προς τους τελικούς χρήστες θα πρέπει να έχει αυξηθεί κατά 159,81 €/τόνο. Επομένως οι τελικές τιμές παράδοσης των ναυτιλιακών καυσίμων LNG, HFO και MGO στο λιμάνι του Πειραιά θα ήταν 572,3 €/τόνο, 540 €/τόνο και 700 €/τόνο αντίστοιχα. Το HFO αποτελεί το φθηνότερο ναυτιλιακό καύσιμο με το LNG να είναι περίπου 32 €/τόνο ακριβότερο ενώ το MGO παραμένει το ακριβότερο ναυτιλιακό καύσιμο. Όπως φαίνεται, το LNG δεν αποτελεί το φθηνότερο ναυτιλιακό καύσιμο που θα μπορούσε να προμηθευτεί ο τελικός χρήστης από το λιμάνι του Πειραιά.

Παρόλα αυτά πρέπει να αναφέρουμε ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο μέγεθος του προστιθέμενου ποσού στην τιμή εισαγωγής ώστε να μην δημιουργηθούν σημαντικά εμπόδια στην ευρεία υιοθέτηση της χρήσης του LNG. Για το λόγο αυτό θεωρείται αναγκαίο να υπάρξουν επιχορηγήσεις από χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, την Ε.Ε. καθώς επίσης τα κράτη μέλη να δημιουργήσουν απαραίτητα κίνητρα για την πραγματοποίηση επενδύσεων σε χερσαίες υποδομές ανεφοδιασμού LNG.

5. Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα από την ανάλυση των προηγούμενων κεφαλαίων καθώς επίσης γίνεται αναφορά στα στοιχεία που απαιτούνταν και σε περαιτέρω μελέτες.

5.1. Γενικά Συμπεράσματα

Η χρήση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο αποτελεί μια αρκετά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για τη συμμόρφωση των περιβαλλοντικών κανονισμών. Ωστόσο για να υπάρξει ευρεία υιοθέτηση αυτού του καυσίμου θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα σύνολο υποδομών και μια αποτελεσματική εφοδιαστική αλυσίδα. Σήμερα στο λιμάνι του Πειραιά δεν υπάρχει δυνατότητα παροχής LNG ως καύσιμο ωστόσο η δημιουργία σταθμού ανεφοδιασμού θα αποτελέσει σημείο συζήτησης στους ναυτιλιακούς κύκλους στο εγγύς μέλλον.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης η ετήσια ζήτηση LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο για το έτος αναφοράς 2020 θα αγγίζει τα 297.000 m³. Οι διαδικασίες ανεφοδιασμού που θα πραγματοποιούνται σε ετήσια βάση θα είναι περίπου 2.140 ενώ ο ημερήσιος αριθμός τους θα φτάνει τους 9.

Σε γενικές γραμμές την μεγαλύτερη ετήσια ζήτηση σε παροχή ναυτιλιακού καυσίμου LNG, με ποσοστό πάνω από το 50%, θα παρουσιάσουν τα πλοία της ακτοπλοΐας. Συμπέρασμα σχετικά αναμενόμενο δεδομένου ότι αποτελούν την κατηγορία πλοίων με τον περισσότερους κατάπλους από το λιμάνι του Πειραιά. Πιο συγκεκριμένα, πλοία που εξυπηρετούν δρομολόγια της Κρήτης εκτιμάτε ότι θα παρουσιάσουν ετήσια ζήτηση περίπου 80.000 m³ ενώ πλοία που εξυπηρετούν δρομολόγια προς τις υπόλοιπες γεωγραφικές περιοχές θα κυμαίνεται από 20.000 m³ έως 42.000 m³. Για την περίπτωση των κρουαζιερόπλοιων η ετήσια ζήτηση εκτιμάτε ότι θα φτάσει τα 85.000 m³, με το μεγαλύτερο ποσοστό να αντιστοιχεί στα μεγάλα κρουαζιερόπλοια, ενώ σε πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μεταφορικής ικανότητας μέχρι 2.000 TEU θα παρέχονται ποσότητες LNG μέχρι 19.000 m³. Τέλος, τη μικρότερη ζήτηση πρόκειται να παρουσιάσουν τα πλοία μεταφοράς οχημάτων με 6.000 m³ ανεφοδιασμού ετησίως.

