



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**«ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΚΛΥΟΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΙΩΝ ΑΠΟ
ΠΛΟΙΑ ΜΕΣΑ ΣΕ ΛΙΜΕΝΕΣ-
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (CASE STUDY) ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

Κακογιάννη Αλέξανδρου

Εξεταστική επιτροπή:

Ζιώμας Ιωάννης, Καθηγητής (Επιβλέπων)

Κροκίδα Μαγδαληνή, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Καϊκτσής Λάμπρος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2013





ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	5
Abstract	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	7
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ.....	7
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΩΤΩΝ ΜΕΣΩΝ.....	8
1.2.1 Καθορισμός έννοιας του πλοίου.....	8
1.2.2 Η Ταυτότητα του πλοίου	9
1.2.3 Κατηγορίες των πλωτών μέσων	10
1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	12
1.3.1 Ανάλυση συστημάτων προώσεως σε κατηγορίες πλοίων	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο ΕΚΛΥΟΜΕΝΟΙ ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	14
2.1 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	14
2.1.1 Κριτήρια διάκρισης ρύπων.....	14
2.1.2 Καταγραφή των αερίων του θερμοκηπίου συμπεριλαμβανομένης της Αιθάλης ...	16
2.1.3 Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι στην ναυτιλία	18
2.2 ΝΑΥΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	19
2.2.1 Διάκριση ναυτικών καυσίμων	19
2.3 ΙΣΧΥΟΝ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	20
2.3.1. Διεθνείς Κανονισμοί.....	20
2.3.2 Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί.....	25
2.3.3 Ελληνική Νομοθεσία.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΚΛΥΟΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ	29
3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΡΟΣ ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ	29
3.1.1 Γενικά.....	29
3.1.2 Απαιτούμενο γνωστικό υπόβαθρο.....	31
3.1.3 Ανάπτυξη απογραφής εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων σε λιμένα.....	35
3.1.4 Μεθοδολογίες απογραφής εκπομπών αέριων ρύπων σε λιμένα.....	36
3.1.5 Καθορισμός ορίων του λιμένα	37
3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΠΟΝΤΟΠΟΡΑ ΠΛΟΙΑ.....	37



3.2.1 Μεθοδολογία υπολογισμού των εκλύομενων ρύπων	38
3.2.2 Απαιτούμενες Πηγές Δεδομένων	39
3.2.3 Χαρακτηριστικά των υπό μελέτης σκαφών.....	43
3.2.4 Καθορισμός του είδους της δραστηριότητας των πλοίων	45
3.2.5 Καθορισμός Συντελεστών Φόρτισης μηχανών	49
3.2.6 Καθορισμός Συντελεστών Εκπομπών Αερίων Ρύπων	51
3.2.7 Παρουσίαση Απλοποιημένης Απογραφής.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο CASE STUDY – ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΛΥΟΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑΣ ΣΤΟΝ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ	55
4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	55
4.1.1 Γενικά	55
4.1.2 Χαρακτηριστικά των σκαφών που συμμετέχουν στην απογραφή	56
4.1.3 Καθορισμός των χρονικών και γεωγραφικών ορίων της απογραφής του λιμένα Πειραιά	58
4.1.4 Καθορισμός των συντελεστών φόρτισης των μηχανών	63
4.1.5 Καθορισμός των συντελεστών εκπομπών των μηχανών.....	64
4.1.6 Προσδιορισμός εκπομπής των αερίων ρύπων που εκλύουν τα πλοία στο λιμένα του Πειραιά.....	66
4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ –ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ.....	121
4.2.1 Παρουσίαση και ανάλυση πρωτογενών αποτελεσμάτων της απογραφής.....	121
4.2.2 Δευτερογενής επεξεργασία αποτελεσμάτων – Υποθέσεις - Επεκτάσεις.....	125
4.2.3 Επισκόπηση - Συμπεράσματα	132
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:.....	135



Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια υπήρξε ραγδαία αύξηση της εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων από πλωτά μέσα. Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιήθηκαν πολλές μελέτες προκειμένου να υπολογιστούν οι παγκόσμιες εκπομπές ρύπων από την ναυτιλία. Τα αποτελέσματα φανέρωσαν ότι οι εκπομπές από τα πλοία συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην παγκόσμια ατμοσφαιρική ρύπανση. Σαφέστατα, η εκλυση των ατμοσφαιρικών ρύπων αποκλειστικά μέσα σε λιμένες αποτελούν ένα μικρό ποσοστό σε σχέση με τις συνολικές εκπομπές από τη ναυτιλία. Παρόλο αυτά συνιστούν πηγές συγκεντρωμένων εκπομπών καυσαερίων. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως τα λιμάνια βρίσκονται συνήθως σε αστικά κέντρα, και επομένως η έκλυση ρύπων όπως αυτών των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και οξειδίων του αζώτου (Nox), αιωρούμενων σωματιδίων (PM) και οξειδίων του θείου (SOx) προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις και στην υγεία των κατοίκων, πέρα από την επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Η συγκεκριμένη διπλωματική, έχοντας συγκεντρώσει, αξιολογήσει και αναλύσει όλα τα επικαιροποιημένα στοιχεία που έχουν παρουσιαστεί από παγκόσμιους περιβαλλοντικούς και επιστημονικούς φορείς, θα προχωρήσει σε έναν αναλυτικό θεωρητικό υπολογισμό των εκλυόμενων αερίων ρύπων, λόγω της λειτουργίας των πλωτών μέσων εντός των λιμένων.

Με τον όρο θεωρητικό, νοείται η εκτίμηση ή απογραφή των εκλυόμενων ρύπων με χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου χωρίς εκτέλεση πειραματικών μετρήσεων. Το βασικό μοντέλο που παρουσιάζεται έχει αναπτυχθεί από την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (U.S. Environmental Protection Agency - Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories - Final Report - April 2009) και βασίζεται σε δεδομένα δραστηριότητας των πλωτών μέσων. Απαραίτητη προϋπόθεση, πριν πραγματοποιηθεί αυτή η απογραφή, ήταν η άριστη γνώση των νομοθετικών ρυθμίσεων και κανόνων που διέπουν τη λειτουργία των θαλάσσιων μεταφορών ως προς την περιβαλλοντική συμμόρφωση. Με τα θέματα αυτά πραγματεύονται τα τρία πρώτα κεφάλαια της εργασίας.

Η εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου εκτίμησης των εκλυόμενων αερίων ρύπων έγινε για το λιμάνι του Πειραιά ως case study και παρουσιάζεται στο τέταρτο μέρος της διπλωματικής. Τα απαραίτητα στοιχεία σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υπό εξέταση επιβατικών πλοίων, καθώς και οι κινήσεις και οι χρόνοι παραμονής στο λιμένα του Πειραιά έγινε προσπάθεια να εξαχθούν από τις πλέον αξιόπιστες πηγές όπως το Υπουργείο Ναυτιλίας, νηολόγια – ναυτικοί κατάλογοι και αυτόματα συστήματα αναγνώρισης θέσης (AIS).

Η μελέτη έγινε σε περίοδο θερινής λειτουργίας του λιμανιού και για διάστημα 8 ημερών. Αφορά αποκλειστικά τα επιβατικά πλοία της ελληνικής ακτοπλοΐας. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τη συμβολή του λιμανιού του Πειραιά, όχι μόνο στην ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής του λεκανοπεδίου, αλλά και σε ευρύτερη κλίμακα και να διαμορφωθούν πολιτικές και μέτρα περιορισμού των εκπομπών με στόχο τη σταδιακή βελτίωση του περιβάλλοντος



Abstract

In the last few years there has been a rapid increase in ships' exhaust emissions. Several scientific studies have been conducted to evaluate how much global environmental pollution is affected by them. The outcome showed they do contribute in a respected percentage. Despite the fact that in-port emissions represent a small percentage of total shipping emissions, ports constitute important sources of concentrated ship exhaust emissions, due to high marine traffic. Since most ports have an urbanized character, great attention has to be given regarding the affect of ships' exhaust pollutants like NO_x, PM and SO_x to the health of human population and the built environment.

The scope of the present dissertation is to gather and evaluate the most recent data that have been presented by international environmental and scientific institutes regarding the theoretical specification of pollutants emissions by ships' activity in ports. The term theoretical indicates the use of a mathematical model without the conduct of real measurements. The basic model presented has been developed by the U.S. Environmental Protection Agency (Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories - Final Report - April 2009) and is based on data relevant to ships' activity and has been analyzed in the first three chapters.

Since, the comprehension of emissions' inventory requires the knowledge of important parameters such as vessels' types and the characteristics of main pollutants, the first three chapters of the study deals with classification of ships, propulsion systems, marine fuels, main pollutants and environmental legislation.

Moreover, emissions inventories based on ships activity are of significant importance and could be taken into account for the operation, improvement and development of ports and of their wider area. In the forth chapter the mathematical model is used in order to calculate emissions produced by the operation of the passenger port of Piraeus. The said port has been chosen since it is the biggest Greek port and provides a variety of data regarding vessels' activity.

The data regarding ships' technical characteristics, engines operations, vessels' maneuvers in the port and time at berth are few and come from a limited range of sources. In the present case, the relevant data have been extracted from the most reliable sources such as the Ministry of Marine Affairs, the Ships Registry and Automatic Identification System (AIS).

The case study has been conduct in summer for 8 days. The data analysis provides useful conclusions regarding the impact of Piraeus port in the environmental pollution in the wider area of Athens and contributes in the design of new policies and measures for the limitation of air pollution.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΩΤΩΝ ΜΕΣΩΝ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα πρώτα ναυπηγήματα που δημιουργήθηκαν από τον άνθρωπο χρονολογούνται προσεγγιστικά γύρω στο 9000 π.Χ. Η πλειονότητα αυτών των πλοίων αποτελούνταν κυρίως από διαμορφωμένους κορμούς δέντρων που το καθιστούσαν σχεδία. Αρχικά τα πλοία αυτά κινούντουσαν είτε με τη βοήθεια των ρευμάτων είτε με τη χρήση κουπιών. Τα πανιά ως μέσον πρόωσης θα εμφανιστούν πολύ αργότερα, γύρω στο 4000 π.Χ.

Τα πρώτα μεγάλα πλοία τα οποία μπορούσαν να μεταφέρουν αγαθά χρησιμοποίησαν τα πανιά για την κίνησή τους. Το 700 π.Χ. έχουμε σίγουρα πλοία τα οποία μπορούν να διασχίσουν ασφαλώς τη Μεσόγειο. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται πλέον δυνατόν η επικοινωνία των Ελλήνων με άλλους λαούς, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία των πρώτων αποικιών των Ελλήνων αλλά και την πολιτιστική επαφή τους με τους Φοίνικες, κάτι που οδήγησε στην πρώτη μορφή του ελληνικού αλφαβήτου.

Σε αυτήν την εποχή, έχουμε και την δημιουργία των πρώτων πλοίων με δυνατότητα να διεξάγουν ναυμαχίες. Η χρήση αυτή των πλοίων, κρινόταν για εκείνη την εποχή καταλυτική καθώς η πλειονότητα των πόλεων ήταν χτισμένες κοντά στα παράλια. Επομένως, χρησίμευαν στη θωράκιση και την άμυνα αυτών των πόλεων απέναντι σε εχθρούς. Το 500 π.Χ. η αρχαία ναυπηγική φτάνει το ζενίθ της, καθώς οι Αθηναίοι και οι Κορίνθιοι δημιουργούν την τρίηρη, ένα πλοίο ευέλικτο και γρήγορο και επαρκή όγκο.

Τη ρωμαϊκή περίοδο έχουμε την κατασκευή πλοίων (γαλέρες) τα οποία τους 1000 μετρικούς τόνους εκτόπισμα και χρησιμοποιούνται και για πολεμικούς και για εμπορικούς σκοπούς. Χρησιμοποιούνταν ευρέως για την άμεση πρόσβαση σε οποιαδήποτε άκρη της ρωμαϊκής επικράτειας και την αντιμετώπιση της πειρατείας, αλλά και χρησιμοποιήθηκαν και ως «όπλα» για πολιορκίες.

Αργότερα, κατά τον 7ο-8ο αιώνα μ.Χ., οι βυζαντινοί επιστήμονες επινοούν το "υγρόν πυρ" και στη συνέχεια οι βυζαντινοί ναυπηγοί το καθιστούν ως ένα κύριο όπλο στις ναυμαχίες αλλά και στις πολιορκίες πόλεων. Δυστυχώς, όμως κατά την διάρκεια της Τουρκοκρατίας είχαμε μια στασιμότητα στην εξέλιξη της ναυπηγικής στο Βυζάντιο αφήνοντάς το πίσω σε σχέση με τις υπόλοιπες ναυτικές δυνάμεις.

Στη δυτική Ευρώπη, αντίθετα, οι ναυπηγοί επιδιώκουν την αναβάθμιση των πλοίων σε επινοώντας νέες τακτικές ώστε τα πλοία να είναι πιο ανθεκτικά στις φθορές που προκαλούσαν τα νέα πυροβόλα όπλα που είχαν μόλις εμφανιστεί. Πρωτοπόροι σε αυτόν τον τομέα εμφανίζονται οι Άγγλοι, οι Βενετοί και οι Ίβηρες. Τα πλοία είναι πλέον τόσο μεγάλα και βαριά που η χρήση κωπηλατών κρίνεται ασύμφορη, και την θέση τους παίρνουν πολλαπλά ιστία με πανιά.

Συνεπώς, χάρις στην απομάκρυνση των κωπηλατών γίνεται πλέον εφικτή η ευρεία χρήση των κανονιών αλλά και των πυροβόλων όπλων στα πλάγια του πλοίου. Έτσι δημιουργούνται πλοία όπως τα καρράκ (πχ. Mary Rose, Αγγλία και Santa Maria, Ισπανία), κορβέτες και man of wars για πολεμικούς σκοπούς και οι караβέλες (πχ. Pinta και Nina, Ισπανία), για



εμπορικούς. Συγκεκριμένα, τα καράκ ήταν αρκετά μεγάλα και ευσταθή πλοία, κάτι που επέτρεψε την διάσχιση του Ατλαντικού και άλλων ωκεανών με στόχο την εξερεύνηση της υφηλίου με πρωτοστάτες τους Ισπανούς και Πορτογάλους κατά τον 15ο και 16ο αιώνα.

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΩΤΩΝ ΜΕΣΩΝ

1.2.1 Καθορισμός έννοιας του πλοίου

Το Πλοίο ορίζεται ως μια ειδική κατασκευή (ναυπήγημα), με στόχο την ασφαλή μετακίνησή της στο νερό.

Όλα τα πλωτά μέσα υπάγονται στη νομοθεσία του Ναυτικού Δικαίου το οποίο και διακρίνεται στο Δημόσιο Ναυτικό Δίκαιο και στο Ιδιωτικό Ναυτικό Δίκαιο που απαρτίζουν και τα δύο σχετικούς Κώδικες (σύνολα ομοειδούς νομοθεσίας), τον Κώδικα Δημοσίου Ναυτικού Δικαίου Κ.Δ.Ν.Δ. και τον Κώδικα Ιδιωτικού Ναυτικού Δικαίου Κ.Ι.Ν.Δ. Επίσης διέπονται από το Διεθνές Ναυτικό Δίκαιο.

Σύμφωνα με τις παραπάνω υφιστάμενες νομοθεσίες:

α). Σύμφωνα τον Κ.Ι.Ν.Δ. άρ.1 παρ.1: ***“Πλοίο είναι κάθε σκάφος καθαρής χωρητικότητας (δηλ. μεγίστης εκμεταλλεύσιμης) τουλάχιστον 10 κόρων, προορισμένο να κινείται αυτοδύναμα στη Θάλασσα”***. Ο κόρος είναι μονάδα μέτρησης όγκου με την οποία γίνεται η μέτρηση της χωρητικότητας ενός πλοίου. Ένας κόρος αντιστοιχεί σε 100 κυβικά πόδια ή 2,83 κυβικά μέτρα. Στην αγγλική αποδίδεται με τον όρο register ton.

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό απαραίτητες προϋποθέσεις είναι:

- να είναι σκάφος,
- να έχει καθαρή χωρητικότητα από 10 κόρους και άνω
- να έχει αυτοδύναμη κίνηση.

β). Κατά τον Κ.Δ.Ν.Δ. άρ.3 παρ.1: ***“Πλοίο είναι κάθε σκάφος προορισμένο να μετακινείται στο νερό για μεταφορά προσώπων ή πραγμάτων, ρυμούλκηση, επιθαλάσσια αρωγή, αλιεία, αναψυχή, επιστημονικές έρευνες ή άλλο σκοπό”***.

Επομένως εδώ ο μοναδικός περιορισμός-προυπόθεση είναι το σκάφος να μπορεί να μετακινείται με ασφάλεια στο νερό, ανεξάρτητα χωρητικότητας ή αυτοδύναμης κίνησης.

Μπορεί εδώ να υπάρχει ο προβληματισμός κατά πόσο οι 2 παραπάνω διατάξεις συγκρούονται. Στην πραγματικότητα όμως, δεν υπάρχει σύγκρουση, αλλά ανάλογα με ποίου Κώδικα τις διατάξεις παρακολουθείται κάποια εφαρμογή με τον ίδιο θα ισχύει και ο ορισμός του πλοίου.

Επίσης κατά το άρ.4 παρ.1 του Κ.Δ.Ν.Δ. προβλέπεται και μια ακόμη κατηγορία το "βοηθητικό ναυπήγημα" που θεωρείται κάθε πλωτό ναυπήγημα ανεξαρτήτως χωρητικότητας που προορίζεται να χρησιμοποιείται σε σταθερή παραμονή για βοηθητικούς σκοπούς εντός λιμένων και αλλού.



Τέλος, όσο αναφορά τα πλωτά μέσα που έχουν χωρητικότητα κάτω από 10 κόρους, χαρακτηρίζονται ως πλοιάρια και είναι κυρίως σκάφη αγώνων (racing boats), αλιευτικά (fishing boats), βοηθητικών υπηρεσιών (service boats) κ.ά.

