

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΧΑΝΙΑ 2013

Ανάλυση της διαδικασίας ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά (cold ironing) και εφαρμογή σε λιμάνια της Κρήτης

Διπλωματική Εργασία

Καραφουλίδης Πασχάλης

Επιβλέπων: Παπαευθυμίου Σπυρίδων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην προτεινόμενη διπλωματική εργασία περιγράφεται η τεχνολογία ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά (cold ironing). Αρχικά καταγράφονται οι κύριες επιπτώσεις των αερίων ρύπων τόσο στη μόλυνση του φυσικού περιβάλλοντος όσο και στην ανθρώπινη υγεία, ενώ στη συνέχεια περιγράφονται τεχνικά χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων πλοίων καθώς και τα στάδια κίνησής τους εντός του λιμένα (παραμονή, ελιγμοί, και κίνηση). Επίσης,, αναλύεται ο ρόλος των λιμένων στην αέρια μόλυνση και οι αναμενόμενες επιπτώσεις κυρίως στις κοντινές πόλεις. Στη συνέχεια γίνεται λεπτομερής ανάλυση της μεθόδου ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά (cold ironing) και ταυτόχρονα καταγράφεται ο απαραίτητος εξοπλισμός πλοίων και λιμένων για την υλοποίηση της μεθόδου. Επίσης, γίνεται εκτενής αναφορά σε λιμάνια τα οποία χρησιμοποιούν ήδη τη μέθοδο. Τέλος αναλύεται η διαδικασία υλοποίησης της μεθόδου στα λιμάνια της Κρήτης (Σούδα και Ηράκλειο) με τεχνική περιγραφή αλλά και εκτίμηση κόστους εγκατάστασης της μεθόδου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου, κ. Παπαευθυμίου Σπυρίδων για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα καθώς και για την άψογη συνεργασία που είχαμε σε όλη την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ την οικογένεια μου για την στήριξη που μου παρείχε σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και τις φίλες των φοιτητικών μου χρόνων, για την ηθική υποστήριξη τους όλο το χρονικό διάστημα παραμονής μου στα Χανιά .

Περιεχόμενα

Εισαγωγή 1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 3
1.1 Παγκόσμια Κατάσταση Λιμανιών 4
1.2 Παγκόσμιος Στόλος 5
1.3 Αποτύπωμα Άνθρακα 6
1.4 Ορισμός Αποτυπώματος Άνθρακα 7
1.6 Σύνθεση Εκπομπών Καυσαερίων 10
1.7 Επιπτώσεις της ρύπανσης στην υγεία του άνθρωπου. 14
1.8 Τρόποι αντιμετώπισης της ρύπανσης στα λιμάνια. 15
1.9 Επιπτώσεις ναυτιλιακής ρύπανσης στο περιβάλλον 15
1.10 Ελληνικά λιμάνια 17
1.11 Τα σημαντικότερα λιμάνια της Ελλάδας και η κίνηση τους. 20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 23
2.1 Τύποι πλοίων 24
2.2 Κινητήρες Πλοίων 28
2.2.1 Μηχανές Diesel 28
2.2.2 Μηχανές αερίου και υβριδικά συστήματα 29
2.3 Καταστάσεις λειτουργίας ενός πλοίου 30
2.4 Ανάλυση της λειτουργίας παραμονής του πλοίου στο λιμάνι 30
2.5 Εκπομπές ρύπων κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι. 31
2.6 Απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια σε διαφορετικά τύπου πλοία 32
2.7 Ειδική μελέτη απαιτούμενης ισχύος σε Κιβωτιοφόρα 33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 35
3.1 Τι είναι η μέθοδος ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά; 36
3.2 ISO/IEC/IEEE 80005-1:2012 39
3.3 Παροχή Ενέργειας 40
3.4 Ανάλυση εξοπλισμού της μεθόδου 40
3.4.1 Μετασχηματιστής 40
3.4.2 Switchgear στον Μετασχηματιστή για προστασία του εξερχόμενου καλωδίου 41
3.4.3 Καλώδια και Αγωγοί 42
3.4.4 Εγκατάσταση υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας 44

3.4.5 Τρόποι Σύνδεσης καλωδίων με τα πλοία. 45
3.4.6 Εξοπλισμός στα πλοία 47
3.5 Σημαντικότερες Εταιρίες 49
3.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου 50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 53
4.1 Γενικά 54
4.2 Κατάλογος λιμανιών 55
4.3 Ευρωπαϊκά λιμάνια 56
4.4 Αμερικάνικα Λιμάνια 59
4.5 Μελλοντική χρήση της μεθόδου σε άλλα λιμάνια 61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 63
5.1 Γενικά 64
5.2 Μοντέλου υπολογισμού OPS 64
5.3 Εγχειρίδιο 65
5.4 Ειδική μελέτη σε Οχηματαγωγό 66
5.5 Ειδική μελέτη σε Κιβωτιοφόρο 69
5.6 Ειδική μελέτη σε Κρουαζιερόπλοιο 72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 77
6.1 Περιγραφή Δήμου και λιμένα Ηρακλείου 78
6.2 Περιγραφή δήμου και λιμένα Χανίων 79
6.3 Γενικό κόστος μεθόδου 80
6.3.1 Κόστος εξοπλισμού πλοίου. 80
6.3.2 Κόστος υποδομής ξηράς 81
6.3.3 Κόστος συντήρησης 81
6.4 Εφαρμογή της μεθόδου στα λιμάνια της Κρήτης. 82
Συμπεράσματα 84
Βιβλιογραφία 86

Εισαγωγή

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, στο πρώτο κεφάλαιο, καταγράφεται η κατάσταση που επικρατεί στην παγκόσμια ναυτιλία, γίνεται αναφορά στο αποτύπωμα του άνθρακα, ενώ τέλος καταγράφονται οι κύριες επιπτώσεις των αερίων ρύπων τόσο στη μόλυνση του φυσικού περιβάλλοντος όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τεχνικά χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων πλοίων καθώς και τα στάδια κίνησής τους, εντός του λιμένα (παραμονή, ελιγμοί, και κίνηση). Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση της μεθόδου ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά (cold ironing) και ταυτόχρονα καταγράφεται ο απαραίτητος εξοπλισμός πλοίων και λιμένων για την υλοποίηση της μεθόδου. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά σε λιμάνια τα οποία χρησιμοποιούν ήδη τη μέθοδο. Στο πέμπτο κεφάλαιο μελετάται το μοντέλο υπολογισμού OPS, ενώ ταυτόχρονα γίνεται ειδική μελέτη σε τρία διαφορετικού τύπου πλοία. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται τα λιμάνια του Ηρακλείου και των Χανίων, ενώ παράλληλα γίνεται ένας προσεγγιστικός υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης της μεθόδου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται περιγραφή της κατάστασης που επικρατεί στην παγκόσμια ναυτιλία, αναφορά στο αποτύπωμα του άνθρακα και τέλος καταγραφή των κύριων επιπτώσεων των αερίων ρύπων τόσο στη μόλυνση του φυσικού περιβάλλοντος όσο και στην ανθρώπινη υγεία.

Τα λιμάνια σήμερα και η ρύπανση που προκαλείται σε παγκόσμιο επίπεδο.



Εικόνα 1: Λιμάνι San Diego

1.1 Παγκόσμια Κατάσταση Λιμανιών

Με το 90% του παγκόσμιου εμπορίου να διακινείται μέσω θαλάσσης, τα λιμάνια είναι οι κόμβοι από όπου περνά σχεδόν οτιδήποτε πωλείται στον πλανήτη. Τα μεγαλύτερα του κόσμου, από άποψη διακίνησης αγαθών, είναι της Σαγκάης, του Ρότερνταμ και της Σιγκαπούρης. Το συνεχές αυξανόμενο παγκόσμιο εμπόριο οδήγησε στη ναυπήγηση όλο και μεγαλύτερων πλοίων τα οποία, με τη σειρά τους, υποχρέωσαν τα λιμάνια να μεγαλώσουν σημαντικά τις εγκαταστάσεις τους . Στο Ρότερνταμ και τη Σαγκάη η λιμενική ζώνη έχει έκταση δεκάδων χιλιομέτρων ενώ συνεχής είναι η κατασκευή νέων χώρων ώστε να εξυπηρετηθούν όσο γίνεται περισσότερα πλοία ταυτόχρονα.

Τα τρία μεγαλύτερα σε διακίνηση αγαθών λιμάνια του κόσμου είναι σημαντικά, το καθένα για τους δικούς του λόγους. Η Σαγκάη, γιατί από εκεί εισάγεται το μεγαλύτερο ποσοστό των πρώτων υλών της Κίνας και από εκεί φεύγει το μεγαλύτερο ποσοστό αγαθών που εξάγει η χώρα. Η Σιγκαπούρη, γιατί βρίσκεται στο μέσον των θαλασσίων δρόμων της Ασίας και χωρίς να έχει εξαγωγές ή ανάγκες πρώτων υλών είναι το μεγαλύτερο διαμετακομιστικό κέντρο του κόσμου. Υπολογίζεται ότι ανά πάσα στιγμή βρίσκονται στο λιμάνι της 100.000 κοντέινερ για τα οποία η χώρα δεν είναι ούτε η προέλευση ούτε ο προορισμός·. Το Ρότερνταμ, γιατί είναι το

κεντρικό λιμάνι της Ευρώπης, εξυπηρετεί πάνω από 30.000 πλοία το χρόνο- και γιατί είναι η «πύλη» για ολόκληρη την ευρωπαϊκή ενδοχώρα. Το δίκτυό του εγγυάται πως ένα φορτίο που ξεφορτώνεται εκεί μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε στην Ευρώπη μέσα σε 24 ώρες [1].

Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με τα 10 μεγαλύτερα εμπορικά (containers) λιμάνια του κόσμου.

Θέση	Λιμάνι	Χώρα	Έτος 2011	Έτος 2010
1	Σαγκάη	Κίνα	31.740	29.069
2	Σιγκαπούρη	Σιγκαπούρη	29.940	28.431
3	Χονγκ Κονγκ	Κίνα	24.380	23.699
4	Shenzhen	Κίνα	22.570	22.510
5	Busan	Νότια Κορέα	16.170	14.194
6	Ningo- Zhousan	Κίνα	14.720	13.144
7	Guangzhou	Κίνα	14.260	12.550
8	Qingdao	Κίνα	13.020	12.012
9	Ντουμπάι	Αραβικά Εμιράτα	13.010	11.600
10	Ρότερνταμ	Ολλανδία	11.880	11.140

Εικόνα 2: Πίνακας κατάταξης παγκόσμιων λιμανιών [1]

1.2 Παγκόσμιος Στόλος

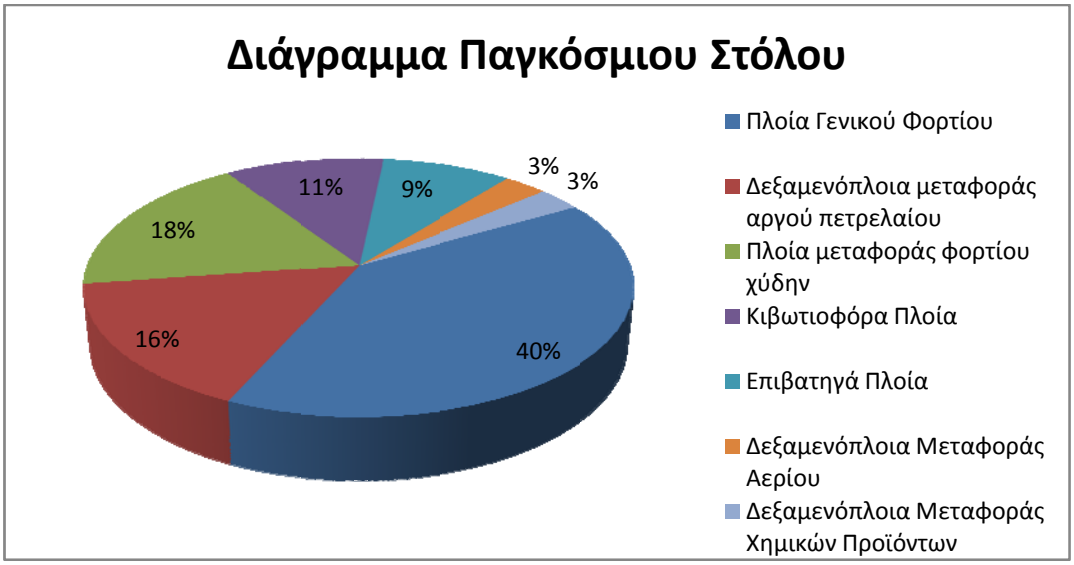
Σύμφωνα με το Lloyd's Register–Fairplay της 2/3/2012 ο παγκόσμιος στόλος των εμπορικών πλοίων μεγαλύτερων των 1.000 GT στέκεται στα 50.610 πλοία με σύνολο 1.244.215 gross tons.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία του ISL για το έτος 2011[2]:

Τύποι Πλοίων	2011
Πλοία Γενικού Φορτίου	17365
Δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού πετρελαίου	10035
Πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην	8652
Κιβωτιοφόρα Πλοία	4882
Επιβατηγά Πλοία	4131
Δεξαμενόπλοια Μεταφοράς Αερίου	1536
Δεξαμενόπλοια Μεταφοράς Χημικών Προϊόντων	1232
Σύνολο	**47833**

Εικόνα 3: Πίνακας παγκόσμιου στόλου

Στην συνέχεια γίνεται γραφική απεικόνιση των παραπάνω στοιχείων:

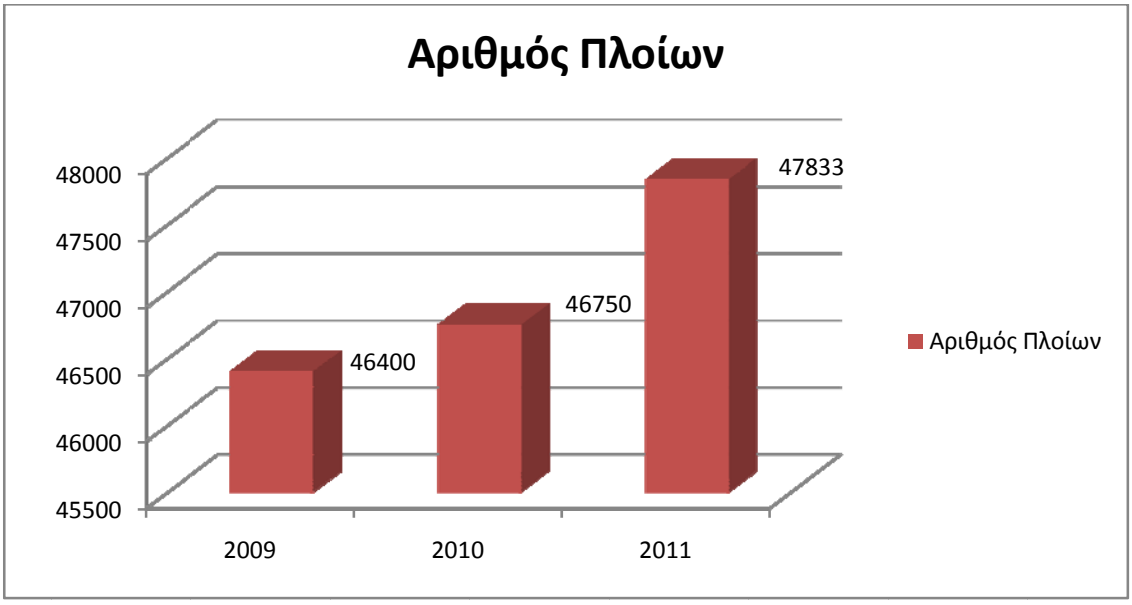


Εικόνα 4: Διάγραμμα παγκόσμιου στόλου

Παρακάτω φαίνεται η μεταβολή του παγκόσμιου στόλου τα τελευταία χρόνια.

1.3 Αποτύπωμα Άνθρακα

Ο όρος του ανθρακικού αποτυπώματος προήλθε από τον όρο του οικολογικού αποτυπώματος ως υποσύνολό του. Έτσι θα πρέπει πρώτα να ειπωθεί ο όρος οικολογικό αποτύπωμα γιατί το ανθρακικό αποτύπωμα αποτελεί απόρροια του οικολογικού αποτυπώματος.



Εικόνα 5: Διάγραμμα μεταβολής παγκόσμιου στόλου [2]

Το οικολογικό αποτύπωμα εκφράζει το μέτρο της έκτασης παραγωγικής γης και θάλασσας που απαιτείται από ένα άτομο, έναν πληθυσμό ή μια δραστηριότητα, για να παράγει τους πόρους που καταναλώνει και για να αφομοιώσει τα απόβλητα που παράγει και εκφράζεται σε μονάδες έκτασης γης, σε παγκόσμια εκτάρια [3]. Με τον ισχυρισμό ότι το ανθρακικό αποτύπωμα αποτελεί υποσύνολο του οικολογικού αποτυπώματος, ορίζεται αντίστοιχα ως το μέτρο της έκτασης της παραγωγικής γης και της θάλασσας που απαιτείται για να απορροφηθούν, μέσω της φωτοσύνθεσης, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις καύσεις ορυκτών καυσίμων. Το αποτύπωμα άνθρακα αποτελεί μια έννοια όπου τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ιδιαίτερα δημοφιλής και είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη, καθώς σχετίζεται με την ευθύνη και την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου, που αποτελούν ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα παγκοσμίως. Για τον περιορισμό αυτών των φαινομένων και τον έλεγχο των εκπομπών των αερίων αυτών προέκυψε η ανάγκη της ποσοτικής έκφρασης της ευαισθησίας των διάφορων προϊόντων, οργανισμών ή διαδικασιών, στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Η έννοια του αποτυπώματος γενικά δημιουργήθηκε, για να περιγράψει τις επιπτώσεις που έχουν οι ανθρώπινες παραγωγικές και καταναλωτικές δραστηριότητες στο περιβάλλον

1.4 Ορισμός Αποτυπώματος Άνθρακα

Θα παρατηρήσουμε παρακάτω ότι το ανθρακικό αποτύπωμα έχει πολλούς ορισμούς δηλαδή μπορεί το ανθρακικό αποτύπωμα να είναι ένας χωρικός δείκτης και να εκφράζεται σε

μονάδες έκτασης παραγωγικής γης, όπως σε παγκόσμια εκτάρια (global hectares, gha), ενώ σύμφωνα με άλλους ορισμούς μπορεί να εκφραστεί σε μονάδες μάζας (γραμμάρια, κιλά ή τόνους) είτε διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) είτε ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO_2-e).

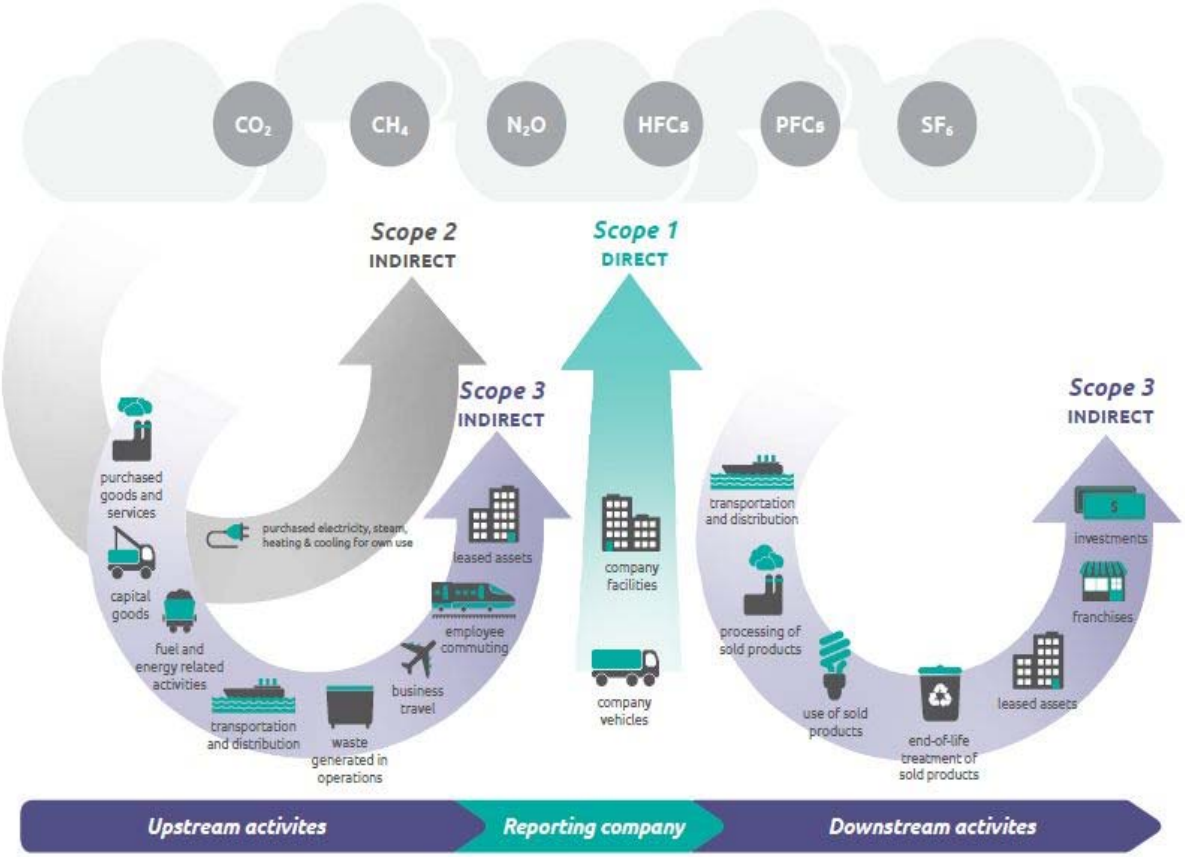
Μερικοί από τους ορισμούς:

- Αποτύπωμα άνθρακα είναι το σύνολο των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που δημιουργούνται άμεσα ή έμμεσα από μια δραστηριότητα ή συσσωρεύονται κατά τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος [4].
- Το αποτύπωμα άνθρακα μετρά το σύνολο των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου από έναν ορισμένο πληθυσμό, σύστημα ή δραστηριότητα, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις σχετικές πηγές και αποθηκεύσεις εντός των χωρικών και χρονικών ορίων που ενδιαφέρουν τον πληθυσμό, το σύστημα ή την δραστηριότητα [5].
- Αποτύπωμα άνθρακα είναι οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται άμεσα ή έμμεσα από ένα άτομο, έναν οργανισμό, μια εκδήλωση ή ένα προϊόν και εκφράζεται σε μονάδες μάζας ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO_2-e). Στα αέρια του θερμοκηπίου περιλαμβάνονται τα έξι αέρια του Πρωτόκολλου του Κιότο [6].
- Αποτύπωμα άνθρακα ορίζεται ως το μέτρο της έκτασης παραγωγικής γης και θάλασσας που απαιτείται, για να απορροφηθούν μέσω της φωτοσύνθεσης οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις καύσεις ορυκτών καυσίμων [6]
- Το αποτύπωμα άνθρακα είναι η συνολική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, που εκπέμπονται κατά την διάρκεια όλου του κύκλου ζωής μιας διαδικασίας ή ενός προϊόντος. Εκφράζεται σε γραμμάρια ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά κιλοβατώρα παραγωγής (g CO_2 e/kWh), λαμβάνοντας έτσι υπόψη το διαφορετικό δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) των άλλων αερίων του θερμοκηπίου [7].

1.5 Κατηγορίες Εκπομπών Καυσαερίων

Οι εκπομπές των αερίων ρύπων του θερμοκηπίου που συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα μπορεί να είναι είτε άμεσες είτε έμμεσες. Οι δραστηριότητες οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό προσδιορίζονται και διαχωρίζονται με βάση την κατηγορία εκπομπών που ανήκουν. Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου χωρίζονται με αυτόν τον τρόπο σε τρεις κατηγορίες [8].

Παρακάτω ακολουθεί το διάγραμμα άμεσων και έμμεσων εκπομπών:



Εικόνα 6: Διάγραμμα άμεσων και έμμεσων εκπομπών

- **Scope 1:** Περιλαμβάνει τις εκπομπές που προέρχονται από διεργασίες οι οποίες ανήκουν ή τελούν υπό τον άμεσο έλεγχο του οργανισμού (π.χ. καυστήρες θέρμανσης, εταιρικά αυτοκίνητα). Η κατηγορία αυτή είναι υποχρεωτική για τον υπολογισμό του Αποτυπώματος.
- Scope 2: Περιλαμβάνει τις εκπομπές που προέρχονται από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον οργανισμό (π.χ. φωτισμός, συσκευές γραφείου). Οι εκπομπές της κατηγορίας αυτής, αν και δεν προκύπτουν εντός των εγκαταστάσεων του οργανισμού, εντούτοις είναι πολύ σημαντικές, γιατί προκύπτουν έμμεσα στις εγκαταστάσεις παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας και πολλές φορές αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των συνολικών εκπομπών. Η κατηγορία αυτή είναι υποχρεωτική για τον υπολογισμό του Αποτυπώματος.
- **Scope 3:** Περιλαμβάνει τις εκπομπές που προκύπτουν έμμεσα από την λειτουργία του οργανισμού (π.χ. αεροπορικά ταξίδια, εκπομπές προμηθευτών). Η κατηγορία αυτή είναι προαιρετική για τον υπολογισμό του Αποτυπώματος.