Η ενοικίαση αποθηκευτικού χώρου στον τερματικό σταθμό εισαγωγής LNG στη Ρεβυθούσας αποτελεί εφικτή λύση καθώς καθιστά την επενδυτική πρόταση οικονομικά ευνοϊκή αφού δεν απαιτείτε η δημιουργία χερσαίων εγκαταστάσεων αποθήκευσης, μειώνοντας το αρχικό κεφάλαιο της επένδυσης. Ο εξοπλισμός που απαιτείτε για την κάλυψη των ανεφοδιασμών είναι ένα “bunker vessel” 3.000 m³, που θεωρείτε λογική επιλογή για να πραγματοποιεί ανεφοδιασμούς περισσότερο από 100 m³ και δύο ειδικά διαμορφωμένων βυτιοφόρων 50 m³ το καθένα για ανεφοδιασμούς

μικρότερους από 100m³. Οι συνήθεις ποσότητες LNG που θα καλείτε να καλύψει ο τερματικός σταθμός σε κάθε διαδικασία ανεφοδιασμού θα είναι από 40 m³ έως 450 m³. Μεγαλύτερες ποσότητες παροχής LNG θα καλύπτονται με τη χρήση του “bunker vessel”.

Από το 2030 η ζήτηση παροχής LNG αναμένεται να παρουσιάσει ραγδαία αύξηση λόγω της στροφής περισσότερων επιβατικών πλοίων στη χρήση του LNG. Η εκτιμώμενη ποσότητα LNG υπολογίζεται να φτάσει τα 421.000 m³. Σημαντική αύξηση σε σύγκριση με το 2020 που αγγίζει περίπου το 42%. Αντίστοιχα οι ανεφοδιασμοί που θα πραγματοποιηθούν ετησίως θα αριθμούνται περίπου στους 3.200 και οι ημερήσιοι θα αγγίζουν τους 13, αύξηση σε ποσοστό περίπου 50% αντιστοίχως. Τα πλοία της ακτοπλοΐας πρόκειται να αυξήσουν την ετήσια ζήτηση LNG σε ποσοστό 60% ενώ τα πλοία άλλων τύπων εξακολουθούν να έχουν παρόμοια ζήτηση. Έτσι η απόκτηση δύο ακόμα ειδικά διαμορφωμένων βυτιοφόρων 50m³ το καθένα θεωρείτε αναγκαία για την κάλυψη των απαιτούμενων ανεφοδιασμών.

Το “bunker vessel” χωρητικότητας 3.000 m³ αποτελεί ένα μέσο ανεφοδιασμού που παρέχει σημαντική ευελιξία. Ακόμα δίνει τη δυνατότητα τροφοδοσίας μεγάλων ποσοτήτων καυσίμων με σχετικά υψηλό ρυθμό μεταφοράς. Σήμερα ο τερματικός σταθμός της Ρεβυθούσας διαθέτει εξοπλισμό για τροφοδοσίας με LNG των “bunker vessel”. Βασικό μειονέκτημα αποτελεί το υψηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος που παρουσιάζει. Την πρώτη δεκαετία της λειτουργίας του σταθμού η χρησιμότητα του θα κυμαίνεται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Αντίθετα από το 2030 η χρησιμότητα θα παρουσιάσει αυξητικές τάσεις.

Τα ειδικά διαμορφωμένα βυτιοφόρα παρέχουν σημαντικά πλεονεκτήματα που αφορούν ζητήματα ευελιξίας καθώς επίσης παρουσιάζουν μικρά επενδυτικά και λειτουργικά κόστη. Βασικό μειονέκτημα είναι ότι παρέχουν μικρές ποσότητες LNG με σχετικά χαμηλό ρυθμό. Σήμερα ο τερματικός σταθμός της Ρεβυθούσας διαθέτει εξοπλισμό που τοποθετείται πάνω στο νησί για την τροφοδοσία των βυτιοφόρων. Παρόλα αυτά υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας χερσαίας εγκατάστασης εφοδιασμού βυτιοφόρων στο ακρωτήριο της Αγίας Τριάδας.

Βασικό συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι η επενδυτική πρόταση για δημιουργία σταθμού ανεφοδιασμού LNG στο λιμάνι του Πειραιά συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με τη στάση των πλοίων της ακτοπλοΐας απέναντι στη χρήση αέριου καυσίμου. Για το λόγο αυτό μια εποικοδομητική συζήτηση με τα ενδιαφερόμενα μέλη του ζητήματος καθίσταται αναγκαία πριν την οποιαδήποτε απόφαση για επένδυση.