1.2.2 Η Ταυτότητα του πλοίου

Κάθε πλοίο είναι μοναδικό και έχει τη δική του νομική ταυτότητα. Αυτή περιλαμβάνει:

1. Το όνομα που αναγράφεται στη πρύμνη και στις παρειές του σκάφους, ενώ τα κρατικά φέρουν κωδικό αριθμό.
2. Η χωρητικότητα πλοίου που υπολογίζεται σε κόρους (από ειδικούς φορείς-Νηογνώμονες) και διακρίνεται σε ολική (κ.ο.χ.) και καθαρή (κ.κ.χ.) (πολύ σημαντικό στοιχείο για τα φορτηγά πλοία).
3. Ο λιμένας νηολόγησης (που είναι ελεύθερης επιλογής του πλοιοκτήτη) και ο αριθμός νηολογίου. Το πρώτο προσδιορίζει και την εθνικότητα - σημαία του πλοίου και σημειώνεται στη πρύμνη κάτω από το όνομα. (Δεν σημειώνεται στα κρατικά, αρκεί η επίδειξη της σημαίας).
4. Το Διεθνές Διακριτικό Σήμα (Δ.Δ.Σ.) (που αποτελείται από συνδυασμό τεσσάρων γραμμάτων του λατινικού αλφαβήτου) δίνεται σε πλοία άνω των 30 κόρων καθαρής χωρητικότητας (κ.κ.χ.). Στην Ελλάδα έχουν παραχωρηθεί οι συνδυασμοί από SVAA μέχρι SZZZ ενώ αρμόδιος φορέας διαχείρισης είναι η Επιθεώρηση Εμπορικών Πλοίων (ΕΕΠ) του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας (ΥΕΝ).
(Σημείωση: Δ.Δ.Σ. λαμβάνουν και τα κρατικά πλοία. Μετά τη καταστροφή πλοίου ή διάλυσή του, το Δ.Δ.Σ. που είχε δεν δίδεται σε άλλο πλοίο). Ευνόητο είναι ότι μετά τα παραπάνω αποκλείεται δύο πλοία να έχουν ίδια στοιχεία ταυτότητας έστω κι αν έχουν ίδιο όνομα, χωρητικότητα και λιμάνι νηολογίου αφού θα διαφέρουν στον αριθμό νηολόγησης και στο Δ.Δ.Σ.



1.2.3 Κατηγορίες πλοτών μέσων

Μπορούμε να κατατάξουμε τα πλοία σε πολλές κατηγορίες αναλογα με τα κριτήρια που θέλουμε να τα διακρίνουμε. Συνοπτικά, τα πλοία μπορούν να καταταγούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- I. Με κριτήριο το γενικότερο προορισμό διακρίνονται σε πολεμικά (και άλλα κρατικά) και σε Εμπορικά.
- II. Με κριτήριο τον τομέα δραστηριότητας τα εμπορικά διακρίνονται σε
 - Πλοία μεταφοράς προσώπων ή εμπορευμάτων
 - Αλιευτικά
 - Πλοία εξωοικονομικών σκοπών (ερευνητικά, επιστημονικά, εκπαιδευτικά)
 - Πλοία ειδικών υπηρεσιών
 - Πλοία βοηθητικής ναυτιλίας
 - Πλοία Αναψυχής
- III. Με κριτήριο το τύπο των υδάτων που κινούνται τα πλοία διακρίνονται σε πλοία θαλάσσης (sea vessels), ποταμόπλοια (river ships ή vessels) και σε λιμνόπλοια (lakers ή lake ships)
- IV. Με κριτήριο το αντικείμενο μεταφοράς, τα πλοία διακρίνονται σε πλοία μεταφοράς προσώπων καλούμενα επιβατηγά (passenger ships) και μεταφοράς φορτίων καλούμενα φορτηγά (cargo ships)

Τα επιβατηγά πλοία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω σε ακτοπλοϊκά μικρής, μέσης και μεγάλης ακτοπλοΐας, σε επιβατηγά κλειστών θαλασσών και σε υπερωκεάνια (transocean ships). Με κριτήριο τα εκτελούμενα δρομολόγια διακρίνονται σε συγκοινωνιακών γραμμών εσωτερικού ή εξωτερικού (passenger liners) και σε περιηγητικών πλόων καλούμενα τουριστικά ή κρουαζιερόπλοια (cruise ships).

Τα Φορτηγά πλοία ανάλογα με το είδος του φορτίου που μεταφέρουν διακρίνονται σε 1) φορτηγά ξηρού φορτίου 2) υγρού φορτίου 3) μικτού φορτίου (ξηρού - υγρού φορτίου)

Το φορτηγό πλοίο έχει ένα κύριο κατάστρωμα, υπερυψωμένο πρόστεγο και υπερκατασκευές. Τα ανοίγματα των αμπαριών του φορτηγού πλοίου είναι μεγάλα για να διευκολύνεται η γρήγορη φορτοεκφόρτωση και στοιβασία των φορτίων με μηχανικά μέσα. Προχωρώντας σε μια ταξινόμηση των **φορτηγών πλοίων ξηρού φορτίου, μπορούμε να τα κατατάξουμε σε 4 κατηγορίες:**

1. Γενικών Φορτίων (ελεύθερα φορτηγά)
2. Ομοειδών Φορτίων (ελεύθερα φορτηγά)
3. Εξειδικευμένων μεταφορών(φορτηγά γραμμής)
4. Συνδυασμένων μεταφορών (φορτηγά μικτών φορτίων)

Οι πιο διαδεδομένοι σύγχρονοι τύποι ελεύθερων φορτηγών πλοίων ομοειδούς φορτίου είναι τα bulk carriers, με επι μέρους τύπους τα μεταφοράς δημητριακών (grain carriers), μεταλλευμάτων (ore carriers) κ.ά ενώ των φορτηγών γραμμής (liners) τα containerships.

2) Τα φορτηγά υγρού φορτίου ονομάζονται γενικά δεξαμενόπλοια (tankers) και ανάλογα με το είδος του φορτίου τους διακρίνονται σε 1) πετρελαιοφόρα (oil tankers), 2) υγραεριοφόρα (liquefied gas carriers) 3) ελαιοφόρα (vegetable oils) κλπ



3) Οι πιο διαδεδομένοι τύποι φορτηγών πλοίων διπλής ή τριπλής (πολλαπλής) χρήσης είναι τα πλοία μεταφοράς πετρελαίου - μεταλλεύματος (**oil/ore carriers**) και τριπλής χρήσης τα μεταφοράς των παραπάνω και φορτίων χύδην γνωστά ως oil/bulk/ore carriers ή O.B.O.

Κατηγορίες σύγχρονων πλοίων:

1. Αναψυχής

Αναφερόμαστε σε μικρά πλοία, ιστιοφόρα ή μηχανοκίνητα (γιότ) τα οποία χρησιμοποιούνται για μικρές αποστάσεις με μικρό και όχι ιδιαίτερα εξειδικευμένο πλήρωμα. Τα σκάφη αυτά κατασκευάζονται συνήθως από πλαστικό (φαϊμπεργκλας) και σπανιότερα ξύλο - κυρίως για μεγαλύτερα σκάφη..

2. Εμπορικά

Τα εμπορικά πλοία είναι η ραχοκοκαλιά του σημερινού συστήματος εμπορίου. Με μήκος από 50 έως και 350 μέτρα και εκτόπισμα από 15.000 έως και 550.000 μετρικούς τόνους, τα πλοία αυτά μεταφέρουν ασφαλέστατα τεράστιες ποσότητες εμπορευμάτων σε όλον τον κόσμο. Διακρίνονται σε πλοία χύδην φορτίου (**bulk carriers**), μεταφορείς κοντέινερ (**container ships**), πλοία ειδικού φορτίου (**πλωτά ψυγεία, τσιμεντοφόρα κλπ.**), μικρά τάνκερ, μεγάλα τάνκερ (**VLCC - Very Large Crude oil Carrier**) και σουπερτάνκερ (**ULCC - Ultra Large Crude oil Carrier**).

3. Πολεμικά

Με τον όρο πολεμικό πλοίο θεωρούμε το σκάφος που ανήκει στις ένοπλες δυνάμεις κάθε κράτους. Διοικείται από αξιωματικό που έχει οριστεί από την εκάστοτε κυβέρνηση και φέρει τη σημαία του κράτους του Συνεπώς, για να ορίσουμε ένα σκάφος ως πολεμικό θα πρέπει να είναι σκάφος, με κυβερνήτη Αξιωματικό των ενόπλων δυνάμεων μιας χώρας και να διέπεται εσωτερικά από στρατιωτικούς κανονισμούς (χωρίς να γίνεται μνεία σε χωρητικότητα πλοίου, αυτοδυναμία κίνησης, εξοπλισμό ή οπλισμό)

4. Βοηθητικά

Ως Βοηθητικά πλοία στη ναυτιλία ή πλοία ειδικών αποστολών νοούνται εκείνα που αν και δεν προβαίνουν πάντα σε εμπορία θεωρούνται εμπορικά που λόγω της ιδιάζουσας αποστολής των αποτελούν χωριστή κατηγορία. Μπορούν να είναι δε ιδιωτικά ή κρατικά. Τέτοια πλοία είναι:

1. Ρυμουλκά (Tug Boats): Διακρινόμενα σε ανοικτής θαλάσσης (Ocean Tugs), λιμένος (Harbour Tugs) και ναυπηγείων (Dock Tugs).
2. Ναυαγοσωστικά (Salvage Vessels)
3. Πυροσβεστικά (Fire Fighting ships)
4. Πλοηγίδες (Pilot Boats or Pilot Vessels)
5. Παγοθραυστικά (Ice Braker Ships)
6. Πόντισης καλωδίων (Cable Landing Ships)
7. Ταχυδρομικά (Mail Boats)



1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

1.3.1 Ανάλυση συστημάτων πρόωσης σε κατηγορίες πλοίων

1. Ποντοπόρα Πλοία

Η διάταξη που χρησιμοποιεί η πλειοψηφία των ποντοπόρων πλοίων είναι η πλέον διαδεδομένη. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται σκάφη κ.ο.χ. άνω των 10.000 grt όπως εμπορικά πλοία, δεξαμενόπλοια, επιβατικά ακόμη και μεγάλα αλιευτικά σκάφη.

Η μηχανή είναι συνήθως μια αργόστροφη δίχρονη μηχανή ντίζελ ή μια μεσόστροφη τετράχρονη. Είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον άξονα της έλικας. Το έδρανο ώσεως μεταφέρει τη δύναμη πρόωσης στο κύτος του σκάφους. Η κίνηση προς τα πίσω επιτυγχάνεται αντιστρέφοντας τη φορά περιστροφής του κινητήρα. Ένας μεταβλητός εκκεντροφόρος επιτρέπει αυτή την αντιστροφή της φοράς περιστροφής. Αυτή η διάταξη είναι απλή, αποδοτική και εύκολη στη λειτουργία και τη διατήρηση.

2. Μικρά Σκάφη

Αποτελεί τυπική διάταξη σε μικρά σκάφη όπως γιοτ, ρυμουλκά, αλιευτικά, μικρά πορθμεία κλπ.. Είναι απλή και διαθέσιμη στο εμπόριο.

Η μηχανή που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι δίχρονη (π.χ. Detroit Diesel) ή τετράχρονη (π.χ. Cummins, Caterpillar). Είναι συνήθως μηχανή υψηλών στροφών και απαιτεί μειωτήρα στροφών (π.χ. Twin Disc). Το κιβώτιο έχει δύο ενσωματωμένους συμπλέκτες ένα για εμπρόσθια κίνηση κι ένα για όπισθεν. Το κιβώτιο έχει επίσης ενσωματωμένο το έδρανο ώσεως. Η έλικα σταθερής κλίσης είναι συνδεδεμένη στην άκρη του άξονα. Αυτή η διάταξη είναι εύχρηστη και αξιόπιστη.

3. Κρουαζιερόπλοια

Το μεγαλύτερο επίτευγμα της σύγχρονης ναυτικής μηχανικής αποτελεί η δημιουργία του συστήματος ντίζελ κινητήρα σε διάταξη με ηλεκτροκινητήρα (diesel-electric system). Τα περισσότερα από τα κρουαζιερόπλοια είναι σχετικά νέα και χρησιμοποιούν μια διάταξη όπως αυτή που περιγράφεται. Εξοικονομεί πολύ περισσότερο χώρο που μπορεί να αξιοποιηθεί προς όφελος των υπηρεσιών και της χωρητικότητας σε επιβάτες του πλοίου, είναι ευέλικτο και έχει υψηλό βαθμό αξιοπιστίας. Είναι επίσης εξαιρετικά αποδοτικό καθώς η παραγωγή ενέργειας προσαρμόζεται απόλυτα στη ζήτηση. Είναι τεχνολογικά πολύπλοκο άλλα στη λειτουργία του αρκετά απλό.

Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως τετράχρονες μεσαίων στροφών μηχανές ντίζελ και αυτό οφείλεται στον καλύτερο λόγο μεγέθους - ισχύος, επομένως δεν απαιτείται ιδιαίτερο μεγάλος χώρος μηχανοστασίου. Στο παρελθόν, απαιτούνταν δύο μεγάλες μηχανές για την πρόωση του πλοίου και τρεις ακόμη για να εξυπηρετούν τη μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται το πλοίο για την κάλυψη των ξενοδοχειακών αναγκών. Αυτό οδηγούσε συνήθως σε υπερδιαστασιολόγηση των μηχανών σε σχέση με την μέση



ζήτηση ισχύος. Στα σύγχρονα πλοία ένα κοινό ηλεκτρικό δίκτυο τροφοδοτεί τόσο τις ανάγκες πρόωσης του πλοίου όσο και τη τροφοδοσία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ρυθμίζεται ανάλογα με τις συνολικές απαιτήσεις ισχύος όπως θα συνέβαινε σε ένα σταθμό ηλεκτροπαραγωγής στη ξηρά με αποτέλεσμα εξαιρετικά αποδοτική λειτουργία.

Η πρόωση επιτυγχάνεται μέσω ηλεκτροκινητήρων (τροφοδοτούμενων από κυκλομετατροπείς) οι οποίοι βρίσκονται σε ακάτους εκτός του κύτους του πλοίου, συνδεδεμένοι στην άτρακτο της έλικας. Η πρόωση αποτελεί ένα ακόμα φορτίο (το κύριο) στο δίκτυο παροχής του πλοίου, το οποίο υπαγορεύει την ύπαρξη αρκετών και συχνά διαφορετικής ισχύος κινητήρων. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα απομόνωσης των διαφόρων κινητήρων, με αποτέλεσμα σε περίπτωση π.χ φωτιάς, να μην καταστρέφεται ολόκληρο το σύστημα παραγωγής ισχύος. Το μηχανοστάσιο αποτελείται από πολλά διαμερίσματα σε αντίθεση με παλιότερα όπου ήταν ένας μεγάλος ενιαίος χώρος. Υπάρχει πεποίθηση ότι αυτός ο τύπος συστήματος πρόωσης θα έχει μεγάλη επέκταση και σε άλλα είδη πλοίων όσο οι τιμές της τεχνολογίας μειώνονται και το σύστημα εξελίσσεται και απλοποιείται .

4. Πολεμικά Πλοία

Τα πολεμικά πλοία και γενικά τα στρατιωτικά πλοία έχουν άλλες προτεραιότητες από την επίτευξη αποδοτικής λειτουργίας και εξοικονόμησης καυσίμων. Αυτός είναι ο λόγος που συχνά συναντώνται υψηλής ισχύος συστήματα πρόωσης σε αυτά τα σκάφη. Το μέγεθος της δύναμης πηγάζει από ενεργοβόρους αεριοστρόβιλους ή ατμοστρόβιλους. Το πολεμικό ναυτικό των Η.Π.Α. χρησιμοποιεί ευρέως την παραγωγή ατμού για την πρόωση των πλοίων καθώς ένα μεγάλο ποσοστό του πολεμικού στόλου κινείται με ατμό που παράγεται από πυρηνικούς αντιδραστήρες. Τα παραδοσιακά συστήματα ατμοστροβίλων εξακολουθούν να εφαρμόζονται αλλά χρόνο με το χρόνο αντικαθίστανται από ναυτικούς αεριοστρόβιλους που θεωρούνται επικρατέστεροι για το καλύτερο λόγο ισχύος προς βάρους (δεν υπάρχει ανάγκη για εγκατάσταση μεγάλων δεξαμενών, λεβήτων κλπ). Στον Καναδά για παράδειγμα, οι φρεγάτες Halifax κινούνται με αεριοστρόβιλους, ενώ υπάρχει και σύστημα οικονομικότερης πρόωσης σε μικρότερες ταχύτητες με κινητήρα ντίζελ μεσαίων στροφών. Στον εμπορικό στόλο εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων συναντώνται σπανιότερα καθώς ο κινητήρας ντίζελ μπορεί να κάνει την ίδια δουλειά με πιο αποδοτικό τρόπο. Εξάιρεση αποτελούν τα μεγάλα δεξαμενόπλοια, λόγω των τεραστίων απαιτήσεων σε ισχύ την οποία δεν μπορούν να προσφέρουν οι ντιζελοκινητήρες.

Οι εγκαταστάσεις στροβίλων είναι συμπαγείς και υψηλόστροφες. Η λειτουργία τους είναι απλή αλλά οι μεγάλες απαιτήσεις συντήρησης και η υψηλή κατανάλωση καυσίμου οδηγούν σε περιορισμένη εφαρμογή τους στην πρόωση πλοίων. Η διάταξη αποτελείται από έναν αεριοστρόβιλο και δυο μηχανές ντίζελ για κίνηση σε χαμηλότερες ταχύτητες.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΕΚΛΥΟΜΕΝΟΙ ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

2.1 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Ορίζονται οι ρύποι που εκλύονται λόγω της λειτουργίας των ναυτικών κινητήρων. Μπορούμε να τους διακρίνουμε στις εξής κατηγορίες ανάλογα με τα βασικά χαρακτηριστικά τους :

2.1.1 Κριτήρια διάκρισης ρύπων

Ο όρος Κριτήρια Διάκρισης Ρύπων (Criteria Air Pollutants) αποτελεί διεθνή ονομασία για τους ρύπους εκείνους για τους οποίους οι διεθνείς οργανισμοί έχουν καθιερώσει κριτήρια ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα βασιζόμενα σε βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία που συνδέονται με την έκθεση σε αυτούς.

• Το τροποσφαιρικό όζον (O₃)

Θεωρείται αέριος ρύπος που συνήθως δεν εκλύεται άμεσα στην ατμόσφαιρα αλλά δημιουργείται από χημική αντίδραση ανάμεσα σε οξειδία του αζώτου (NO_x) και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) υπό το ηλιακό φως. Το όζον έχει την ίδια χημική δομή είτε βρίσκεται στα ανώτερα είτε στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και για αυτό η δράση του μπορεί να χαρακτηριστεί ως «καλή» ή «κακή» ανάλογα με το που τοποθετείται.

Στα κατώτερα επίπεδα το όζον θεωρείται επιβλαβές. Αποτελεί βασικό συστατικό του νέφους που συναντάμε στις πόλεις κυρίως τις ζεστές και ηλιόλουστες μέρες που ο σχηματισμός του ευνοείται για αυτό χαρακτηρίζεται και ως «καλοκαιρινός ρύπος».

• Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο με χημικό μοριακό τύπο CO. Είναι τοξικό για τους ανθρώπους και τα ζώα ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις, παρ' όλο που παράγεται σε μικρές ποσότητες από τον κανονικό ζωικό μεταβολισμό και θεωρείται ότι συμμετέχει σε κάποιες φυσιολογικές βιολογικές λειτουργίες. Το μόριο του μονοξειδίου του άνθρακα αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα και ένα άτομο οξυγόνου, συνδεμένα με ένα (συνολικά) τριπλό δεσμό (-:C ≡ O:). Είναι ο απλούστερος οξάνθρακας (δηλαδή ένωση που αποτελείται μόνο από άνθρακα και οξυγόνο). Το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται από μερική οξείδωση ανθρακούχων ενώσεων ή και άνθρακα. Παράγεται όταν δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να παραχθεί διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), όπως συμβαίνει όταν λειτουργεί καυστήρας ή μηχανή εσωτερικής καύσης σε κλειστό χώρο. Με την παρουσία οξυγόνου, το μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να καεί, δίνοντας μια γαλάζια φλόγα και παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα



• **Τα αιωρούμενα σωματίδια κάτω των 10 μm (PM_{10}) και 2,5 μm ($\text{PM}_{2.5}$)**

Ως αιωρούμενα σωματίδια (Suspended Particulate Matter,) χαρακτηρίζουμε κάθε σώμα, στερεό ή υγρό, εκτός από το νερό, που έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 0,0002 μm και μικρότερη από 500 μm . Η σκόνη, ο καπνός και η ιπτάμενη τέφρα αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αιωρούμενων σωματιδίων. Τα αιωρούμενα σωματίδια δεν είναι ένας ενιαίος ρύπος αλλά ένα μίγμα ρύπων. Καίριο ρόλο στην προσφητική ικανότητά τους παίζει η ειδική επιφάνειά τους. Όσο μειώνεται η διάμετρος τόσο αυξάνεται η προσφητική ικανότητα. Τα αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου 2.5 – 10 μm , χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκα σωματίδια. Τα PM_{10} αποτελούνται από λεπτομερώς διαχωρισμένη ανόργανη υ'λη-ορυκτά, όπως οξείδια του Αργιλίου, Πυρίτιο, Σίδηρο. Τα $\text{PM}_{2.5}$ προκύπτουν από καυσαέρια αυτοκινήτων-πλοίων, από βιομηχανικές εγκαταστάσεις κ.α

• **Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2)**

Είναι αέριο με καφέ χρώμα, διαλυτό στο νερό, ισχυρό οξειδωτικό, με οξεία ερεθιστική οσμή. Εμπλέκεται και ενεργοποιεί τον φωτοχημικό κύκλο αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και το σχηματισμό έτσι της φωτοχημικής ρύπανσης. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι υπεύθυνο για την καφέ όψη του αστικού ουρανού. Σχηματίζεται άμεσα από τις εκπομπές αυτοκινήτων, φορτηγών, μη οδικού εξοπλισμού, ναυτικών μηχανών και βιομηχανιών και όπως το τροποσφαιρικό όζον και τα αιωρούμενα σωματίδια προσβάλλει το αναπνευστικό σύστημα.

Οι εκπομπές NO_x γενικά αυξάνουν την οξίνιση και τον ευτροφισμό (υπερεμπλουτισμός θρεπτικών ουσιών στα συστήματα νερού και εδάφους) και προωθούν το σχηματισμό του όζοντος και της αιθαλομίχλης (σωματιδίων) στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές.

• **Το διοξείδιο του θείου (SO_2)**

Το Διοξείδιο του θείου (SO_2) μαζί με το τριοξείδιο του θείου (SO_3) ομαδοποιούνται υπό τον γενικό όρο των οξειδίων του θείου (SO_x). Τα οξείδια του θείου είναι διαβρωτικά τοξικά αέρια με δυσάρεστη οσμή. Κυριότερες πηγές προέλευσης του διοξειδίου του θείου είναι οι ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί, οι χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο. Οι εκπομπές SO_x προκαλούν όξινη βροχή κι έχουν αρνητική επίδραση στη βλάστηση και την ανθρώπινη υγεία καθώς και διαβρωτική επίδραση στα κτίρια. Τα SO_x συμβάλλουν επίσης στη διαμόρφωση "δευτερευόντων" σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Οι εκτιμήσεις διαφωνούν σχετικά με τον αρνητικό αντίκτυπο των εκπομπών SO_x στους ωκεανούς, επειδή το θαλασσινό νερό είναι αλκαλικό και η σημασία της διασυνωριακής ατμοσφαιρικής μεταφοράς του SO_x δεν είναι πλήρως κατανοητή.

• **Ο μόλυβδος (Pb)**

Ο μόλυβδος είναι μαλακό μέταλλο αργυρόχρουν και ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων. Ένα ποσοστό της σωματιδιακής σκόνης αποτελείται από σωματίδια μολύβδου. Οι σημαντικότερες πηγές εκπομπών μολύβδου ήταν ανέκαθεν οι μεταφορές και η βιομηχανία. Από το 1980 έως το 1999, ως αποτέλεσμα των διεθνών κανονισμών για απομάκρυνση του μολύβδου από τα καύσιμα, οι εκπομπές από τις μεταφορές είχαν μειωθεί



κατά 95% και τα επίπεδα μολύβδου στην ατμόσφαιρα κατά 94%. Σήμερα η μεγαλύτερη συγκέντρωση μολύβδου στον αέρα εντοπίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές γύρω από χυτήρια μολύβδου, αποτεφρωτήρες αποβλήτων και βιομηχανίες κατασκευής μπαταριών.

• Οι Υδρογονάνθρακες (VOCs)

Οι Υδρογονάνθρακες είναι μια ομάδα που περιλαμβάνει τις εκατοντάδες των οργανικών ενώσεων στις οποίες άνθρακας ενώνεται με άτομα υδρογόνου, αζώτου, οξυγόνου και θείου. Αν και δεν θεωρούνται βασικοί ρύποι, οι υδρογονάνθρακες συχνά συγκαταλέγονται σε αυτή την κατηγορία, καθώς είναι πρόδρομες χημικές ουσίες για το σχηματισμό τροποσφαιρικού όζοντος. Λόγω του σύνθετου χαρακτήρα των εκπομπών υδρογονανθράκων, είναι δύσκολο να καθοριστούν οι κίνδυνοι που ενέχουν για την ανθρώπινη υγεία.

Οι εκπομπές υδρογονανθράκων διακρίνονται γενικώς σε δύο κατηγορίες: total hydrocarbons (THC) και non-methane hydrocarbons (NMHC).

Ένας άλλος όρος που χρησιμοποιείται είναι πτητικές οργανικές ενώσεις-volatile organic compounds (VOCs), ο οποίος περιλαμβάνει γενικά όλους τους υδρογονάνθρακες των οποίων είτε το μεθάνιο ή και το μεθάνιο και αιθάνιο έχουν αφαιρεθεί.

Οι THC επηρεάζουν το σχηματισμό του όζοντος και του νέφους στην κατώτερη ατμόσφαιρα σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Ορισμένοι θεωρούνται καρκινογόνοι ενώ από τους υδρογονάνθρακες που εμπίπτουν στην κατηγορία των αερίων του θερμοκηπίου, το μεθάνιο κυρίως επηρεάζει έντονα τη θέρμανση του πλανήτη.

2.1.2 Καταγραφή αερίων του θερμοκηπίου συμπεριλαμβανομένης της Αιθάλης

Τα αέρια που παγιδεύουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα αποκαλούνται αέρια του θερμοκηπίου. Μερικά από αυτά όπως το διοξείδιο του άνθρακα βρίσκονται φυσικά στην ατμόσφαιρα και εκλύονται μέσω διεργασιών της φύσης. Άλλα δημιουργούνται και εκπέμπονται αποκλειστικά από τον άνθρωπο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου και τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

• Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο αέριο του θερμοκηπίου που συνδέεται με την καύση του πετρελαίου (και άλλων ορυκτών καυσίμων). Μαζί με το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα είναι το τελικό προϊόν από την πλήρη καύση των υδρογονανθράκων. Το CO₂ είναι άχρωμο, άοσμο και μη τοξικό αέριο και είναι ένα φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας.

Ευθύνεται παγκοσμίως για τουλάχιστον το 60% του ενισχυμένου φαινομένου των αερίων του θερμοκηπίου. Στις βιομηχανικές χώρες το CO₂ αποτελεί τουλάχιστον το 80% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Μπορεί να παραμείνει στην ατμόσφαιρα για 50-200 χρόνια ανάλογα με τον τρόπο ανακύκλωσης και επιστροφής του στο έδαφος και τους ωκεανούς.

• Μεθάνιο (CH₄)

Θεωρείται το δεύτερο σημαντικότερο αέριο που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το μεθάνιο συντίθεται κατά κύριο λόγο από βακτήρια που ενισχύονται με οργανικές ύλες ελλείψει οξυγόνου. Εκπέμπεται από διάφορες φυσικές πηγές και από



ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων, η κτηνοτροφία, οι καλλιέργειες κ.α.

Το μεθάνιο στην ατμόσφαιρα δεσμεύει 23 φορές περισσότερη θερμότητα από το διοξείδιο του άνθρακα ωστόσο η διάρκεια ζωής του είναι αρκετά μικρότερη, από 10 έως 15 χρόνια.

- **Υποξείδιο του Αζώτου (N₂O)**

Το υποξείδιο του αζώτου απελευθερώνεται με φυσικό τρόπο από τους ωκεανούς και τα παρθένα δάση ωστόσο η ανθρώπινη δραστηριότητα δημιουργεί επιπλέον εκπομπές μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων, της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων και της επεξεργασίας λυμάτων. Στις βιομηχανικές χώρες το N₂O αποτελεί το 6% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Όπως και τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου το υποξείδιο του αζώτου απορροφάει τη θερμότητα της ατμόσφαιρας που προσπαθεί να διαφύγει προς το διάστημα. Είναι μάλιστα 310 φορές πιο αποτελεσματικό από το CO₂ στη δέσμευση της θερμότητας.

- **Φθοριούχα Αέρια του Θερμοκηπίου**

Τα αέρια αυτά, τα οποία αποδεδειγμένα έχουν συμβάλει τουλάχιστον κατά 5% στην επιτάχυνση των κλιματικών αλλαγών, βρίσκονται συνήθως στα συστήματα ψύξης και κλιματισμού, στα ψυγεία, στα συστήματα πυρόσβεσης και στον μονωτικό αφρό. Αν εκλυθούν στην ατμόσφαιρα, οι βλαβερές τους επιδράσεις μπορεί να διαρκέσουν εκατοντάδες, ακόμη και χιλιάδες χρόνια.

Τα φθοριούχα αέρια περιλαμβάνουν τους υδροφθοράνθρακες που χρησιμοποιούνται για την ψύξη και κατάψυξη, το εξαφθοριούχο θείο (SF₆) που χρησιμοποιείται στην βιομηχανία ηλεκτρονικών και τους υπερφθοράνθρακες (PFC) που εκπέμπονται από την παραγωγή αλουμινίου και χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρονική βιομηχανία. Ο δημοφιλέστερος όμως εκπρόσωπος της κατηγορίας είναι οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) που δεν αποτελούν μόνο αέρια του θερμοκηπίου αλλά παράλληλα καταστρέφουν και τη στοιβάδα του όζοντος. Η χρήση τους έχει αρχίσει να φθίνει μετά το 1987 και το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για ουσίες που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος.

- **Αιθάλη**

Εκτός από τα αέρια του θερμοκηπίου, ένας άλλος ρύπος που προκαλεί ανησυχία είναι η Αιθάλη ή Μαύρος Άνθρακας ή Στοιχειώδης Άνθρακας (Black Carbon, Elemental Carbon). Δημιουργείται από την ατελή καύση των ορυκτών καυσίμων, των βιοκαυσίμων και της βιομάζας και εκλύεται τόσο από ανθρωπογενείς όσο κι από φυσικές δραστηριότητες. Η δράση της αιθάλης συντελεί στη θέρμανση του πλανήτη απορροφώντας τη θερμότητα της ατμόσφαιρας και επιπλέον μειώνει την ικανότητα αντανάκλασης του ηλιακού φωτός όταν είναι αποθηκευμένη σε χιόνι ή πάγο. Θεωρείται ότι έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά στη παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας μετά το CO₂. Η αιθάλη παραμένει στην ατμόσφαιρα για ορισμένες μέρες έως εβδομάδες και γι αυτό οι προσπάθειες μείωσης της ποσότητας που εκλύεται μπορούν να έχουν σημαντικά αποτελέσματα σε πολύ σύντομο διάστημα.

2.1.3 Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι στην ναυτιλία

Παρόλο που οι εκπομπές αερίων ρύπων από χερσαίες πηγές έχουν αρχίσει να φθίνουν, αυτές που προέρχονται από τη ναυτική δραστηριότητα δείχνουν συνεχιζόμενη αύξηση.

Οι εκπομπές από εμπορικά πλοία που δραστηριοποιούνται σε περιοχές περιμετρικά της Ευρώπης όπως η Βαλτική, η Βόρεια θάλασσα, το βορειοανατολικό τμήμα του Ατλαντικού Ωκεανού, η Μεσόγειος και η Μαύρη θάλασσα υπολογίστηκαν στα 3,3 εκατομμύρια τόνους οξειδίων του αζώτου (NO_x), 2,3 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του θείου (SO₂) και 250.000 τόνους αιωρούμενων σωματιδίων (PM) το έτος 2000 (σε έρευνα του European Federation for Transport and Environment). Με τις υπάρχουσες συνθήκες αναμένεται ότι οι εκπομπές SO₂ και NO_x θα αυξηθούν κατά 40-50% μέχρι το 2020 σε σύγκριση με το 2000. Σε κάθε περίπτωση υπολογίζεται ότι μέχρι το 2020 οι εκπομπές από τη διεθνή ναυτιλιακή δραστηριότητα στις θάλασσες της Ευρώπης θα ισοσκελίσουν ή ακόμα και θα ξεπεράσουν τις εκπομπές που προέρχονται από όλες τις χερσαίες πηγές των 27 κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι υπολογισμοί αυτοί αναφέρονται μόνο στα ποντοπόρα πλοία του διεθνούς εμπορίου και δεν περιλαμβάνουν πλοία που δραστηριοποιούνται στα εσωτερικά ύδατα τις κάθε χώρας.

Εικόνα 2-1 Σύγκριση εκπομπών NO_x, SO₂ από χερσαίες πηγές και θαλάσσιες μεταφορές

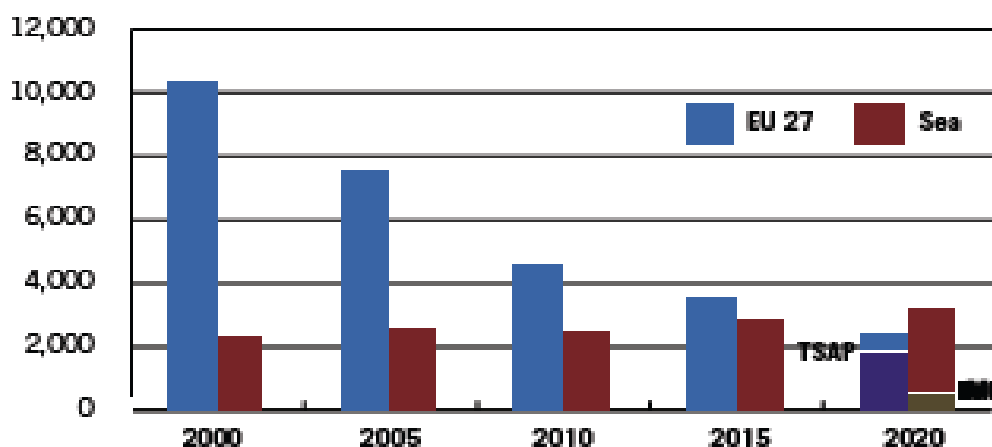


Figure 1: Emissions of SO₂ 2000–2020 (ktonnes).

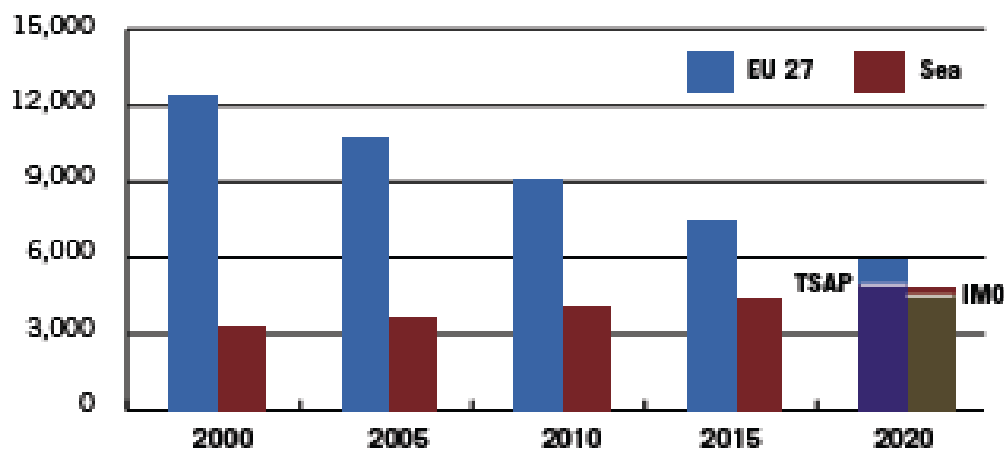


Figure 2: Emissions of NO_x 2000–2020 (ktonnes).



2.2 ΝΑΥΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

2.2.1. Διάκριση ναυτικών καυσίμων

Ο Διεθνής Οργανισμός Πιστοποίησης - International Organization for Standardization (ISO) έχει αναπτύξει τα πρότυπα ISO 8216 και ISO 8217 που περιγράφουν τις κατηγορίες των καυσίμων των πλοίων και παρέχουν λεπτομερείς προδιαγραφές για αυτά. Από ένα σύνολο 19 κατηγοριών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία, τρεις κατηγορίες ή διαβαθμίσεις καυσίμων είναι αυτές που χρησιμοποιούνται συχνότερα από τα πλοία. Τα διεθνή βιομηχανικά ονόματα για αυτές τις διαβαθμίσεις είναι :

- **Intermediate Fuel Oil (IFO 180), (IFO 380),**
- **Marine Distillate Oil (MDO)**
- **Marine Gas Oil (MGO).**

Το **βαρύ καύσιμο IFO 380** χρησιμοποιείται ευρέως στα ποντοπόρα πλοία. Το MDO είναι απόσταγμα, **προϊόν ανάμειξης gas oil και μικρότερης ποσότητας βαρέως πετρελαίου**. Το **MGO είναι είδος gas oil και δεν έχει αναμειχθεί με βαρέα καύσιμα**.