1.6 Σύνθεση Εκπομπών Καυσαερίων

Όταν υπάρχει μια πλήρης ή τέλεια καύση υδρογονανθράκων, τότε τα μόνα προϊόντα καύσης είναι το νερό (H2O), το διοξείδιο του θείου (SO2) (αν το καύσιμο περιέχει θείο), το διοξείδιο του άνθρακα (CO2), το άζωτο (N2) και τέλος το οξυγόνο (O2). Ωστόσο, όταν βρισκόμαστε σε πραγματικές συνθήκες καύσης, η τέλεια καύση που ανέφερα παραπάνω, είναι δύσκολο έως ακατόρθωτο να συμβεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όταν γίνεται η καύση, εκτός από την δημιουργία των χημικών ενώσεων, που ανέφερα παραπάνω, να εμφανίζονται επιπρόσθετες ενώσεις οι οποίες είναι επιβλαβείς για το περιβάλλον. Είναι ενώσεις όπως οξείδια του αζώτου (NOx), άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) , μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξυγονούχες οργανικές ενώσεις, ενώσεις μολύβδου, σωματίδια καπνού (PM) καθώς και οξείδια του θείου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, από τους προαναφερόμενους ρύπους που εκπέμπουν τα πλοία, αυτοί που καθορίζονται από νομοθετικούς περιορισμούς -προς το παρόν- είναι:

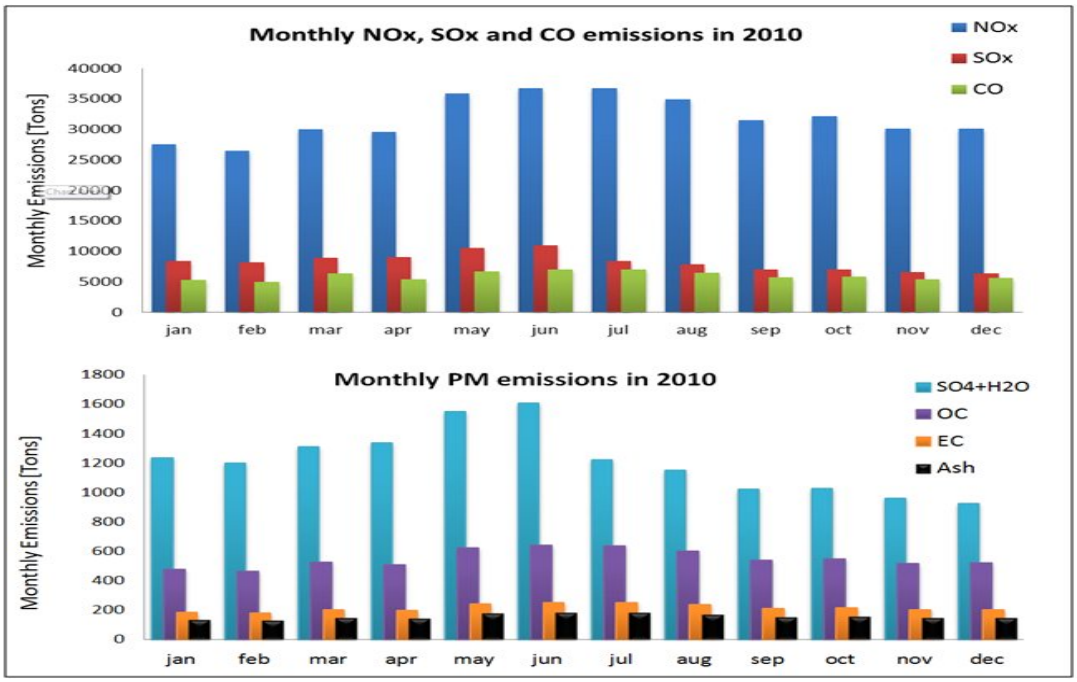
- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC)
- Οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Οξείδια του θείου (SO_x)

Νομοθετικούς περιορισμούς που σχετίζονται με την ρύπανση του περιβάλλοντος από την Ναυτιλία μπορούν να θεσπίσουν: διεθνείς οργανισμοί International Maritime Organization (IMO), φορείς με κανονιστική αρμοδιότητα π.χ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Europe Council) και μεμονωμένα κράτη (π.χ. California). Ο σημαντικότερος νομοθέτης για την παγκόσμια ναυτιλία είναι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός-International Maritime Organization (IMO).

Συνοψίζοντας τους ρύπους που προέρχονται από την ναυτική λειτουργία των μηχανών θα έχουμε την εξής λίστα:

- Οξείδια του αζώτου, **NO_X**
- Οξείδια του θείου, **SO_X**
- Διοξείδιο του άνθρακα, **CO_2**
- Μονοξείδιο του άνθρακα **CO**
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες
- Σωματίδια PM (Particulate material)
- Πτητικές οργανικές ενώσεις **VOC** (προ καύσεως)

Οι παρακάτω πίνακες εκφράζουν την ποσότητα κατανομής εκπομπών [9]:



Εικόνα 7: Πίνακας Ποσότητας Κατανομής Εκπομπών

Το διοξείδιο του άνθρακα, αν και φαίνεται να βρίσκεται σε πολύ μικρές ποσότητες (350 μέρη ανά εκατομμύριο ppm), είναι το πέμπτο σε βαθμό αφθονίας στοιχείο στην ατμόσφαιρα. Οι μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται από τη διαπνοή και τις φυσικές πυρκαγιές (περίπου 100 δις μετρικοί τόνοι άνθρακα ετησίως) εξισορροπούνται κυρίως με την αφαίρεση του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες όμως, εκτόπισαν αυτήν την ισορροπία και η περιεκτικότητα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξήθηκε κατά 25 % τα τελευταία 140 χρόνια. Βασικός παράγοντας παραγωγής ανθρωπογενούς διοξειδίου του άνθρακα είναι η καύση των απολιθωμένων καυσίμων, η καύση της βιομάζας και η εκχέρσωση των δασών καθώς και η παραγωγή τσιμέντου, που προσθέτει επίσης σημαντικές ποσότητες (ένα σύνολο περίπου 7 δις νετρικών τόνων άνθρακα ετησίως). Οι τελευταίες τάσεις στις χρήσεις των απολιθωμένων καυσίμων οδηγούν στην πρόβλεψη ότι η περιεκτικότητα του διοξειδίου του άνθρακα θα φτάσει στα 600ppm πριν το τέλος του 21ου αιώνα. [9].

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άχρωμο χωρίς οσμή αέριο που προέρχεται κυρίως από την ατελή καύση. Η δράση του αερίου αυτού είναι γνωστή από πολλά χρόνια και συνδέεται άμεσα με την αιμοσφαιρίνη του αίματος. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι βλαβερό διότι αφήνει λιγότερη αιμοσφαιρίνη, που χρησιμεύει στη μεταφορά του οξυγόνου. Όταν μία σημαντική ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη του αίματος, τότε περιορίζεται η δέσμευση του οξυγόνου, με αποτέλεσμα το οξυγόνο που εισέρχεται στους ιστούς,

να είναι λιγότερο. Το πρόβλημα αυτό έχει γίνει οξύτερο τα τελευταία χρόνια λόγω της αύξησης του αριθμού των αυτοκινήτων. Σε περιπτώσεις όπως της θερμοκρασιακής αναστροφής όπου εμφανίζεται το "νέφος", οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται σημαντικά με συνέπεια τους συχνούς πονοκεφάλους. Οι περιπτώσεις αυτές γίνονται εντονότερες σε άτομα που έχουν κάποια αναιμία [9]. Οι καπνιστές επίσης, παρουσιάζουν αυξημένους πονοκεφάλους. Από τη φύση του το μονοξείδιο του άνθρακα δεν έχει αθροιστικές ιδιότητες, δηλαδή δεν συσσωρεύεται στα ανθρώπινα όργανα. Παρόλα αυτά η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι δυνατόν να έχει δηλητηριώδη επίδραση.



Εικόνα 8: Καταμερισμός του μονοξειδίου του άνθρακα [10]

Το διοξείδιο του θείου (SO2) αποτελεί ένα άχρωμο αέριο με ερεθιστική οσμή. Μπορεί να το γευθεί κανείς σε μεγάλες συγκεντρώσεις (0.5-1.0ppm). Επίσης, οξειδώνεται με φωτοχημική ή καταλυτική διαδικασία σε τριοξείδιο του θείου, το οποίο απορροφώντας την ατμοσφαιρική υγρασία, σχηματίζει θειικό οξύ το οποίο και καταλήγει στο έδαφος. Οι κυριότερες ανθρωπογενείς διαδικασίες παραγωγής διοξειδίου του θείου και άλλων θειικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα είναι: η κατανάλωση καυσίμων, άνθρακα και πετρελαίου, η διύλιση πετρελαίου, η επεξεργασία μη-σιδηρούχων ορυκτών (Cu, Pb, Zn θειικών μετάλλων), η καύση ξύλου και η παραγωγή H2SO. Τα οξείδια του θείου ερεθίζουν το αναπνευστικό σύστημα και προκαλούν μείωση ορατότητας [11]. Επιπλέον προκαλεί σοβαρές βλάβες στον φυτικό κόσμο μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των αγροτικών περιοχών. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τα οξείδια του θείου είναι υπεύθυνα για την καταστροφή των μνημείων καθώς προκαλούν διάβρωση των τεχνικών υλικών τους. Είναι επιπλέον υπεύθυνα σε μεγάλο βαθμό για την διάβρωση της ίδιας της μηχανής. Μελέτες των παγκοσμίων εκπομπών του SO_2 δείχνουν ότι

το 16% του αερομεταφερόμενου θείου προέρχεται από την καύση καυσίμων όπως το πετρέλαιο και ο ορυκτός άνθρακας [11].

Ο μόλυβδος (Pb) είναι τοξικό μέταλλο που η ύπαρξη του στον αέρα αποτελεί πραγματικό κίνδυνο για την δημόσια υγεία. Η κύρια πηγή του μολύβδου στον αέρα είναι η χρησιμοποίηση βενζίνης με μόλυβδο στους κινητήρες Otto, σε αναλογία 0,5g Pb ανά λίτρο βενζίνης. Ενώσεις τετραμεθυλιούχου και τετραειθυλιούχου μολύβδου προστίθενται στην βενζίνη για την αύξηση των οκτανίων της, ώστε να επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης ισχύος του κινητήρα και η βέλτιστη λειτουργία του. Ο μόλυβδος δεν είναι απαραίτητος στην βενζίνη αλλά προτιμάται, επειδή είναι πιο οικονομικός από 18 άλλα μέσα που ανεβάζουν τον αριθμό των οκτανίων. Ο μόλυβδος εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό είτε μέσω της αναπνοής είτε μέσω της τροφικής αλυσίδας. Στην συνέχεια διαλύεται στο αίμα και καταλήγει σε διάφορα όργανα και κυρίως στα οστά όπου και συσσωρεύεται. Επιπλέον επιδρά στην καρδιά και στο νεφρικό σύστημα. Η οξεία δηλητηρίαση από μόλυβδο προκαλεί κώμα και ακόμα και θάνατο. Περίπου το 3% κατά βάρος των αιωρούμενων σωματιδίων στις μεγάλες πόλεις αποτελείται από άλατα μολύβδου [11].

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) παράγονται κατά την ατελή καύση ορυκτών καυσίμων. Η κύρια ένωση του αζώτου που περιέχεται στα καυσαέρια είναι το μονοξείδιο του αζώτου (NO) αλλά και το διοξείδιο (NO_2) σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Κατά την καύση η ποσότητα παραγόμενου NO_2 είναι ελάχιστη όμως η τελική ποσότητα αυξάνεται λόγω της οξείδωσης που υφίσταται μέρος του NO προς τον σχηματισμό NO_2. Από τις δύο αυτές ενώσεις μόνο το NO_2 θεωρείται τοξικό στις συνήθεις συγκεντρώσεις. Έχει έντονη μυρωδιά και κόκκινο-καφέ χρώμα και ερεθίζει τα μάτια, τη μύτη, το βρογχικό σύστημα και τους πνεύμονες. Όταν έρθει σε επαφή με υγρασία, είτε στον αέρα είτε στο ανθρώπινο σώμα, σχηματίζει το εξαιρετικά διαβρωτικό νιτρικό οξύ. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία της καύσης τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα οξειδίου του αζώτου που σχηματίζεται. Τα οξείδια του αζώτου συμμετέχουν στην εμφάνιση ποικιλίας αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, όπως οι σημαντικές αλλαγές στη σύσταση ορισμένων ειδών βλάστησης υδροβιοτόπων και χερσαίων εκτάσεων, η εμφάνιση της όξινης βροχής, η όξυνση και ο ευτροφισμός γλυκών υδάτων, η μειωμένη ορατότητα, η αύξηση επιπέδων τοξινών διαφόρων ειδών ψαριών και άλλων υδρόβιων ζώων, κ.ά [11].

Οι υδρογονάνθρακες (HC), προέρχονται από την ατελή καύση του καυσίμου-λαδιού και την εξάτμιση του καυσίμου. Έχουν επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου-καρκινογενέσεις αλλά και στο περιβάλλον με την δημιουργία νέφους. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αποτέλεσμα της ατελούς καύσης, καθώς υπάρχει έλλειψη αέρα και διαχωρισμός των διοξειδίων του άνθρακα, είναι εξαιρετικά τοξικό σε μεγάλη συγκέντρωση. Λόγω της περίσσειας αέρα στις δίχρονες ναυτικές μηχανές οι εκπομπές μονοξειδίου είναι πολύ μικρές [11].

Τα αιωρούμενα σωματίδια καπνού (PM) αποτελούν ένα ιδιαίτερα σύνθετο ρύπο καθώς παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, στην χημική σύσταση και στο σχήμα τους. Συνήθως τα σωματίδια καπνού αποτελούνται από αιθάλη, οξείδια μετάλλων, καθώς και θειικά άλατα, όλα προερχόμενα από την ατελή καύση του καυσίμου ή από τις ακαθαρσίες στα καύσιμα και στα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται. Το μέγεθος τους δεν είναι συγκεκριμένο, αλλά έχουν διάμετρο μικρότερη από 10μm. Τα αιωρούμενα σωματίδια εναποτίθενται κυρίως στις κυψελίδες των πνευμόνων και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία των ανθρώπων. Η συνεχής έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια συμβάλλει στη δημιουργία χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων και μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο πρόωρου θανάτου. Διάφορες μελέτες συνδέουν τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων με τις αυξημένες εισαγωγές στα νοσοκομεία και ειδικότερα με τον αριθμό των επισκέψεων στα Τμήματα Επειγόντων Περιστατικών (ΤΕΠ). Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι είναι οι ομάδες υψηλού κινδύνου, ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα [11].

1.7 Επιπτώσεις της ρύπανσης στην υγεία του ανθρώπου

Όλες οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και έχουν ως θέμα τις επιπτώσεις της ρύπανσης στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον, έχουν άμεσο αντίκτυπο στον άνθρωπο.

Συνοπτικά παρακάτω παρουσιάζονται οι επιπτώσεις της ρύπανσης στην υγεία του ανθρώπου [9]:

1. Το πρώτο και κύριο αντίκτυπο είναι η πρόωρη θνησιμότητα. Όλες οι έρευνες αναφέρουν και τονίζουν ότι η μακροχρόνια έκθεση του ανθρώπου σε υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων μειώνει την διάρκεια ζωής.
2. Οι διάφοροι ρύποι ευθύνονται πολλές φορές για αποβολές εμβρύων, συγγενείς διαμαρτίες, σωματικές και διανοητικές αναπηρίες και διαταραχές της αναπαραγωγικής ικανότητας των ανθρώπων.
3. Αύξηση νοσηρότητας.
4. Αύξηση άσθματος από μικρή ηλικία.
5. Αναπνευστικά προβλήματα και καρδιαγγειακές παθήσεις.
6. Οι εκπομπές NO_X και VOC βοηθούν τον σχηματισμό φωτοχημικής αιθαλομίχλης, η οποία μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία.
7. Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε μια ακόμη σημαντική αιτία ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τον θόρυβο, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει μείωση της ακοής. Εκτιμάται ότι 10.000.000 άνθρωποι στην Ευρώπη είναι εκτεθειμένοι σε υψηλές στάθμες θορύβου.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι χάρτες των θανάτων λόγω καρδιοπαθειών, που πιθανολογείται ότι σχετίζονται με την έκταση της ρύπανσης, αποδιδόμενη στην εκπομπή PM από την ναυτιλία.

1.8 Τρόποι αντιμετώπισης της ρύπανσης στα λιμάνια

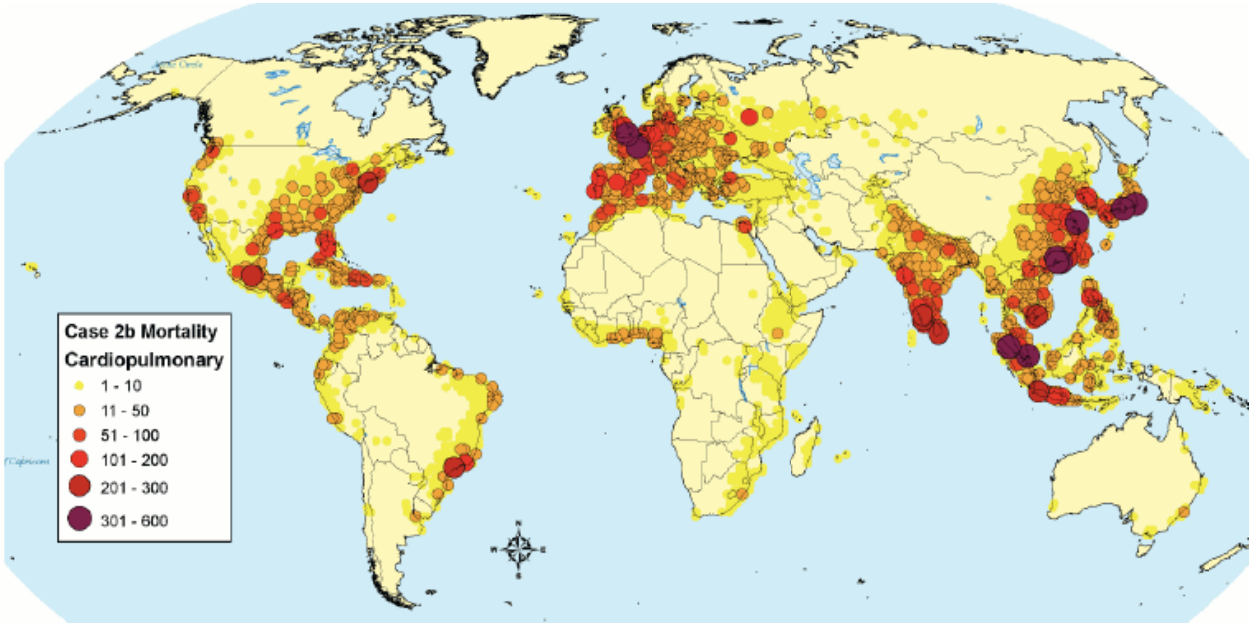
Το πρόβλημα της ρύπανσης του αέρα και ειδικότερα των λιμανιών είναι πολύ σημαντικό, ενώ θα ήταν ουτοπικό να ισχυριστούμε ότι υπάρχει λύση. Ωστόσο, μπορούν να προταθούν κάποιες λύσεις έτσι ώστε να μειωθούν σε σημαντικό βαθμό.

Μερικές από αυτές παρουσιάζονται επιγραμματικά παρακάτω:

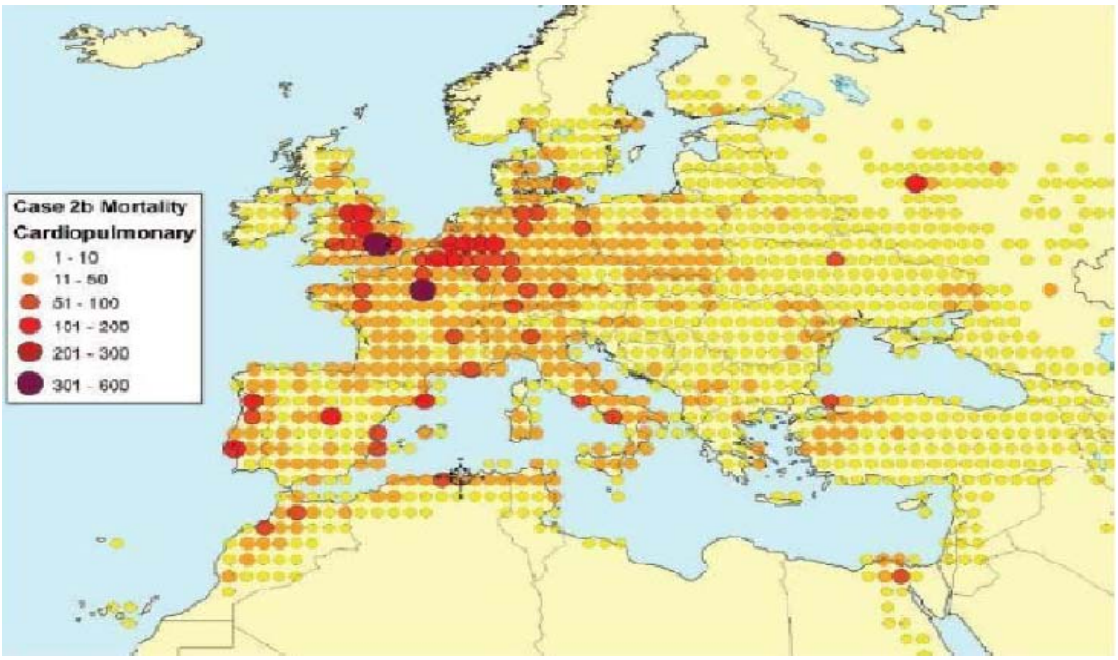
- Οικολογικά καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Με βάση τους κανονισμούς του IMO η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο θα πρέπει να μειωθεί σε 0.5% το 2020.
- Χρήση νέων κινητήρων ικανών για κατανάλωση καθαρότερων καυσίμων. Αυτό θα έχει βέβαια ως αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση του κόστους του καυσίμου με περαιτέρω αύξηση του κόστους λειτουργίας του πλοίου.
- Ελάττωση εισόδου σε λιμάνια παλαιών και συνεπώς ρυπογόνων, πλοίων. Κυρίως τα καράβια αυτά ανεβάζουν τον δείκτη της ρύπανσης στους λιμένες.
- Χρήση φυσικού αερίου ως καύσιμο, το οποίο αποτελεί μια καλή επιλογή για τα μελλοντικά πλοία μειώνοντας τις εκπομπές κοντά στο μηδέν.
- Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά σε ελλιμενισμένα πλοία, τα οποία δεν χρειάζεται πλέον να κάνουν χρήση των βοηθητικών μηχανών τους, επιτυγχάνοντας έτσι μια πολύ καλή εναλλακτική και ταυτόχρονα οικονομικά συμφέρουσα επιλογή.
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών των κτιρίων και όχι μόνο.

1.9 Επιπτώσεις ναυτιλιακής ρύπανσης στο περιβάλλον

Η ναυσιπλοΐα συμβάλλει και στην συνολική ποσότητα ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω της εκπομπής καυσαερίων. Όπως διαπιστώνει εύστοχα η Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, η ρύπανση του αέρα από ποντοπόρα πλοία είναι σταθερά αυξητική, λόγω του ότι καταναλώνονται όλο και περισσότερα καύσιμα για την κάλυψη των διαρκώς αυξανόμενων αναγκών ταχύτερης μεταφοράς όλο και περισσοτέρων αγαθών, σε μεγαλύτερες αποστάσεις [10]. Κατά συνέπεια, η σταθερά αυξανόμενη συμβολή της ποντοπόρου ναυτιλίας στην περιφερειακή και παγκόσμια ατμοσφαιρική ρύπανση, συνιστά έναν νέο παράγοντα, τον οποίο το σύγχρονο διεθνές και κοινοτικό περιβαλλοντικό δίκαιο καλείται να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά.



Εικόνα 9: Παγκόσμιος Χάρτης Θανάτων Λόγω Καρδιοπάθειας [12]



Εικόνα 10: Ευρωπαϊκός Χάρτης Θανάτων Λόγω Καρδιοπάθειας [12]

Η διεθνής ναυτιλιακή δραστηριότητα συνεισφέρει περίπου το 7% των συνολικών εκπομπών NO_x σε παγκόσμια κλίμακα και το 4% SO_2 [10]. Η Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Κοινότητας μάλιστα υπολογίζει ότι, παρά τις υφιστάμενες διεθνείς (στο πλαίσιο του IMO) αλλά και

κοινοτικές κανονιστικές προσπάθειες και πολιτικές, η προερχόμενη από το θαλάσσιο χώρο ατμοσφαιρική ρύπανση θα έχει ισοσκελίσει το έτος 2020 την αντίστοιχη χερσαία ρύπανση εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία μειώνεται σταδιακά τα τελευταία χρόνια.

Συγκρίνοντας τη ρύπανση που αποδίδεται στις θαλάσσιες μεταφορές, με τη ρύπανση που προκαλείται από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις της χέρσου, παρατηρείται ότι αυτή συνεισφέρει το δεύτερο μικρότερο ποσοστό στη συνολική θαλάσσια ρύπανση, που προκαλείται από τον ανθρώπινο παράγοντα. Το 77% της θαλάσσιας ρύπανσης που δημιουργείται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αποδίδεται στα απόβλητα που προέρχονται από την ξηρά και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Η ναυσιπλοΐα είναι υπεύθυνη για το 12%, ενώ ένα επιπλέον 11% οφείλεται σε απορρίψεις ρυπογόνων ουσιών στο θαλάσσιο περιβάλλον [10].

Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το NO_X και το SO_2 είναι οι πιο σημαντικοί ρύποι και προκαλούν στο περιβάλλον όξινες εναποθέσεις, οι οποίες μπορεί να αποδειχθούν επιβλαβείς τόσο για το φυσικό περιβάλλον (π.χ ποτάμια, έδαφος, λίμνες, πανίδα) όσο και για το δομημένο (π.χ πολιτιστική κληρονομιά). Επίσης, οι εκπομπές NO_X συμβάλλουν στον ευτροφισμό, φαινόμενο κατά το οποίο ένα πλεόνασμα θρεπτικού αζώτου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ευαίσθητη ισορροπία των οικοσυστημάτων, περιλαμβανομένων και των θαλασσών [10].

1.10 Ελληνικά λιμάνια

Το έμφυτο και αναλλοίωτο, στο πέρασμα των αιώνων, ταλέντο της Ελληνικής φυλής στις θαλάσσιες ασχολίες δικαιολογείται από τη γεωγραφική θέση της χώρας στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων, από το γεγονός ότι τα ελληνικά παράλια εκτείνονται σε έκταση 16.000 χλμ. και από την ύπαρξη 3.000 νησιών και βραχονησίδων, σε ένα πολυνησιακό σύμπλεγμα, με θαλασσινούς κατοίκους [13]. Η Ελλάδα είναι μία παραδοσιακά ναυτιλιακή χώρα και η εμπορική της ναυτιλία έχει διαδραματίσει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της χώρας, στην αύξηση του κύρους της σε διεθνές επίπεδο, στην κοινωνική περιφερειακή συνοχή. Η Ελληνική Πολιτεία, αναγνωρίζοντας το ρόλο αυτό, έχει συμβάλλει στα πλαίσια των εκάστοτε διαμορφούμενων κοινωνικοοικονομικών συνθηκών, στην ανάπτυξη της Ελληνικής ποντοπόρου ναυτιλίας και στην απρόσκοπτη δραστηριοποίησή της διεθνώς. Ο ναυτιλιακός κλάδος υπήρξε μάλιστα ο πρόδρομος της διεθνοποίησης των υπολοίπων οικονομικών κλάδων της χώρας, ο οποίος παρά τον διεθνή χαρακτήρα του, διατηρεί στενούς δεσμούς με την υπόλοιπη ελληνική οικονομία.