Σύμφωνα με την αξιολόγηση της επενδυτικής πρότασης για τη δημιουργία σταθμού ανεφοδιασμού στο λιμάνι του Πειραιά, σημαντικά είναι τα συμπεράσματα για την επιθυμητή περίοδο απόσβεσής σε

σχέση με την πρόσθετη αξία ανά τόνο LNG στην τιμή εισαγωγής του. Χρησιμοποιώντας το κριτήριο του χρόνου επιστροφής των επενδυμένων χρημάτων (payback period) για μια επιθυμητή περίοδο 10 ετών παρατηρούμε ότι απαιτείτε η τιμή τελικής πώλησης ανά τόνο LNG να εμπεριέχει αύξηση 136,34 € Με βάση τη συγκεκριμένη αύξηση η Καθαρή Παρούσα Αξία στην οικονομική διάρκεια ζωής του τερματικού σταθμού είναι περίπου 31,6 εκατ. € και ο Δείκτης Εσωτερικής Απόδοσης του κεφαλαίου αγγίζει το 12%. Επομένως, οι τιμές παράδοσης των καυσίμων στο λιμάνι του Πειραιά θα ήταν 549 €/τόνο LNG, 540 €/τόνο HFO και 700 €/τόνο MGO.

Ωστόσο εάν λάβουμε υπόψη την αξία του χρήματος και ανάγουμε όλες τις εκροές/εισροές τη χρονική στιγμή μηδέν στην ίδια επιθυμητή περίοδο απόσβεσης της επένδυσης η τιμή τελικής πώλησης ανά τόνο LNG να εμπεριέχει αύξηση 159,81 €. Με βάση τη συγκεκριμένη αύξηση η Καθαρή Παρούσα Αξία με χρονική αναγωγή στην οικονομική διάρκεια ζωής του τερματικού σταθμού να είναι περίπου 76 εκατ. € και ο Δείκτης Εσωτερικής Απόδοσης του κεφαλαίου αγγίζει το 17%. Επομένως, οι τιμές παράδοσης των καυσίμων στο λιμάνι του Πειραιά ήταν 572,3€/τόνο LNG, 540€/τόνο HFO και 700€/τόνο MGO με το HFO να παραμένει το πιο ανταγωνιστικό καύσιμο.

Ολοκληρώνοντας να αναφέρουμε ότι για να μην υπάρξουν εμπόδια στην ανάπτυξη της αγοράς LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο θα πρέπει το προστιθέμενο κόστος στην τιμή εισαγωγής από το σταθμό ανεφοδιασμού να κυμανθεί σε χαμηλά σχετικά επίπεδα. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να υπάρξουν επιχορηγήσεις από χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, την Ε.Ε. καθώς ακόμα τα κράτη μέλη της Ε.Ε. να δημιουργήσουν κίνητρα για επενδύσεις από επιχειρήσεις με σκοπό την ανάπτυξη των χερσαίων υποδομών ανεφοδιασμού LNG.

5.2. Στοιχεία για Αξιόπιστα Αποτελέσματα

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η ανάλυση που πραγματοποιήσαμε θα πρέπει να θεωρηθεί ενδεικτική. Η προσπάθεια μας βασιζόταν στο να εξάγουμε όσο το δυνατό πιο αξιόπιστα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας μια μοντελοποιημένη μεθοδολογία εκτίμησης της ζήτησης LNG.

Τα στοιχεία τα οποία θεωρούμε ότι θα μπορούσαν να αυξήσουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και τα οποία δεν είχαμε την δυνατότητα πρόσβασης είναι:

- Ο αριθμός των φορτηγών πλοίων που πραγματοποίησαν διαδικασίες ανεφοδιασμού στον Πειραιά το έτος 2012
- Οι πραγματικές ταχύτητες με τις οποίες κινούνται τα πλοία
- Ο αριθμός και η περιγραφή του προφίλ των δεξαμενοπλοίων, (τα οποία ωστόσο θεωρούνται μεγάλης ηλικίας) που δεν δραστηριοποιούνται στον Πειραιά αλλά κυρίως στις εγκαταστάσεις διυλιστηρίων στους Αγίους Θεοδώρους και στην περιοχή του Ασπρόπυργου. Οι περιοχές αυτές