Στη ναυτιλία και στη βιομηχανία ανεφοδιασμού οι όροι MDO και MGO χρησιμοποιούνται πολλές φορές αδιακρίτως, καθιστώντας δύσκολη τη διαφοροποίηση μεταξύ των δύο διαβαθμίσεων. Σε ορισμένες χώρες τα αποστάγματα αναφέρονται με το γενικό όρο gas oils. Τα βαρέα καύσιμα ονομάζονται επίσης marine diesel fuel, fuel oil, heavy fuel oil, bunker oil ή bunker fuel. Για λόγους απλούστευσης τα **MDO και MGO θα αναφέρονται ως marine distillate fuel (MDF)**, ενώ οι διάφορες ποιότητες **IFO θα αναφέρονται ως marine residual fuel (MRF)**.

Οι περισσότεροι μεγάλοι ναυτικοί κινητήρες ντίζελ έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν με καύσιμα διαφόρων ποιοτήτων (από ελαφρύ καύσιμο απόσταξης έως βαρύ υπόλειμμα χαμηλής ποιότητας – MRF). Η επιλογή ενός συγκεκριμένου καυσίμου είναι θέμα κυρίως οικονομικό, που επηρεάζεται όμως από παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα του συγκεκριμένου τύπου, οι δυνατότητες επεξεργασίας του καυσίμου στο πλοίο και η αντοχή του κινητήρα στις επιβλαβείς προσμίξεις και στις αλλαγές ιδιοτήτων του κάθε καυσίμου, σε σχέση πάντα και με το κόστος συντήρησης.

Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα του California Air Resources Board, τα ποντοπόρα πλοία τυπικά χρησιμοποιούν βαρέα καύσιμα τόσο στις κύριες όσο και στις βοηθητικές μηχανές. **Μόλις το 22% των βοηθητικών μηχανών χρησιμοποιεί MDO** και ένα πολύ μικρό ποσοστό χρησιμοποιεί ελαφρύτερα καύσιμα όπως MGO για τη λειτουργία των βοηθητικών μηχανών κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού.

Παρόλο που το ISO 8217 λαμβάνει υπόψη τις διάφορες διεθνείς απαιτήσεις για ιδιότητες όπως το σημείο ανάφλεξης και η περιεκτικότητα σε θείο, εναπόκειται στο χρήστη να προσδιορίσει και να εξασφαλίσει τη συμμόρφωση με όλες τις τοπικές, εθνικές και περιφερειακές απαιτήσεις.



2.3 ΙΣΧΥΟΝ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.3.1 Διεθνείς Κανονισμοί

Παράρτημα VI του Πρωτοκόλλου MARPOL 73/78

Η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος - Marine Environment Protection Committee (MEPC), τμήμα του Διεθνούς Οργανισμού για τη Ναυτιλία (International Maritime Organization - IMO) συνέταξε το Παράρτημα VI του Πρωτοκόλλου MARPOL 73/78 για την αποτροπή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τη ναυτική δραστηριότητα το 1997 και οι κανονισμοί που περιλαμβάνει τέθηκαν σε ισχύ το Μάιο του 2005. Μέχρι τότε συμμετείχαν 53 χώρες που αντιπροσωπεύουν περίπου το 81,88% της ολικής χωρητικότητας του στόλου της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλίας.

Συνοπτικά, το Πρωτόκολλο θέτει όρια στις εκπομπές διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου από στα καυσάερια των πλοίων και απαγορεύει την εσκεμμένη εκπομπή ουσιών που καταστρέφουν το όζον. Θέτει ένα συνολικό ανώτατο όριο του 4,5% κ.β για την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων και καλεί τον Διεθνή Οργανισμό να παρακολουθεί την παγκόσμια μέση περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο.

Το Παράρτημα VI περιλαμβάνει επίσης διατάξεις που επιτρέπουν στις Περιοχές Ελεγχόμενων Εκπομπών Θείου (Sulphur Emission Control Areas (SECAs)) να καθορίσουν αυστηρότερα όρια για τις εκπομπές θείου. Για αυτές τις περιοχές το μέγιστο επιτρεπόμενο περιεχόμενο σε θείο των καυσίμων δε πρέπει να ξεπερνά το 1,5% κ.β. Εναλλακτικά τα πλοία μπορούν να εφαρμόσουν κάποιο σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων τους ή οποιαδήποτε άλλη τεχνική λύση που θα επιφέρει μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου. Το Παράρτημα VI δίνει τη δυνατότητα σε μια περιοχή που επιθυμεί να χαρακτηριστεί ως Περιοχή Ελεγχόμενων Εκπομπών, να σχεδιαστεί τόσο ως προς της εκπομπές SO_x ή Αιωρούμενων Σωματιδίων ή NO_x ή ακόμα και των τριών ρύπων μαζί εάν παρουσιάσει τα απαιτούμενα δεδομένα στον Διεθνή Οργανισμό για τη Ναυτιλία ότι συντρέχει λόγος μείωσης και ελέγχου ενός ή και των τριών ρύπων.

Το Πρωτόκολλο απαγορεύει τις εσκεμμένες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον όπως οι αλογονομένοι υδρογονάνθρακες (halons) και οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs). Όσον αφορά τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου από τους ναυτικούς κινητήρες τίθενται όρια με βάση έναν τεχνικό πίνακα που συντάχθηκε και κατηγοριοποιεί τις μηχανές ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Ακόμη απαγορεύεται η αποτέφρωση πάνω στο πλοίο διαφόρων υλικών όπως τα μολυσμένα υλικά συσκευασίας και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs).

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι αρμόδιες Αρχές σε Η.Π.Α, Ε.Ε και Ιαπωνία δέχονται έντονες πιέσεις από τους κατασκευαστές ναυτικών κινητήρων για να εναρμονίσουν τα πρότυπα εκπομπών ούτως ώστε να απλοποιηθεί η ανάπτυξη και κατασκευή κινητήρων που απευθύνονται στις παγκόσμιες αγορές.



Αναθεωρημένο Παράρτημα VI του Πρωτοκόλλου MARPOL 73/78

Η Επιτροπή Προστασίας του Θαλασσιού Περιβάλλοντος αποφάσισε ομόφωνα στην 58^η συνεδρίαση που έλαβε χώρα στο Λονδίνο, στην έδρα του Οργανισμού τον Οκτώβρη του 2008, να γίνουν τροποποιήσεις στο Παράρτημα VI του Πρωτοκόλλου MARPOL. Το αναθεωρημένο Παράρτημα ετέθη σε ισχύ την 1^η Ιανουαρίου του 2010. Στη συνέχεια παρατίθενται οι βασικότεροι κανονισμοί που αναπτύσσονται σε αυτό :

- **Επιθεωρήσεις**

Σε κάθε πλοίο ολικής χωρητικότητας 400 gt (gross tonnage) και άνω και σε κάθε μόνιμη και πλωτή εγκατάσταση εξόρυξης πετρελαίου ή άλλη πλατφόρμα, διενεργούνται οι ακόλουθες επιθεωρήσεις:

- α) Αρχική επιθεώρηση διενεργείται πριν το πλοίο τεθεί σε λειτουργία ή πριν την αρχική έκδοση του Διεθνούς Πιστοποιητικού Πρόληψης Ρύπανσης του Αέρα.
- β) Περιοδικές επιθεωρήσεις λαμβάνουν χώρα σε χρόνο που καθορίζεται από την Αρχή χωρίς να υπερβαίνουν τα πέντε (5) έτη.
- γ) Τουλάχιστον μία ενδιάμεση επιθεώρηση διενεργείται κατά τη διάρκεια των πέντε ετών και πραγματοποιείται μέσα σε χρονικό διάστημα έξι μηνών πριν ή μετά την ημερομηνία του μέσου της περιόδου αυτής (6 μήνες πριν ή μετά τα 2,5 έτη).
- δ) Επιπρόσθετες επιθεωρήσεις πρέπει να λαμβάνουν χώρα κάθε φορά που γίνονται σημαντικές εργασίες ή μετασκευές στο πλοίο ώστε να διασφαλίσουν ότι δεν επηρεάζονται τα χαρακτηριστικά που πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του Πρωτοκόλλου.

Στα πλοία ολικής χωρητικότητας μικρότερης των 400gt η εκάστοτε Αρχή μπορεί να εφαρμόσει τα μέτρα που θεωρεί αποτελεσματικά ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του Πρωτοκόλλου.

Οι επιθεωρήσεις των υπόχρεων πλοίων γίνονται είτε από επιθεωρητές του Παγκόσμιου Οργανισμού για τη Ναυτιλία είτε από αναγνωρισμένους Οργανισμούς. Εάν κατά τη διενέργεια της επιθεώρησης κριθεί από τον επιθεωρητή ότι ο εξοπλισμός του πλοίου δεν ανταποκρίνεται στα στοιχεία του Πιστοποιητικού, λαμβάνεται μέριμνα προκειμένου να διασφαλίζεται ότι έχουν ληφθεί ενέργειες αποκατάστασής του με παράλληλη ενημέρωση της Αρχής. Για οποιεσδήποτε αλλαγές στον εξοπλισμό, συστήματα, εξαρτήματα, διατάξεις ή υλικά που καλύπτονται από την επιθεώρηση, απαιτείται η προηγούμενη έγκριση της Αρχής.

- **Διεθνές Πιστοποιητικό Πρόληψης Ρύπανσης του Αέρα (ΔΠΠΡΑ)**

Μετά από κάθε αρχική ή περιοδική επιθεώρηση πρέπει να εκδίδεται ένα πιστοποιητικό που να βεβαιώνει ότι το εκάστοτε πλοίο συνάδει με τις απαιτήσεις που τίθενται στο Πρωτόκολλο MARPOL. Το Πιστοποιητικό μπορεί να εκδοθεί και από Ανεξάρτητη Αρχή που είναι όμως αναγνωρισμένη σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και μπορεί να έχει μέγιστη διάρκεια πέντε ετών.

- **Προληπτικοί Έλεγχοι**

Όταν κάποιο πλοίο βρίσκεται σε λιμάνι ή τερματικό σταθμό δύναται να δεχτεί έλεγχο από τις τοπικές αρμόδιες αρχές όσον αφορά τις λειτουργικές απαιτήσεις που προβλέπονται στο Παράρτημα IV σχετικά με τις εκπομπές αερίων ρύπων. Σε περίπτωση που βρεθούν παραβάσεις, οι αρμόδιες αρχές καταγράφουν λεπτομερώς τα στοιχεία και τα προωθούν στο Διεθνή Οργανισμό όπου λαμβάνει τα σχετικά μέτρα.



- Κανονισμός για τις ουσίες που καταστρέφουν το Όζον

Ο Κανονισμός αναφέρεται σε ουσίες των οποίων οι εκπομπές καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος της ατμόσφαιρας και που ορίζονται στο Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ του 1987. Ενδεικτικά, στις ουσίες αυτές περιλαμβάνονται οι κάτωθι:

Halon 1211 Βρωμοχλωροδιφθορομεθάνιο
Halon 1301 Βρωμοτριφθορομεθάνιο
Halon 2404 1,2-διβρωμο-1,1,2,2-τετραφθοροαιθάνιο (γνωστό επίσης ως Halon 114B2)
CFC-11 Τριχλωροδιφθορομεθάνιο
CFC-12 Διχλωροδιφθορομεθάνιο
CFC-113 1,1,2-τριχλωρο-1,2,2-τριφθοροαιθάνιο
CFC-114 1,2-διχλωρο-1,1,2,2-τετραφθοροαιθάνιο
CFC-115 Χλωροπενταφθοροαιθάνιο

Οι ηθελημένες εκπομπές αυτών των ουσιών απαγορεύονται περιλαμβανομένων των εκπομπών που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια συντήρησης, επισκευής ή διάθεσης συστημάτων και εξοπλισμού, εκτός και εάν συνδέονται με ελάχιστες διαρροές για την ανάκτηση ή ανακύκλωση μιας ουσίας που καταστρέφει το όζον. Επίσης απαγορεύονται οι νέες εγκαταστάσεις (συστήματα εξοπλισμού, φορητές μονάδες πυρόσβεσης, μονωτικά υλικά κ.α.) που περιέχουν τέτοιες ουσίες εκτός από αυτές που περιέχουν χλωροφθοριομένους υδρογονάνθρακες (HCFCs) και οι οποίες επιτρέπονται μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2020.

- Κανονισμός για τα Οξειδία του Αζώτου (NOx)

Ο Κανονισμός αυτός εφαρμόζεται σε κάθε μηχανή ντίζελ με ισχύ μεγαλύτερη από 130 KW, η οποία εγκαθίσταται σε ένα πλοίο το οποίο κατασκευάστηκε μετά την 1η Ιανουαρίου 2000 καθώς και κάθε μηχανή ντίζελ με ισχύ μεγαλύτερη από 130 KW η οποία υπόκειται σε μετασκευή ευρείας έκτασης μετά την 1η Ιανουαρίου 2000.

Ο Κανονισμός δεν αφορά μηχανές ντίζελ έκτακτης ανάγκης (ηλεκτρογεννήτριες), μηχανές πρόωσης σωσίβιων λέμβων και οποιαδήποτε συσκευή ή εξοπλισμό που χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Επίσης δεν αφορά κινητήρες σκαφών που εκτελούν δρομολόγια στα ύδατα του κράτους που φέρουν τη σημαία του με την προϋπόθεση ότι υπάγονται σε κάποιο εναλλακτικό έλεγχο για τις εκπομπές NOx.

Ο έλεγχος για τις εκπομπές NOx πηγάζει από τον αναθεωρημένο Τεχνικό Κώδικα για τα NOx 2008 (NOx Technical Code 2008) που έχει συνταχθεί από το Διεθνή Οργανισμό για τη Ναυτιλία. Κατηγοριοποιεί τις μηχανές ντίζελ των πλοίων σε τρεις βαθμίδες (tiers) ανάλογα με το έτος κατασκευής ή μετασκευής τους και θέτει τα αντίστοιχα όρια στις εκπομπές.



Για μηχανές που έχουν εγκατασταθεί σε ένα πλοίο κατασκευασμένο ανάμεσα στην 1^η Ιανουαρίου 2000 και την 1^η Ιανουαρίου 2011 ισχύουν τα ακόλουθα όρια εκπομπών NO_x (υπολογισμένα ως συνολικές σταθμισμένες εκπομπές) :

- 17 gr/kWh όταν το n είναι μικρότερο από 130 σ.α.λ
- $45 \cdot n^{(-0,2)}$ γρ/kWh όταν το n είναι μεγαλύτερο ή ίσο από 130 αλλά μικρότερο από 2000 σ.α.λ
- 9,8 γρ/kWh όταν το n είναι ίσο ή μεγαλύτερο από 2000 σ.α.λ, όπου n είναι η ονομαστική ταχύτητα της μηχανής (περιστροφές στροφαλοφόρου ανά λεπτό).

Η λειτουργία μιας μηχανής ντίζελ επιτρέπεται επίσης όταν λειτουργεί ένα σύστημα καθαρισμού καυσαερίων εγκεκριμένο σύμφωνα με τον Τεχνικό Κώδικα NO_x ή εφαρμόζεται οποιαδήποτε άλλη ισοδύναμη μέθοδος, εγκεκριμένη από την Αρχή, για τη μείωση των εκπομπών NO_x στο πλοίο τουλάχιστον μέχρι τα όρια που προαναφέρθηκαν.

Με την ίδια λογική έχουν θεσπιστεί όρια που αφορούν τις μηχανές που τοποθετήθηκαν σε πλοία κατασκευασμένα μετά το 2011 έως και το 2016 (Βαθμίδα 2^η). Οι τρεις βαθμίδες και οι απαιτήσεις που θέτουν για τους ναυτικούς κινητήρες παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί. Σε κάθε νέο επίπεδο γίνεται περιορισμός των επιτρεπόμενων εκπομπών NO_x μέχρι να σημειωθεί μείωση της τάξης του 80% σε μηχανές που θα λειτουργήσουν από το 2016 κι έπειτα.

Πίνακας 2-2 Πρότυπα περιορισμού εκπομπών NO_x κατά IMO

Σ.Α.Λ	Συνολικές εκπομπές NO _x (g/kWh)			Σχετική μείωση εκπομπών NO _x από 1 ^η βαθμίδα
	< 130	$130 \leq n < 2000$	≥ 2000	
Βαθμίδα 1^η	17,0	$45 * n^{(-0,2)}$	9,8	Τωρινά επίπεδα
Βαθμίδα 2^η	14,4	$44 * n^{(-0,23)}$	7,7	15,5% - 21,8%
Βαθμίδα 3^η	3,4	$9 * n^{(-0,2)}$	2,0	80%

- Κανονισμός για τα Οξειδία του Θείου (SO_x)

Το Πρωτόκολλο περιλαμβάνει τη προοδευτική μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου (SO_x) από τα πλοία, με το ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων να ορίζεται σε πρώτη φάση σε 3,5% κ.β. από 4,5% κ.β. με ισχύ την από 1^η Ιανουαρίου 2012 και σε δεύτερη φάση να περιορίζεται στο 0,5% με ορίζοντα το έτος 2020. Το μέσο επίπεδο



περιεκτικότητας σε θείο των βαρέων καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα σκάφη θα παρακολουθείται σε παγκόσμια κλίμακα για να εξασφαλιστεί η συμμόρφωση με τις οδηγίες του Οργανισμού.

Από την 1^η Ιανουαρίου του 2010 ετέθη σε ισχύ η εφαρμογή του αναθεωρημένου σχετικού κανονισμού για περιορισμό της περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις Περιοχές Ελεγχόμενων Εκπομπών Θείου (**Sulphur Emission Control Areas (SECAs)**) σε 1% από 1,5% κ.β. που ίσχυε. Επιπλέον από την 1^η Ιανουαρίου του 2015 το ποσοστό αυτό θα περιοριστεί στο 0,1%. Επί του παρόντος, ως περιοχές SECA έχουν καθορισθεί η Βαλτική θάλασσα, η Βόρειος Θάλασσα και το Στενό της Μάγχης.