Σύμφωνα με τη γενική γραμματεία Λιμένων και Λιμενικής Πολιτικής του Υπουργείου Ναυτιλίας και Αιγαίου, το εθνικό λιμενικό σύστημα της χώρας αποτελούν [13] :

- Δώδεκα Οργανισμοί Λιμένων, οι οποίοι λειτουργούν ως Ανώνυμες Εταιρίες. Οι λιμένες αυτοί είναι του Πειραιά, της Θεσσαλονίκης, της Αλεξανδρούπολης, του Βόλου, της Ελευσίνας, του Ηρακλείου, της Ηγουμενίτσας, της Καβάλας, της Κέρκυρας, του Λαυρίου, της Πάτρας και της Ραφήνας. Από αυτούς και σύμφωνα με τους Ν. 268/1999, Ν 2881/ 2001, Ν 2892/ 2001 και Ν 2932/ 2001 οι Οργανισμοί Λιμένων Πειραιώς και Θεσσαλονίκης είναι εισηγμένοι στο Χρηματιστήριο Αθηνών με κύριο μέτοχο το Ελληνικό Δημόσιο.
- Είκοσι τρία κρατικά Λιμενικά Ταμεία όπου αφορούν Λιμένες εθνικής ή μείζονος σημασίας (εποπτεία από το Υπουργείο Ναυτιλίας και Αιγαίου).
- Εξήντα έξι Δημοτικά Λιμενικά Ταμεία που αφορούν Λιμένες διεθνούς, εθνικής ή μείζονος σημασίας.
- Δύο Νομαρχιακά Λιμενικά Γραφεία που λειτουργούν ως Δημοτικά Λιμενικά Ταμεία.
- 1250 περιφερειακοί λιμένες, μαρίνες, αλιευτικά καταφύγια και λιμενίσκοι, καταχωρημένα σε 188 Κεντρικά Λιμεναρχεία, Υπολιμεναρχεία και Λιμενικούς Σταθμούς.

Τα δύο μεγαλύτερα λιμάνια στην επιβατική κίνηση είναι το λιμάνι του Πειραιά, το οποίο κατέχει την πρώτη θέση στη διακίνηση εμπορευμάτων και στην επιβατική κίνηση και το λιμάνι της Θεσσαλονίκης, το οποίο έρχεται δεύτερο μετά από το λιμάνι του Πειραιά. Τον πίνακα συμπληρώνουν το λιμάνι του Ηρακλείου, το λιμάνι της Πάτρας, της Ελευσίνας, της Καβάλας, του Βόλου, της Ηγουμενίτσας , της Ραφήνας, της Κέρκυρας, της Αλεξανδρούπολης και τέλος το λιμάνι του Λαυρίου.

Ο παρακάτω χάρτης εμφανίζει τους Ελληνικούς λιμένες που λειτουργούν με τη μορφή των Ανώνυμων Εταιριών.



Εικόνα 11: Χάρτης των Δώδεκα Οργανισμών Λιμένων με τη μορφή της Α.Ε. [13]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η επιβατική κίνηση στις δώδεκα Ανώνυμες Λιμενικές Αρχές.

Λιμάνια	Εμπορεύματα	Επιβατική Κίνηση	Οχήματα φορτωθέντα/ εκφορτωθέντα	Αριθμός Πλοίων
Πειραιάς	17.715.584	11.797.856	321.451	27.902
Θεσσαλονίκη	14.197.280	192.945	48.340	3.224
Ηράκλειο	3.055.000	1.822.072	187.001	3.100
Πάτρα	2.831.492	1.355.350	552.595	81.581
Ελευσίνα	2.666.300	665.000	283.160	5.046
Καβάλα	1.842.686	1.470.717	363.808	7.330
Βόλος	1.161.332	369.042	58.484	1.050
Ηγουμενίτσα	434.881	1.192.945	434.013	14.281
Ραφήνα	65.000	1.760.776	301.117	4.305
Κέρκυρα	37.752	2.146.179	463.747	9.899
Αλεξανδρούπολη	549.950	159.452	31.513	2.518
Λαύριο	49.656	213.412	63.317	1.815
Σύνολο 12 Λιμένων	44.606.913	23.145.746	3.108.550	162.051

Εικόνα 12: Πίνακας επιβατική κίνηση στις 12 λιμενικές Ανώνυμες Εταιρείες (2007) [13]

1.11 Τα σημαντικότερα λιμάνια της Ελλάδας και η κίνησή τους.

Λιμάνι Πειραιά

Το λιμάνι του Πειραιά είναι ένα από τα μεγαλύτερα ευρωπαϊκά επιβατικά λιμάνια της Ευρώπης. Το λιμάνι χειρίζεται 20 εκατομμύρια επιβάτες κάθε έτος. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις έχουν ανακαινιστεί πρόσφατα και η ποιότητα των ανέσεων έχει βελτιωθεί σημαντικά. Αυτές περιλαμβάνουν μηχανήματα ΑΤΜ, υπηρεσία συναλλάγματος, εστιατόρια, μπαρ, ταξί και ένα ευρύ φάσμα των ταξιδιωτικών πρακτορείων πώλησης εισιτηρίων. Ο Πειραιάς υπήρξε το λιμάνι της Αθήνας για χιλιάδες χρόνια. Βρίσκεται νοτιοδυτικά της Αθήνας, περίπου 11 km / 7 μίλια από το κέντρο της πόλης και συνδέεται με την πόλη με το μετρό της Αθήνας και λεωφορεία.



Εικόνα 13: Λιμάνι Πειραιά

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με την συνολική διακίνηση των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά.

Χρονολογία	Cargo	Επιβάτες	Containers	Vessels	Σύνολο
1998	12.988.385	9.112.624	933.046	28.348	N.A
1999	13.899.454	9.515.053	964.902	27.197	N.A
2000	15.628.523	10.162.865	1.161.099	28.888	1.696
2001	16.318.143	10.967.042	1.165.797	30.721	1.709
2002	18.424.180	11.797.856	1.404.939	27.902	1.673
2003	21.425.318	12.536.608	1.605.135	26.333	1.687
2004	20.586.765	11.916.826	1.541.563	29.206	1.607
2005	19.814.061	12.410.545	1.394.512	26.742	1.519

Εικόνα 14: Στατιστική κίνηση λιμανιών Πειραιά (1998-2005) [13]

Λιμάνι Θεσσαλονίκης

Το λιμάνι της Θεσσαλονίκης είναι ένα ευρωπαϊκό λιμάνι, φυσική διέξοδος της οικονομικής δραστηριότητας των χωρών της ευρύτερης περιοχής. Εξυπηρετεί τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες κυρίως των Βαλκανικών χωρών για εισαγωγή και εξαγωγή πρώτων υλών, καταναλωτικών προϊόντων και κεφαλαιουχικού εξοπλισμού. Αποτελεί μοχλό ανάπτυξης για την Β. Ελλάδα



Εικόνα 15: Λιμάνι Θεσσαλονίκης

Το λιμάνι της Θεσσαλονίκης χρησιμοποιείται κυρίως για φορτηγά πλοία, ωστόσο υπάρχουν και επιβατικά πλοία που εξυπηρετούν το κοινό. Ετησίως εξυπηρετεί 16.000.000 τόνους εμπορευμάτων (από τους οποίους 7.000.000 τόνοι είναι ξηρό φορτίο και 9.000.000 υγρά καύσιμα), 370.000 TEUs εμπορευματοκιβώτια, 3.000 πλοία, 220.000 επιβάτες [13].

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με την συνολική διακίνηση των πλοίων στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης.

Χρονολογία	Cargo	Επιβάτες	Containers	Vessels	Σύνολο
1998	13.851.613	261.163	182.102	3.429	760
1999	12.804.545	246.219	216.911	3.669	745
2000	15.465.613	248.429	229.745	3.424	742
2001	14.589.284	231.580	233.904	3.431	737
2002	14.707.369	218.032	240.439	3.224	715
2003	14.898.720	201.282	269.552	2.855	673
2004	16.476.739	209.066	336.096	2.939	626
2005	16.722.343	217.538	365.925	3.010	592

Εικόνα 16: Στατιστική κίνηση λιμανιών Θεσσαλονίκης (1998-2005) [13]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι κατηγορίες και οι καταστάσεις λειτουργίας των πλοίων, τα τεχνικά χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων πλοίων καθώς και τα στάδια κίνησής τους εντός του λιμένα.

Κατηγορίες και καταστάσεις λειτουργίας των πλοίων



Εικόνα 17: Κιβωτιοφόρο Πλοίο

2.1 Τύποι πλοίων

Η μεταφορά των εμπορευμάτων από ένα σημείο της γης σε ένα άλλο γίνεται κυρίως μέσα από την θάλασσα με κάθε μορφής και μεγέθους πλοία. Επίσης και η μεταφορά ανθρώπων κατά ένα μεγάλο ποσοστό γίνεται με τα πλοία. Η μορφή, το μέγεθος και ο ειδικός εξοπλισμός είναι τα κυριότερα σημεία πάνω στα οποία εντοπίζονται οι σπουδαιότερες διαχρονικές και μη αλλαγές, αλλά και οι βασικές διαφοροποιήσεις τους. Συμπερασματικά λοιπόν διάφοροι ουσιώδεις λόγοι όπως οι ανθρώπινες ανάγκες, η βιομηχανική ανάπτυξη και η τεχνολογική εξέλιξη συντέλεσαν στη δημιουργία διαφόρων τύπων πλοίων, τα οποία μπορούμε να κατατάξουμε σε κατηγορίες λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια που έχουν σχέση με το είδος και την περιοχή μεταφορών, το μέσο πρόωσης και κυρίως τον σκοπό και την αποστολή που εξυπηρετούν.

Μια πρώτη γενική κατάταξη των εμπορικών πλοίων είναι σε τέσσερις κατηγορίες, όπως

συνοπτικά διακρίνεται παρακάτω [14]:

1. **Φορτηγά πλοία**

Είναι πλοία που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά διαφόρων φορτίων τα οποία μπορεί να είναι: Στερεά, Υγρά και Υγροποιημένα, Μικτά (στερεά και υγρά μαζί).

2. **Επιβατηγά**

Είναι πλοία τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά κυρίως επιβατών. Παράλληλα έχουν διαμορφωθεί, ώστε να μπορούν να μεταφέρουν και οχήματα, καθώς και μικρές ποσότητες προϊόντων.

3. **Ειδικού προορισμού**

Είναι πλοία τα οποία χρησιμοποιούνται για ειδικούς σκοπούς όπως η αλιεία, οι επιστημονικές έρευνες, η τοποθέτηση καλωδίων και τέλος η αναψυχή.

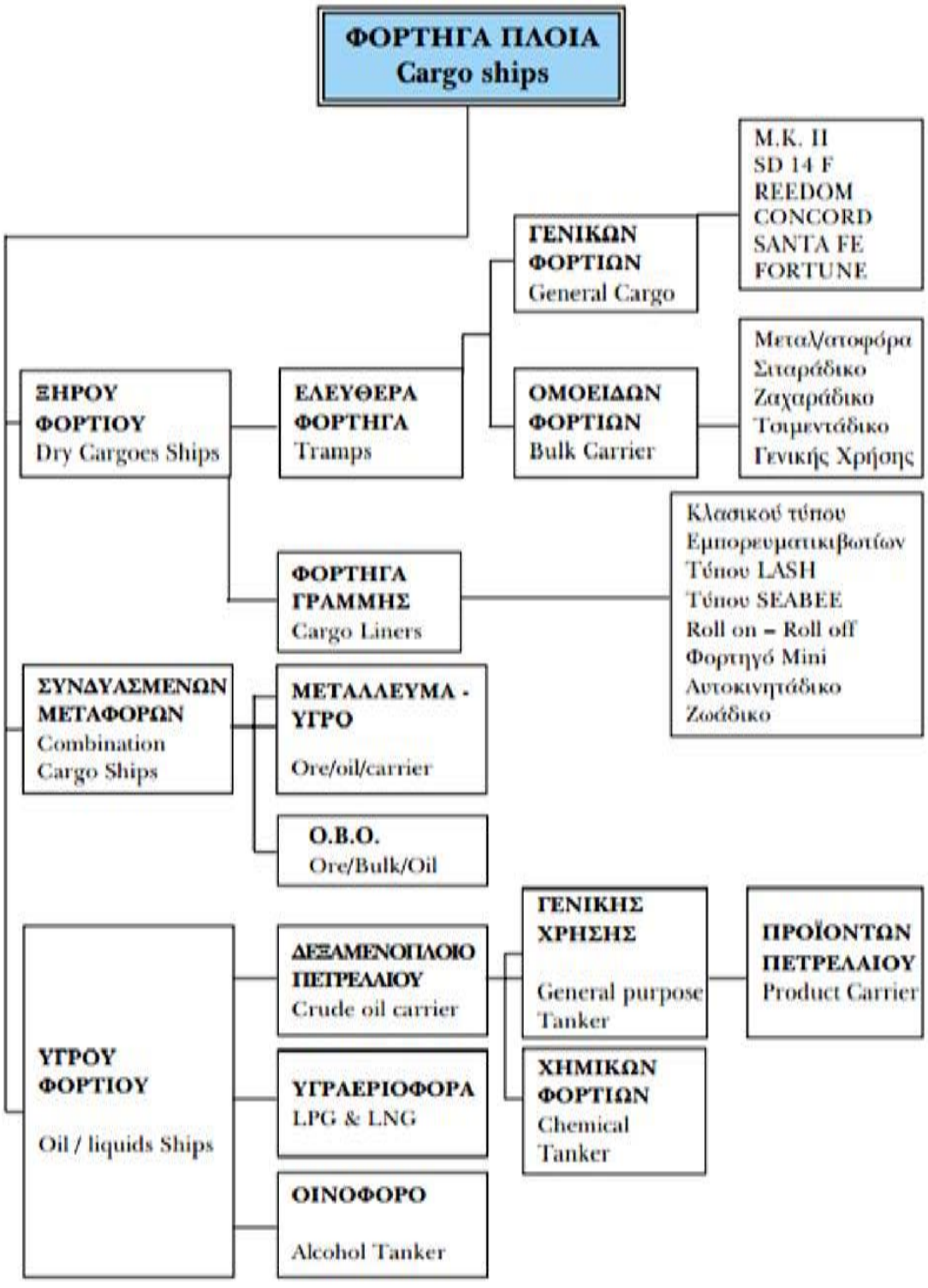
4. **Βοηθητικής ναυτιλίας**

Είναι πλοία και πλωτά ναυπηγήματα τα οποία είτε κατασκευάστηκαν για να χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες περιοχές όπως ποτάμια και λίμνες, είτε έχουν σκοπό να εξυπηρετούν τις ανάγκες και τις λειτουργίες των πλοίων των άλλων κατηγοριών. Τέτοια πλοία είναι τα Ρυμουλκά, τα Ναυαγοσωστικά , οι Πλοηγίδες, οι Φορτηγίδες, οι Γερανοί κ.α..

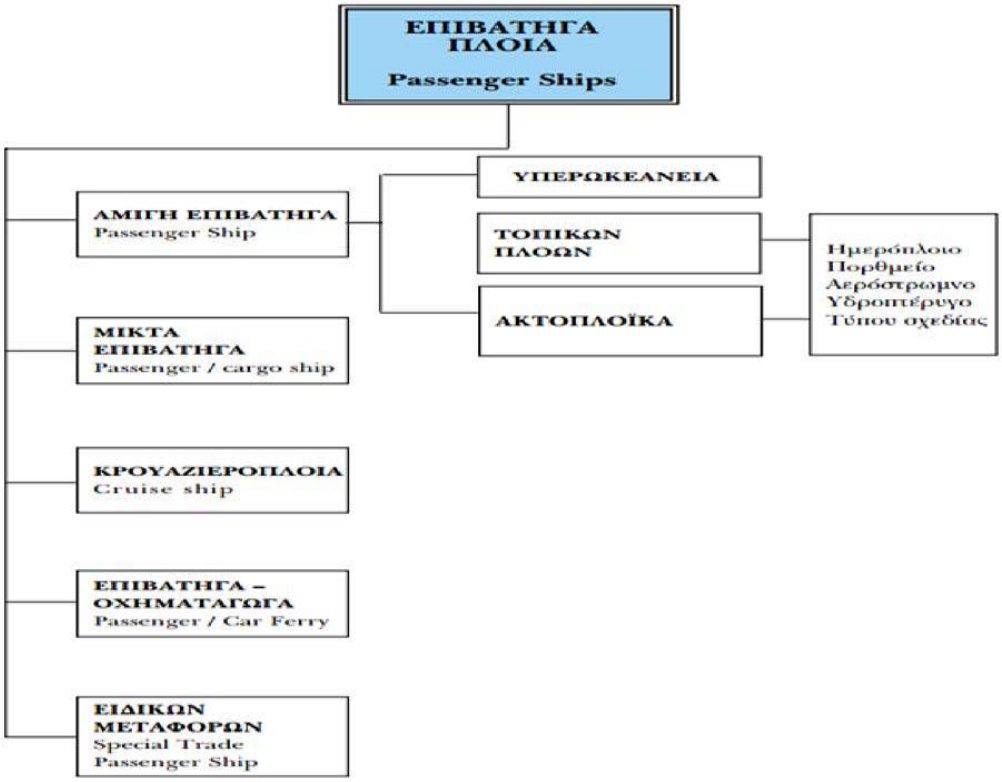
Παρακάτω θα παρουσιαστούν πέντε πίνακες στους οποίους θα γίνει διαχωρισμός και κατάταξη των πλοίων



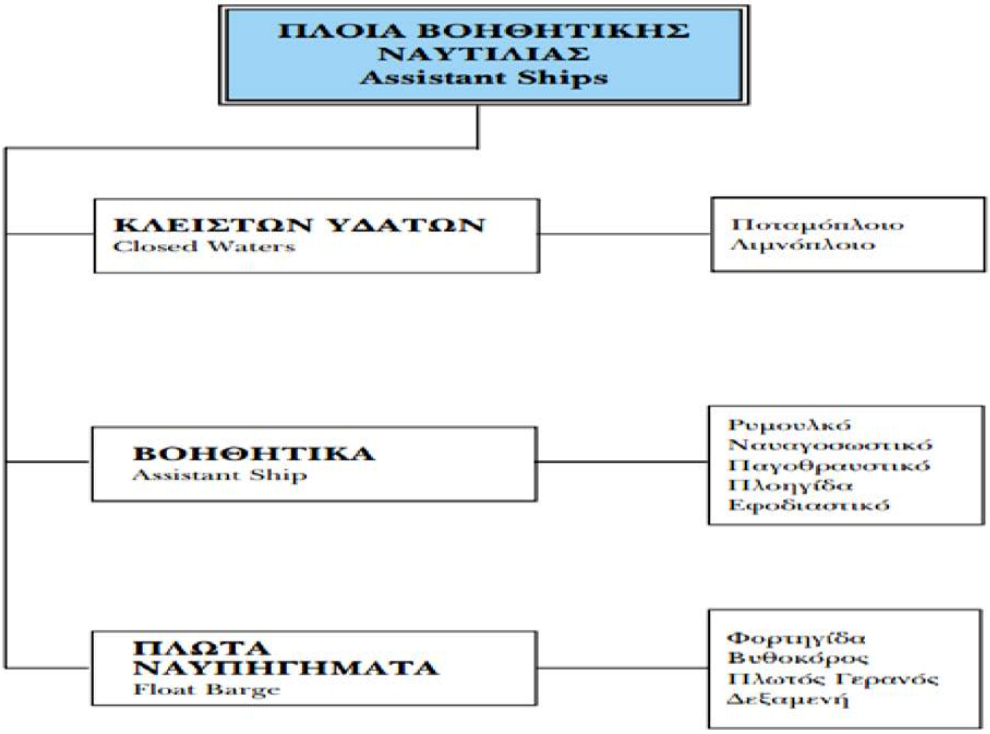
Εικόνα 18: Κύριος διαχωρισμός των Εμπορικών Πλοίων [14]



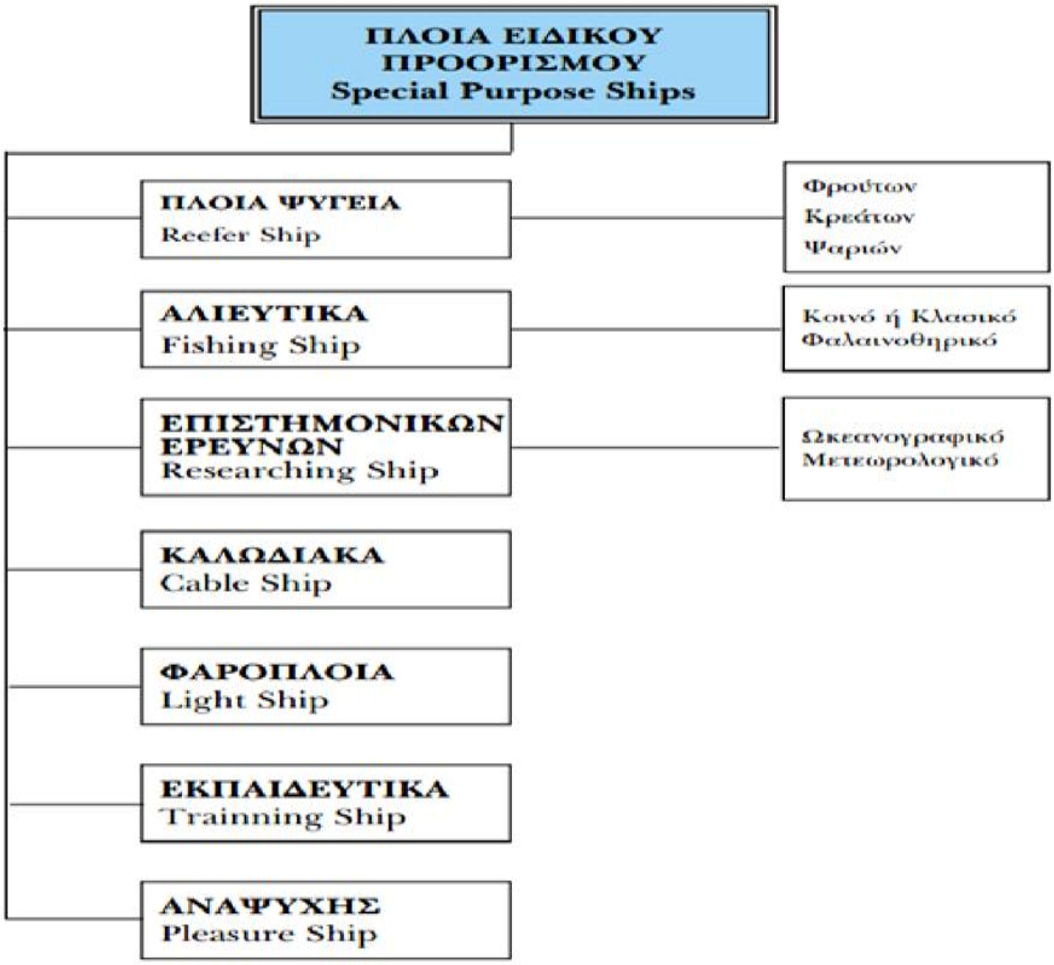
Εικόνα 19: Διαχωρισμός των Φορτηγών Πλοίων [14]



Εικόνα 20: Διαχωρισμός των Επιβατηγών Πλοίων.



Εικόνα 21: Διαχωρισμός των πλοίων Βοηθητικής Ναυτιλίας [14]



Εικόνα 22: Διαχωρισμός των πλοίων Ειδικού Προορισμού [14]

2.2 Κινητήρες Πλοίων

Στις μέρες μας οι περισσότερες μηχανές πλοίων που βρίσκονται σε λειτουργία είναι δίχρονες ή τετράχρονες πετρελαιομηχανές. Επίσης, υπάρχουν πλοία τα οποία διαθέτουν τουρμπίνες ατμού και κάποια ταχύπλοα επιβατηγά τα οποία έχουν τουρμπίνες αερίου. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο μηχανές οι οποίες χρησιμοποιούν αέριο αντί για συμβατικό καύσιμο και οι εταιρίες κατασκευής μηχανών προσανατολίζονται προς την εξέλιξη των μηχανών έτσι ώστε να λειτουργούν αποδοτικά και με την καύση αερίου.

2.2.1 Μηχανές Diesel

Οι ναυτικοί κινητήρες Diesel είναι ο επικρατέστερος τύπος μηχανής στην ναυτιλία τόσο

για την κίνηση όσο και για την παραγωγή βοηθητικής ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία. Μόνο τα μικρότερα σε μέγεθος σκάφη χρησιμοποιούν δίχρονους και τετράχρονους κινητήρες Otto. Τα μεγάλα σε μέγεθος ποντοπόρα φορτηγά πλοία, με τα οποία θα ασχοληθούμε, χρησιμοποιούν κυρίως για την κίνηση τους μηχανές Diesel χαμηλών και μεσαίων στροφών. Οι πιο συνηθισμένες πετρελαιομηχανές είναι αργόστροφες και δίχρονες με τυπική ισχύ στον άξονα της τάξης των 1500 kW μέχρι και 100000 kW και λειτουργούν με ταχύτητες περιστροφής από 50 μέχρι και 250 στροφές το λεπτό. Μία δίχρονη μηχανή μπορεί να πλησιάσει σε θερμική ισχύ το 65% και τα καυσαέρια της να πλησιάσουν θερμοκρασίες από 325-375'C. Οι μεσόστροφες πετρελαιομηχανές είναι τετράχρονες και μπορούν να πλησιάζουν ισχύ στον άξονα ανάμεσα στα 500 και στα 30000 kW ενώ η δύναμη περιστροφής τους κυμαίνεται ανάμεσα σε 400 και 1000 στροφές το λεπτό [15] .

Όλες οι μηχανές που φέρουν τα πλοία στην σημερινή εποχή λειτουργούν ως επί το πλείστον με βαρύ καύσιμο. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου αυτές οι μηχανές λειτουργούν με καύσιμο με μειωμένη περιεκτικότητα σε θείο και αυτό γίνεται μέσα στις περιοχές ελέγχου εκπομπών και στα λιμάνια, για να μειωθεί η εκπομπή των αέριων ρύπων.

2.2.2 Μηχανές αερίου και υβριδικά συστήματα

Χαρακτηριστικό παράδειγμα πλοίων τα οποία λειτουργούν καίγοντας αέριο είναι τα πλοία που κινούνται βόρεια της Νορβηγίας. Μία ακόμα λύση η οποία μελετάται είναι, σε συνεργασία με τις μηχανές καύσης φυσικού αερίου, η λειτουργία ατμοστροβίλων όπου θα τους παρέχεται ατμός από μία σειρά λεβήτων, αν και βέβαια μία τέτοια ιδέα έχει εγκαταλειφθεί λόγω της περιπλοκότητας των εγκαταστάσεων, καθώς ο βαθμός αποδοτικότητας των αεροστροβίλων είναι αρκετά χαμηλότερος των συμβατικών πετρελαιομηχανών και γι' αυτό η ναυτιλιακή κοινότητα έχει στραφεί περισσότερο προς την εξέλιξη της κίνησης του πλοίου με καύση φυσικού αερίου. Οι μηχανές φτωχής καύσης φυσικού αερίου είναι μηχανές οι οποίες έχουν σαν βασικό καύσιμο το φυσικό αέριο, το οποίο βρίσκεται σε μίξη με αέρα και το μείγμα αυτό αποκαλείται φτωχό καθώς τα ποσοστά αέρα, τα οποία αποτελούν το μείγμα αυτό, είναι αρκετά υψηλά. Τα μίγματα αυτά, τα οποία είναι πλούσια σε περιεκτικότητα αέρα κατά την καύση τους, οδηγούν σε μικρότερες αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες μέσα στον θάλαμο καύσης, με αποτέλεσμα να μειώνονται αισθητά οι ποσότητες των εκπεμπόμενων οξειδίων του αζώτου (NO_X). Η μηχανή λειτουργεί σύμφωνα με τον κύκλο λειτουργίας του Otto και η καύση ξεκινάει με την έναρξη μίας σπίθας στον θάλαμο καύσης και το φυσικό αέριο εκχύνεται μέσα στον θάλαμο με χαμηλή πίεση.