είναι αρκετά κοντά στη νήσο Ρεβυθούσα και μια μελλοντική ζήτηση από αυτό τον τύπο πλοίων θα καλυπτόταν από το συγκεκριμένο σταθμό ανεφοδιασμού

- Ο αριθμός και η περιγραφή του προφίλ των πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (τα οποία ωστόσο θεωρούνται μεγάλης ηλικίας) που δεν δραστηριοποιούνται στον Πειραιά αλλά στις εγκαταστάσεις αποθηκών στα Μέγαρα. Ωστόσο, μια μελλοντική ζήτηση από αυτό τον τύπο πλοίων θα καλυπτόταν από το συγκεκριμένο σταθμό ανεφοδιασμού
- Στοιχεία έρευνας σχετικά με τις τάσεις τις οποίες θα παρουσιάσουν τα πλοία της Ελληνικής ακτοπλοΐας σχετικά με τη χρήση του LNG
- Διάφορα επικείμενα επενδυτικά σχέδια σχετικά με τις υποδομές του λιμανιού, τα οποία θα είχαν τη δυνατότητα να μεταβάλουν σημαντικά τα χαρακτηριστικά της ναυτιλιακής βιομηχανίας που εξυπηρετεί
- Τα επενδυτικά και λειτουργικά κόστη σύμφωνα με τα Ελληνικά δεδομένα

Πρέπει να αναφέρουμε ότι για την επένδυση απαιτείτε μελέτη ευαισθησίας καθώς παράμετροι όπως είναι οι τιμές των καυσίμων και ο αριθμός των πλοίων, κυρίως της ακτοπλοΐας, που θα στραφούν στην επιλογή του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο επιδρούν σημαντικά στα οικονομικά αποτελέσματά της. Ακόμα η πραγματοποίηση ανάλυσης κινδύνου και αποδοτικότητας αποτελεί μετέπειτα βήμα της αξιολόγησης της επενδυτικής πρότασης.

Αναφορές

Βιβλιογραφία

- [1] Algel J., Bakosch A., Forsman B., December 2012. *Feasibility Study on LNG Fuelled Short Sea and Coastal Shipping in the Wider Caribbean Region*. SSPA SWEDEN AB
- [2] Ashworth J., January 2012. *The Genesis of LNG Bunkers, LNG Markets Perspective*. TRI-ZEN International
- [3] Buhaug, Ø., Corbett J.J, Endresen, O., Eyring, V., Faber J., Hanayama, S., Lee, D., Lindstad, H., Mjelde, A., Palsson, C., Wanquing, W., Winebrake, J.J., Yoshida, K., April 2009. *Second IMO Greenhouse Gas Study*. International Maritime Organization, London.
- [4] BP Group, June 2012, *Statistical Review of World Energy*.
- [5] Consuegra, S. C. & Paalvast, M.S. M., November 2010. *Sustainability in Inland Shipping- The use of LNG as Marine Fuel*. Delft University of Technology, Delft.
- [6] Det Norske Veritas, 2012. *Shipping 2020*. DNV
- [7] European Commission, April 2012. *LNG infrastructure of filling stations and deployment in ships*. TEN-T Multi-Annual Programme: 2010-EU-21112-S, Part of Priority Project 21
- [8] European Commission, January 2013. *SWD (2013) 4 final: Actions towards a comprehensive EU framework on LNG for shipping*. Brussels.
- [9] European Commission, June 2012. *LNG in Baltic Sea Ports*. TEN-T Multi-Annual Programme: 2011-EU-21005-S, Part of Priority Project 21
- [10] European Commission, October 2012. *COSTA*. TEN-T Multi-Annual Programme: 2011-EU-21007-S, Part of Priority Project 21
- [11] European Commission, 2013. *Quarterly Report Energy on European Gas Markets: Market Observatory for Energy*. DG Energy Volume 5, issue 4.
- [12] Groenendijk W., March 2013. *LNG in transport: The views of the European LNG terminal operators*. Gas LNG Europe, Hamburg
- [13] Levander O. & Sipilä T., February 2008. *LNG auxiliary power in port for container vessels. In Detail*
- [14] Lloyd's Register, August 2012. *LNG-fuelled deep sea shipping: The outlook for LNG bunker and LNG-fuelled newbuild demand up to 2025*.
- [15] Lloyd's Register, June 2012. *Understanding exhaust gas treatment systems: Guidance for shipowners and operators*.