• Αέρια του Θερμοκηπίου (GHG)

Στο Πρωτόκολλο MARPOL 73/78 όπως παρουσιάστηκε ανωτέρω δεν περιλαμβάνονται κανονισμοί σχετικοί με τη μείωση των εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου. Ο Διεθνής Οργανισμός για τη Ναυτιλία μόλις τα τελευταία χρόνια αποφάσισε ότι πρέπει να ληφθούν συγκεκριμένα τεχνικά και λειτουργικά μέτρα που να σχετίζονται με τη συμβολή της ποντοπόρου ναυτιλίας στη κλιματική αλλαγή.

Στη σύνοδο της MEPC 55 το 2006 αποφασίστηκε ότι πρέπει να εξεταστεί σοβαρά το ζήτημα του περιορισμού των εκπομπών CO₂, να αναγνωριστούν τα προβλήματα και να αναπτυχθούν οι κατάλληλοι μηχανισμοί. Η προετοιμασία αυτή είχε ορίζοντα τη σύνοδο MEPC 59 που πραγματοποιήθηκε το 2009 και στην οποία θα εξάγονταν τα πρώτα «χειροπιαστά» αποτελέσματα. Στη σύνοδο τελικά δεν συμφωνήθηκαν υποχρεωτικά μέτρα λόγω διαφοροποίησης θέσεων μεταξύ αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών και επομένως μπορεί να θεωρηθεί περιορισμένη ως προς την αποτελεσματικότητά της. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν είναι :

- I. Αποφασίστηκε να κυκλοφορήσουν δύο οδηγίες σχετικές με το Ενεργειακό Δείκτη Αποδοτικής Σχεδίασης - Energy Efficiency Design Index (EEDI) που θα εφαρμόζεται σε κάθε νέο πλοίο.
- II. Αποφασίστηκε να κυκλοφορήσει οδηγός για την ανάπτυξη ενός Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Σκαφών - Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) για τα νέα και υπάρχοντα σκάφη, καθώς επίσης και οδηγίες για εθελοντική χρήση του Λειτουργικού Δείκτη Ενεργειακής Αποδοτικότητας Σκαφών Ship Energy Efficiency Operational Index (EEOI) για τα νέα και υπάρχοντα σκάφη.

Τέλος στη σύνοδο MEPC 59 παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της δεύτερης έρευνας του IMO για τις εκλύσεις Αερίων του Θερμοκηπίου από τη ναυτική δραστηριότητα. Η μελέτη έδειξε ότι το 2007 η ναυτιλία κατανάλωσε 333 εκατομμύρια τόνους καυσίμου κι είχε συνολικές εκλύσεις Διοξειδίου του Άνθρακα ενός γιγατόνου. Η ποντοπόρος ναυτιλία κατανάλωσε 280 εκ. τόνους καυσίμου και οι εκλύσεις ανήλθαν σε 843 εκ. τόνους CO₂ κατά προσέγγιση. Εάν δε ληφθούν δραστικά μέτρα υπολογίζεται ότι οι αντίστοιχες τιμές για το έτος 2050 θα είναι 400-810 εκ. τόνοι καυσίμου και τριπλάσια ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα.



2.3.2 Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί

Μέχρι πρόσφατα η ευρωπαϊκή νομοθεσία για τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων δε περιελάμβανε τη ναυτιλιακή δραστηριότητα. Ως αποτέλεσμα, εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι εκλύσεις ρύπων από τα πλοία να είναι υψηλότερες από αυτές άλλων χερσαίων μεταφορικών πηγών. Φυσικά οι διεθνείς συμβάσεις όπως το Παράρτημα VI του Πρωτοκόλλου MARPOL και το Πρωτόκολλο του Κιότο εφαρμόζονται και στα πλαίσια της ευρωπαϊκής ναυτικής δραστηριότητας ωστόσο μία σειρά κανονισμών θεσπίστηκε με σκοπό τον καλύτερο έλεγχο και την πιο αποτελεσματική καταπολέμηση του προβλήματος στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι κανονισμοί και οι δράσεις που έχουν αναπτυχθεί περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια :

Η οδηγία 1999/32/EC, και η οδηγία 2013/33/EU που αναθεώρησε την οδηγία 2005/33/EC αναφέρονται στη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο ορισμένων υγρών καυσίμων και θέτουν τα όρια θείου για τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τις μηχανές των πλοίων που κινούνται στα χωρικά ύδατα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Πιο αναλυτικά οι οδηγίες θέτουν τα ακόλουθα όρια :

✓ Το αναθεωρημένο παράρτημα VI της MARPOL επιβάλλει, μεταξύ άλλων, αυστηρότερα όρια περιεκτικότητας των καυσίμων πλοίων σε θείο, τόσο στις ΠΕΕΘ (1,00 % από την 1η Ιουλίου 2010 και 0,10 % από την 1η Ιανουαρίου 2015), όσο και στις θαλάσσιες περιοχές εκτός των ΠΕΕΘ (3,50 % από την 1η Ιανουαρίου 2012 και, κατ' αρχήν, 0,50 % από την 1η Ιανουαρίου 2020). Τα περισσότερα κράτη μέλη οφείλουν, βάσει των διεθνών τους δεσμεύσεων, να απαιτούν από τα πλοία να χρησιμοποιούν στις ΠΕΕΘ καύσιμα μέγιστης περιεκτικότητας σε θείο 1,00 % από την 1η Ιουλίου 2010. Για να διασφαλιστούν η συνοχή με το διεθνές δίκαιο και η ορθή εφαρμογή στην Ένωση των νέων προτύπων για το θείο που θεσπίστηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο, η οδηγία 1999/32/ΕΚ θα πρέπει να εναρμονιστεί με το αναθεωρημένο παράρτημα VI της MARPOL. Για να εξασφαλιστεί ένα ελάχιστο επίπεδο ποιότητας των καυσίμων που χρησιμοποιούν τα πλοία προκειμένου να συμμορφωθούν με ρυθμίσεις που αφορούν είτε τα καύσιμα είτε την τεχνολογία, θα πρέπει να μην επιτρέπεται η χρήση στην Ένωση καυσίμων πλοίων των οποίων η περιεκτικότητα σε θείο υπερβαίνει το γενικό πρότυπο των 3,50 % κατά μάζα, εκτός αν αυτά τα καύσιμα παρέχονται σε πλοία τα οποία χρησιμοποιούν μεθόδους μείωσης των εκπομπών σε κλειστό σύστημα.

✓ **Προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στα λιμάνια και τις ακτές, τα πλοία αυτά οφείλουν να χρησιμοποιούν καύσιμα με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 1,5% κατά μάζα.**

✓ Περιορίζεται σε 1,5% κατά μάζα η περιεκτικότητα σε θείο των MDO που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση

✓ Περιορίζεται σε 0,1% κατά μάζα η περιεκτικότητα σε θείο των MGO που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση

✓ Απαιτείται να καταγράφονται οι δραστηριότητες ανεφοδιασμού στο ημερολόγιο κάθε πλοίου προτού δοθεί έγκριση για πρόσβαση σε κάποιο λιμάνι της Κοινότητας

✓ Πρέπει να διασφαλίζεται ότι η περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων που πωλούνται στην επικράτεια των κρατών μελών τεκμηριώνεται από τον προμηθευτή συνοδευόμενη από ένα δείγμα

✓ Τα κράτη μέλη να ενθαρρύνουν ως εναλλακτική λύση για την μείωση των εκπομπών, τη χρήση συστημάτων παροχής ενέργειας για τα ελλιμενισμένα πλοία.

✓ Η οδηγία 94/63/EC αναφέρεται στον έλεγχο των εκλυόμενων Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (ΠΟΕ) στους λιμένες που προέρχονται από την αποθήκευση και διανομή του



πετρελαίου και περιλαμβάνει μέτρα για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών κατά τις διαδικασίες φόρτωσης κι εκφόρτωσης των δεξαμενόπλοιων.

✓ Ο κανονισμός (ΕC) με αριθμό 2037/2000 είναι σχετικός με τις ουσίες που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος. Ο κανονισμός προβλέπει το σταδιακό περιορισμό της χρήσης, της διάθεσης στην αγορά, παραγωγής και εισαγωγής των αχρησιμοποίητων υδροχλωροφθορανθράκων με τις προθεσμίες για οριστική εξάλειψη να διαμορφώνονται ως εξής:

✓ Από 31 Δεκεμβρίου 2009 απαγορεύεται η διάθεση στην αγορά, η εισαγωγή και η χρήση των HCFCs. Σε αρκετές εφαρμογές όπως π.χ. στη χρήση ως ψυκτικά μέσα ή διαλύτες η απαγόρευση ισχύει από τη μέρα που ψηφίστηκε ο Κανονισμός

✓ Από 1η Ιανουαρίου 2015 ισχύει η απαγόρευση για όλους τους HCFCs συμπεριλαμβανομένων των ουσιών που ανακτήθηκαν

✓ Από 31 Δεκεμβρίου 2025 καταργείται οριστικά η οποιαδήποτε παραγωγή HCFCs

Το πρόγραμμα Καθαρός Αέρας για την Ευρώπη (Clean Air for Europe, CAFE) αντιμετωπίζει όλες τις πηγές ατμοσφαιρικών εκπομπών. Πιο συγκεκριμένα στόχοι του προγράμματος είναι :

✓ Η ανάπτυξη, συλλογή και επικύρωση των επιστημονικών πληροφοριών που σχετίζονται με τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

✓ Η υποστήριξη της ορθής εφαρμογής της υφιστάμενης νομοθεσίας και η επανεξέταση της αποτελεσματικότητας της καθώς και η ανάπτυξη νέων προτάσεων όταν και όπου χρειάζεται

✓ Η διασφάλιση της λήψης των απαραίτητων μέτρων και η ανάπτυξη συνδέσμων ανάμεσα σε σχετικά νομοθετικά πεδία

✓ Η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής που να περιλαμβάνει τους κατάλληλους στόχους και οικονομικά εφαρμόσιμα μέτρα. Σε πρώτη φάση δίνεται έμφαση στα προβλήματα του ευτροφισμού, της οξίνισης, της φθοράς στη πολιτισμική κληρονομιά, τα αιωρούμενα σωματίδια και το τροποσφαιρικό όζον

Τέλος η Ε.Ε. εξέδωσε τη Λευκή Βίβλου για τις μεταφορές. Έχει ως απώτερο στόχο να μειωθούν τα αέρια του θερμοκηπίου τουλάχιστον 40% έως το έτος 2050, συγκριτικά με το έτος αφετηρίας 2005. Επιπρόσθετα, ο χώρος της ναυτιλιακής βιομηχανίας θα πρέπει να συμβάλλει και στην μείωση τόσο των τοπικών όσο και των παγκόσμιων εκπομπών ρύπων. Η νομοθεσία της Ε.Ε. έχει ευθυγραμμιστεί με τις απαιτήσεις του IMO με την οδηγία 2012/33/EU, η οποία τροποποίησε την οδηγία 1999/32/EC σχετικά με την περιεκτικότητα σε θείο των ναυτιλιακών καυσίμων.



2.3.3 Ελληνική Νομοθεσία

Στη χώρα μας κυρώνεται με νόμο του κράτους το σύνολο των κανονισμών που αναπτύσσονται στο Παράρτημα VI της Δ.Σ. MARPOL 73/78. Συγκεκριμένα στο ΦΕΚ 28 Α΄/10-02-2003 δημοσιεύθηκε ο Ν. 3104/2003 με τον οποίο η χώρα μας επικυρώνει το Πρωτόκολλο του 1997, που τροποποιεί τη Διεθνή Σύμβαση για την πρόληψη ρύπανσης από πλοία του 1973, όπως τροποποιήθηκε από το Πρωτόκολλο του 1978 που σχετίζεται με αυτή (Δ.Σ. MARPOL 73/78). Το παράρτημα VI ετέθη σε ισχύ στη χώρα μας στις 19 Μαΐου 2005.

Με την υιοθέτηση των διατάξεων του εν λόγω Παραρτήματος θεσπίζονται στη χώρα μας ενιαίοι κανόνες που στοχεύουν στη λήψη συγκεκριμένων μέτρων για τον έλεγχο και την πρόληψη της ρύπανσης του αέρα από τα πλοία. Ειδικότερα, μεταξύ των λοιπών απαιτήσεων, περιλαμβάνονται οι κανονισμοί που σχετίζονται με τις ανώτατες επιτρεπόμενες περιεκτικότητες σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούν τα πλοία, τα επίπεδα εκπομπών οξειδίων του αζώτου για μηχανές ντίζελ πλοίων καθώς και τα ληπτέα μέτρα σε λιμάνια και τερματικούς σταθμούς για την υποδοχή δεξαμενοπλοίων στα οποία μπορεί να απαιτηθεί η ύπαρξη συστημάτων ελέγχου εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs).

Πρέπει να αναφερθεί ότι αρμόδιες αρχές για τον έλεγχο εφαρμογής των διατάξεων του Ν. 3104/2003 είναι στην Ελλάδα το Κέντρο Επιθεώρησης Εμπορικών Πλοίων του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας (ΥΕΝ/ΚΕΕΠ) και οι Λιμενικές Αρχές. Στους παραβάτες των διατάξεων του Νόμου 3104/03 επιβάλλονται οι κυρώσεις του άρθρου 9 του Ν. 1269/1982 (ΦΕΚ 89 Α) «Για την κύρωση της Διεθνούς Σύμβασης περί πρόληψης της ρυπάνσεως της θαλάσσης από πλοία» του 1973 και του Πρωτοκόλλου του 1978, που αναφέρεται σε αυτή τη Σύμβαση.

Τέλος, η Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλει να εναρμονίζεται με τις οδηγίες, τους κανονισμούς και τα προγράμματα της δεύτερης που έχουν ως στόχο την μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων από τα μέσα μεταφοράς συμπεριλαμβανομένων και των πλοίων. Στα πλαίσια της σύμπλευσης της Ελλάδας με την Ευρωπαϊκή Ένωση η χώρα μας αναγνωρίζει και εφαρμόζει όλες τις αντίστοιχες διατάξεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής συμπληρωματικά με τη διεθνή νομοθεσία δημιουργώντας ένα πολύ αυστηρό πλαίσιο προστασίας απέναντι στην ατμοσφαιρική ρύπανση που προέρχεται από τις θαλάσσιες μεταφορές.

Από την 1η Ιανουαρίου 2010, οι αρμόδιες αρχές εξασφαλίζουν ότι δεν διατίθεται στην αγορά, εντός της ελληνικής επικράτειας, πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων (marine gas oil), εάν η περιεκτικότητα σε θείο του εν λόγω πετρελαίου εσωτερικής καύσης πλοίων υπερβαίνει το 0,1% κατά μάζα.

Εφαρμογή ορίου 1,5% περιεκτικότητας σε θείο κατά μάζα για όλα τα καύσιμα MRF για τα επιβατηγά πλοία τακτικών γραμμών από και προς κοινοτικούς λιμένες.

Όπως προβλέπεται στην απόφαση ΑΧΣ 284/2006 με ΚΥΑ (πρώην ΥΕΝ και ΥΠΕΧΩΔΕ και σε συνεργασία με άλλα κράτη μέλη της Ε.Ε. μπορεί να επιτρέπεται στα πλοία να χρησιμοποιούν εγκεκριμένες τεχνολογίες μείωσης των εκπομπών, αντί της χρήσης ναυτικών καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις.



Συμπερασματικά, καλό θα ήταν να τονιστεί πως το 2008, στην Ελλάδα, η απογραφή των ρύπων, με βάση την κατανάλωση καυσίμων, CO₂, SO₂, NO_x και PM από τη ναυτιλία ήταν 12,9 εκατ. τόνους, περίπου τέσσερις φορές μεγαλύτερο σε σύγκριση με το 1984 που ανήλθε σε περίπου 3,7 εκατ. τόνους. Συγκεκριμένα οι εκπομπές CO₂ υπολογίστηκαν σε περίπου 12,4 εκατ. τόνους, ενώ οι εκπομπές NO_x, SO₂ και PM έφθασαν περίπου 317, 175 και 23 χιλιάδες τόνους, αντίστοιχα. Όσον αφορά την απογραφή των εκπομπών από πλοία εντός των ελληνικών θαλασσών εκτιμήθηκε σε 7,4 εκατ. τόνους (7 εκατ. τόνους για το CO₂). Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα την ίδια χρονιά συνέβαλε **στην ευρωπαϊκή και μεσογειακή απογραφή των εκπομπών ρύπων από τη ναυτιλία με 7,3% και 14,1%, αντίστοιχα**



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΚΛΥΟΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ

3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΡΟΣ ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ

3.1.1 Γενικά

Για να προχωρήσουμε στην απογραφή των εκπομπών, θα πρέπει να γίνει ένας ποσοτικός προσδιορισμός του συνόλου των εκπομπών αερίων ρύπων (συμπεριλαμβανομένων των τοξικών ουσιών και των αερίων του θερμοκηπίου) που εκλύονται εντός μιας καθορισμένης περιοχής από την πηγή τους. Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις πηγές των εκπομπών σε κινητές πηγές, σημειακές πηγές (π.χ. ένα διυλιστήριο) και τοπικές πηγές (π.χ. από γεωργική δραστηριότητα).

Οι κινητές πηγές κατηγοριοποιούνται περαιτέρω σε πηγές οδικής δραστηριότητας (π.χ. από αυτοκίνητα, φορτηγά, λεωφορεία) και σε πηγές μη οδικής δραστηριότητας (π.χ., εξοπλισμός κατασκευών, γερανοί, σκαπτικά μηχανήματα και θαλάσσια σκάφη).

Οι κινητές πηγές εκπομπών που σχετίζονται με τα λιμάνια αποτελούνται από τα πλοία και από χερσαίες πηγές που δραστηριοποιούνται στα λιμάνια. Οι εκπομπές από τη ναυτική δραστηριότητα προέρχονται κυρίως από τους πετρελαιοκινητήρες των ποντοπόρων πλοίων (oceangoing vessels OGVs), των ρυμουλκών και ρυμουλκούμενων, των πλωτών μηχανημάτων εκβάθυνσης και πολλών άλλων σκαφών που δραστηριοποιούνται εντός της λιμενικής ζώνης. Στις χερσαίες πηγές εκπομπών περιλαμβάνονται ο εξοπλισμός μεταφοράς φορτίου (όπως γερανοί, χειριστές εμπορευματοκιβωτίων, περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα καθώς και τα βαρέα φορτηγά οχήματα και οι μηχανές των τρενών που λειτουργούν εντός μιας λιμενικής ζώνης). Στις απογραφές των εκπομπών που σχετίζονται με λιμάνια, οι εκπομπές κατηγοριοποιούνται γενικά ανάλογα με τον τομέα παραγωγής των εκπομπών.