2.3 Καταστάσεις λειτουργίας ενός πλοίου

Το πλοίο διαθέτει τρεις κατηγορίες μηχανών. Είναι οι κύριες μηχανές, οι οποίες λειτουργούν, όταν το πλοίο μας βρίσκεται σε κατάσταση πλεύσης. Είναι οι βοηθητικές μηχανές ενός πλοίου, οι οποίες παρέχουν στο πλοίο την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ για την λειτουργία του. Τέλος έχουμε τους λέβητες όπου είναι μηχανήματα τα οποία δαπανούν ενέργεια από την καύση καυσίμων και παράγουν ατμό, ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμότητας που είναι απαραίτητη για την στέγαση του πληρώματος .

Τα μεγάλα φορτηγά πλοία έχουν τρεις καταστάσεις λειτουργίας. Οι καταστάσεις χωρίζονται ως εξής [8] :

1.Πλεύση: Σε αυτή τη κατάσταση το πλοίο πλέει στην ανοικτή θάλασσα με ταχύτητα πλεύσης. Κατά την πλεύση οι κινητήρες πρόωσης είναι σε υψηλή ισχύ, ενώ οι βοηθητικές μηχανές δεν λειτουργούν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα επίπεδα της κατανάλωσης να είναι υψηλά για τις κύριες μηχανές πρόωσης .

2.Ελιγμοί: Σε αυτή τη κατάσταση το πλοίο είτε προσεγγίζει το λιμάνι είτε αναχωρεί από αυτό. Σε αυτή τη λειτουργία οι κινητήρες πρόωσης λειτουργούν στη χαμηλότερη ισχύ τους, ενώ οι βοηθητικοί κινητήρες λειτουργούν στη μέγιστη ισχύ τους. Η κατανάλωση καυσίμου είναι χαμηλή για την πρόωση κινητήρα, ενώ έχουμε μεγαλύτερη κατανάλωση για τους βοηθητικούς κινητήρες.

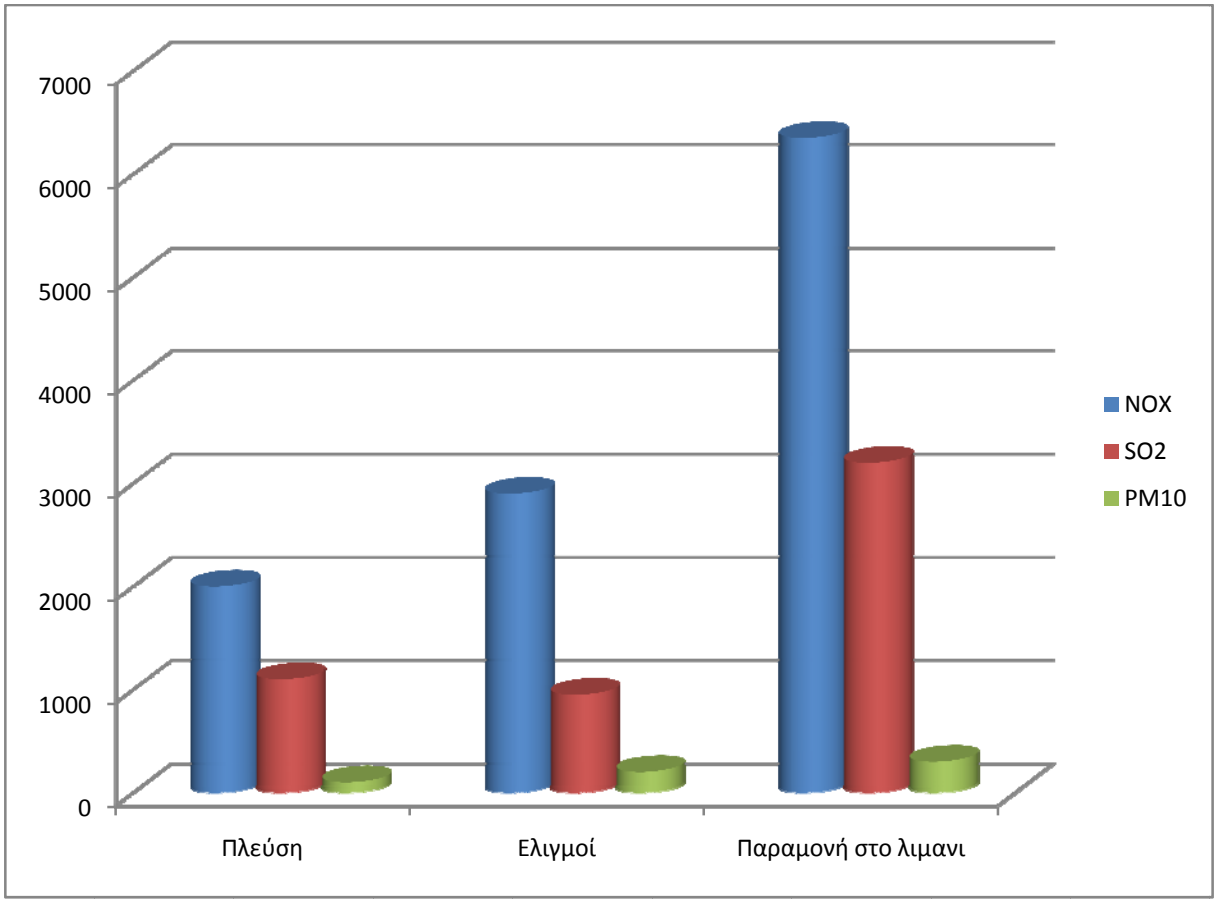
3.Διάρκεια παραμονής στο λιμάνι: Σε αυτή τη κατάσταση το πλοίο είναι αγκυροβολημένο σε ένα λιμάνι. Το πλοίο δεν κινείται. Οι βοηθητικοί λέβητες λειτουργούν συνήθως προκειμένου να διατηρεί ζεστό τον κινητήρα πρόωσης και τα καύσιμα. Οι κινητήρες πρόωσης είναι εκτός λειτουργίας και τέλος οι βοηθητικοί κινητήρες λειτουργούν σε υψηλή ισχύ. Η κατανάλωση καυσίμου μπορεί να είναι μέτρια έως υψηλή για τους βοηθητικούς κινητήρες, μέτρια έως υψηλή για τους λέβητες ενώ για τους κινητήρες πρόωσης είναι σχεδόν μηδενική.

2.4 Ανάλυση της λειτουργίας παραμονής του πλοίου στο λιμάνι

Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, το πλοίο βρίσκεται στην κατάσταση παραμονής, όταν είναι αγκυροβολημένο στο λιμάνι. Σε αυτήν την κατάσταση λειτουργούν οι βοηθητικές μηχανές και τα boiler. Πρέπει να τονίσουμε ότι η ποιότητα του καυσίμου των βοηθητικών μηχανών δεν είναι η καλύτερη με αποτέλεσμα την εκτεταμένη ρύπανση της ατμόσφαιρας για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τέλος, πρέπει να σημειώσουμε ότι οι εκπομπές προέρχονται ως επί το πλείστον από τις κύριες και βοηθητικές μηχανές, ενώ οι λέβητες συμβάλλουν λιγότερο από το 5% των εκπομπών.

2.5 Εκπομπές ρύπων κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι.

Σύμφωνα με έρευνα, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα οι OGV εκπομπές υπό διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας. Το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών παρατηρείται υπό τη φάση ελλιμενισμού. Το χρονικό διάστημα που παραμένουν στον λιμένα τα πλοία ποικίλει από κάποιες ώρες έως και ημέρες. Οι θέσεις ελλιμενισμού δεν είναι συγκεκριμένες για το κάθε πλοίο αλλά καθορίζονται από τους αρμόδιους του λιμεναρχείου σε συνεννόηση με τους καπετάνιους των πλοίων λίγο πριν μπουν αυτά στο χώρο του λιμένα, καθώς επίσης εξαρτάται από την κίνηση των πλοίων εκείνη την χρονική στιγμή αλλά και από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Οι εκτιμώμενες εκπομπές, σύμφωνα με το διάγραμμα, κατά τη διάρκεια πλεύσης , ζώνης ελαττωμένης ταχύτητας, ελιγμών σε σύγκριση με τη παραμονή τους στο λιμάνι είναι 10.658 έναντι 6439 τόνους NOx, 4953 έναντι 3237 τόνων SO_2 και 701 έναντι 333 τόνους PM10 αντίστοιχα .Τα ποσοστά των εκπομπών είναι 62% για τα NOx, 60% για το SO_2 και 68% για PM10. Για το υπόλοιπο των ποσοστών ευθύνεται η παραμονή του πλοίου στο λιμάνι [16].



Εικόνα 23: Διάγραμμα εκπομπών αέριων ρύπων κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι

2.6 Απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια σε διαφορετικά τύπου πλοία

Κάθε πλοίο ανάλογα με το είδος και τον τύπο των μηχανών του χρειάζεται και διαφορετική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας έτσι ώστε να καλύψει τις ανάγκες του στην κατάσταση λειτουργίας παραμονής του στο λιμάνι.

Τύπος	Μέση ζήτηση ισχύος (MW)	Μέγιστη ζήτηση ισχύος (MW)	Μέγιστη ζήτηση ισχύος για το 95% των πλοίων (MW)
Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (<140m)	0.17	1	0.8
Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (>140m)	1.2	8	5
Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Συνολικά)	0.8	8	4
Οχηματαγωγά	1.5	2	1.8
Δεξαμενόπλοια	1.4	2.7	2.5
Κρουαζιερόπλοια (<200m)	4.1	7.3	6.7
Κρουαζιερόπλοια (>200m)	7.5	11	9.5
Κρουαζιερόπλοια (>300m)	10	20	12.5

Εικόνα 24: Πίνακας απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικά τύπου πλοία [17]

Όπως διαπιστώνουμε και από τον πίνακα, αυτά που χρειάζονται την πιο πολλή ενέργεια είναι τα κρουαζιερόπλοια και αυτό είναι λογικό, γιατί, όταν βρίσκονται σε κατάσταση παραμονής, εξυπηρετούν πολύ κόσμο.

2.7 Ειδική μελέτη απαιτούμενης ισχύος σε Κιβωτιοφόρα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα μελετήσουμε πόση ηλεκτρική ενέργεια χρειάζεται ένα Κιβωτιοφόρο σε κάθε κλάδο του. Το κιβωτιοφόρο το οποίο θα μελετήσουμε έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Τάση λειτουργίας Πλοίου: AC 440V / 220V

Συστήματα αυτοματισμού: Gavazzi, Sulzer, το οποίο λειτουργεί με AC 220V και DC 24V

Γεννήτριες ντίζελ: Bergen diesel KRG 7590KW (2x1430KW, 3x1260KW, 1x950KW)

Συγκεκριμένα έχουμε:

Τύπος	kW
Εφεδρική Γεννήτρια	110
Φωτισμός Εσωτερικού Χώρου **Καμπίνες εσωτερικού Χώρου- Κλιματιστικά**	70 112
Παροχή στο δωμάτιο αεροσυμπιεστών **Βασικές Υπηρεσίες (Αντλίες- Boiler)**	12 10
Διάφορα Φίλτρα ή Καθαριστές	23
Υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης - Πυροσβεστικές αντλίες	26
Αντλίες αποστράγγισης	26
Αντλίες Ballast	37
Μηχανήματα εξαερισμού του χώρου	105
Γενικός Εξαερισμός του πλοίου	20
Λοιπές Ανάγκες του Container	75
Ηλεκτρικά Φορτία λειτουργίας για τα Container	2400
Γερανοί	850
Διάφορες Αντλίες	105
Βασικοί Αεροσυμπιεστές	110
BOW THRUSTERS (χρήση έκτακτης ανάγκης)	670
Κίνηση πηδαλίου	37

Εικόνα 25: Πίνακας απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε κυβωτιοφόρο πλοίο [17]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση της μεθόδου ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά (cold ironing) και ταυτόχρονα καταγράφεται ο απαραίτητος εξοπλισμός πλοίων και λιμένων για την υλοποίηση της μεθόδου.

Μέθοδος ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά



Εικόνα 26: Πλοίο κατά την διάρκεια ηλεκτρικής τροφοδότησης από την ξηρά

3.1 Τι είναι η μέθοδος ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά;

Ο τίτλος μέθοδος ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά ή COLD-IRONING είναι στην ουσία ταυτόσημος με τους επίσης γνωστούς για την μέθοδο, Alternative Maritime Power (AMP) και Shore-to-Ship power supply. Αναφέρεται στην ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων από το δίκτυο της στεριάς, η οποία δίνει έτσι την δυνατότητα στα πλοία να απενεργοποιήσουν τους πετρελαιοκινητήρες τους, για όσο διαρκεί η παραμονή τους στο λιμάνι. Η απενεργοποίηση αυτή όλων των μηχανών εσωτερικής καύσης του σκάφους έδωσε στο όνομα της μεθόδου τον όρο ‘’cold’’ καθώς, εκτός από το να εκμηδενίζει τις εκπομπές, μειώνει και την θερμοκρασία τους σκάφους [1].

Η παροχή ενέργειας από την ξηρά γίνεται για την κάλυψη των εξής αναγκών ηλεκτροδότησης του πλοίου κατά την παραμονή του στο λιμάνι:

- Φορτοεκφόρτωση
- Ανεφοδιασμός

- Φωτισμός
- Κλιματισμός
- Θέρμανση
- Λοιπά ηλεκτρονικά συστήματα του πλοίου

Χωρίς την χρήση της μεθόδου, οι παραπάνω λειτουργίες απαιτούν την κατανάλωση τεράστιων ποσοτήτων βαρέων καυσίμων προκαλώντας σημαντική αέρια ρύπανση.

Η διαδικασία αυτή έχει αναπτυχθεί με σκοπό την ουσιαστική κατάργηση των πετρελαιοκινητήρων και την εξοικονόμηση περισσότερου καυσίμου. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος έχει και περιβαλλοντικά συμφέροντα καθώς μειώνεται κατά πολύ η ρύπανση των πλοίων στα λιμάνια. Αποτέλεσμα είναι η απαλλαγή από το σύνολο των εκπεμπόμενων ρύπων από τις ηλεκτρογεννήτριες των πλοίων, αλλά και η δυνατότητα διασποράς των ηλεκτροπαραγωγικών εγκαταστάσεων σε μια πιο διευρυμένη περιοχή, περιορίζοντας δραστικά το πρόβλημα στα λιμάνια. Επίσης, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η ρύπανση των πλοίων δεν δημιουργεί μόνο περιβαλλοντικά προβλήματα, αλλά έχει ταυτόχρονα και τεράστιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία τόσο στους εργαζομένους, οι οποίοι εργάζονται στο λιμάνι, όσο και στους κατοίκους των γύρω περιοχών.



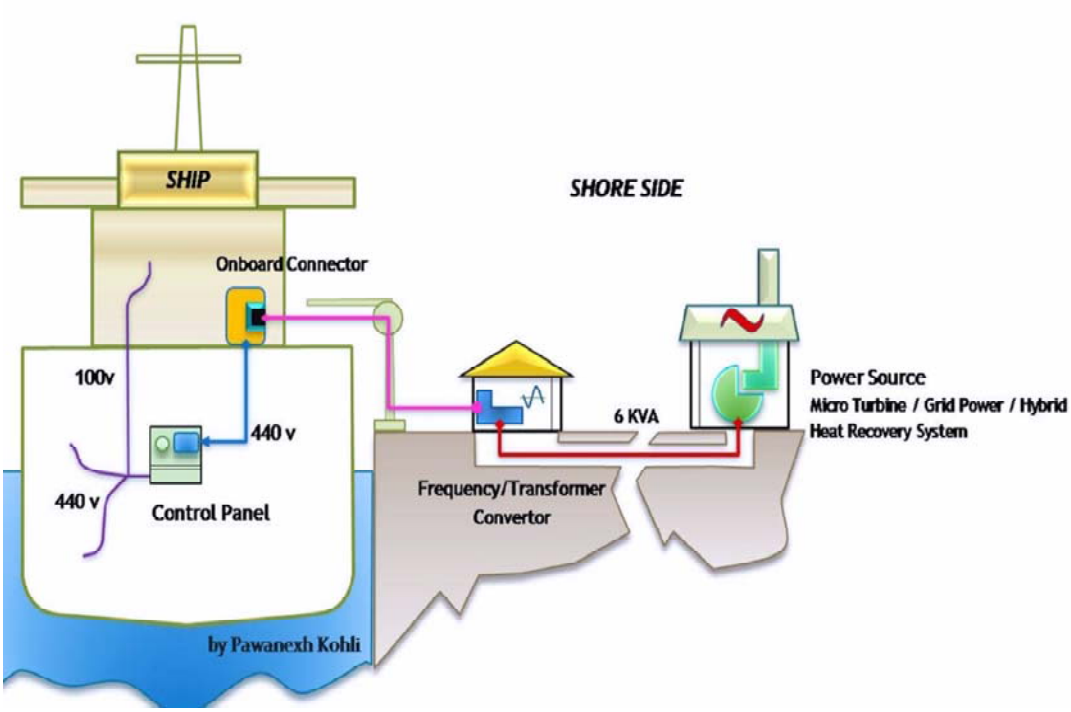
Εικόνα 27: Πλοίο που εκτελεί ελιγμούς προσπαθώντας να εισέλθει σε κάποιο λιμάνι

Για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων, ως πηγές ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε το δημόσιο σύστημα ηλεκτροδότησης, κυρίως για μεγάλα λιμάνια τα οποία έχουν μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι η περίπτωση του λιμανιού του Πειραιά,

είτε πηγές ενέργειας οι οποίες είναι εξίσου φιλικές προς το περιβάλλον έτσι ώστε το τελικό οικολογικό αποτύπωμα της διασύνδεσης να είναι λιγότερο αρνητικό σε σχέση με την μη χρήση της μεθόδου. Ένα λιμάνι με τεχνολογία λοιπόν, εκτός από το κλασσικό δίκτυο ηλεκτροδότησης της περιοχής, μπορεί να τροφοδοτείται μερικώς ή και εξ ολοκλήρου από λιγότερο ρυπογόνες μονάδες παραγωγής όπως:

- Χερσαίοι Αιολικοί σταθμοί
- Θαλάσσιοι Αιολικοί σταθμοί (με ανεμογεννήτριες εγκατεστημένες είτε στον πυθμένα είτε σε πλατφόρμες)
- Υδατοταμιευτήρες για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας
- Μονάδες παραγωγής ηλιακής ενέργειας
- Μονάδες παραγωγής ενέργειας από τα θαλάσσια κύματα
- Μονάδες παραγωγής ενέργειας από βιομάζα
- Μονάδες παραγωγής ενέργειας από φυσικό αέριο

Χαρακτηριστικά εγκατάστασης μεθόδου



Εικόνα 28: Παρουσίαση εγκατάστασης για την τροφοδότηση των ενεργειακών αναγκών πλοίου από την ξηρά [18]

Για την λειτουργία της μεθόδου υπάρχουν κάποιες βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν τόσο τα λιμάνια και τα τοπικά δίκτυα ηλεκτροδότησης, όσο και τα ίδια τα πλοία. Στην

περίπτωση των πλοίων και των λιμανιών είναι κυρίως ζήτημα εξοπλισμού ενώ σε αυτήν του δικτύου ηλεκτροδότησης μεγάλη σημασία έχουν τα μεγέθη τάσης και συχνότητας, τα οποία επηρεάζουν άμεσα την συμβατότητα. Ο εξοπλισμός που χρειάζεται είναι ο εξής:

- Σταθμός παροχής ενέργειας.
- Μετατροπέας τάσης και συχνότητας.
- Εξοπλισμός για την μεταφορά της ενέργειας.
- Εγκατάσταση διασύνδεσης και διαχείρισης ενέργειας πάνω στο αντίστοιχο πλοίο.

3.2 ISO/IEC/IEEE 80005-1:2012



Εικόνα 29: Λογότυπο ISO-IEC

Μετά από πολλά χρόνια απουσίας, το 2012 θεσπίστηκε επίσημη τυποποίηση ISO και για την μέθοδο ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά. Θεσπισμένο από τον International Organization for Standardization (ISO), την International Electrotechnical Commission (IEC) και το Institute of Electrical and Electronics Engineers, περιγράφει τα συστήματα υψηλής τάσης σύνδεσης με την ξηρά (HVSC). Η τυποποίηση αυτή είναι εφαρμόσιμη στον σχεδιασμό, στην εγκατάσταση και στον έλεγχο των HVSC συστημάτων:

- Συστήματα διανομής υψηλής τάσης (HV) στην ξηρά
- Εξοπλισμός διασύνδεσης ξηράς και πλοίου
- Μετασχηματιστές / Αντιδραστήρες
- Ημιαγωγοί / περιστρεφόμενοι μετατροπείς
- Συστήματα διανομής στο πλοίο
- Συστήματα ελέγχου, παρακολούθησης, σύμπλεξης και διαχείρισης ενέργειας

Δεν ισχύει για τη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διάρκεια δεξαμενισμού και λοιπών

επισκευών συντήρησης σε περίοδο εκτός λειτουργίας του πλοίου [19].

3.3 Παροχή Ενέργειας

Η παροχή ενέργειας των εγκαταστάσεων της μεθόδου συνδέεται συνήθως με το βασικό τοπικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος. Η εισερχόμενη τάση του ηλεκτρικού ρεύματος από το βασικό δίκτυο θα πρέπει να είναι σε ένα επίπεδο διανομής (από 10 kV έως 40 kV) ή στο επίπεδο μετάδοσης (60 kV και άνω). Το κόστος του ηλεκτρισμού εξαρτάται από δύο παράγοντες, την ενέργεια και την ζήτηση. Η ενέργεια μετριέται σε kWh. Το κόστος για την ενέργεια μετριέται τυπικά σε cents ανά kWh. Επομένως, όσο περισσότερο καταναλώνει κάποιος επί ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, τόσο περισσότερο θα πληρώσει. Στα περισσότερα λιμάνια οι πελάτες που συνδέονται με το βασικό δίκτυο στο επίπεδο μετάδοσης της τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος, κοστολογούνται χαμηλότερα.

Η σύνδεση του μετασχηματιστή με το τοπικό δίκτυο παρέχει έναν βαθμό απομόνωσης από τον κύριο διανομέα του τερματικού σταθμού.

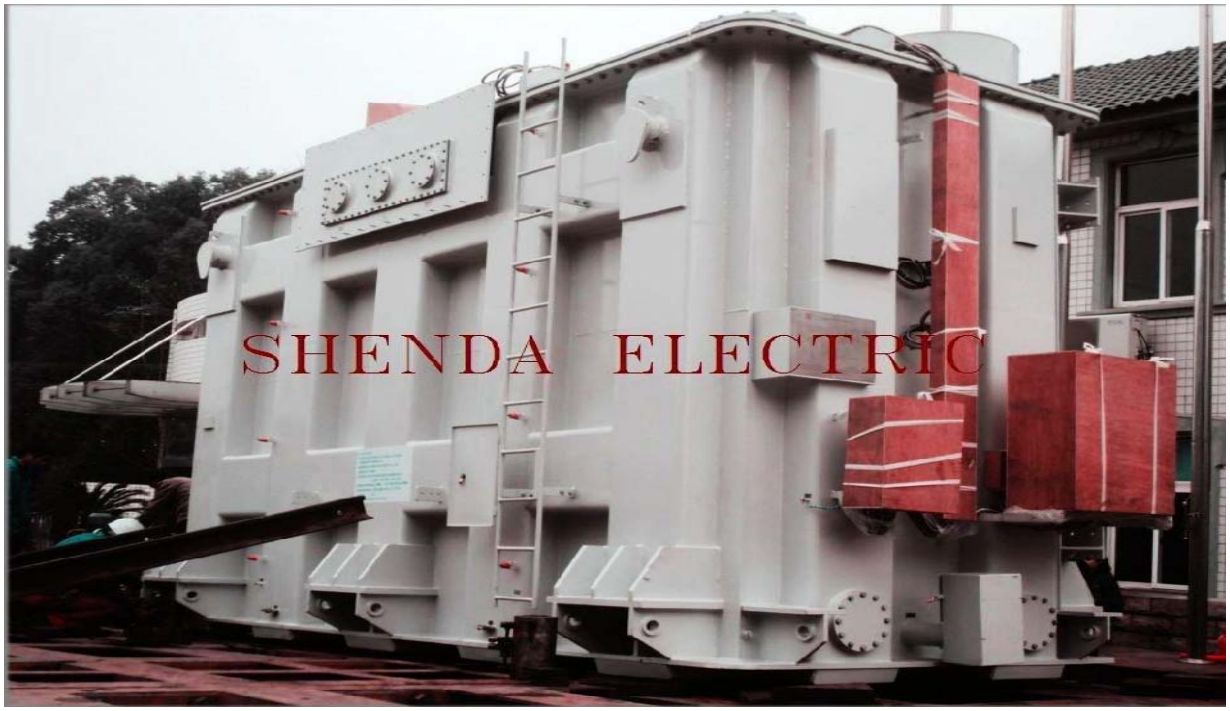
3.4 Ανάλυση εξοπλισμού της μεθόδου

3.4.1 Μετασχηματιστής

Ο μετασχηματιστής είναι μία συσκευή που χρησιμοποιείται για την ανύψωση ή την υποβίβαση της τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Στην ουσία, η αυθεντική τάση μπαίνει σε ένα σύστημα δίδυμων πηνίων με σκοπό να μειωθεί ή να αυξηθεί το ηλεκτρομαγνητικό του πεδίο[1]. Στην περίπτωσή μας ο μετασχηματιστής μετατρέπει την υψηλή τάση σε μέτρια τάση έτσι ώστε η ενέργεια να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών των πλοίων. Ο όγκος εγκατάστασης ενός είδους μετασχηματιστών μερικές φορές μπορεί να φτάνει και τις διαστάσεις ενός container. Έτσι θα πρέπει να έχουν υπολογιστεί οι τρέχουσες αλλά και οι μελλοντικές απαιτήσεις των πλοίων. Στα κιβωτιοφόρα, τα ειδικά εμπορευματοκιβώτια ψυγεία (reefers) καλύπτουν μια σημαντική μερίδα του φορτίου. Λόγω της σημερινής κατάστασης στον τομέα των μεταφορών τα νέα πλοία τείνουν προς την κατεύθυνση της μεγαλύτερης χωρητικότητας σε reefer.