- [16] Maffii F., Molocchi A., Chiffi C., June 2007. *External Costs of Maritime Transport*. European Parliament, Policy Department B: Structural and Cohesion Policies: Transport and Tourism, Brussels.
- [17] MAN Diesel & Turbo, *Propulsion Trends in Container Vessels*. Copenhagen
- [18] Maritime Gas Fuel Logistics, December 2008. *Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas*.
- [19] Nilsson L., Bengtsson N., Pålsson C., July 2011. *Ships Visiting European Ports*. IHS Fairplay, Gothenburg.
- [20] Plan Bleu, May 2010. *Maritime Transport of Goods in the Mediterranean*. Blue Plan Papers 7.
- [21] Ratner M., Belkin P., Nickol J., Woehrel S., March 2013. *Europe's Energy Security: Options and Challenges to Natural Gas Supply Diversification*. Congressional Research Service
- [22] SAFEMED, July 2008. *Study of Maritime Traffic Flows in the Mediterranean Sea*. EU-Funded MEDA Regional Project: Euromed Cooperation on Maritime Safety and Prevention of Pollution from Ships - SAFEMED (MED 2005/109-573).
- [23] Schinas O. & Bani J., May 2012. *The impact of a possible extension at EU level of SECA's to the entire European coastline*. European Parliament, Policy Department B: Structural and Cohesion Policies, Transport and Tourism, Brussels.
- [24] Swedish Marine Technology Forum, *LNG bunkering Ship to Ship procedure*.
- [25] Swedish Marine Technology Forum, May 2011. *LNG supply chain definition*. CNSS WP4 Activity 2, Action D.
- [26] Tzannatos E., March 2010. *Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus - Greece*. Atmospheric Environment, doi:10.1016/j.atmosenv.2010.03.018.
- [27] The Danish Maritime Authority, March 2012. *Appendices, North European LNG Infrastructure Project-A feasibility study for an LNG filling station infrastructure*. DMA, Copenhagen.
- [28] The Danish Maritime Authority, October 2011. *Baseline Report, North European LNG Infrastructure Project-A feasibility study for an LNG filling station infrastructure*. DMA, Copenhagen.
- [29] The Danish Maritime Authority, March 2012. *Full Report, North European LNG Infrastructure Project-A feasibility study for an LNG filling station infrastructure*. DMA Copenhagen.
- [30] Wärtsilä, December 2012. *WÄRTSILÄ 50DF Product Guide*.

- [31] Wärtsilä, June 2012. *WÄRTSILÄ 34DF Product Guide*.
- [32] Αρχή Ανάπτυξης Ανθρωπίνου Δυναμικού Κύπρου, Νοέμβριος 2012. *Εγκαιρος Εντοπισμός Αναγκών Απασχόλησης και Κατάρτισης για Αποτελεσματική Διαχείριση του Φυσικού Αερίου στην Κύπρο*.
- [33] ΔΕΣΦΑ Α.Ε., Ιούλιος 2012. *Μελέτη Ανάπτυξης ΕΣΦΑ 2013-2022*. Αθήνα
- [34] ΔΕΣΦΑ Α.Ε., Μάιος 2011. *Διαδικασίες Εγκατάστασης Υ.Φ.Α Ρεβυθούσα*. Αθήνα

Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις

<http://blogs.dnv.com/>

<http://ec.europa.eu/>

<http://tentea.ec.europa.eu/>

<http://wpci.iaphworldports.org/>

<http://www.aga.com/>

<http://www.emsa.europa.eu/>

<http://www.depa.gr>

<http://www.imo.org/>

<http://www.mandieselturbo.com>

<http://www.olp.gr/>

<http://www.portofrotterdam.com>

<http://www.rae.gr>

<http://www.whitesmoke.se/>

Παράρτημα Α

Στο Παράρτημα Α παρατίθενται μία σειρά από πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους της επενδυτικής πρότασης για τη δημιουργία σταθμού ανεφοδιασμού LNG στο λιμάνι του Πειραιά. Οι τιμές που αναφέρονται στους πίνακες είναι βασισμένες σε προηγούμενη μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2012 από την Ναυτιλιακή Αρχή της Δανίας “The Danish Maritime Authority” σε μια προσπάθεια να εξάγει συστάσεις για τη δημιουργία σταθμών ανεφοδιασμού LNG στην Βόρεια Ευρώπη

Στον Πίνακα 25 παρουσιάζονται τα επενδυτικά και λειτουργικά κόστη και η οικονομική διάρκεια ζωής των στοιχείων που θεωρούνται απαραίτητα για τη δημιουργία των τερματικών σταθμών ανεφοδιασμού.