Εικόνα 3-1 Σημαντικότερες πηγές εκπομπών αερίων ρύπων σε λιμάνια

Ποντοπόρα Πλοία



- Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων
- Δεξαμενόπλοια
- Πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου
- Επιβατικά
- Κρουαζιερόπλοια
- Εμπορικά πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων
- RO-RO
- Φορηγά Ψυγεία

Πλοία του Λιμανιού



- Ρυμουλκά
- Επιβατικά πορθμίων
- Τουριστικά σκάφη
- Αλιευτικά σκάφη
- Πλωτοί εκσκαφείς

Εξοπλισμός Διαχείρισης Εμπορευμάτων



- Περονοφόρα
- Γερανοί Προβλήτας
- Κινητοί Φορτωτές
- Γερανογέφυρες



Μηχανές Τραίνων



Οχήματα

- Φορηγά
- Λεωφορεία
- Επιβατικά οχήματα



3.1.2 Απαιτούμενο γνωστικό υπόβαθρο

Οι λιμένες έχουν μεγάλη συμβολή στη παραγωγή ρύπων σε τοπικό επίπεδο όπως τα NO_x, SO_x, οι τοξικές ουσίες, τα αιωρούμενα σωματίδια και τα αέρια του θερμοκηπίου. Αν δεν γίνει μελέτη του λιμένα ως ολότητα είναι δύσκολο να αξιολογηθούν οι ευκαιρίες για μειώσεις των εκπομπών και να ποσοτικοποιηθούν οι μειώσεις με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον, η απογραφή των εκπομπών του λιμένα είναι απαραίτητη για να εκτιμηθούν σωστά οι επιπτώσεις των λιμενικών έργων βελτίωσης και ανάπτυξης της θαλάσσιας δραστηριότητας καθώς επίσης για να χαραχθούν οι στρατηγικές περιορισμού των εκπομπών.

Η κατάρτιση απογραφών εκπομπών κατά κανόνα συνεπάγεται την εφαρμογή συντελεστών εκπομπών (emission factors) για τη μέτρηση των λιμενικών δραστηριοτήτων σε διάφορους τομείς δραστηριότητας. Ένας συντελεστής εκπομπών είναι μία αντιπροσωπευτική τιμή που επιχειρεί να σχετίσει την ποσότητα ενός ρύπου που εκλύεται στην ατμόσφαιρα με μία δραστηριότητα που σχετίζεται με την έκλυση αυτού του ρύπου. **Οι συντελεστές εκπομπών για ναυτικές δραστηριότητες συνήθως εκφράζονται ως το βάρος του ρύπου (σε γραμμάρια) διαιρούμενο με την ενέργεια (σε kWh) που απαιτήθηκε για να παραχθεί ο ρύπος.**

Επί του παρόντος, οργανισμοί όπως η **Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA)** παρέχουν περιορισμένη καθοδήγηση σχετικά με την ανάπτυξη απογραφών των εκπομπών σε λιμένες και οι περισσότεροι μικροί και μεσαίου μεγέθους λιμένες δεν διαθέτουν εκτεταμένους πόρους για να διαθέσουν στην ανάπτυξη απογραφών. Κατά συνέπεια, πολλές από τις σημερινές απογραφές εκπομπών υποφέρουν από φτωχή ποσοτικοποίηση της λιμενικής δραστηριότητας και τη χρήση παρωχημένων συντελεστών εκπομπών.

Ιστορικά, οι μελέτες σε λιμάνια για την ποιότητα του αέρα που αναπτύχθηκαν από κρατικές υπηρεσίες ή τοπικούς φορείς βασίζονταν στα τεχνικά χαρακτηριστικά των κινητήρων. Ως εκ τούτου, οι εκπομπές από ένα λιμένα δεν μπορούσαν εύκολα να ποσοτικοποιηθούν. Επιπλέον, οι συντελεστές εκπομπών για τα ποντοπόρα πλοία είχαν αναπτυχθεί από πολύ περιορισμένες βάσεις δεδομένων.

Το τελευταίο διάστημα ορισμένες λιμενικές αρχές έχουν αρχίσει να ενδιαφέρονται για πιο ακριβείς εκτιμήσεις των εκπομπών τους. Οι περισσότερες από τις πρόσφατες απογραφές που αναφέρονται στον πίνακα αντιπροσωπεύουν απογραφές βασισμένες στη λιμενική δραστηριότητα. Πολλές από αυτές αντιπροσωπεύουν την τρέχουσα βέλτιστη πρακτική για τη δημιουργία απογραφών των εκπομπών. Άλλα λιμάνια βρίσκονται στη διαδικασία της προετοιμασίας λεπτομερών καταλόγων. Ορισμένα που παρουσιάζονται στον πίνακα (π.χ. της λίμνης Μίσιγκαν και της Αλάσκα) στηρίζονται στην μελέτη άλλων λιμένων-υποδειγμάτων ή σε άλλες εξωτερικές πηγές δεδομένων και μπορούν να θεωρηθούν πιο απλοποιημένες απογραφές. Αν και δεν θεωρούνται «βέλτιστης πρακτικής», μπορούν να παρέχουν λογικές εκτιμήσεις από τις περιορισμένες ποσότητες των διαθέσιμων πληροφοριών.



Πίνακας 3-2 Πρόσφατες απογραφές σε λιμάνια των Η.Π.Α.

Λιμάνι	Έτος δημοσίευσης	Έτος αναφοράς	Ποντοπόρα πλοία	Πλοία του λιμανιού	Χερσαίες εκπομπές	Ρύποι	Φορέας εκτέλεσης απογραφής
Επιλεγμένα λιμάνια της Αλάσκα	2005	2002	Ναι	Ναι	Όχι	PM10 PM2.5, CO, NH3, NOx, SO ₂	Pechan
Beaumont/Port Arthur	2004	2000	Ναι	Ναι	Όχι	NOx, CO, HC, PM10, SO ₂	Starcrest
Charleston	2008	2005	Ναι	Ναι	Ναι	NOx, TOG, CO, PM10, PM2.5, SO ₂	Moffatt & Nichol
Corpus Christi	2002	1999	Ναι	Ναι	Ναι	NOx, VOC, CO	ACES
Houston/Galveston	2000	1997	Ναι	Ναι	Όχι	NOx, VOC, CO, PM10	Starcrest
Houston/Galveston	2003	2001	Όχι	Όχι	Ναι	NOx, VOC, CO	Starcrest
Houston	2011	2007	Ναι	Ναι	Ναι	NOx, VOC, CO, PM10, PM2.5, SO ₂ , CO ₂	Starcrest
Great Lakes (Ports of Cleveland, OH, and Duluth, MN)	2006	2004	Ναι	Ρυμουλκά μόνο	Όχι	HC, NOx, CO, PM10, PM2.5, and SO ₂	Lake Carriers Assoc.
Lake Michigan Ports	2007	2005	Ναι	Ναι	Ναι	NOx, PM10, PM2.5, HC, CO, SOx	ENVIRON
Los Angeles	2005	2001	Ναι	Ναι	Ναι	NOx, TOG, DPM, CO, PM10, PM2.5, SO ₂ ,	Starcrest
Los Angeles	2007	2005	Ναι	Ναι	Ναι	NOx, TOG, DPM, CO, PM10,	Starcrest



						PM2.5, SO2,	
Los Angeles	2008	2007	Ναι	Ναι	Ναι	NOx, TOG, CO, PM10, PM2.5, SO2, DPM. CO2, CH4, N2O	Starcrest
Long Beach	2004	2002	Όχι	Όχι	Ναι	NOx, TOG, CO, PM10, PM2.5, SO2, DPM	Starcrest
Long Beach	2007	2005	Ναι	Ναι	Ναι	CO, PM10, PM2.5, SO2, DPM NOx, TOG,	Starcrest
Long Beach	2011	2009	Ναι	Ναι	Ναι	NOx, TOG, CO, PM10, PM2.5, SO2, DPM. CO2, CH4, N2O	Starcrest
New York/New Jersey	2003	2000	Ναι	Ναι	Όχι	NOx, VOC, CO, PM10, PM2.5, SO2	Starcrest
New York/New Jersey	2003	2002	Όχι	Όχι	Ναι	NOx, VOC, CO, PM10, PM2.5, SO2	Starcrest
New York/New Jersey	2005	2004	Όχι	Όχι	Ναι	NOx, VOC, CO, PM10, PM2.5, SO2	Starcrest
New York/New Jersey	2008	2006	Ναι	Ρυμουλκά μόνο	Ναι	NOx, VOC, CO, PM10, PM2.5, SO2, CO2, N2O, CH4	Starcrest
Oakland	2008	2005	Ναι	Ναι	Ναι	NOx, ROG, CO, PM, SOx	ENVIRON



Portland	2007	2004	Ναι	Ναι	Ναι	NO _x , HC, CO, SO _x , PM10, PM2.5, CO ₂ , 9 Air Toxics	Bridgewater Consulting
Puget Soundf	2007	2005	Ναι	Ναι	Ναι	NO _x , TOG, CO, PM10, PM2.5, SO ₂ , DPM, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Starcrest
San Diego	2007	2006	Ναι	Ναι	Ναι	DPM, NO _x , TOG, CO, PM10, PM2.5, SO ₂ ,	Starcrest

Πολλές από τις πρόσφατες απογραφές που παρουσιάζονται στον πίνακα έχουν γίνει από την **Starcrest Consulting Group LLC**. Γενικά υπάρχει υποστήριξη στη μεθοδολογία της λεπτομερούς απογραφής των εκπομπών ενός λιμένα παρόλο που η μεθοδολογία εξελίσσεται συνεχώς. Από την άλλη δεν υπάρχουν πολλές κατευθύνσεις για την προετοιμασία λιγότερο λεπτομερών απογραφών. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι απλουστευμένες απογραφές δημιουργούνται με κριτήρια τη χρήση καυσίμων ή του φορτίου που μεταφέρεται.



3.1.3 Ανάπτυξη απογραφής εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων σε λιμένα

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας απογραφής εκπομπών σε ένα λιμάνι περιλαμβάνουν πρωτίστως τον καθορισμό των πηγών των εκπομπών που θα συμπεριληφθούν στον κατάλογο απογραφής καθώς και τη στρατηγική που θα επιλεγεί για την ανάπτυξη της απογραφής.

Πρέπει να αποφασιστεί εάν μια απογραφή θα περιλαμβάνει μόνο τη παρακολούθηση της θαλάσσιας δραστηριότητας, που μπορεί να διαιρεθεί σε υποτομείς ανάλογα με τον τύπο και τη λειτουργία των πλωτών μέσων (δραστηριότητα επιβατικών ή εμπορικών πλοίων, βοηθητικών σκαφών κ.α.) ή θα περιλαμβάνει και τις χερσαίες πηγές εκπομπών που διακρίνονται ακολούθως σε οδικές και μη-οδικές ή συνδυασμούς αυτών. Μια ολοκληρωμένη στρατηγική για τη μείωση των εκπομπών θα πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις εκπομπές που παράγονται στα πλαίσια της λειτουργίας του λιμένα. Αυτό θα παράσχει μια βάση από την οποία μπορεί να μετρηθεί η περιβαλλοντική απόδοση του λιμανιού με την πάροδο του χρόνου.

Για τον υπολογισμό των εκπομπών από χερσαίες πηγές μπορεί να εφαρμοστεί η μεθοδολογία που έχει αναπτύξει η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (EPA). Πιο συγκεκριμένα εκπομπές ρύπων από χερσαίες μη-οδικές πηγές εξετάζονται με το μοντέλο NONROAD της Α.Υ.Π.Π. Αντίστοιχα εκπομπές προερχόμενες από τη λειτουργία οδικών μέσων αναλύονται με το μοντέλο MOBILE που έχει αναπτυχθεί από την Αμερικανική Υπηρεσία..

Δεν υπάρχει σωστή απάντηση στο ποια προσέγγιση πρέπει να ακολουθηθεί για κάθε τύπο λιμανιού διότι κάθε λιμενική αρχή, φορέας εκμετάλλευσης του τερματικού σταθμού, ναυτιλιακή εταιρεία, κράτος ή τοπική υπηρεσία ποιότητας του αέρα πρέπει να ζυγίσει τις εκάστοτε ανάγκες και τους διαθέσιμους πόρους. Οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της κατάλληλης προσέγγισης περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Το σκοπό της απογραφής
- Τη θέση του λιμένα
- Το γεωγραφικό μέγεθος του λιμένα
- Το οικονομικό μέγεθος του λιμένα (και των πόρων που δύναται να διατεθούν για τη διεξαγωγή της απογραφής)
- Τις τρέχουσες και προβλεπόμενες αυξήσεις στην κίνηση των σκάφων και στον όγκο του φορτίου
- Τις κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές πτυχές που αφορούν τις τοπικές και περιφερειακές κοινότητες στις οποίες βρίσκεται το λιμάνι

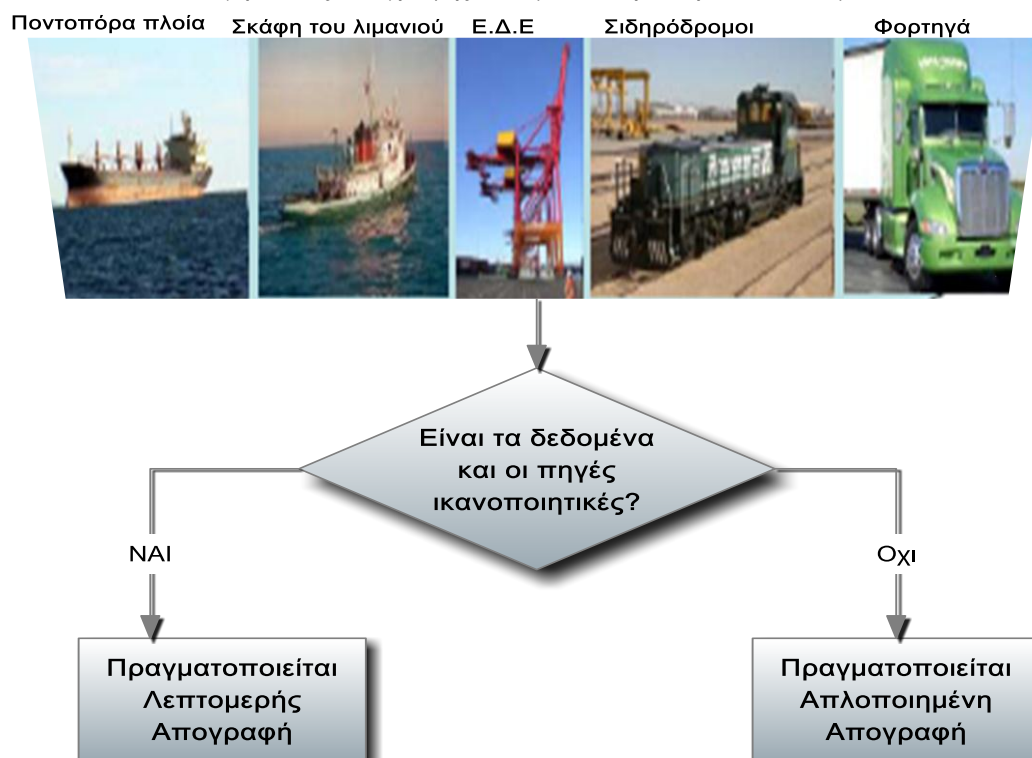
3.1.4 Μεθοδολογίες απογραφής εκπομπών αερίων ρύπων σε λιμένα

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές μεθοδολογίες για την ανάπτυξη μιας απογραφής εκπομπών αερίων ρύπων σε λιμένα και μπορούν να ποικίλλουν σημαντικά ως προς τον απαιτούμενο χρόνο και τους απαραίτητους πόρους. Στο σημείο αυτό θα ξεχωρίσουμε δύο διαφορετικές προσεγγίσεις που έχουν την πιο συχνή εφαρμογή:

- ✓ **Η λεπτομερής απογραφή** Σε αυτή τη μεθοδολογία καταρτίζονται άκρως λεπτομερείς κατάλογοι συνήθως από τα μεγάλα λιμάνια που βρίσκονται σε περιοχές όπου απαιτείται αυστηρός έλεγχος των αερίων ρύπων. Αυτό το είδος της απογραφής απαιτεί λεπτομερή στοιχεία για τα χαρακτηριστικά και τις δραστηριότητες των πλοίων και του χερσαίου εξοπλισμού καθώς επίσης και ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη γεωγραφία του λιμανιού και τις διαδρομές των πλοίων εντός των ορίων μελέτης του λιμένα. Αυτή είναι η καλύτερη πρακτική για όλα τα λιμάνια αλλά η εφαρμογή της μπορεί να περιορίζεται από τα διαθέσιμα δεδομένα.
- ✓ **Απλοποιημένη απογραφή** Αποτελεί μια εξορθολογισμένη προσέγγιση που χρησιμοποιείται συχνά από μεσαίους και μικρότερους θαλάσσιους λιμένες. Η εν λόγω απογραφή απαιτεί ορισμένες μετρήσεις των λιμενικών χαρακτηριστικών αλλά εφαρμόζει "τυπικές" παραμέτρους εκπομπών ανά τομέα. Οι μεθοδολογίες μπορεί να διαμορφωθούν ανάλογα με το ποσό των διαθέσιμων δεδομένων.

Όπως γίνεται αντιληπτό, η ποιότητα και το εύρος των διαθέσιμων δεδομένων και των πόρων υπαγορεύουν το επίπεδο της ακρίβειας που χαρακτηρίζει μια απογραφή εκπομπών αερίων ρύπων. Αυτό σκιαγραφείται σε γενικές γραμμές στο Σχήμα 3-4.