Αναλύοντας μια κατηγορία πλοίων όπως είναι τα κιβωτιοφόρα, θα διαπιστώσουμε ότι τυπικά λειτουργούν με ένα σύστημα διανομής τάσης από 440 V ή 6.6 kV. Αυτό απαιτεί έναν μετασχηματιστή που θα κατεβάσει την τάση. Η επιθυμητή τάση θα είναι της τάξεως των 6.6 kV, για να μειώσει το μέγεθος και την ποσότητα των χάλκινων καλωδίων που θα πρέπει να

εγκατασταθούν. Τα τελευταία πλοία χωρητικότητας 14,000 TEU, που χτίζει η Maersk, έχουν 1,300 βύσματα για reefer και τα 10,150 TEU πλοία έχουν 900 βύσματα. Με μια προσέγγιση, μέσο φορτίο 5 kW για κάθε βύσμα, σε μια πλήρη κατειλημμένη περιοχή από 900 reefer βύσματα, μπορεί εύκολα να χρειαστεί 4.5 MW [22].



Εικόνα 30: Μετασχηματιστής 230KV 156000 kVA ONAF

3.4.2 Switchgear στον Μετασχηματιστή για προστασία του εξερχόμενου καλωδίου

Σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, το Switchgear είναι ο συνδυασμός των ασφαλειών ή διακοπτών ενός κυκλώματος όπου χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο, την προστασία και την απομόνωση των ηλεκτρικών συσκευών. Στα τέλη του 19ου αιώνα το σύστημα αναπτύχθηκε και για υψηλής τάσης δίκτυα για τη λειτουργία κινητήρων και άλλων ηλεκτρικών συσκευών [1]. Η τεχνολογία έχει βελτιωθεί με την πάροδο του χρόνου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τάσεις έως και 1.100 kV. Χρησιμοποιείται τόσο ως μηχανισμός απενεργοποίησης, όσο και για τον καθαρισμό βλαβών. Αυτός ο εξοπλισμός είναι σημαντικός γιατί είναι απευθείας συνδεδεμένος με την αξιοπιστία της παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας. Τυπικά το switchgear βρίσκεται σε κάθε μια από τις 2 πλευρές (υψηλής και χαμηλής τάσης) των μεγάλων μετασχηματιστών.

Όπως συμπεραίνουμε και από τα παραπάνω, ένα τέτοιο σύστημα είναι απαραίτητο ανάμεσα στην έξοδο του μετασχηματιστή και τα καλώδια που πάνε στο μπροστινό μέρος της αποβάθρας. Τέλος προστατευτική μετεγκατάσταση απαιτείται για την προστασία του μετασχηματιστή και των καλωδίων τροφοδοσίας.



Εικόνα 31: Switchgear

3.4.3 Καλώδια και Αγωγοί

Το καλώδιο είναι μία κατασκευή που σκοπό έχει την μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος ή μηχανικών δυνάμεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δύο ή και περισσότερα σύρματα, συνήθως πλεγμένα το ένα γύρω από το άλλο. Όλα τα είδη ηλεκτρικών καλωδίων αποτελούνται από έναν χαμηλής αντίστασης ηλεκτρικό αγωγό (conductor), που μεταφέρει το ρεύμα, και την μόνωση (insulation) του, η οποία εμποδίζει την άμεση επαφή του με γειτονικά αντικείμενα και τον προστατεύει από επικίνδυνη γειτνίαση του με αυτά [1]. Η ανάγκη παροχής επαρκούς ηλεκτρικής μόνωσης, η οποία θα επιτρέψει την μεταφορά θερμότητας μέσω αγωγής και την διάχυση αυτής, θέτει τεχνολογικές προκλήσεις στον τομέα των υψηλών τάσεων. Χάρη στην εξωτερική μόνωση το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να μεταφερθεί μέσα από αυτό με ασφάλεια. Τα

καλώδια, για να διατηρηθούν σε λειτουργικό μέγεθος, είναι τυπικά σχεδιασμένα να παρέχουν 4 MVA ενέργειας.



Εικόνα 32: Καλώδια

Έτσι, δύο καλώδια μπορούν να παρέχουν 8 MVA [20]. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή των αγωγών είναι: ο χαλκός (Cu) και το αλουμίνιο (Al). Ο χαλκός είναι τουλάχιστον κατά 50 % ακριβότερος από το αλουμίνιο και έτσι θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η επιλογή του Al θα οδηγούσε σε μια μείωση του κόστους [1].



Εικόνα 33: Σύνδεση καλωδίων

Το μέγεθος των αγωγών είναι σχεδιασμένο και αυτό ανάλογα με τις απαιτήσεις. Συχνά ένας αγωγός χρησιμοποιείται για κάθε καλώδιο ενέργειας με ένα ξεχωριστό αγωγό για επικοινωνία και έλεγχο.

3.4.4 Εγκατάσταση υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας



Εικόνα 34: Εγκατάσταση υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας

Οι εγκαταστάσεις αυτές (receptacle pits) βρίσκονται στην άκρη κάθε λιμανιού και είναι διασυνδεδεμένες με τα κοντινά switchgears. Αφού τοποθετηθούν κατάλληλα τα καλώδια σε αυτές τις εγκαταστάσεις, αφαιρούνται κάποια κλειδιά. Τα κλειδιά αυτά χρησιμοποιούνται σε κατάλληλες κλειδαριές πάνω στο switchgear για το διαδοχικό έλεγχο του εξοπλισμού και των μηχανημάτων καθώς και την διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας.

Για παράδειγμα, ένα κλειδί χρησιμοποιείται για την απομόνωση μιας πηγής ισχύος (ή διακόπτη κυκλώματος βαλβίδα τροφοδοσίας), αυτό το κλειδί απελευθερώνεται και μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να αποκτηθεί πρόσβαση του προσωπικού στις περιοχές υψηλού κινδύνου ή στον εξοπλισμό. Το κλειδί στη συνέχεια θα παραμείνει παγιδευμένο. Ένα κλειδί τύπου Kirk ή κλειδί ασφαλείας μπορεί να απελευθερωθεί από το κλείδωμα πρόσβασης, όταν θα σταματήσει η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ στην συνέχεια μπορεί να αφαιρεθεί από τις εγκαταστάσεις και να επιστρέψει στην αρχική του θέση. Όλη η διαδικασία που ακολουθείται έχει σκοπό την αυξημένη ασφάλεια του εργατικού δυναμικού.

Η διαδικασία συνδέσεώς τους είναι γενικά η ακόλουθη [20]:

Όταν το βύσμα από το πλοίο εισέλθει στην εγκατάσταση, τότε το κλειδί μπορεί να αφαιρεθεί. Αυτό κλειδώνει το βύσμα στην υποδοχή αποτρέποντάς το από το να κινηθεί. Το ίδιο

συμβαίνει και με τα υπόλοιπα βύσματα.

Τα κλειδιά μεταφέρονται τότε στο πλησιέστερο switchgear που είναι συνήθως συνεχώς τροφοδοτούμενο από το switchgear του μετασχηματιστή. Όλα τα κλειδιά μπαίνουν στην κλειδαρότρυπα στον διακόπτη και περιστρέφονται. Τότε ο διακόπτης μπορεί να κλείσει. Κλείνοντας ο διακόπτης κρατά τα κλειδιά εγκλωβισμένα.



Εικόνα 35: Υποδοχή εγκατάσταση καλωδίων τροφοδοσίας

Η ηλεκτρική ενέργεια στο πλοίο συγχρονίζεται τότε με την ενέργεια αυτήν στην ξηρά. Όταν επιτευχθεί αυτός ο συγχρονισμός, ο διακόπτης στο πλοίο κλείνει και αρχίζει να λαμβάνει ενέργεια. Οι κινητήρες μπορούν να απενεργοποιηθούν πλέον οποιαδήποτε στιγμή.

Σύγχρονοι λιμένες έχουν τοποθετήσει εγκαταστάσεις υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας κάθε 65 μέτρα, για να παράσχουν ευελιξία μη γνωρίζοντας πού ακριβώς κατά μήκος της αποβάθρας θα δέσει το πλοίο, αλλά και πού είναι τοποθετημένα τα καλώδια του κάθε πλοίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα 5 με 6 εγκαταστάσεις σε κάθε αποβάθρα [27].

3.4.5 Τρόποι Σύνδεσης καλωδίων με τα πλοία.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι σύνδεσης των καλωδίων με τα πλοία, καθώς εξαρτάται κυρίως από το λιμάνι και την εφαρμογή που έχει αναπτύξει. Οι σημαντικότεροι τρόποι σύνδεσης είναι οι εξής:

1. Ο πρώτος τρόπος και αυτός που χρησιμοποιούν περισσότερο τα λιμάνια είναι με την χρήση γερανού. Σε αυτήν την περίπτωση ο γερανός βρίσκεται στην άκρη του λιμανιού.

Τα καλώδια τα οποία έρχονται από την εγκατάσταση υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας μεταφέρονται μέσω του γερανού στο πλοίο έτσι ώστε μετά να τοποθετηθούν.



Εικόνα 36: Γερανός μεταφοράς καλωδίων

2. Η ανύψωση των καλωδίων τροφοδοσίας μέσω τρεχούμενου γερανοφόρου οχήματος είναι ο δεύτερος τρόπος, ο οποίος είναι ιδιαίτερος, ενώ δεν εφαρμόζεται σε πολλά λιμάνια. Σε αυτή την περίπτωση το όχημα καταφθάνει 30 λεπτά πριν τον ελλιμενισμό του πλοίου και συνδέεται μέσω καλωδίων με την εγκατάσταση υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας. Στη συνέχεια, αφού αγκυροβολήσει το πλοίο, μέσω του συστήματος ανύψωσης μεταφέρει τα καλώδια.



Εικόνα 37: Τρεχούμενο γερανοφόρου οχήματος

3. Οι διοικήσεις των λιμανιών πλέον προσπαθούν να μην έχουν εγκατάσταση καλωδίων στο χώρο του λιμένα. Έτσι, ο νέος τρόπος που αναπτύσσεται είναι η μεταφορά των καλωδίων πάνω στο πλοίο. Με αυτόν τον τρόπο σαφώς και αποφεύγονται οι παραπάνω εγκαταστάσεις στο λιμάνι, ωστόσο είναι πιο εύκολος και πιο γρήγορος. Σε αυτήν την περίπτωση το καρούλι του καλωδίου βρίσκεται πάνω στο καράβι και όταν αυτό αγκυροβολήσει στο λιμάνι, ξετυλίγουν το καλώδιο από το καρούλι και το συνδέουν στις εγκαταστάσεις υποδοχής.



Εικόνα 38: Μεταφορά καλωδίων στο λιμάνι

3.4.6 Εξοπλισμός στα πλοία

Μετά από την ανάλυση των λιμανιών που έγινε παραπάνω, σε αυτό το υποκεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τον εξοπλισμό, τον μετασχηματισμό και τέλος τον συγχρονισμό της ενέργειας στο πλοίο.

Ο εξοπλισμός των πλοίων είναι ανάλογος με αυτών των λιμανιών, δηλαδή υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες ο μετασχηματιστής και το σύστημα καλωδίων μπορεί να βρίσκεται είτε στο πλοίο είτε στην στεριά. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα σε πολλά λιμάνια, κατά την εκτέλεση της μεθόδου του, γίνεται χρήση ενός συστήματος φορτηγίδας (μπάριζα) όπου περιέχει τον μετασχηματιστή και το σύστημα καλωδίων. Ωστόσο, είναι ευρέως αποδεκτό πλέον ότι ο

παραπάνω εξοπλισμός θα πρέπει να βρίσκεται στα πλοία έτσι ώστε να λυθούν λειτουργικά θέματα όπως ο τρόπος μεταφοράς και σύνδεσης των καλωδίων με τα πλοία.

Το σύστημα διανομής είναι ένα από τα σημαντικότερα μέρη της μεθόδου και από τα πιο πολύπλοκα. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα τα περισσότερα πλοία διαθέτουν συστήματα διανομής 440 V ενώ τα σύγχρονα μεγάλα ποντοπόρα πλοία φέρουν ως τάση διανομής τα 6.6 kV. Ουσιαστικά όλα τα πλοία θα πρέπει να λειτουργούν με κάποια από τις δύο τάσεις σε συχνότητα 50 ή 60 Hz, αναλόγως τη χώρα που ελλιμενίζουν.



Εικόνα 39: Εγκαταστάσεις τεχνολογίας ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά στο λιμάνι του Long Beach

Παρατηρήθηκαν πολλά προβλήματα με την διανομή τάσεως της τάξης των 440 V, ακόμα και πτώση τάσης και αυτό γιατί η διανομή αυτή δεν είναι ιδανική για την παροχή ενέργειας από την ξηρά. Για τη μείωση προβλημάτων, η παροχή στην αποβάθρα θα πρέπει να έχει υψηλότερη τάση, όπως 6.6 kV, και έναν μετασχηματιστή που να την κατεβάζει, τοποθετημένο στην άκρη της αποβάθρας ή στο πλοίο με σκοπό να παρέχει τα απαιτούμενα 440 V.

Τέλος, όσον αφορά τον συγχρονισμό της ενέργειας στο πλοίο για να γίνει η μετάβαση από την ηλεκτροδότηση του πλοίου από τους κινητήρες, στην ηλεκτροδότηση από την ξηρά, χρησιμοποιείται μια από τις ακόλουθες δύο μεθόδους. Η εσωτερική ηλεκτροδότηση του πλοίου μπορεί να απενεργοποιηθεί και να γίνει η σύνδεση με την ηλεκτροδότηση από την ξηρά ή το

πλοίο μπορεί να παραμείνει ενεργοποιημένο και συγχρονισμένο με την ενέργεια από την στεριά για μια ασφαλέστερη μεταφορά ενέργειας χωρίς αυξομειώσεις. Στα κρουαζιερόπλοια η αναγκαία ασφαλέστερη παροχή είναι κρίσιμη λόγω των επιπτώσεων στα συστήματα του πλοίου σε περίπτωση απώλειας ενέργειας. Είναι λιγότερο κρίσιμη όμως στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, όπου σημαντική μερίδα του φορτίου αποτελούν τα reefers τα οποία μπορούν αντέξουν μια σύντομη διακοπή της ηλεκτροδότησης. Ωστόσο, οι διακοπές στην παροχή είναι επιβλαβείς στην αξιοπιστία του εξοπλισμού. Συνεπώς, ακόμα και τα κιβωτιοφόρα πλοία κινούνται προς την κατεύθυνση της ενσωμάτωσης εξοπλισμού για το συγχρονισμό τους με την ξηρά [20].

3.5 Σημαντικότερες Εταιρίες

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι κύριοι προμηθευτές συστημάτων ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά [17].

- **ABB**
  Η ABB είναι ένας από τους σημαντικότερους προμηθευτές για τα πλοία και τα λιμάνια σε όλο τον κόσμο. Επίσης, η εταιρία αυτή αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους προμηθευτές στον κόσμο για γενικούς πίνακες σε σκάφη. Όταν το λιμάνι του Γκέτεμποργκ ήθελε να κατασκευάσει την πρώτη γραμμή υψηλή τάσης αποκλειστικά για Ro / Ro πλοία, τότε η εταιρία ABB πρότεινε να αναλάβει αυτή την εγκατάσταση και το σχεδιασμό της υψηλής τάσης από την πλευρά της ακτής. Η ABB ανέλαβε να εγκαταστήσει τη διαχείριση της ενέργειας και το σύστημα παρακολούθησης επί των σκαφών της εταιρείας Princess Cruise Lines.
- **Sam Electronics**
  Η Sam Electronics αποτελεί μια ταχεία αναπτυσσόμενη εταιρία καθώς από το 2003 έχει παραδώσει είκοσι έργα τόσο σε πλοία όσο και από πλευράς εξοπλισμού στα λιμάνια. Επίσης, η Sam Electronics υπέγραψε συμβόλαιο με το λιμάνι του Λος Άντζελες, για να προμηθεύσει τον απαραίτητο εξοπλισμό για το πρώτο τερματικό σταθμό του Λος Άντζελες. Η εταιρία αυτή διακρίνεται στο χώρο της αγοράς, καθώς έχει αναπτύξει τεχνολογίες τόσο για δίκτυα χαμηλής τάσης όσο και για υψηλής τάσης.
- **Cavotec**
  Η εταιρία Cavotec έχει 18 χρόνια εμπειρίας στα συστήματα ηλεκτροδότησης των πλοίων διαμέσου του πλοίου από την ξηρά. Έχει αναπτύξει καινούργια συστήματα κυρίως στον τρόπο σύνδεσης των πλοίων με τα λιμάνια. Η Cavotec έχει εξοπλίσει ήδη 14 σκάφη ενώ στον ίδιο αριθμό κυμαίνονται και οι εγκαταστάσεις εξοπλισμού σε λιμάνια.

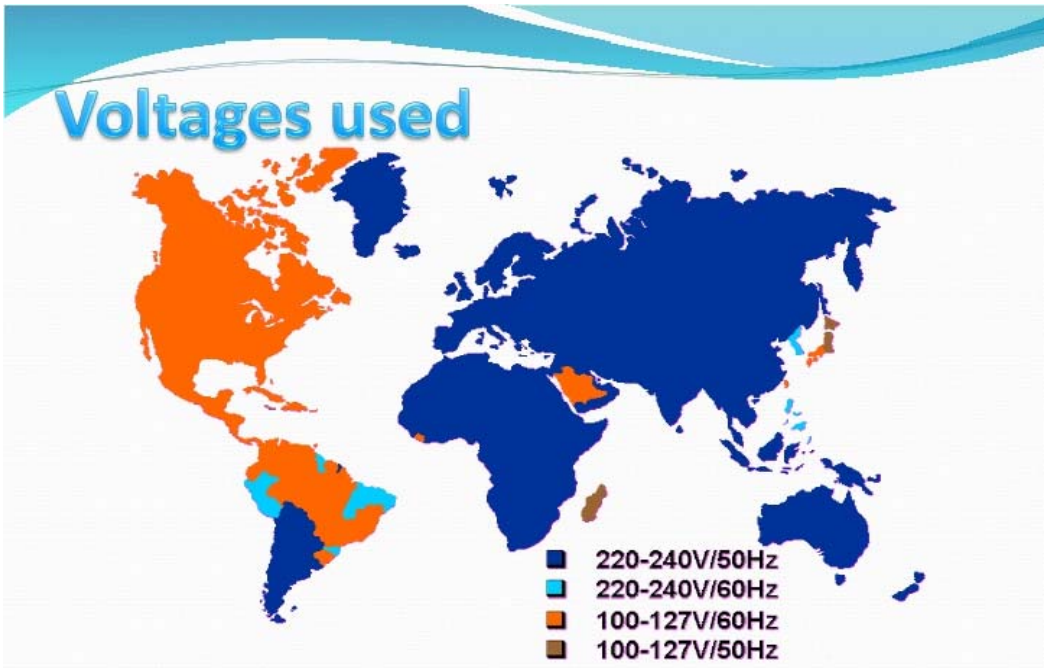
3.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου

Τα οφέλη από την εφαρμογή της μεθόδου σε σύγχρονα λιμάνια υπερτερούν σε σχέση με τα προβλήματα ή το κόστος εγκατάστασης της μεθόδου. Από πολλές απόψεις, τα πλεονεκτήματα της μείωσης των εκπομπών αερίων τροφοδοτώντας το πλοίο με ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά είναι προφανείς. Περιβαλλοντικές μελέτες παρουσιάζουν το δυναμικό μείωσης των εκπομπών από την εφαρμογή ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά σε μια ποικιλία τύπων πλοίων και λιμανιών. Παράλληλα η βελτίωση των συνθηκών εργασίας στο λιμάνι έχει βοηθήσει την αποτελεσματικότητα του προσωπικού και τη μείωση στις δαπάνες για την υγεία. Για τους φορείς εκμετάλλευσης λιμένων από την άλλη πλευρά, η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε ελλιμενισμένα πλοία έχει δημιουργήσει πρόσθετα έσοδα, ενώ συμβάλλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της μεθόδου σε ελλιμενισμένα πλοία είναι ελκυστικά και σημαντικά ενώ αντισταθμίζουν τις δυσκολίες, των τεχνικών ή οικονομικών προβλημάτων. Πρώτα απ' όλα το κόστος της υποδομής, συμπεριλαμβανομένων των καλωδίων, των συστημάτων χειρισμού, των switchgears, και των μετασχηματιστών είναι ιδιαίτερα υψηλό . Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να διεξάγεται μια διεξοδική οικονομική μελέτη έτσι ώστε να διευκρινιστεί αν μια δαπανηρή επένδυση θα είναι κερδοφόρα. Ωστόσο, το μειονέκτημα της μεθόδου δεν είναι το οικονομικό. Η έλλειψη έως και σήμερα μια τυποποιημένης μεθόδου, ευρέως αποδεκτής, έχει δημιουργήσει πολλά προβλήματα στην διασύνδεση των πλοίων με την ξηρά. Η τάση, η συχνότητα του ρεύματος και τέλος οι εγκαταστάσεις κάθε λιμανιού είναι διαφορετικές σε κάθε χώρα με αποτέλεσμα την μη τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας όλων των τύπων πλοίων. Παρακάτω θα γίνει μια ανάλυση των προβλημάτων που δημιουργεί η τάση, η συχνότητα καθώς και οι εγκαταστάσεις των λιμανιών.

- Το πρώτο εμπόδιο είναι η τάση. Κάθε χώρα έχει διαφορετική ονομαστική τάση λειτουργίας η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται για την διασύνδεση πλοίου – λιμανιού. Έτσι η τάση που χρησιμοποιείται για την μεταφορά της ενέργειας δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα πλοία. Γενικά η πρωτοβάθμια τάση διανομής παίρνει τιμές 11000 V , 6600 V , 660 V και 400 V ενώ η τάση που εφαρμόζουν τα πλοία διαμορφώνεται από 110 – 220 V.

  Παρακάτω παρουσιάζεται ο παγκόσμιος χάρτης για το πώς διαμορφώνεται η τάση και η συχνότητα χρήσης.
- Το δεύτερο σημαντικό εμπόδιο είναι η χρήση διαφορετικών συχνοτήτων (όπως 60 Hz αντί των 50 Hz με το κόστος μετατροπής στην περίπτωση αυτή να είναι της τάξης 300.000 – 500.000 ευρώ) [20].



Εικόνα 40: Χάρτης που παρουσιάζει την χρησιμοποιούμενη τάση και συχνότητα ανά τον κόσμο [21]

- Τέλος, εμπόδιο αποτελεί το μέγεθος των ενεργειακών απαιτήσεων από κάθε είδος πλοίων και κυρίως μεγάλων ποντοπόρων πλοίων και κρουαζιερόπλοιων στα οποία οι ενεργειακές απαιτήσεις φτάνουν να είναι της τάξεως 10 MW. Στην περίπτωση όπου έχουμε έναν μεγάλο αριθμό ελλιμενισμένων πλοίων τα οποία επιλέγουν την τροφοδότηση μέσω της ξηράς τότε είναι προφανές ότι δεν θα μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες και οι απαιτήσεις όλων των πλοίων. Έτσι υπάρχουν περιπτώσεις, κυρίως σε μεγάλα λιμάνια, η ριζική αναδιάρθρωση του τοπικού δικτύου ακόμα και η κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά σε Ευρωπαϊκά και Αμερικανικά λιμάνια, τα οποία χρησιμοποιούν ήδη τη μέθοδο.

Εφαρμογή της μεθόδου σε σύγχρονα λιμάνια.



Εικόνα 41: Πλοίο κατά την διάρκεια ηλεκτρικής τροφοδότησης από την ξηρά

4.1 Γενικά

Λόγω της αυξανόμενης περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και της ανησυχίας για το μέλλον των τιμών του πετρελαίου και των άλλων ορυκτών καυσίμων , η ναυτιλία άρχισε τα τελευταία χρόνια να επενδύει στην πράσινη ενέργεια. Έτσι έχει ξεκινήσει να «πρασινίζει» τα πλοία και τα λιμάνια. Ωστόσο, στα παλαιά τύπου πλοία είναι δύσκολη η επεξεργασία των μηχανών έτσι ώστε να είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον με αποτέλεσμα να υπάρχει δυσκολία στην αναβάθμιση τους σε «πράσινα» πλοία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη πράσινη ανάπτυξη στα λιμάνια. Μια ταχεία αναπτυσσόμενη μέθοδος είναι η ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά. Η μέθοδος αυτή γίνεται όλο και περισσότερο γνωστή και έχει τραβήξει την προσοχή των μέσων ενημέρωσης, των ναυτιλιακών εταιριών και των λιμανιών. Μέχρι σήμερα μόνο μερικά λιμάνια της Βαλτικής Θάλασσας την έχουν εφαρμόσει και δραστηριοποιούνται στη χρήση της, αλλά ενδιαφέρον παρουσιάζει η ραγδαία εξάπλωσή της σε μικρό χρονικό διάστημα. Σε αυτή την ενότητα θα ασχοληθούμε με τη μέθοδο ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων, η οποία εφαρμόζεται σε σύγχρονα λιμάνια. Οι προκλήσεις για την εφαρμογή της μεθόδου είναι μερικές φορές τεράστιες, γιατί αναπτύσσεται τώρα και υπάρχουν αρκετές δυσκολίες λόγω των πολλών τύπων καραβιών που υπάρχουν

παγκοσμίως. Παρά τις τεχνικές προκλήσεις που η διεθνής ναυτιλιακή κοινότητα προσπαθεί να ξεπεράσει, ο στόχος είναι η πλήρης εφαρμογή της μεθόδου σε όλα τα πλοία και σε όλα τα σύγχρονα λιμάνια. Προς αυτή την κατεύθυνση βρίσκεται ήδη ένας σημαντικός αριθμός λιμανιών, τα οποία ανοίγουν το δρόμο για το «πρασίνισμα» και άλλων λιμανιών.

4.2 Κατάλογος λιμανιών

Παρακάτω θα παρουσιαστεί ένας περιορισμένος αριθμός λιμένων όπου έχει εφαρμοστεί η μέθοδος. Ο κατάλογος των λιμένων που θα παρουσιαστεί και έπειτα θα αναλυθεί δεν είναι πλήρης. Λόγω της ταχείας επέκτασης της μεθόδου, ο αριθμός των λιμένων αυξάνεται συνεχώς .