Στον Πίνακα 26 αναφέρονται τα στοιχεία στα οποία βασίστηκε η επενδυτική πρόταση και η οικονομική αξιολόγηση αυτής. Πιο συγκεκριμένα, τα στοιχεία αυτά διακρίνονται στις χερσαίες εγκαταστάσεις που αφορούν κυρίως τις δεξαμενές αποθήκευσης, τις λιμενικές εγκαταστάσεις του τερματικού σταθμού, τα μέσα ανεφοδιασμού που αφορούν κυρίως τα “bunker vessel” καθώς και τις διοικητικές δαπάνες για τη λειτουργία του σταθμού και αφορούν κυρίως τις άδειες που πρέπει να αποκτηθούν.

Πίνακας 25. Επενδυτικά, λειτουργικά κόστη καθώς και διάρκεια οικονομικής ζωής στοιχείων τερματικού σταθμού
(Πηγή: DMA, 2012, Appendices, A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations)

<i>Investment costs for terminal items</i>	<i>Cost [€]</i>	<i>Economic life time</i>
<i>Land-based tanks</i>		
▪ 700 m ³ (thermos tank)	7,000,000	40
▪ 20,000 m ³	40,000,000	40
▪ 50,000 m ³	80,000,000	40
Tank trucks (50 m ³)	500,000	10
Pipeline and manifold connected to tank	500,000	40
LNG infrastructure on jetty	15,000,000	40
<i>Bunkering vessels</i>		
▪ 1,000 m ³	20,296,296	20
▪ 3,000 m ³	28,222,222	20
▪ 4,000 m ³	31,619,781	20
▪ 10,000 m ³	40,888,889	20
▪ 20,000 m ³	56,740,741	20
<i>Port facilities:</i>		
▪ Jetty / quay (per berth)	20,000,000	40
<i>Administrative costs: permission to set up an LNG terminal</i>		
▪ Application for the activities	270,000	
▪ License costs	100,000	

<i>Operational costs for terminal (annual basis)</i>	<i>Cost [€/year]</i>
<i>Land-based tanks</i>	
▪ 700 m ³ [€/m ³ throughput]	1.0
▪ 20,000 m ³ [€/m ³ throughput]	1.0
▪ 50,000 m ³ [€/m ³ throughput]	1.0
▪ Import terminal [€/m ³ throughput]	1.0
▪ Import terminal (rent to import terminal)	1,400,000
<i>Operation of bunkering vessels</i>	
▪ 1,000 m ³	1,807,870
▪ 3,000 m ³	2,371,049
▪ 4,000 m ³	2,547,065
▪ 10,000 m ³	3,168,704
▪ 20,000 m ³	3,830,494
Operation of tank truck	40,000
Operation of pipeline	50,000
Maintenance	1,000,000
Transshipment cost from import hub (per million m ³ at 1 % price surcharge)	1,984,500
Administrative and other personnel	900,000

Πίνακας 26. Προτεινόμενα στοιχεία σταθμού ανεφοδιασμού στον Πειραιά

<i>Cost Items</i>	<i>Cost [€/year]</i>
<i>Throughput LNG (m³/yr) 2020</i>	<i>297.000</i>
<i>Throughput LNG (m³/yr)2030</i>	<i>370,000</i>
<i>Land-based tanks</i>	
▪ Tank trucks (50 m ³) incl filling station 2020	2.0
▪ Tank trucks (50 m ³) incl filling station 2030	4.0
▪ LNG infrastructure on jetty	1.0
<i>Bunkering vessels</i>	
▪ 3,000 m ³	1,0
<i>Port facilities:</i>	
▪ Jetty / quay (per berth)	1.0
<i>Administrative costs: permission to set up an LNG terminal</i>	
▪ Application for the activities	1.0
▪ Licence costs	1.0
<i>Operational costs for terminal</i>	
<i>Operation of LNG tank</i>	
Import terminal tank	1.0
<i>Operation of bunker vessel</i>	
▪ 3,000 m ³	1.0
▪ Operation of tank truck 2020	2.0
▪ Operation of tank truck 2030	4.0
▪ Maintenance	1.0
▪ Price surcharge compared to LNG price at import port (e.g. feedering)	10%
▪ Administrative personnel	1.0