Εικόνα 3-3 Επιλογή είδους απογραφής εκπομπών αερίων ρύπων σε λιμένα





3.1.5 Καθορισμός ορίων του λιμένα

Σε κάθε περίπτωση, τα γεωγραφικά όρια της απογραφής πρέπει να εκτιμηθούν. Συχνά αυτά δεν είναι αρκετά σαφή καθώς οι δραστηριότητες που δημιουργούν τις εκπομπές δεν ακολουθούν απαραίτητως πολιτικές ή ιδιοκτησιακές γραμμές. Είναι επομένως σημαντικό να εξετάσουμε τους σκοπούς της απογραφής για να αποφασίσουμε τον ορθό ορισμό των ορίων που θα περιλαμβάνει.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ίδια η ανάπτυξη μιας απογραφής βοηθά στην αποτελεσματική χάραξη των συνόρων του λιμένα. Επομένως εάν ζητούμενο είναι η μελέτη του συνόλου των πηγών εκπομπών αερίων ρύπων, τα χερσαία όρια θα πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να περιλαμβάνουν τουλάχιστον το πρώτο συνδυασμένο σημείο χερσαίας δραστηριότητας και έτσι να περιλαμβάνει τη δράση φορτηγών, του σιδηροδρόμου, τις πύλες, κλπ. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να αξιολογηθούν βελτιώσεις όπως η μείωση του χρόνου αναμονής εντός και εκτός των πυλών και των κέντρων διανομής, η μείωση των διανυόμενων αποστάσεων των οχημάτων και άλλες στρατηγικές βελτίωσης. Από την πλευρά της θαλάσσης, θα πρέπει να περιληφθούν **τουλάχιστον τα πρώτα 25 ναυτικά μίλια από τη στιγμή που το πλοίο μπαίνει στη διαδικασία προσέγγισης του λιμανιού, αλλά η απόσταση μπορεί να επεκταθεί εάν η κατεύθυνση του ανέμου θεωρηθεί σημαντικός παράγοντας**. Ασφαλώς η απόσταση εξαρτάται και από τη γεωγραφική μορφολογία του υπό εξέταση λιμένα. Με διαφορετικό τρόπο θα αντιμετωπιστεί ένα λιμάνι που αντικρίζει τον ωκεανό και διαφορετικά ένα άλλο που βρίσκεται σε μια κλειστή θάλασσα. Επομένως η επιλογή της κατάλληλης απόστασης εναπόκειται σε μεγάλο βαθμό στο σκοπό και τις απαιτήσεις της εκάστοτε απογραφής. Επιπλέον, τα χρονικά όρια πρέπει να εξεταστούν. Αυτά είναι επίσης πιθανό να υπαγορεύονται από τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και το σκοπό της απογραφής. Συνήθως, μια απογραφή καλύπτει ένα ημερολογιακό έτος.

3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΠΟΝΤΟΠΟΡΑ ΠΛΟΙΑ

Σε αυτή την ενότητα περιγράφονται τα βασικά βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την εκπόνηση μιας **λεπτομερούς απογραφής αερίων ρύπων από ποντοπόρα πλοία** στα πλαίσια ενός λιμανιού. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τα ακόλουθα βασικά στάδια:

- I. Προσδιορισμός των ρύπων
- II. Εύρεση πηγών δεδομένων
- III. Καταγραφή των χαρακτηριστικών των πλοίων
- IV. Προσδιορισμός της δραστηριότητας των πλοίων
- V. Καθορισμός των συντελεστών φορτίου μηχανών
- VI. Καθορισμός των συντελεστών εκπομπών αερίων ρύπων

Στη συνέχεια περιγράφεται και η διαδικασία εκπόνησης μιας απλοποιημένης απογραφής εκπομπών



3.2.1 Μεθοδολογία υπολογισμού των εκλυόμενων ρύπων

Το μαθηματικό μοντέλο που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων από ποντοπόρα πλοία βασίζεται στη χρήση ενεργειακών συντελεστών εκπομπών σε συνδυασμό με χαρακτηριστικά δραστηριότητας κάθε πλοίου. Το σημαντικότερο μέρος της εργασίας περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της ονομαστικής ισχύος κάθε πλοίου (τόσο σε κύριες όσο και βοηθητικές μηχανές) και τον καθορισμό του προφίλ δραστηριότητας του πλοίου, δηλαδή του χρόνου και του είδους των κινήσεων που εκτελεί στα όρια του λιμένα που εξετάζονται. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες οι εκπομπές ανά πλοίο μπορούν να προσδιοριστούν από την ακόλουθη εξίσωση διατυπωμένη σε διεθνείς όρους:

$$E = P \times LF \times A \times EF$$

Όπου E = Εκπομπές (γραμμάρια [g])

P = Συνολική ισχύς των μηχανών (kilowatts [kW])

LF = Συντελεστής φορτίου (σε επί τοις εκατό τις συνολικής ισχύος του πλοίου)

A = Δραστηριότητα (ώρες [h])

EF = Συντελεστής Εκπομπών (γραμμάρια ανά kilowatt-hour [g/kWh])

Ο Συντελεστής Εκπομπών εκφράζεται ως ποσότητα εκπομπών ενός ρύπου ανά μονάδα ενέργειας που παράγεται από τη μηχανή ή τις μηχανές. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με την ισχύ που απαιτείται για να κινηθεί το πλοίο σε κάποια συγκεκριμένη δραστηριότητα.

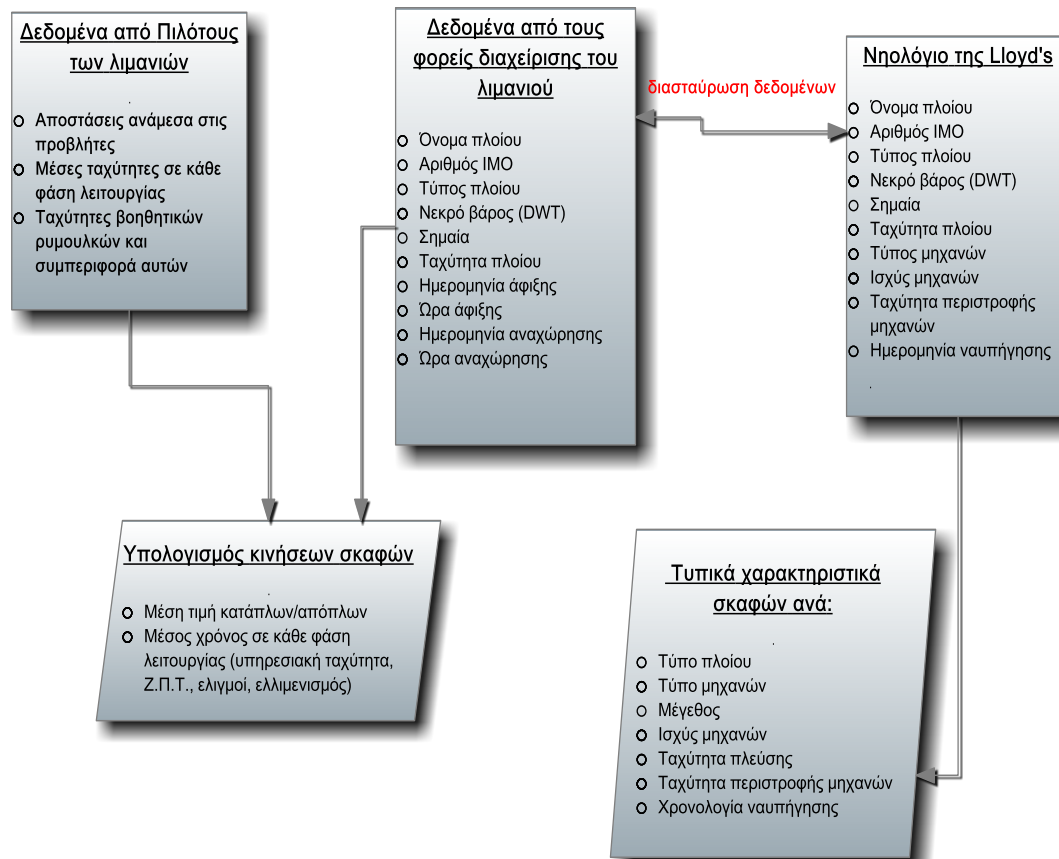
Σε μία λεπτομερή απογραφή, οι εκπομπές ρύπων που προκύπτουν από τη λειτουργία κάθε πλοίου σε όλη τη διαδικασία εισόδου, παραμονής και εξόδου από το λιμάνι υπολογίζονται χρησιμοποιώντας δεδομένα όπως ο τύπος του πλοίου, η τρέχουσα ταχύτητα, η ισχύς των μηχανών, οι συντελεστές φορτίου, ο χρόνος που παραμένουν σε κάθε δραστηριότητα καθώς και οι συντελεστές εκπομπών τόσο για τις κύριες όσο και τις βοηθητικές μηχανές. Η συνολική κίνηση ενός πλοίου μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις βασικές δραστηριότητες που είναι: η κίνηση σε ταχύτητα ταξιδιού (cruise mode), η κίνηση σε Ζώνη Περιορισμένης Ταχύτητας (Reduced Speed Zone), η διαδικασία των ελιγμών (maneuvering) και ο ελλιμενισμός ή διανυκτέρευση (hotelling).

Αρχικά οι υπολογισμοί συνοψίζονται για την συνολική κίνηση ενός πλοίου και στη συνέχεια για το σύνολο των κινήσεων των πλοίων σε διάστημα ενός έτους. Το μεγαλύτερο επίπεδο ακρίβειας σε μια λεπτομερή απογραφή επιτυγχάνεται όταν οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς έχουν σταθμιστεί για κάθε δραστηριότητα. Σε μία πιο απλή προσέγγιση, παράμετροι όπως οι συντελεστές φορτίου, ο χρόνος κάθε δραστηριότητας και η μέση ισχύς σταθμίζονται ανά συνολική κίνηση.

3.2.2 Απαιτούμενες πηγές δεδομένων

Πολλές διαφορετικές πηγές άντλησης δεδομένων είναι διαθέσιμες σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλοίων, των κινήσεων που αυτά εκτελούν και της λειτουργίας του λιμένα. Σημαντική πηγή θεωρείται η ίδια η λιμενική αρχή ή ο φορέας διαχείρισης του προς μελέτη λιμανιού. Σημαντικά δεδομένα περιέχονται επίσης στον κατάλογο της Lloyd's για τα πλοία (Lloyd's Register of Ships) που έχει καταχωρημένο το σύνολο του παγκόσμιου στόλου με τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά. Επίσης τα δεδομένα που συλλέγονται από τις παρατηρήσεις των πλοίων –πilotων είναι πάντα πολύ χρήσιμα. Το σύστημα κυκλοφορίας σκαφών (Vessel Traffic System - VTS) και το αυτόματο σύστημα αναγνώρισης της θέσης ενός σκάφους Automatic Identification System (AIS) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν την παρακολούθηση των κινήσεων των πλοίων.

Εικόνα 3-4 Πηγές δεδομένων για ανάπτυξη απογραφής αερίων ρύπων σε λιμένα





Λιμενικές Αρχές ή Ναυτιλιακοί Οργανισμοί

Οι πιο χρήσιμες πηγές δεδομένων για τη δραστηριότητα των σκαφών αποδεικνύονται οι τοπικές λιμενικές Αρχές, οι ναυτιλιακοί φορείς και φορείς του εμπορίου ή άλλοι τοπικοί οργανισμοί με αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τις κινήσεις των πλοίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα δεδομένα βρίσκονται σε ηλεκτρονική μορφή. Σχεδόν όλες οι Αρχές καταγράφουν το όνομα κάθε σκάφους, την ημερομηνία και ώρα της άφιξης και την ημερομηνία και ώρα της αναχώρησης του. Οι πιο μεγάλοι φορείς καταγράφουν επίσης το μητρώο της Lloyd's που είναι καταχωρημένο το εκάστοτε σκάφος, τη σημαία που χώρας που ανήκει, τον τύπο του σκάφους, τον προβλήτα που προσδένει, τις ημερομηνίες και ώρες άφιξης και αναχώρησης από διάφορες προβλήτες, τα αγκυροβόλια, τους επόμενους προορισμούς, τον τύπο του εμπορεύματος που μεταφέρει (για εμπορικά πλοία) και την ποσότητα αυτού, την περιγραφή της δραστηριότητας του σκάφους, τις διαστάσεις του και πολλά άλλα στοιχεία.

Νηολόγιο της Lloyd's

- Ο κατάλογος της Lloyd's για τα πλοία έχει δημιουργηθεί από την Lloyd's Register-Fairplay Ltd. που εδρεύει στο Surrey της Αγγλίας. Πρόκειται για την μεγαλύτερη βάση δεδομένων για πλοία παγκοσμίως και διατίθεται σε διάφορες μορφές. Η τελευταία έκδοση περιέχει λεπτομέρειες για 170.000 σκάφη και 200.000 εταιρίες που τα κατέχουν, λειτουργούν και τα διαχειρίζονται. Οι κατάλογοι της Lloyd's περιλαμβάνουν πληροφορίες για χαρακτηριστικά των πλοίων που θεωρούνται πολύ σημαντικά για την προετοιμασία μιας λεπτομερούς απογραφής εκπομπών αερίων ρύπων.

Πληροφορίες από «Πιλότους» των λιμανιών

Οι «Πιλότοι» (harbor pilots) αποτελούν μια υπηρεσία του λιμανιού και σκοπός τους είναι να προσφέρουν καθοδήγηση στα μεγάλα ποντοπόρα πλοία κατά την είσοδό τους στα νερά του λιμανιού. Πολλές φορές το σκάφος ενός «πιλότου» αναλαμβάνει την συνοδεία ενός μεγάλου πλοίου από τη ζώνη περιορισμένης ταχύτητας μέχρι την πρόσδεση σε προβλήτα. Στο σημείο εκείνο παίρνει τον έλεγχο της διακυβέρνησης από το ίδιο το πλοίο και σε συνδυασμό με τα ρυμουλκά που προσέρχονται για βοήθεια οδηγούν το πλοίο σε ασφαλή πρόσδεση. Η δράση αυτή των «πιλότων» και τα αρχεία που καταγράφονται εμπλουτίζουν τις Αρχές με πολύ σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τις λεπτομερείς κινήσεις των σκαφών.

Η επικοινωνία με τους «πιλότους» μπορεί να δώσει πολλά στοιχεία σχετικά με τυπικές διαδικασίες όπως οι ταχύτητες ανά κατηγορίες πλοίων καθώς επίσης οι ταχύτητες πλεύσης στη ζώνη περιορισμένης ταχύτητας. Επίσης αντιφάσεις ή έλλειψη πληροφοριών που προκύπτουν από τις καταγραφές των λιμενικών Αρχών, π.χ. για τους ελιγμούς ενός πλοίου, μπορούν να επιλυθούν από τις συζητήσεις με τους πιλότους. Γενικώς οι πληροφορίες από τους «πιλότους» μπορεί να αποδειχθούν πολύ χρήσιμες και σε συνδυασμό με τα δεδομένα που παρέχονται από τις Αρχές να υπάρξει μια ολοκληρωμένη καταγραφή για τις κινήσεις των πλοίων σε όλες τις φάσεις λειτουργίας τους.



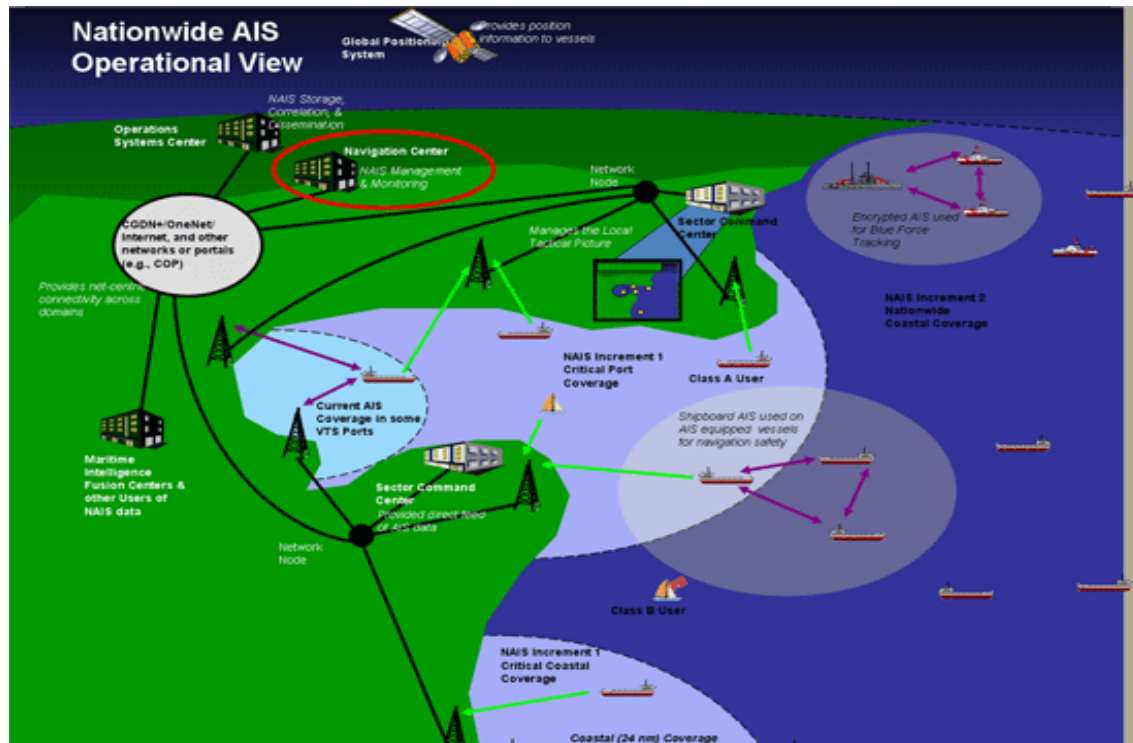
Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης - Automatic Identification System (AIS)

Ένα σύστημα AIS χρησιμοποιείται για την αναγνώριση και την παρακολούθηση της κίνησης των πλοίων. Από τον Δεκέμβριο του 2004, ο Διεθνής Οργανισμός για τη Ναυτιλία (IMO) απαιτεί από όλα τα σκάφη άνω των 299GT να φέρουν συσκευή AIS η οποία μεταδίδει περιοδικά τη θέση τους, την ταχύτητα και την πορεία τους καθώς και ορισμένες στατικές πληροφορίες όπως το όνομα του σκάφους, τις διαστάσεις και λεπτομέρειες σχετικές με το τρέχον ταξίδι. Το σύστημα AIS σχεδιάστηκε αρχικά για να βοηθήσει την αποφυγή συγκρούσεων μεταξύ πλοίων καθώς και να υποστηρίξει τις λιμενικές αρχές στην επίτευξη του καλύτερου έλεγχου της θαλασσιάς κυκλοφορίας. Οι πομποί AIS που είναι εγκατεστημένοι στα πλοία περιλαμβάνουν έναν δέκτη εντοπισμού θέσης GPS (Global Positioning System) που υπολογίζει τις συντεταγμένες της θέσης του πλοίου, την ταχύτητά του και την πορεία του. Τα μηνύματα AIS περιλαμβάνουν τους παρακάτω βασικούς τύπους πληροφοριών:

- Δυναμικές πληροφορίες, όπως η θέση του πλοίου, η ταχύτητα, η πορεία, και η ταχύτητα στροφής
- Στατικές πληροφορίες, όπως το όνομα του πλοίου, ο αριθμός IMO, ο αριθμός MMSI και οι διαστάσεις του
- Πληροφορίες που σχετίζονται με το συγκεκριμένο ταξίδι που εκτελεί, όπως προορισμός, εκτιμώμενη άφιξη (ETA) και βύθισμα

Τυπικά, τα σκάφη με δέκτη AIS και μια εξωτερική κεραία που τοποθετείται 15 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, θα λάβουν τις πληροφορίες AIS, εντός μιας ακτίνας 15-20 ναυτικών μιλίων. Οι σταθμοί βάσης που εγκαθίστανται σε μεγαλύτερο υψόμετρο, μπορούν να επεκτείνουν την εμβέλεια μέχρι 40-60 ν.μ., ακόμη και πίσω από απομακρυσμένα βουνά. Η εμβέλεια εξαρτάται από το ύψος της κεραίας, τα εμπόδια γύρω από την κεραία και τις καιρικές συνθήκες. Ο σημαντικότερος παράγοντας είναι βέβαια το υψόμετρο. Έχουν αναγνωριστεί πλοία έως 150 ν.μ. μακριά με μια μικρή φορητή κεραία τοποθετημένη σε βουνό νησιού με υψόμετρο 700 μέτρα! Οι σταθμοί βάσης καλύπτουν πλήρως μια ακτίνα 40 μιλίων και περιοδικά λαμβάνουν πληροφορίες από πλοία που βρίσκονται μέχρι και 100 μίλια μακριά. Μια σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας του συστήματος AIS φαίνεται παρακάτω

Εικόνα 3-5 Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας συστήματος AIS



Μέχρι στιγμής έχουν αναπτυχτεί πολλά τέτοια συστήματα παγκοσμίως είτε από κρατικούς φορείς είτε από εμπορικές επιχειρήσεις. Διεθνώς πολύ αναγνωρισμένο θεωρείται το δίκτυο που έχει αναπτύξει η Lloyds Fairplay με το προϊόν AIS Live. Το AIS Live ήταν το πρώτο παγκόσμιο δίκτυο αυτόματης αναγνώρισης σκαφών και εξακολουθεί να παρέχει διαδικτυακές υπηρεσίες και ζωντανή παρακολούθηση της κίνησης των πλοίων. Το δίκτυο επεκτείνεται από τη Βόρεια Αμερική και την Καραϊβική έως την Ευρώπη, τη Μεσόγειο και την Άπω Ανατολή. Παρέχει ζωντανά πληροφορίες για 100 και πλέον χώρες και περισσότερα από 2.000 λιμάνια και τερματικούς σταθμούς ανά τον κόσμο. Μέχρι σήμερα προσδιορίζει τις θέσεις περίπου 27.000 σκαφών ημερησίως ενώ οι πληροφορίες που απεικονίζονται ανανεώνονται κάθε 3 λεπτά 24 ώρες το εικοσιτετράωρο.