Λιμάνια	Χώρα	Υψηλή Τάση	Χαμηλή Τάση	Συχνότητα
Antwerp	Βέλγιο	6.6 kV		50 Hz/60 Hz
Gothenburg	Σουηδία	6.6 kV/10 kV	400 V	50 Hz
Helsingborg	Σουηδία		400 V/440 V	50 Hz
Stockholm	Σουηδία		400 V/690 V	50 HzV
Piteå	Σουηδία	6 kV		50 Hz
Kemi	Φιλανδία	6.6 kV		50 Hz
Oulu	Φιλανδία	6.6 kV		50 Hz
Kotka	Φιλανδία	6.6 kV		50 Hz
Lübeck	Γερμανία	6.6 kV		50 Hz
Zeebrugge	Βέλγιο	6.6kV		50 Hz
Los Angeles	Αμερική	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Long Beach	Αμερική	6.6 kV	480 V	60 Hz
San Francisco	Αμερική	6.6 kV/11 kV		60 Hz
San Diego	Αμερική	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Seatlle	Αμερική	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Juneau	Αμερική	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Pittsburg	Αμερική		440 V	60 Hz
Vancouver	Καναδάς			
Oslo	Νορβηγία	6.6kv		50Hz
Rotterdam	Ολανδία	6.6kv		50Hz

Εικονα 42: Πίνακας λιμανιών με την χρήση μεθόδου [17]

Όπως βλέπουμε υπάρχει ανάπτυξη της μεθόδου τόσο στη Βόρεια Αμερική όσο και στην Ευρώπη. Ωστόσο ο ακόλουθος πίνακας μας δείχνει την έλλειψη των σχετικών προτύπων και των διαφορών στις ηλεκτρικές διατάξεις των δικτύων που έχουν οδηγήσει σε διαφορές πτυχές.

4.3 Ευρωπαϊκά λιμάνια



Εικόνα 43: Antwerp (Αμβέρσας)

Λιμάνι Antwerp (Αμβέρσας)

Το λιμάνι της Αμβέρσας στο Βέλγιο είναι ένα λιμάνι, στην καρδιά της Ευρώπης, προσβάσιμο σε διαφορετικά τύπου πλοία. Το λιμάνι της είναι το τρίτο μεγαλύτερο στην Ευρώπη μετά το Αμβούργο και το Ρότερνταμ. Η τοποθεσία της ενδοχώρας δείχνει ότι το λιμάνι της Αμβέρσας βρίσκεται στην πιο κεντρική θέση την Ευρώπης από την πλειοψηφία των άλλων λιμανιών της Βόρειας και Κεντρικής Ευρώπης. Οι αποβάθρες της Αμβέρσας συνδέονται με την ενδοχώρα με σιδηροδρομικό, πλωτό και οδικό δίκτυο μεταφορών. Ως αποτέλεσμα αυτών, το λιμάνι της Αμβέρσας, έχει καταστεί μία από τις μεγαλύτερες δυνάμεις στη θάλασσα της Ευρώπης. Επειδή το λιμάνι αυτό είναι από τα μεγαλύτερα και παρουσιάζει μεγάλη κίνηση πλοίων, οι ρύποι του λιμανιού ήταν πολύ υψηλοί . Έτσι, οι λιμενικές αρχές σε συνεργασία με την κυβέρνηση αποφάσισαν την πράσινη ανάπτυξη του λιμανιού. Οι λιμενικές αρχές έδειξαν και

δείχνουν ακόμα, μεγάλη σημασία στην μέθοδο ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά, η οποία χρησιμοποιείται στο λιμάνι , δεδομένου ότι αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από τα πλοία στα λιμάνια. Το συνολικό κόστος επένδυσης και τα ποσά που χρησιμοποιήθηκαν για απαραίτητες εγκαταστάσεις ανέρχονται σε 1.117.829 ευρώ, με το ΙΜΤ να λαμβάνει χρηματοδοτική στήριξη από το Λιμεναρχείο και τη Φλαμανδική Κοινότητα [22].

Το σύστημα της τροφοδότησης του λιμανιού είναι ιδιαίτερο και μοναδικό, γιατί μπορεί να υπάρχει εναλλαγή μεταξύ 50 και 60 Hz, σε αντίθεση με τα συστήματα τροφοδότησης άλλων λιμανιών. Το σύστημα παρέχει τις υπηρεσίες του σε πλοία με 6.6 kV είτε 50 Hz είτε με 60 Hz μέσω ενός μόνο καλωδίου. Στην εγκατάσταση της ξηράς η τάση του δικτύου μειώνεται πριν από τη μετατροπή συχνότητας, και στη συνέχεια αυξάνεται και πάλι. Στο σκάφος η τάση μετατρέπεται και πάλι έτσι ώστε να ταιριάζει με την τάση των εποχούμενων συστημάτων. Το σύστημα καλωδίων έχει τοποθετηθεί σε υπόγεια αποβάθρα. Τα πλοία που το επισκέπτονται είναι εφοδιασμένα με σύστημα περιέλιξης καλωδίων, εξαλείφοντας την ανάγκη για έναν γερανό. Το ενιαίο καλώδιο κατέρχεται επί της αποβάθρας. Αφού το καλώδιο είναι συνδεδεμένο με το πλοίο, ο συγχρονισμός δύναμης μπορεί να λάβει χώρα [**23].**

Λιμάνι Gothenburg (Γκέτεμποργκ)



Εικόνα 44: Λιμάνι Gothenburg (Γκέτεμποργκ)

Το λιμάνι του Γκέτεμποργκ είναι το μεγαλύτερο λιμάνι στην περιοχή της Σκανδιναβίας. Η γεωγραφική θέση του και τα καθημερινά δρομολόγια από όλο τον κόσμο το κατατάσσει πρώτο σε όλη την Σκανδιναβία. Το λιμάνι του Γκέτεμποργκ έχει ένα ευρύ φάσμα δρομολογίων

εντός και εκτός Ευρώπης και είναι το μόνο λιμάνι στη Σουηδία με την ικανότητα να λαμβάνει τα μεγαλύτερα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με απευθείας συνδέσεις από όλα τα μέρη του κόσμου. Τα πλοία είναι σε θέση να δέχονται ρεύμα υψηλής και χαμηλής τάσης με αποτέλεσμα την πλήρη διακοπή των μηχανών τους. Σήμερα, τα έργα ενέργειας στην ξηρά έχουν αναπτυχθεί στο όριο όπου ένα στα τρία σκάφη, τα οποία βρίσκονται στο λιμάνι του Γκέτεμπεργκ, μπορεί να στηρίζονται εντελώς στα συστήματα ηλεκτρικής τροφοδότησης [22]. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κλείσιμο όλων των ρυπογόνων μηχανών και την μείωση των ρύπων του αέρα όπως τα NOx και SO_2.

Το λιμάνι του Γκέτεμπεργκ το 2000 ήταν το πρώτο λιμάνι για την μεταφορά ρεύματος υψηλής τάσης στην ξηρά για φορτηγά πλοία. Ακόμα και πριν από τη δημιουργία αυτής της μεθόδου, το λιμάνι πρόσφερε ήδη από το 1989 (και εξακολουθεί να προσφέρει) χαμηλής τάσης ηλεκτρικό ρεύμα σε τρία επιβατηγά / οχηματαγωγά πλοία. Το σύστημα, το οποίο έχει τοποθετηθεί στο σταθμό, είναι σε θέση να παρέχει 6.6 kV έως και 10 kV στα 50 Hz (1250 kVA) στα πλοία μέσω ενός μετασχηματιστή. Τα πλοία λαμβάνουν το 10 kV, μετατροπής τους σε 400 V, χρησιμοποιώντας επί του σκάφους μετασχηματιστές. Το σύστημα κάνει χρήση ενός ενιαίου καλωδίου υψηλής τάσης, το οποίο βρίσκεται σε ένα καρούλι εγκατεστημένο επί του σκάφους. Τέλος, το λιμάνι έχει εγκαταστήσει δύο ανεμογεννήτριες για περαιτέρω πρασίνισμα της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στα πλοία **[24]**.

Λιμάνι Stockholm (Στοκχόλμης)



Εικόνα 45: Λιμάνι Stockholm (Στοκχόλμης)

Το λιμάνι της Στοκχόλμης αποτελεί ένα σημαντικό μέρος υποδομής για την μεταφορά των αγαθών και των ανθρώπων. Κάθε χρόνο περισσότερα από 11 εκατομμύρια επιβάτες και εννέα εκατομμύρια αγαθών μεταφέρονται στο λιμάνι της Σουηδίας εύκολα και αποτελεσματικά. Το πρώτο δίκτυο ηλεκτροδότησης μέσω της ακτής είχε εγκατασταθεί στο λιμάνι της Στοκχόλμης από το 1985 και είχε ως στόχο την εξυπηρέτηση πλοίων που λειτουργούν στο Aland Island. Το 2006, το Tallink, Viktoria I και το Romantika (επιβατηγά οχηματαγωγά πλοία) άρχισαν την χρήση της μεθόδου χαμηλής τάσης που βρίσκεται στο τερματικό Freeport Terminal στο λιμάνι της Στοκχόλμης. Αυτό το βοηθητικό πρόγραμμα ισχύος μπορεί να προσφέρει 690V σε 50Hz συχνότητα και αποτελείται από 12 καλώδια τα οποία συνδέονται με την άλλη πλευρά του καραβιού [25]. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι ο χρόνος σύνδεσης / αποσύνδεσης των καλωδίων μπορεί να μειωθεί σε 5 λεπτά, κάτι το οποίο διευκολύνει πολύ την σύνδεση της ακτής με το καράβι .

4.4 Αμερικανικά Λιμάνια

Λιμάνι Los Angeles



Εικόνα 46: Λιμάνι Los Angeles

Το Λος Άντζελες έχει δύο λιμάνια με πολύ μεγάλη εμπορευματική και επιβατική κίνηση, το Λιμάνι του Λος Άντζελες στον όρμο Σαν Πέντρο και το γειτονικό Λιμάνι του Λονγκ Μπιτς. Το σύμπλεγμα των δύο λιμανιών έχει τη μεγαλύτερη κίνηση από κάθε άλλο λιμάνι στις Η.Π.Α.

Στο λιμάνι του Λος Άντζελες αρχικά η μέθοδος έχει αναπτυχθεί κυρίως για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η μέθοδος τέθηκε σε λειτουργία 21 Ιουνίου 2004 και έτσι έγινε το πρώτο λιμάνι για τον ανεφοδιασμό εμπορευματοκιβωτίων πλοίων. Το λιμάνι δίνει μια οικονομική ενίσχυση στους ιδιοκτήτες των πλοίων με το ποσό των $800.000 για την εγκατάσταση του εξοπλισμού που απαιτείται για τη λήψη ρεύματος και για τη χρήση του συστήματος. Το ανωτέρω σύστημα αποτελεί μια ελκυστική πρόταση για τους πλοιοκτήτες και έχει οδηγήσει σε ένα σύνολο 52 νέων- (5000 TEU) πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, τα οποία είναι εφοδιασμένα έτσι ώστε να χρησιμοποιούν το ρεύμα κατά την κατάσταση παραμονής στο λιμάνι.

Στο λιμάνι του Λος Άντζελες έχουν αναπτυχθεί δύο διαφορετικά συστήματα. Με το δίκτυο χαμηλής τάσης, που έχει εγκατασταθεί το 2004, οι 34.5 kV από το τοπικό δίκτυο μετατρέπονται σε 6.6 kV στα 60 Hz και τέλος, σε 440 V. Πρέπει να αναφέρουμε ότι αυτό το σύστημα χαμηλής τάσης δεν είναι πλέον σε χρήση. Ένα άλλο τερματικό στο ίδιο λιμάνι παρέχει 6.6 kV στα 60 Hz. Αυτό είναι εφικτό, διότι τα νέα πλοία είναι σε θέση να λάβουν 6.6 kV επί του σκάφους και έχουν το δικό τους καρούλι καλωδίου, εξαλείφοντας την ανάγκη για γερανούς. Στο τερματικό Evergreen ένα άλλο σύστημα έχει υλοποιηθεί, το οποίο επίσης τροφοδοτεί 6.6 kV άμεσα στα πλοία μέσω μιας αποβάθρας [26].

Στις 24 Φεβρουαρίου 2011, το λιμάνι του Λος Άντζελες, ήταν το πρώτο λιμάνι σε όλο τον κόσμο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε τρεις διαφορετικές γραμμές. Το Cruise World είναι επίσης το μοναδικό λιμάνι όπου δύο κρουαζιερόπλοια μπορεί να συνδεθούν ταυτόχρονα. Γενικά τα κρουαζιερόπλοια χρησιμοποιούν είτε 6.6 kV ή 11 kV συστήματα διανομής ηλεκτρικού ρεύματος για να συνδέονται με την πλευρά της ακτής. Επί του παρόντος, η ζήτηση ενέργειας από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Λος Άντζελες είναι μεταξύ 8 έως 13 μεγαβάτ ηλεκτρικής ενέργειας. Το σύστημα του λιμανιού που έχει εγκατασταθεί στο Κέντρο Cruise World είναι ικανό να μεταφέρει έως και 40 μεγαβάτ ηλεκτρικής ενέργειας, με 20 μεγαβάτ της ικανότητας παροχής ισχύος σε καθένα από τα δύο διαφορετικά πλοία [22].

Λιμάνι Long Beach

Το λιμάνι του Long Beach (POLB) κατατάσσεται σήμερα δεύτερο πιο πολυσύχναστο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων στις ΗΠΑ, ενώ απασχολεί άμεσα και έμμεσα 30.000 θέσεις εργασίας στην περιφερειακή ζώνη. Κατά τη χρήση του 2002, 65.5 εκατομμύρια τόνοι φορτίου αξίας πάνω από 100 δισ. δολάρια, κινήθηκαν μέσω του λιμανιού αυτού [27]. Οι λιμενικές αρχές είχαν αναθέσει πολλές μελέτες τα τελευταία χρόνια, προκειμένου να μετρηθούν οι ρύποι και να προτείνουν λύσεις. Ύστερα από έρευνες αναπτύχθηκε η μέθοδος ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά, από τους φορείς εκμετάλλευσης των λιμένων και την

British Petroleum (BP) όπου και τελικά τέθηκε σε λειτουργία το 2008. Σε αυτό το λιμάνι έγινε η πρώτη εφαρμογή σε δεξαμενόπλοιο. Μέχρι στιγμής δύο δεξαμενόπλοια έχουν εξοπλιστεί με τον απαραίτητο εξοπλισμό για την χρησιμοποίηση ρεύματος από την ακτή. Λόγω των θεμάτων ασφάλειας, στα δεξαμενόπλοια ήταν μια πρόκληση. Γενικά τα δεξαμενόπλοια φέρουν πολύ εύφλεκτα φορτία με αποτέλεσμα η τοποθέτηση και η λειτουργία του συστήματος έπρεπε να σχεδιαστεί έτσι ώστε να μην διακυβεύεται η ασφάλεια.



Εικόνα 47: Λιμάνι Long Beach

Οι αυστηροί κανονισμοί που ισχύουν για τα δεξαμενόπλοια, οδήγησαν σε ένα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα δοκιμής σε σύγκριση με άλλες κατηγορίες πλοίων που έχουν συνδεθεί. Για τον σχεδιασμό του συστήματος χρειάστηκε ένας μετασχηματιστής ρεύματος, ο οποίος έχει εγκατασταθεί στον τερματικό σταθμό και χρησιμοποιείται για να μετατρέψει την τοπική τάση δικτύου σε 6.6 kV στα 60 Hz..

4.5 Μελλοντική χρήση της μεθόδου σε άλλα λιμάνια

Η υπάρχουσα περιβαλλοντική κατάσταση απαιτεί την δημιουργία και την εξέλιξη σε ακόμα περισσότερα λιμάνια του κόσμου της μεθόδου. Είναι πολλά τα λιμάνια τα οποία έχουν εκφράσει την ανησυχία τους για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την

ελαχιστοποίηση του κόστους της περιβαλλοντικής υποβάθμισης με την εφαρμογή πράσινων τεχνολογιών. Τα παρακάτω λιμάνια που θα παρουσιάσω εξετάζουν την προοπτική χρήσης της εφαρμογής [22].

Λιμάνια της Αμερική	Λιμάνι της Ευρώπης	Λιμάνια της Ασίας
Λιμάνι της Νέας Υόρκης	Λιμάνι του Ρότερνταμ	Λιμάνι του Τόκιο
Λιμάνι της Τακόμα	Λιμάνι Μπέργκεν	Λιμάνι της Γιοκοχάμα
Λιμάνι του Βανκούβερ	Λιμάνι του Όσλο	Λιμάνι της Οσάκα
Λιμάνι του Σαν Ντιέγκο	Λιμάνι του Ελσίνκι	Λιμάνι της Σαγκάης
Λιμάνι του Χιούστον	Λιμάνι του Ταλίν	
Λιμάνι του Σαν Φρανσίσκο	Λιμάνι της Ρώμης	
Λιμάνι του Ρίτσμοντ		
Λιμάνι του Σηάτλ		

Εικόνα 48: Πίνακας λιμανιών με σκοπό την μελλοντική χρήση της μεθόδου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Στο πέμπτο κεφάλαιο μελετάται το μοντέλο υπολογισμού OPS ενώ ταυτόχρονα γίνεται ειδική μελέτη σε τρία διαφορετικού τύπου πλοία.

Μέθοδος υπολογισμού εκπομπών αερίων

5.1 Γενικά

Η αύξηση της κυκλοφορίας αγαθών κατά την τελευταία δεκαετία έχει οδηγήσει σε αύξηση των εκπομπών αερίων από το λιμάνι, οι οποίες συνδέονται με θαλάσσιες δραστηριότητες. Οι πιθανές επιπτώσεις των κινδύνων για την υγεία, οι οποίες συνδέονται με τον τομέα της κυκλοφορίας των εμπορευμάτων, έχουν επεκταθεί πλήρως κατά μήκος του δικτύου μεταξύ του παραγωγού και του καταναλωτή . Υπάρχει «πρόκληση για δράση» μεταξύ λιμένων σε όλο τον κόσμο για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που σχετίζονται με την ποιότητα του αέρα . Τα τελευταία χρόνια , στο πλαίσιο του Διεθνούς Συνδέσμου Λιμένων, τα λιμάνια έχουν σημαντικές συζητήσεις, οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί μεταξύ των διεθνών λιμένων και των βιομηχανιών, για το πώς θα αντιμετωπίσουν αυτά τα ζητήματα τόσο για τα τοπικά όσο και για τα διεθνή μέτωπα . Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την έγκριση του ψηφίσματος σχετικά με το “Clean Air Programm From Ports” στο 25ο Συνέδριο Port World στο Χιούστον του Τέξας στις 4 Μαΐου 2007 [22]

Ο σκοπός αυτού του προγράμματος είναι να παρουσιαστεί ένας εύκολος τρόπος για την απόκτηση μιας γενικευμένης άποψης σχετικά με το κόστος και τα οφέλη τα οποία μπορεί να έχει κάποιο λιμάνι μέσω της μεθόδου.

Η υπολογιστική μέθοδος OPS χρησιμοποιώντας πληροφορίες από την Διεθνή Ένωση Λιμένων, παρέχει ένα μέσο για τον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών, ο οποίος επιτυγχάνεται με ένα συγκεκριμένο σχέδιο. Στο εργαλείο OPS, η πηγή της ενέργειας χρησιμεύει ως μεταβλητή, επιτρέποντας να υπολογίζονται οι περικοπές των εκπομπών αερίων για πολλά εναλλακτικά σενάρια.

5.2 Μοντέλο υπολογισμού OPS

Η παρούσα υπολογιστική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της μείωσης των εκπομπών, το οικονομικό κόστος καθώς και τα οφέλη από τις εκπομπές σε ετήσια βάση.

Το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε:

- Να υπολογίσει το κόστος και τα οφέλη των συγκεκριμένων έργων.
- Να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα του κόστους.
- Να χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή για διαφορετικά σενάρια.

Το εργαλείο περιέχει πέντε φύλλα excel, τρία με τους υπολογισμούς για διαφορετικούς τύπους πλοίων, ένα φύλλο με την βάση δεδομένων και ένα φύλλο το οποίο περιέχει το ειδικό εγχειρίδιο. Το φύλλο της βάσης δεδομένων αρχικά περιέχει δεδομένα εισόδου όπως επιχειρησιακά και οικονομικά δεδομένα καθώς και τους τύπους για τον υπολογισμό του ετήσιου κόστους και την μείωση των εκπομπών. Λίγο πιο κάτω, υπάρχουν τα γενικά δεδομένα όπως το κόστος των επενδύσεων και οι λειτουργικές δαπάνες. Τα δεδομένα εισόδου μπορεί να συμπληρωθούν στα λευκά - χρωματιστά κελιά. Όλα αυτά τα κελιά μπορούν να αλλάξουν σύμφωνα με τις ιδιαίτερες προτιμήσεις και να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθεί η επίδραση άλλων σεναρίων [17].

Παρακάτω θα χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο OPS έτσι ώστε να εξάγουμε συμπεράσματα αν τελικά υπάρχει μείωση των αερίων εκπομπών με την χρησιμοποίηση της μεθόδου ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά καθώς και ποια πηγή ενέργειας αποτελεί την καλύτερη λύση .

5.3 Εγχειρίδιο

Παρακάτω παραθέτω το ειδικό εγχειρίδιο το οποίο είναι στα αγγλικά [17] :

A) Under “General information”, data can be entered on how frequently ships are berthed and for how long. These data are needed to calculate operational costs and emission changes.

B) Depreciation period and interest rate affect annual costs, with higher interest rates and shorter depreciation periods leading to higher annual costs.

C) Here the investments costs at the terminal can be filled in. The tool distinguishes various cost categories, which are summed to yield the total investment costs. Annual costs are calculated using the interest rate and depreciation period. Investment costs are not relevant for the auxiliary engines, as these are vital outside the ports.

D) In this section the shipside investments costs are filled in. A range of cost categories are listed, which are summed to yield the total investment costs. Annual costs are calculated using the interest rate and depreciation period.

E) The operational costs depend on fuel and electricity consumption levels, fuel and electricity prices and electricity taxes. From these data, annual costs are calculated. Savings on auxiliary engine maintenance costs can be filled in here, with negative costs standing for benefits. The total benefits are calculated from the number of hours at berth, as input to the General information section. There is an option to calculate with a

CO_2 price in advance. This option enables simulation of the influence of inclusion of the Maritime industry in the EU ETS on the cost effectiveness of OPS.

F) The total annual costs are calculated by summing the various cost categories under B to F. The costs or benefits accruing from using OPS can be calculated by comparing the 'auxiliary engine costs' with the 'OPS costs' (row 65), the outcome of which is presented in Box I.

G) The emission benefits are calculated by using emission factors from the data section and total annual consumption figures. Total annual consumption is calculated on the basis of the ships' consumption and the number and duration of port calls. The emission benefits can be found by comparing the figures in rows 76-80. The type of fuel can be changed from diesel to HFO here, as well as the energy source used for power generation (by clicking on a pull-down menu)

H) The total annual costs can be calculated by subtracting the 'auxiliary engine costs' from the 'OPS costs'. Negative costs mean that OPS yields a financial benefit. The cost effectiveness is expressed in Euro per unit of pollution. Pollution units are used to sum the various air pollutants, with SO_2 and PM being judged to be 2.2 and 12.8 times more harmful on the basis of a study by AEA Technology (2005).

I) For each pollutant the relative emission reduction is calculated using the figures in rows 76-80.

5.4 Ειδική μελέτη σε Οχηματαγωγό

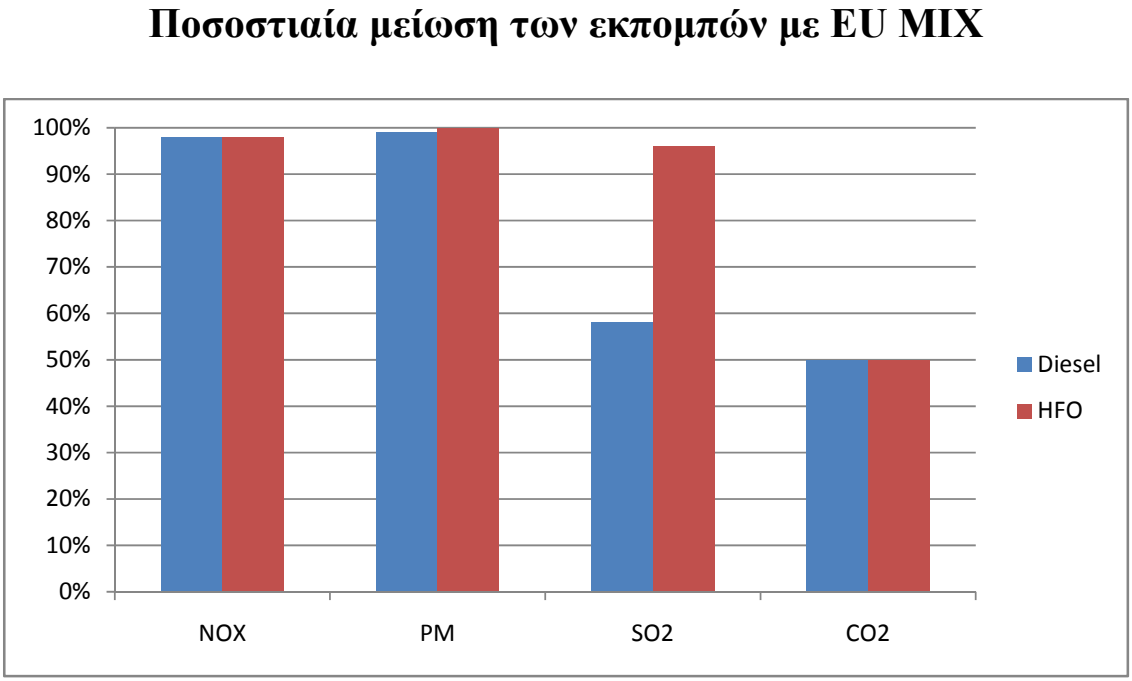


Εικόνα 49: RORO, 1,5 MVA connection 25000 GT

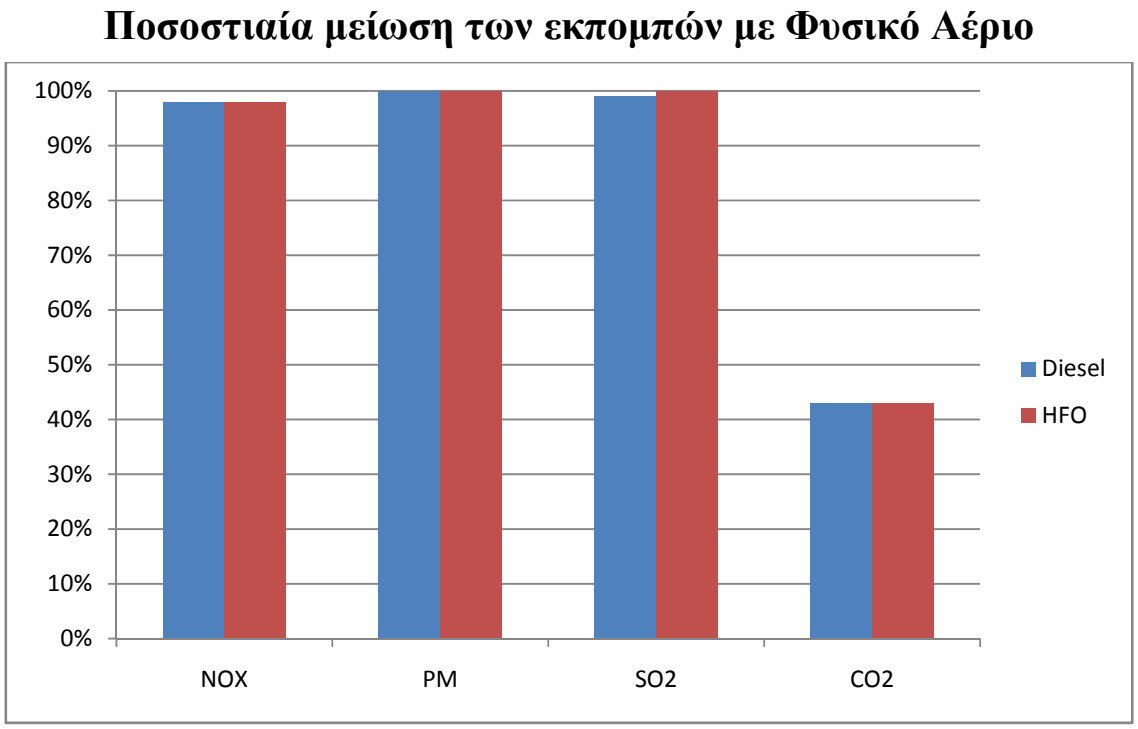
Πλοίο RoRo εκ του αγγλικού ιδιώματος Ρολ-ον - Ρολ-οφ (Roll-on/Roll-off) ή R/R, χαρακτηρίζεται ένας σύγχρονος τύπος φορτηγού πλοίου, περισσότερο οχηματαγωγού, σε προέκταση των πλοίων τακτικών γραμμών μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων κοντέϊνερς ή κυρίως οχημάτων άνευ αυτοκίνησης π.χ. ρυμούλκες.

Τα φορτία, οχήματα ή κοντέϊνερς, φορτώνονται -στην πραγματικότητα κυλίονται, κοινώς "ρολάρουν"- από ειδικούς ελκυστήρες (τράκτορες) με ρυμούλκησή τους μέσα στο χώρο φόρτωσης του πλοίου από ειδικό συνήθως αναδιπλούμενο καταπέλτη, όπου τελικά με ειδικούς εγκατεστημένους ανελκυστήρες προωθείται η στοίβαξή τους. Η διαδικασία αυτή φόρτωσης ονομάζεται Roll on (- board). Η δε εκφόρτωσή τους, που γίνεται ομοίως αλλά κατ' αντίθετη κύλιση αυτών, λέγεται Roll off' (- board), από όπου προήλθε και η ονομασία του ναυπηγικού αυτού τύπου [1]. Η φόρτωση και εκφόρτωση αυτών των πλοίων κρίνεται ταχύτατη. Υπολογίζεται ότι ο χρόνος φορτοεκφόρτωσης που απαιτείται γι' αυτά τα πλοία είναι το 1/6 εκείνου που απαιτείται για τα πλοία κοντέϊνερς.

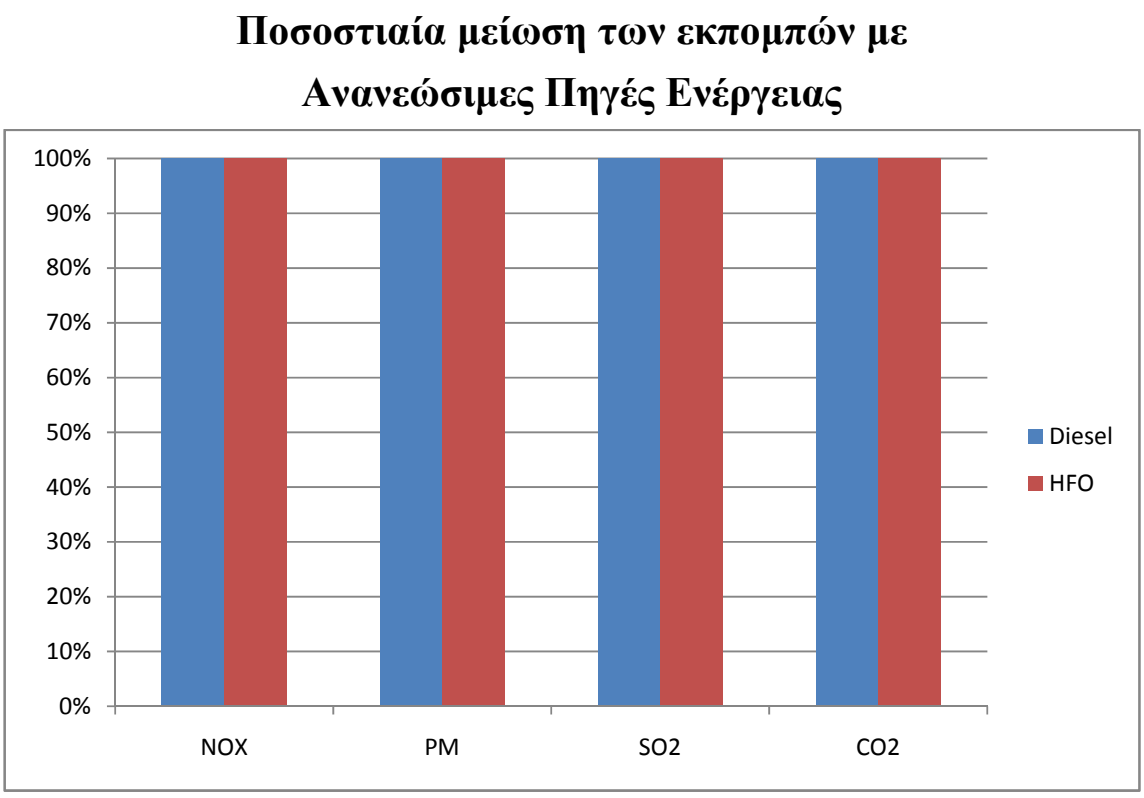
Τα πλοία αυτά είναι ειδικά διαμορφωμένα με ράμπες για την μεταφορά ελαφρού και μεσαίου τύπου οχημάτων. Διαθέτουν συστήματα εξαερισμού για την απομάκρυνση των αναθυμιάσεων που προέρχονται από τα καύσιμα των οχημάτων κατά την διάρκεια του ταξιδιού και των καυσαερίων των κινητήρων κατά την διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας και η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 17 μέχρι 20 κόμβους (knots).



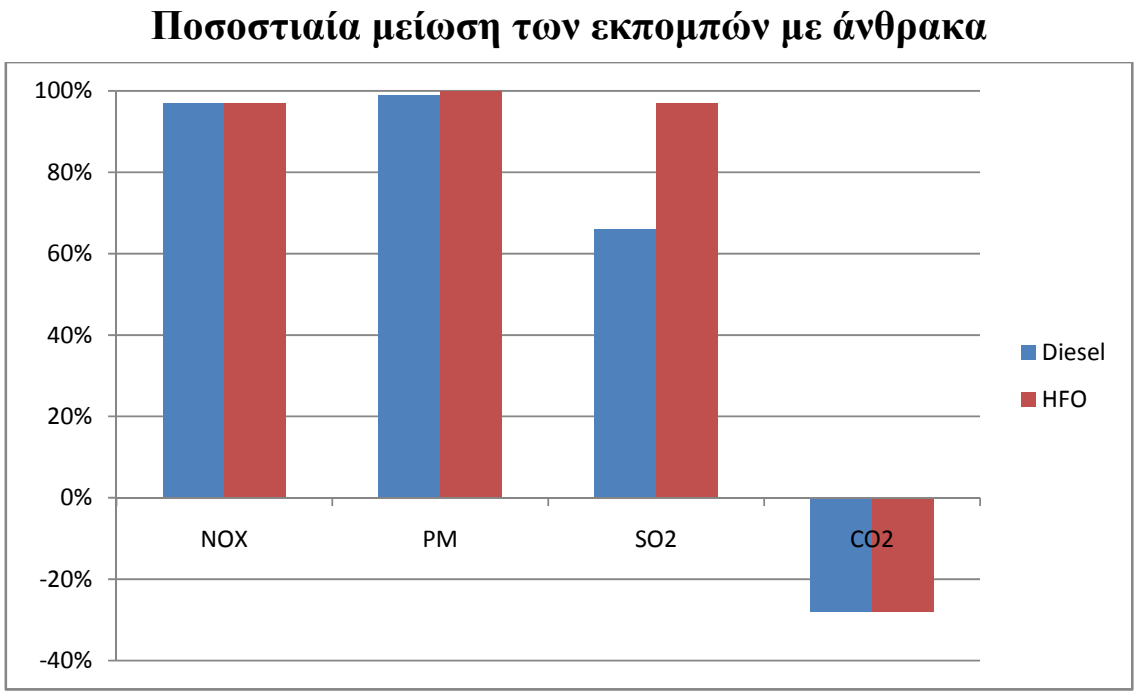
Εικόνα 50: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με EU MIX



Εικόνα 51: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με Φυσικό Αέριο



Εικόνα 52: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας



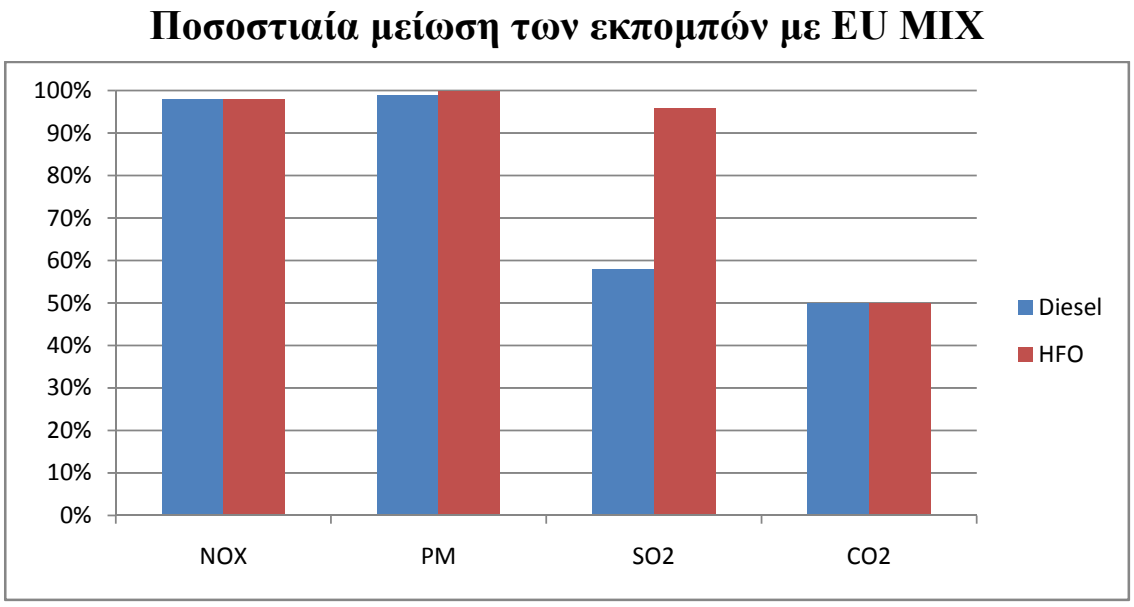
Εικόνα 53: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με άνθρακα

5.5 Ειδική μελέτη σε Κιβωτιοφόρο

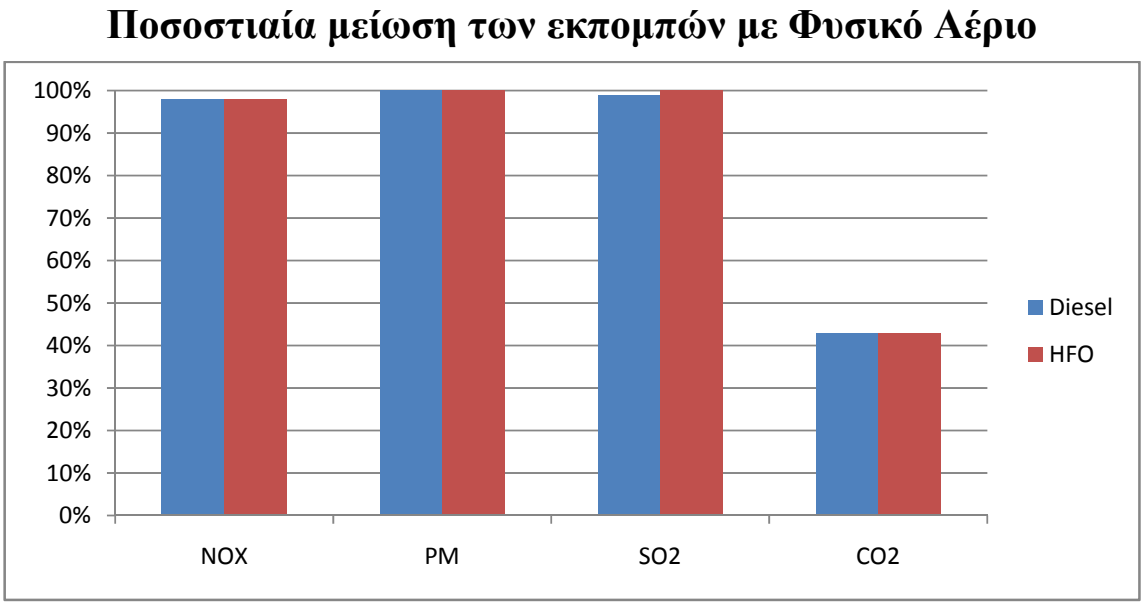


Εικόνα 54: CONTAINER 7 MVA Connection, 75000 GT/6500TEU (500 reefers)

Τα πλοία που μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια (Ε/Κ) είναι διαμορφωμένα για την μεταφορά Ε/Κ ύψους 20 ή 40 ποδιών, είτε μέσα στο πλοίο είτε εξωτερικά στο κατάστρωμα. Ταξινομούνται με βάση τον αριθμό TEUs που μεταφέρουν και η χωρητικότητα αυτή μπορεί να κυμανθεί από 1.000 μέχρι 13.000 TEUs. Ο τύπος φορτίου περιλαμβάνει οτιδήποτε προσαρμόζεται στις διαστάσεις αυτές των Ε/Κ. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 18 μέχρι 26 knots [1].

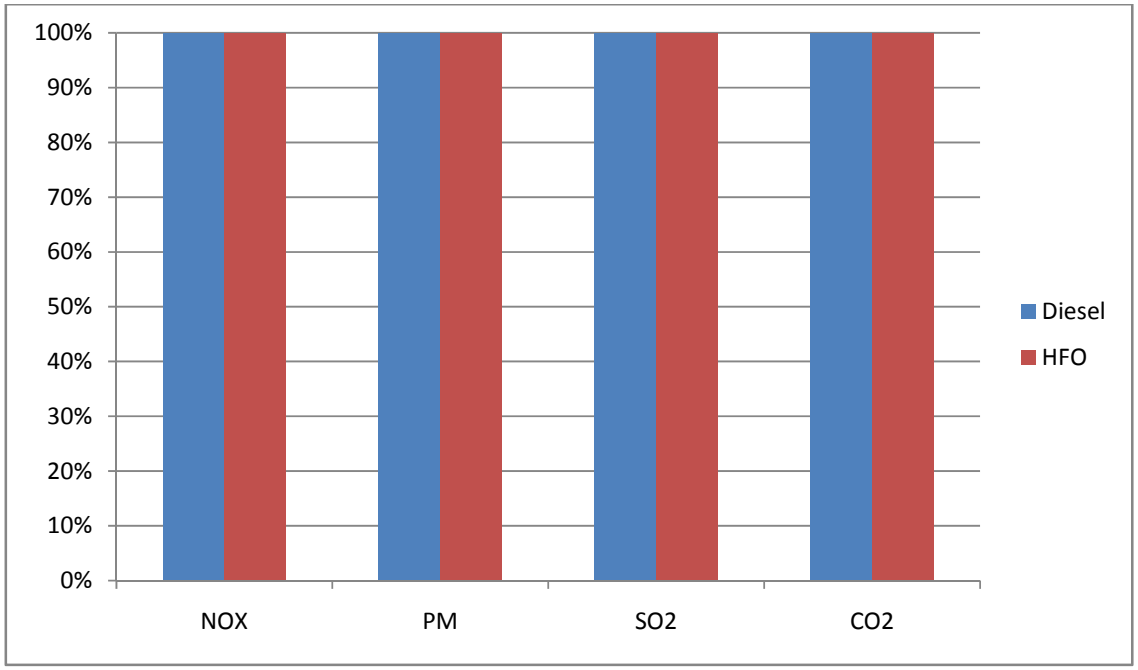


Εικόνα 55: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με EU MIX



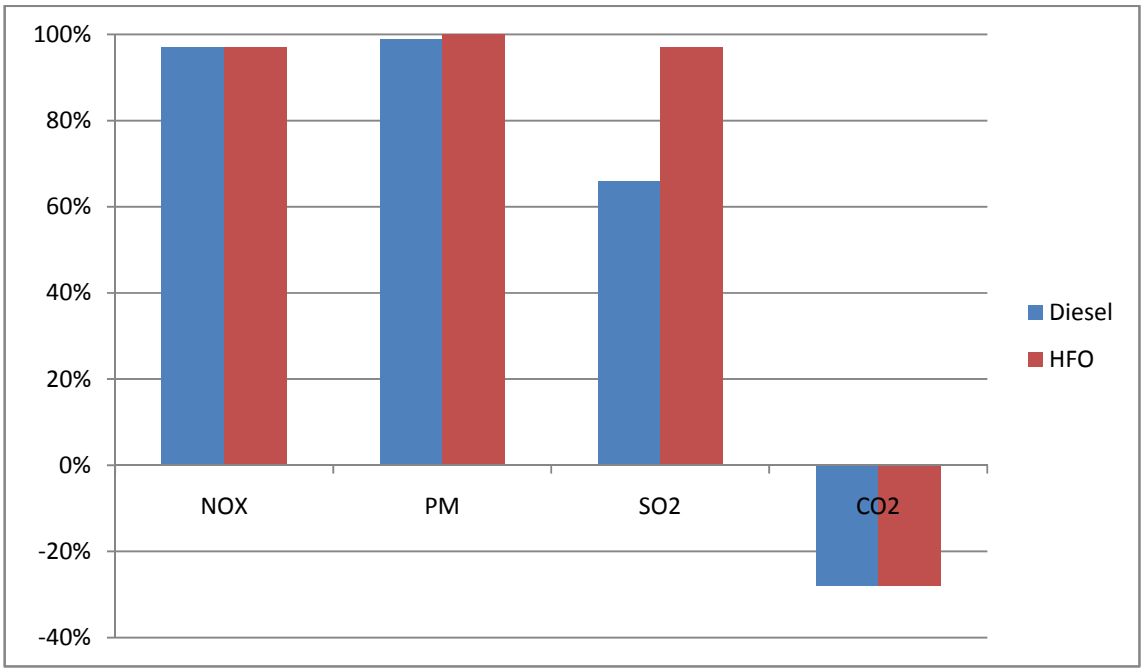
Εικόνα 56: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με Φυσικό Αέριο

Ποσοστιαία μείωση των εκπομπών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας



Εικόνα 57: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ποσοστιαία μείωση των εκπομπών με άνθρακα



Εικόνα 58: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

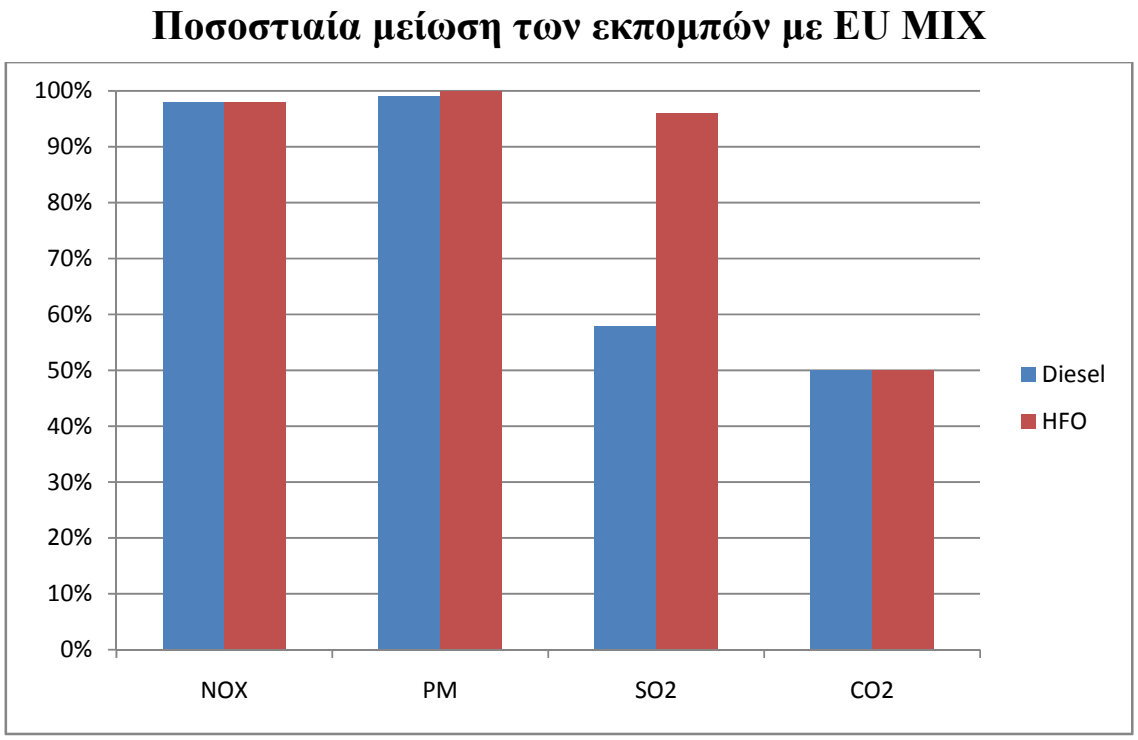
5.6 Ειδική μελέτη σε Κρουαζιερόπλοιο



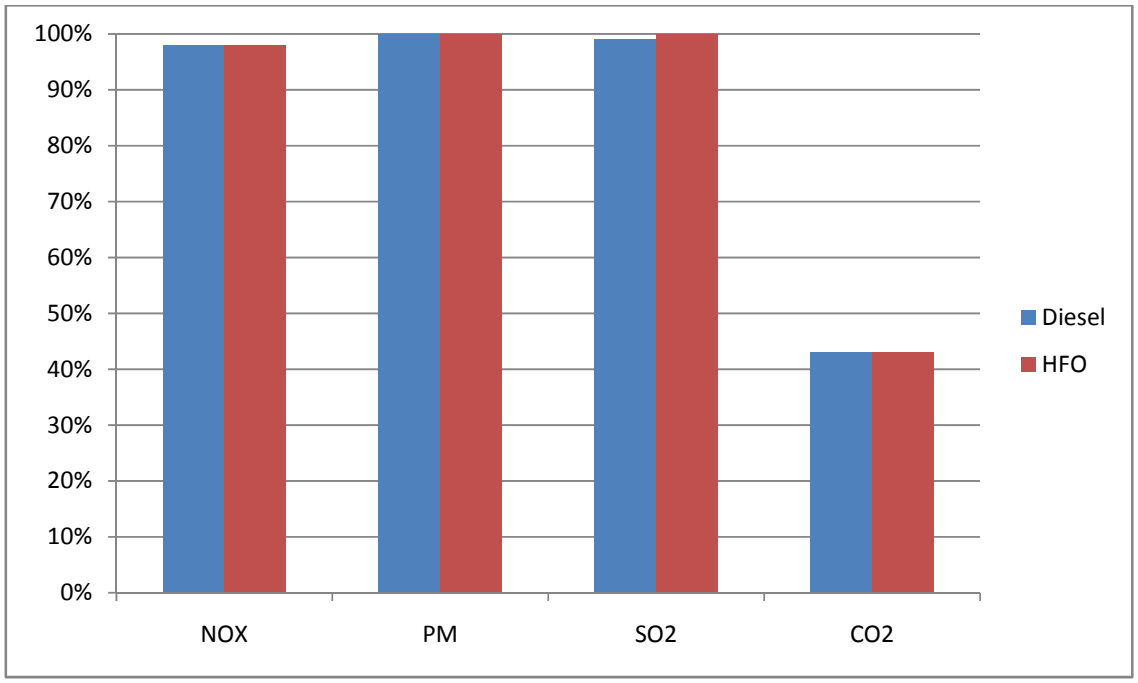
Εικόνα 59: CRUISE SHIP 12 MVA connection, 80.000 GT

Το Κρουαζιερόπλοιο, όνομα που προέρχεται εκ του αγγλικού όρου (cruise ship), είναι ειδικής κατηγορίας επιβατηγό πλοίο που πραγματοποιεί κρουαζιέρες (δηλαδή κυκλικά περιηγητικά ταξίδια), βάσει επιμελούς προγράμματος λιμένων προσέγγισης, χωρίς όμως να εκτελούν συγκοινωνιακή γραμμή, ενώ ο ναύλος τους καθορίζεται ελεύθερα, μη υποκείμενος σε ναυλολόγιο, που περιλαμβάνει ενδιαίτηση, ξενάγηση, τροφοδοσία και ψυχαγωγία.
Τις τελευταίες δεκαετίες διαπιστώνεται μια συνεχής αύξηση πραγματοποίησης τέτοιων ταξιδιών, στα οποία και στράφηκαν σχεδόν όλα τα άλλοτε υπερωκεάνια και όχι μόνο, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ιδιαίτερης ναυτιλίας και επιχειρηματικής δραστηριότητας [1].

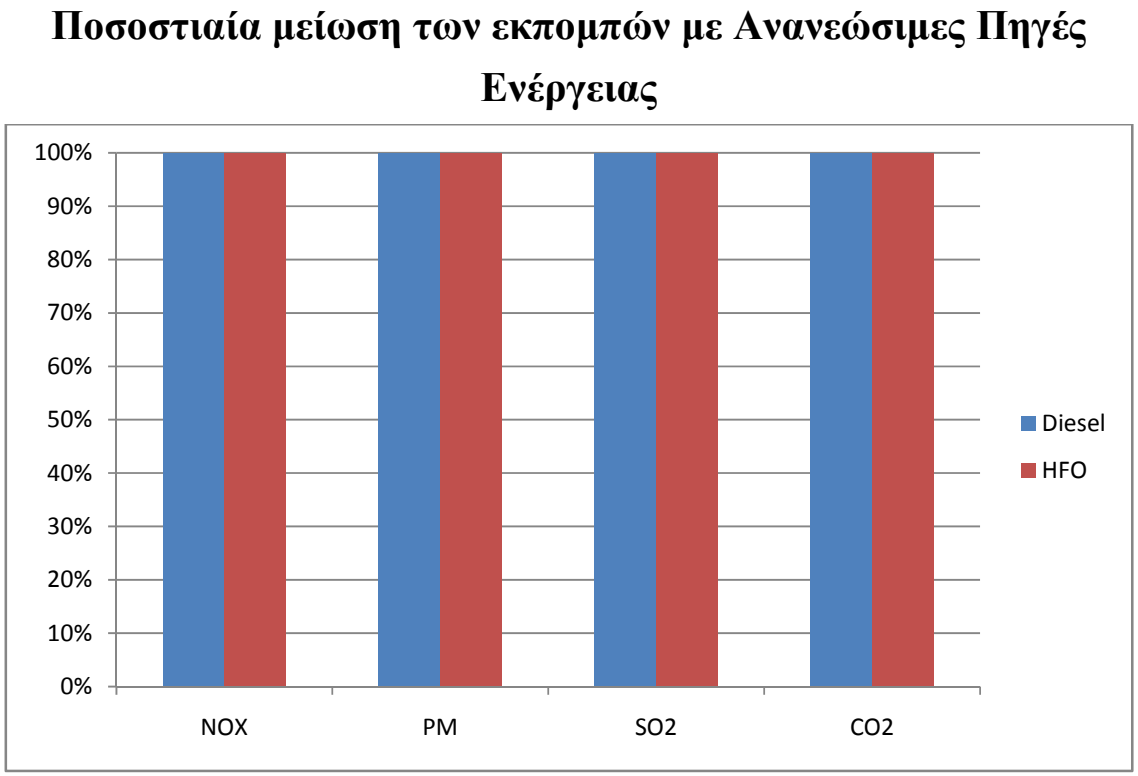
Γενικά τα κρουαζιερόπλοια προσφέρουν ιδιαίτερες ανέσεις (απαιτήσεις) τόσο ως προς τους χώρους ενδιαίτησης των επιβατών, από άποψη εμφάνισης, διακόσμησης, εξοπλισμών και παροχής υπηρεσιών, όσο και ως προς το προσωπικό πλοίου που είναι το πολυπληθέστερο από οποιοδήποτε άλλου τύπου πλοίο, (ίδιου βέβαια εκτοπίσματος), και που προσφέρει συνήθως ξενοδοχειακές υπηρεσίες υψηλού επιπέδου, με κέντρα ψυχαγωγίας, (τηλεόραση, κινηματογράφο, θέατρο, κλαμπ, βιβλιοθήκη, καζίνο κ.λπ.) και χώρους άθλησης (γυμναστήρια, μικρά γήπεδα, κολυμβητήρια), εστιατόρια μέχρι και παροχή ιατρικής βοήθειας με διάθεση ελικοδρομίου.



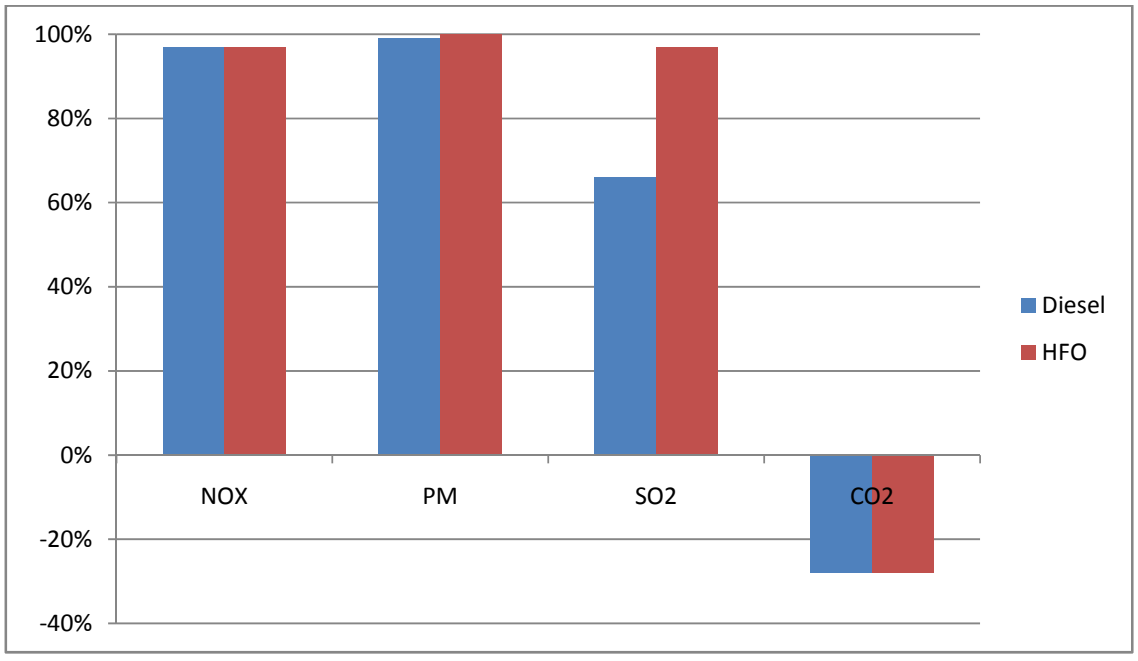
Εικόνα 60: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με EU MIX



Εικόνα 61: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με Φυσικό Αέριο



Εικόνα 62: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας



Εικόνα 63: Διάγραμμα μείωσης των εκπομπών με άνθρακα

Παρακάτω παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από τις εικόνες-διαγράμματα:

- Σε όλες τις περιπτώσεις, η μείωση των αερίων εκπομπών με την χρήση της μεθόδου είναι μεγάλη.
- Αξιολογώντας τις πηγές ενέργειας ως προς την φιλικότητα τους προς στο περιβάλλον, αυτή που θα διαλέγαμε ως την καταλληλότερη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για την ηλεκτροδότηση των πλοίων, είναι μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Η πηγή ενέργειας από φυσικό αέριο αποτελεί ιδανικότερη λύση σε σχέση με το EU MIX, γιατί, αν παρατηρήσουμε από τα παραπάνω διαγράμματα, θα διακρίνουμε ότι με την χρήση φυσικού αερίου επιτυγχάνουμε μεγαλύτερη μείωση του οξειδίου του Θείου (SO_2).
- Η ηλεκτροδότηση των πλοίων μέσω άνθρακα δεν αποτελεί ουσιαστική λύση γιατί αυξάνονται οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) κατά 28% .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Τέλος στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται τα λιμάνια του Ηρακλείου και των Χανίων ενώ παράλληλα γίνεται ένας προσεγγιστικός υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης της μεθόδου.

Μελέτη δυνατοτήτων εφαρμογής στα λιμάνια της Κρήτης



Εικόνα 64: Πανοραμική άποψη της πόλης του Ηρακλείου

6.1 Περιγραφή Δήμου και λιμένα Ηρακλείου

Το Ηράκλειο βρίσκεται στη μέση περίπου της βόρειας ακτογραμμής της Κρήτης με υψόμετρο 10 έως 40 μέτρων στον 35ο 20΄παράλληλο βόρειου πλάτους και στον 20ο 10΄ ανατολικού μήκους Greenwich.

Ο Δήμος Ηρακλείου βρίσκεται στην πεδιάδα Ηρακλείου και συνορεύει με τους Δήμους Μαλεβιζίου και Αρχανών-Αστερουσίων. Στα βόρεια ο Δήμος βρέχεται από το Κρητικό Πέλαγος.

Ο Δήμος υπάγεται διοικητικά στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Ηρακλείου και αποτελεί το διοικητικό κέντρο του Νομού Ηρακλείου και της Περιφέρειας Κρήτης. Είναι το μεγαλύτερο αστικό κέντρο της Κρήτης με έκταση 120 τετραγωνικά χιλιόμετρα και πληθυσμό που ανέρχεται περίπου στους 173.450 (απογραφή του 2011) και μέρος του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Ηρακλείου μαζί με τη Δημοτική Ενότητα Νέας Αλικαρνασσού και το Γάζι.

Σύμφωνα με το άρθρο 1 του Ν.3852/2010 «Πρόγραμμα Καλλικράτης» ο νέος Δήμος Ηρακλείου διαιρείται σε πέντε (5) Δημοτικές Ενότητες (Δ.Ε Ηρακλείου, Δ.Ε Νέας Αλικαρνασσού, Δ.Ε. Τεμένους, Δ.Ε. Παλιανής και Δ.Ε. Γοργολαϊνη) [1].

Το λιμάνι του Ηρακλείου βρίσκεται στο κέντρο της Κρήτης, στον βόρειο άξονα του νησιού. Είναι η κύρια πύλη εισόδου-εξόδου της πόλης και του νησιού. Βρίσκεται εντός της πόλης και έχει πολύ καλή οδική διασύνδεση προς:

- Την πόλη του Ηρακλείου.
- Το Αεροδρόμιο "Νίκος Καζαντζάκης".
- Την Νέα Εθνική Οδό (Ε.0. 90) - Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης.

6.2 Περιγραφή Δήμου και λιμένα Χανίων



Εικόνα 65: Πανοραμική άποψη της πόλης του Ηρακλείου

Τα Χανιά είναι παραλιακή πόλη της βορειοδυτικής Κρήτης, ένας από τους σημαντικότερους λιμένες της Κρήτης και πρωτεύουσα του νομού Χανίων. Καταλαμβάνει έκταση περίπου δεκατριών τετραγωνικών χιλιομέτρων και, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, έχει πληθυσμό 156.220 κατοίκων και αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη του νησιού μετά το Ηράκλειο. Ο Νομός Χανίων θεωρείται η πιο πράσινη περιοχή στην Κρήτη καθώς η οροσειρά Λευκά Όρη είναι υπεύθυνη για τις αυξημένες βροχοπτώσεις σε σχέση με την υπόλοιπη Κρήτη.

Το λιμάνι των Χανίων, γνωστό και ως λιμάνι της Σούδας ή απλά Σούδα, βρίσκεται στην νότια πλευρά του κόλπου της Σούδας, κοντά στο Αεροδρόμιο των Χανίων. Το λιμάνι των Χανίων ήταν πάντα εξαιρετικής σπουδαιότητας για το νησί της Κρήτης, λόγω της στρατηγικής του θέσης στο δυτικό τμήμα του νησιού, στο θαλάσσιο δρόμο προς το Γιβραλτάρ και τη διώρυγα του Σουέζ, στο μονοπάτι που συνδέει τον Ατλαντικό Ωκεανό με την Ερυθρά Θάλασσα [1]. Είναι το δεύτερο μεγαλύτερο λιμάνι της Κρήτης, μετά το Ηράκλειο, και εξυπηρετεί πλοία εσωτερικού και εξωτερικού, κυρίως από την Αίγυπτο και την Κύπρο.

Ο κόλπος της Σούδας είναι γνωστός για την ασφάλεια και το καταφύγιο που παρέχει στα φεριμπότ και στα κρουαζιερόπλοια, καθώς είναι πολύ κλειστός και προσφέρει εξαιρετική ασφάλεια από τις καιρικές συνθήκες. Το λιμάνι μπορεί να εξυπηρετεί εμπορικά πλοία, τουριστικά πλοία και φέριμποτ, ενώ στον κόλπο της Σούδας βρίσκεται και ο Ναύσταθμος της

Σούδας και οι εγκαταστάσεις του Αμερικανικού Ναυτικού.

Το λιμάνι στη Σούδα έχει καθημερινή σύνδεση με το λιμάνι του Πειραιά και άλλα λιμάνια των ελληνικών νησιών και εξυπηρετεί πολλά κρουαζιερόπλοια που μεταφέρουν επισκέπτες και τουρίστες στα ελληνικά νησιά.

Το λιμάνι των Χανίων έχει όλες τις απαραίτητες εγκαταστάσεις και προσφέρει όλες τις αναγκαίες υπηρεσίες. Τα μικρά γιοτ και τα ιστιοπλοϊκά μπορούν να ανεφοδιαστούν νερό και πετρέλαιο και τα μεγάλα πλοία να κάνουν και επισκευές, αν χρειαστεί. Τη νύχτα η είσοδος στο λιμάνι απαγορεύεται και όλες οι δραστηριότητες ξεκινούν εκ νέου το πρωί. Τα πλοία απαγορεύεται να προσεγγίσουν το βόρειο τμήμα του όρμου, λόγω των ναυτικών και στρατιωτικών βάσεων.

Τέλος το λιμάνι της Σούδας βρίσκεται εκτός της πόλης και έχει πολύ καλή οδική διασύνδεση προς:

- Την πόλη των Χανίων.
- Το Αεροδρόμιο "Ιωάννη Δασκαλογιάννη".
- Την Νέα Εθνική Οδό (Ε.0.90) Χανίων- Ρεθύμνης.

6.3 Γενικό κόστος μεθόδου

6.3.1 Κόστος εξοπλισμού πλοίου.

Μετά από έρευνες που έχει κάνει η εταιρία Princess Cruises, τα προγράμματα ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά τόσο για το Juneau όσο και για το Seattle κοστολογούνταν κατά μέσο όρο στα $500.000 ανά πλοίο. Πρέπει να τονίσουμε ότι το ποσό αυτό περιλαμβάνει κυρίως τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που απαιτείται για να συγχρονιστεί το ηλεκτρολογικό σύστημα του πλοίου με αυτό της ξηράς, ώστε να μην υπάρχουν διακοπές στην παροχή ενέργειας στα επιβατηγά πλοία. Τα πλοία αυτά έχουν την ιδιαιτερότητα ότι, λόγω της άμεσης σχέσης τους με τον άνθρωπο, δεν πρέπει να μείνουν χωρίς ρεύμα ούτε για ένα δευτερόλεπτο. Ωστόσο, υπάρχουν άλλες κατηγορίες πλοίων όπως για παράδειγμα τα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, στα οποία δεν είναι τόσο επιτακτική αυτή η ανάγκη αποφυγής και της ελάχιστης χρονικής περιόδου χωρίς ρεύμα λόγω διακοπής στην παροχή. Σε κιβωτιοφόρο κατασκευασμένο από την εταιρία NYK, το κόστος για τον εξοπλισμό της μεθόδου ανήλθε περίπου στα $830.000. Το ίδιο κόστος, σύμφωνα με την ENVIRON International Corporation και το λιμάνι του Long Beach, κυμαίνεται μεταξύ $200.000 και $574.000 για πλοία που χρησιμοποιούν υψηλή τάση και μεταξύ $240.000 και $1.100.000 για πλοία που χρησιμοποιούν χαμηλή τάση. Θεωρήθηκε πως τα χαμηλής τάσης πλοία θα χρησιμοποιήσουν μετασχηματιστές

που θα υπάρχουν σε φορτηγίδες. Και εδώ το κόστος της φορτηγίδας υπολογίστηκε στα $2.000.000 με τον μετασχηματιστή και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό όμως να υπολογίζονται μεταξύ $300.000 και $500.000 [20], [22].

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω σύμφωνα με την εταιρία Princess Cruises, οι τιμές για το κόστος εγκατάστασης της μεθόδου ανέρχεται κατά μέσο όρο στα $500.000 ανά πλοίο.

6.3.2 Κόστος υποδομής ξηράς

Έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενα κεφάλαια ότι το κόστος της υποδομής στην ξηρά μπορεί να ποικίλει ευρέως. Ωστόσο, είναι εμφανές ότι το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού κόστους των υποδομών στην ξηρά είναι κυρίως οι τροποποιήσεις που χρειάζεται να γίνουν στο υπάρχον ηλεκτρολογικό σύστημα, ώστε να παρέχεται η κατάλληλη τάση ρεύματος σε συγκεκριμένο τερματικό σταθμό. Η διαθεσιμότητα και η εγγύτητα του κατάλληλου ρεύματος ποικίλει από λιμάνι σε λιμάνι.

Οι μετασχηματιστές είναι απαραίτητοι για τα περισσότερα πλοία που θέλουν να τροφοδοτούνται με ενέργεια από την ξηρά. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες οι μετασχηματιστές βρίσκονται επάνω στο πλοίο, τότε αυξάνεται σημαντικά το κόστος για τον εξοπλισμό του πλοίου. Ομοίως αυξάνεται και το κόστος υποδομής του λιμανιού στην περίπτωση που οι μετασχηματιστές βρίσκονται σε αυτό. Βάση παλαιότερων εργασιών το κόστος υποδομής στην ξηρά κυμαίνεται μεταξύ $1.000.000 και $7.000.000 [20], [22].

Σύμφωνα με την μελέτη της Environ, στην οποία γίνεται ανάλυση πάνω στο κόστος και την αποτελεσματικότητα της ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά του Long Beach, υπολόγισε ότι το κόστος των υποδομών στην ξηρά για 12 διαφορετικούς τερματικούς σταθμούς κυμαίνεται μεταξύ $1.000.000 και $4.000.000 για το κάθε ένα με μέσο κόστος για κάθε τερματικό σταθμό τα $2.000.000. Αξιοσημείωτο σε αυτή την έρευνα είναι ότι το κόστος της κατασκευής δικτύου, ώστε να φτάσει το βασικό ρεύμα στον τερματικό σταθμό, ανέρχεται στα $2.000.000, σχεδόν το μισό από το ολικό κόστος νέου εξοπλισμού για την χρήση της μεθόδου [20].

6.3.3 Κόστος συντήρησης

Τέλος, το κόστος της συντήρησης αντισταθμίζεται από την μείωση του κόστους συντήρησης των βοηθητικών μηχανών του πλοίου, το οποίο μάλιστα προκύπτει με λιγότερες ώρες λειτουργίας.

6.4 Εφαρμογή της μεθόδου στα λιμάνια της Κρήτης

Πρώτα θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το ΣΗΕ της Κρήτης βασίζεται σε τρεις συμβατικούς Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΠΕ) : Τον σταθμό Ξυλοκαμάρας στα Χανιά με 6 αεριοστρόβιλους και 1 μονάδα συνδυασμένου κύκλου συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 348 MW. Τον σταθμό Λινοπεραμάτων στο Ηράκλειο με 5 αεριοστρόβιλους, 4 μονάδες πετρελαίου diesel και 6 ατμομηχανές (ατμοστρόβιλοι) συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 284 MW. Τον σταθμό Αθερινολάκκου στο Λασίθι με 2 μονάδες πετρελαίου diesel και 2 ατμομονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 102 MW.

Για την εκτίμηση του κόστους εγκατάστασης της υποδομής στην ξηρά θα χρησιμοποιηθεί η αντίστοιχη μελέτης της ENVIRON που έχει γίνει για το λιμάνι του Long Beach και που αναφέρθηκε παραπάνω. Έτσι λοιπόν θα εκληφθεί μέσο κόστος $2.000.000 για κάθε τερματικό σταθμό. Στην περίπτωση μας και για τα 2 λιμάνια θα έχουμε 1 τερματικό σταθμό, ο οποίος θα εξυπηρετεί κρουαζιερόπλοια.

Συγκεκριμένα για το λιμάνι του Ηρακλείου έχουμε λοιπόν το σενάριο μιας θέσης εγκατάστασης τεχνολογίας ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά. Έτσι, κάνοντας ένα υπολογισμό προκύπτει ότι το κόστος υποδομής στην ξηρά ανέρχεται σε:

1 τερματικό σταθμό * 2.000.000 $ = 2.000.000 $

Σύμφωνα με την εταιρία Princess Cruises, το κόστος εγκατάστασης τόσο για το Juneau όσο και για το Seattle κοστολογούνταν κατά μέσο όρο στα $500.000 ανά πλοίο. Έχουμε λοιπόν :

(1 πλοίο * 500.000 $)=500.000 $

Στην εικόνα 65 και στην εικόνα 66 το πράσινο βέλος υποδεικνύει την θέση του τερματικού σταθμού που θα πρέπει να γίνει η εγκατάσταση τεχνολογίας ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων ενώ η κόκκινη γραμμή υποδεικνύει την εγκατάσταση καλωδίων του τερματικού σταθμού με το τοπικό δίκτυο

Παρόμοια εγκατάσταση θα έχουμε και για το λιμάνι των Χανίων, δηλαδή μια θέση εγκατάστασης η οποία θα εξυπηρετεί κρουαζιερόπλοια.

1 τερματικό σταθμό * 2.000.000 $ = 2.000.000 $

Το ίδιο θα ισχύει και για το κρουαζιερόπλοιο. Θα έχουμε λοιπόν:

(1 πλοίο * 500.000 $)=500.000 $



Εικόνα 66: Κάτοψη λιμένα Ηρακλείου



Εικόνα 67: Κάτοψη λιμένα Χανίων

Συμπεράσματα

Στις μέρες μας η συνεχής υποβάθμιση του περιβάλλοντος καθώς και η αυξανόμενη επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας έχουν επιβάλει την αναζήτηση ουσιαστικής αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης . Τα μεγάλα λιμάνια αποτελούν έναν πυρήνα εκπομπών αερίων ρύπων ενώ παράλληλα βρίσκονται σε κατοικημένες περιοχές, οι οποίες έχουν ήδη υψηλές εκπομπές αερίων ρύπων .

Μια αποτελεσματική λύση αποτελεί η ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων διαμέσου της ξηράς. Η μέθοδος αυτή κρίνεται ως η πιο αξιόπιστη και η πιο αποτελεσματική λύση. Αποτελεί μια συμφέρουσα οικονομική επιλογή, γιατί η επιβολή κατανάλωσης χαμηλότερων σε περιεκτικότητα θείου καυσίμων (SO_2) κατά την παραμονή στο λιμάνι, έχει ως αποτέλεσμα την αυξανόμενη τιμή των ορυκτών καυσίμων . Στην περίπτωση όπου είναι εφικτή η ηλεκτρική τροφοδότηση από το δίκτυο με ηλεκτρική ενέργεια, το κόστος εγκατάστασης στο λιμάνι καθώς και στο πλοίο δεν αποτελεί εμπόδιο για την εφαρμογή της. Επίσης, μια πιθανή νομοθετική διευκόλυνση ως προς την φορολογία του ρεύματος, θα συνέβαλλε ακόμη ως προς αυτή την κατεύθυνση. Η ευρεία χρήση της μεθόδου θα περιόριζε σημαντικά όχι μόνο την ατμοσφαιρική ρύπανση στα μεγάλα λιμάνια, αλλά και σε ολόκληρο τον πλανήτη.

Το λιμάνι του Ηρακλείου και των Χανίων αντίστοιχα, ιδιαίτερα κατά τους μήνες υψηλής τουριστικής κίνησης, αποτελεί μια από τις σημαντικότερες πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας με σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων. Η εφαρμογή τεχνολογιών ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά θα οδηγούσε στον περιορισμό του προβλήματος ρύπανσης. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η έρευνα για τα δύο αυτά λιμάνια αφορά σε μια πρώτη προσέγγιση του κόστους υλοποίησης της εφαρμογής. Στην μελέτη εφαρμογής της μεθόδου ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά δεν δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα:

- Στη δυνατότητα κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών του λιμανιού από το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο.
- Στο κόστος εγκατάστασης της εφαρμογής του πλοίου, το οποίο αναλαμβάνει η πλοιοκτήτρια εταιρία ή το αναλαμβάνει η Ανώνυμη Εταιρία του λιμανιού.
- Στη μείωση της ηλεκτρικής τιμής του ρεύματος λόγω υψηλής κατανάλωσης από τις εγκαταστάσεις του λιμανιού.
- Στις φορολογικές ελαφρύνσεις, από την πολιτεία, στα πάγια έξοδα του ρεύματος.
- Στα επιδοτούμενα προγράμματα για κάλυψη ενός μέρους του κόστους της εφαρμογής.

Εν κατακλείδι, η ηλεκτροδότηση των πλοίων από την ξηρά αποτελεί σήμερα μια πιθανή λύση για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κυρίως στις περιοχές γύρω από τα

λιμάνια. Αδιαμφισβήτητα το σημαντικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η μείωση των αέριων εκπομπών προς το περιβάλλον. Ωστόσο, για να μπορεί να εφαρμοσθεί σε λιμάνια, θα πρέπει να υπάρχει μια άψογη συνεργασία ανάμεσα στο λιμάνι, στην πολιτεία και τέλος στην πλοιοκτήτρια εταιρεία

Βιβλιογραφία

[1] en.wikipedia.org

[2] www.infoline.isl.org

[3] *Global Footprint Network* "Ewing et al. 2001".. Retrieved 25 February 2001.

[4] A *Definition of 'Carbon Footprint'* Research Report Thomas Wiedmann and Jan Minx2

[5] *Carbon Footprinting: towards a universally accepted definition, Carbon Management* Wright L.A., Kemp S. & Williams I. (2011):

[6] www.footprintnetwork.org

[7] *On Language: Footprint,* New York Times Magazine, February 17, 2008

[8] *Carbon Footprinting for Ports Guidance Document*. WPCI (World Ports Climate Initiative), 2010

[9] *Τεχνολογία και παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα* William Makofske Eric Karlin

[10] *Second IMO GHG Study 2009* Buhaug, Ø., Corbett, J.J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Lee, D.S., Lee, D., Lindstad, H.,Markowska, A.Z., Mjelde, A., Nelissen, D., Nilsen, J., Pålsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W., Yoshida, K.GHG Study , International Maritime Organization, London,. April 2009

[11] *Τεχνικές Περιστολής Εκπομπών Αερίων Ρύπων Ναυτικών Κινητήρων και Οικονομική Αξιολόγηση αυτών* [Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ερμίδου Μαρία Αλεξία, Δρ. Δ. Θ. Χουντάλας Καθηγητής Ε.Μ.Π.]

[12] Corbett, J. et al., 2007. Mortality from ship emissions: a global assessment. *Environmental Science & Technology,* Volume 41, pp. 8512-8518.

[13] www.yen.gr

[14] www.pischools.gr/lessons/tee/maritime/FILES/biblia/biblia/naytikh_texni_a/kef03.pdf

[15] *Μηχανές Εσωτερικής Καύσης* Πεχνιβάλογλου Γεώργιος

[16] *Estimation of exhaust emission from ocean-going vessels in Hong Kong* P.S. Yaua S.C. Leea, James J. Corbettb, Chengfeng Wangc, Y. Chenga, K.F. Hoa, d

[17]www.onshorepowersupply.org/

[18] *Cold Ironing Schematic* Pawanexh Kohli14 July 2009

[19] www.iso.org

[20] *COLD IRONING COST EFFECTIVENESS port of Long Beach 925 harbor drive Long Beach* Report 2004

[21] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/8/8f/Voltage_and_frequency.png

[22] *A Cold Ironing Study on Modern Ports, Implementation and Benefits* Papoutsouglou, 2012

[23] www.portofantwerp.com

[24] www.portofgothenburg.com/

[25] www.stockholmshamnar.se/en/
[26] www.portoflosangeles.org/
[27] www.polb.com/