Στην Ελλάδα σημαντική προσπάθεια έχει γίνει με τη δημιουργία του MarineTraffic. Πρόκειται για ένα ανοιχτό ακαδημαϊκό σχέδιο, σε συνεργασία των πανεπιστημίων Αιγαίου, Κρήτης, Πάτρας, του Αριστοτελείου Θεσσαλονίκης, του ΤΕΙ Καβάλας καθώς πολλών τοπικών φορέων και ιδιωτών που συνεργάζονται για την ανάπτυξη ενός αξιόπιστου συστήματος AIS. Το σύστημα έχει παγκόσμια κάλυψη και ο χρήστης ενημερώνεται για τη δραστηριότητα των πλοίων στην ιστοσελίδα MarineTraffic.com.



3.2.3 Χαρακτηριστικά των υπό μελέτης σκαφών

Τα ποντοπόρα πλοία διαφέρουν έντονα ως προς τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Διάφορες μελέτες κατηγοριοποιούν τα σκάφη με βάση διαφορετικές ιδιότητες όμως η πιο κοινή κατάταξη γίνεται με βάση το φορτίο που μεταφέρουν. Στον πίνακα 3-6 παρουσιάζονται τύποι ποντοπόρων πλοίων που συνήθως συναντώνται σε μια λεπτομερή απογραφή.

Πίνακας 3-6 Τύποι Ποντοπόρων Πλοίων

Τύπος Σκάφους	Περιγραφή
Εμπορικά πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων	Πλοία που μεταφέρουν ως εμπόρευμα αυτοκίνητα
Φορτηγιδοφόρα πλοία	Πλοία που ωθούν μεγάλες φορτηγίδες
Πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου	Πλοία που μεταφέρουν ξηρό φορτίο σε χύδην μορφή
Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	Πλοία που μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια (containers)
Κρουαζιερόπλοια - επιβατικά	Πλοία που μεταφέρουν επιβάτες είτε ως μέσα μεταφοράς ή για σκοπό αναψυχής
Πλοία γενικού φορτίου	Πλοία που μπορούν να μεταφέρουν διάφορα είδη ξηρού φορτίου
Διάφορα	Κατηγορία πλοίων που δεν κατατάσσονται σε κάποια από τις αναφερόμενες κατηγορίες ή δεν αναγνωρίζονται
Ποντοπόρα ρυμουλκά	Μεγάλα ρυμουλκά που ωθούν ή έλκουν πλοία ή φορτηγίδες στην ανοιχτή θάλασσα
Πλοία ψυγεία	Πλοία που μεταφέρουν ευπαθή προϊόντα που απαιτούν συντήρηση
Roll-on/Roll-off (RORO)	Πλοία στα οποία το εμπόρευμα εισάγεται και εξάγεται «κυλώντας» από την πρυμναία είσοδο του σκάφους στην πλωριαία ή το αντίθετο. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και τα επιβατικά πορθμειακά πλοία.
Δεξαμενόπλοια	Πλοία μεταφοράς υγρού φορτίου που περιλαμβάνει τη μεταφορά χημικών, προϊόντων πετρελαίου, υγρών τροφίμων κ.α.

Άλλα χαρακτηριστικά των πλοίων που πρέπει επίσης να αναφερθούν είναι η ισχύς και η ταχύτητα των κυρίων και βοηθητικών μηχανών, η μέγιστη ταχύτητα πλευσης του σκάφους, η υπηρεσιακή ταχύτητα και δευτερευόντως χαρακτηριστικά όπως το μήκος και η χωρητικότητα.

Τα περισσότερα πλοία διαθέτουν μηχανές ντίζελ εκτός από ορισμένα παλιότερα που είναι ατμοκίνητα. Στον πίνακα 3-7 κατατάσσονται οι μηχανές ως προς την ταχύτητα δηλαδή τις στροφές του κινητήρα ανά λεπτό.

**Πίνακας 3-7** Κατηγοριοποίηση ναυτικών κινητήρων με κριτήριο την ταχύτητα περιστροφής

Κατηγορία	Στροφές Μηχανής a RPM	Τύπος χρονισμού κινητήρα
Αργόστροφη	< 130 RPM	2
Μεσόστροφη	130 – 1,400 RPM	4
Υψηλών Στροφών	> 1,400 RPM	4
<i>a RPM = στροφές ανά λεπτό</i>		

Πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των βοηθητικών μηχανών μπορούν να συλλεχθούν από πηγές όπως τα αρχεία της Lloyd's ή από κατάλογους ναυτιλιακών φορέων όμως πολλές φορές παρουσιάζονται ελλιπή. Παλαιότερη πρακτική για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος ήταν η χρήση καθορισμένης ονομαστικής ισχύος για τις βοηθητικές μηχανές με βάση τον τύπο του σκάφους και τη φάση δραστηριότητας του ή εναλλακτικά η υπόθεση ότι η συνολική ισχύς των βοηθητικών μηχανών είναι ίση με το 10% της συνολικής ισχύος των κινητήριων μηχανών. Το California Air Resources Board (ARB) συνέταξε μια έρευνα για 327 ποντοπόρα πλοία (2005 Oceangoing Ship Survey). Στον πίνακα 3-8 παρουσιάζεται η μέση ισχύς των βοηθητικών μηχανών σε σύγκριση με τη μέση ισχύ των μηχανών πρόωσης σε κάθε τύπο σκάφους. Ο λόγος ισχύος βοηθητικών προς κυρίων μηχανών που προκύπτει αποτελεί μια πολύ ικανοποιητική προσέγγιση για τον υπολογισμό της ισχύος των βοηθητικών μηχανών σε μια απογραφή, στην περίπτωση που τα διαθέσιμα στοιχεία για αυτές είναι ανεπαρκή.

Πίνακας 3-8 Χαρακτηριστικά βοηθητικών μηχανών ανά κατηγορία σκαφών, ARB

Τύπος Πλοίου	Μέση ισχύς προώσεως	Μέσες τιμές για βοηθητικές μηχανές				Λόγος βοηθητικής ισχύος προς ισχύος προώσεως
		Αριθμός βοηθητικών μηχανών	Μέση ισχύς ανά μηχανή (kW)	Συνολική ισχύς (kW)	Ταχύτητα περιστροφής μηχανής	
Εμπορικό μεταφοράς αυτοκινήτων	10.700	2,9	983	2.850	Μεσόστροφη	0,266
Μεταφοράς χύδην φορτίου	8.000	2,9	612	1.776	Μεσόστροφη	0,222
Μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	30.900	3,6	1.889	6.800	Μεσόστροφη	0,220
Κρουαζιερόπλοια-Επιβατικά	39.600	4,7	2.340	11.000	Μεσόστροφη	0,278



Γενικών μεταφορών	9.300	2,9	612	1.776	Μεσόστροφη	0,191
Po Po	11.000	2,9	983	2.850	Μεσόστροφη	0,259
Φορτηγά ψυγεία	9.600	4,0	975	3.900	Μεσόστροφη	0,406
Δεξαμενόπλοια	9.400	2,7	735	1.985	Μεσόστροφη	0,211

Το είδος των καυσίμων που χρησιμοποιούνται είναι επίσης πολύ σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό των συντελεστών εκπομπών και πρέπει να προσδιορίζεται κατά την διεξαγωγή μιας απογραφής εκπομπών σε λιμένα. Πρακτικά όλα τα ποντοπόρα πλοία χρησιμοποιούν για τις κύριες μηχανές τους **βαρύ ντίζελ (marine residual fuel (MRF))**. Τα περισσότερα όμως διαθέτουν τουλάχιστον μία επιπλέον δεξαμενή όπου βρίσκεται αποθηκευμένο κάποιο ναυτικό απόσταγμα (**marine distillate fuel (MDF)**). Τα ελαφρύτερα αυτά καύσιμα χρησιμοποιούνται κυρίως από τις βοηθητικές μηχανές η σε περιπτώσεις καθαρισμού ή «ψυχρής» εκκίνησης των μηχανών πρόωσης. Η έρευνα της ARB **το 2005 έδειξε ότι περίπου το 29% των βοηθητικών μηχανών χρησιμοποιεί MDF αντί για MRF. Στα επιβατικά πλοία μόλις το 8% χρησιμοποιούσε MDF**. Γενικά τα παλιότερα πλοία απαιτούν MDF για τη λειτουργία των βοηθητικών μηχανών ενώ τα νεότερα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα βαρέα καύσιμα. Όσο μάλιστα το κόστος των καυσίμων ανεβαίνει οι πλοιοκτήτες επιδιώκουν να λειτουργούν τα πλοία με MRF λόγω του χαμηλότερου κόστους αυτού.

3.2.4 Καθορισμός του είδους της δραστηριότητας των πλοίων

Η περιγραφή της συνολικής δραστηριότητας ενός σκάφους κατά τη διάρκεια μιας τυπικής εισόδου-εξόδου σε λιμάνι επιτυγχάνεται καλύτερα διαχωρίζοντας τη συνολική κίνηση του σκάφους σε επί μέρους κινήσεις που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά ταχύτητας. Μπορούμε να περιγράψουμε τη συνολική κίνηση ενός σκάφους σε τέσσερις φάσεις - υποκινήσεις. Κάθε φάση σχετίζεται με μία ορισμένη ταχύτητα και συνεπώς μια καθορισμένη φόρτιση των μηχανών που συνεπάγεται μοναδικά χαρακτηριστικά εκπομπών ρύπων. Παρόλο που υπάρχει μεταβλητότητα στις κινήσεις κάθε πλοίου εντός μιας εισόδου ή εξόδου σε λιμάνι η διάκριση σε φάσεις μας επιτρέπει την αποτύπωση μιας μέσης περιγραφής των κινήσεων ενός πλοίου στο λιμάνι. Ο χρόνος σε κάθε φάση πρέπει να υπολογίζεται για το σύνολο των κινήσεων κάθε σκάφους στο λιμάνι σε χρονικό ορίζοντα ενός έτους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι διαφορετικές δραστηριότητες.



Πίνακας 3-9 Βασικές δραστηριότητες-φάσεις λειτουργίας πλοίων σε λιμένα

Δραστηριότητα	Περιγραφή
Συνολική κίνηση (call)	Με τον όρο αυτό θεωρούμε μία ολοκληρωμένη διαδικασία εισόδου και εξόδου από την περιοχή ελέγχου του λιμένα.
Αλλαγή (Shift)	Μια αλλαγή είναι μια κίνηση σκάφους εντός της λιμενικής ζώνης. Οι αλλαγές περιλαμβάνονται στις συνολικές κινήσεις. Ενώ πολλά σκάφη πραγματοποιούν τουλάχιστον μία αλλαγή, περισσότερο του 95% των σκαφών εκτελούν τρεις ή λιγότερες αλλαγές στη πλειονότητα των λιμένων. Δε διαθέτουν όλες οι λιμενικές αρχές δεδομένα για τις αλλαγές που πραγματοποιούνται.
Ταξίδι (Cruise -hr/call)	Ο πλους σε ταχύτητα ταξιδιού ή υπηρεσιακή ταχύτητα. Συνήθως ορίζεται ως το 94% της μέγιστης ταχύτητας πλεύσης και 83% της μέγιστης ισχύος των μηχανών προώσεως. Η φάση αυτή λαμβάνει χώρα από την είσοδο ενός σκάφους στην ευρύτερη λιμενική ζώνη (που έχει καθοριστεί για τις ανάγκες μιας απογραφής), μέχρι την είσοδο στη Ζώνη Περιορισμένης Ταχύτητας.
Ζώνη Περιορισμένης Ταχύτητας (Reduced Speed Zone (RSZ -hr/call)	Το τμήμα εντός των ορίων ελέγχου του λιμένα που ένα πλοίο κινείται με ταχύτητα μικρότερη της υπηρεσιακής αλλά μεγαλύτερη της ταχύτητας ελιγμών. Στη φάση αυτή ένα σκάφος κινείται με τη μέγιστη ασφαλή ταχύτητα στη πορεία προς το λιμάνι. Η μειωμένη ταχύτητα μπορεί να κυμαίνεται από 15 κόμβους σε λιμάνια με ανοιχτή θάλασσα (π.χ. στον κόλπο του Chesapeake) έως 9 με 12 κόμβους στη πλειονότητα των περιπτώσεων. Πολλοί λιμένες έχουν θεσπίσει αυστηρούς κανονισμούς για τις Ζ.Π.Τ. με στόχο την μείωση των εκλυόμενων ρύπων από ποντοπόρα πλοία που εισέρχονται στα ύδατα της δικαιοδοσίας τους.
Ελιγμοί (Maneuver - hr/call)	Οι διαδικασίες των ελιγμών λαμβάνει χώρα μετά το πέρας της πλεύσης σε Ζ.Π.Τ και πριν το αγκυροβόλιο ή την πρόσδεση σε προβλήτα του λιμανιού. Οι ελιγμοί εκτελούνται εντός ενός λιμανιού με ταχύτητες 5 έως 8 κόμβων κατά μέσο όρο, με μικρότερες ταχύτητες να διατηρούνται καθώς το πλοίο πλησιάζει να προσδέσει. Ακόμη και με τη καθοδήγηση ρυμουλκών, οι μηχανές προώσεως παραμένουν σε λειτουργία.
Διανυκτέρευση/Ελλιμενισμός (Hotelling - hr/call)	Η φάση της διανυκτέρευσης είναι η περίοδος εκείνη που ένα σκάφος βρίσκεται προσδεμένο ή αγκυροβολημένο και οι ενεργειακές του ανάγκες καλύπτονται μόνο από τις βοηθητικές μηχανές ή από εξωτερική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος (cold ironing). Οι βοηθητικές μηχανές δουλεύουν σε ορισμένο φορτίο καθ όλη τη διάρκεια λειτουργίας ενός πλοίου αλλά τα μέγιστα φορτία λαμβάνουν χώρα αφότου οι κύριες μηχανές τερματίζουν τη λειτουργία τους. Τότε οι βοηθητικές μηχανές είναι εξ ολοκλήρου υπεύθυνες για την παραγωγή ενέργειας στο σκάφος και χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις και στη διαδικασία τερματισμού της λειτουργίας των κυρίων μηχανών. Αρκετές φορές ένα πλοίο μπορεί να καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες λαμβάνοντας ηλεκτρισμό από τη στεριά αντί να παράγεται από τις βοηθητικές μηχανές. Επομένως για τον ακριβή προσδιορισμό



	των εκλυόμενων ρύπων σε φάση διανυκτέρευσης είναι απαραίτητο να γίνεται ο αναγκαίος διαχωρισμός των σκαφών που λειτουργούν τις μηχανές και αυτών που λαμβάνουν την ενέργεια από χειρσαίες πηγές.
--	--

Η ταχύτητα ταξιδιού ή υπηρεσιακή ταχύτητα καταγράφεται στα δεδομένα της Lloyd's και γενικά υπολογίζεται ως το 94% της μέγιστης ταχύτητας ενός σκάφους. Η απόσταση από το πιο ακραίο σημείο ενός λιμένα μέχρι τη Ζώνη Περιορισμένης Ταχύτητας διανύεται με υπηρεσιακή ταχύτητα από ένα σκάφος. Πολλές λιμενικές Αρχές καταγράφουν τη διαδρομή που χρησιμοποιείται κατά την είσοδο κι έξοδο ενός πλοίου στο λιμάνι και αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοριστούν οι πραγματικές αποστάσεις που διανύουν τα πλοία. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται μέσες ταχύτητες ταξιδιού ανά τύπο σκάφους (στοιχεία της ICF International, Commercial Marine Port Inventory Development—2002 and 2005 Inventories, September 2007).

Πίνακας 3-10 Τυπικές τιμές υπηρεσιακών ταχυτήτων ανά τύπο σκαφών

Τύπος Σκαφών	Υπηρεσιακή Ταχύτητα (knots)
Εμπορικά πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων	18.7
Μεταφοράς ξηρού φορτίου	14.5
Μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	21.6
Κρουαζιερόπλοια – Μεγάλα επιβατικά	20.9
Γενικών μεταφορών	15.2
Λοιπά	13.0
Ποντοπόρα ρυμουλκά	14.5
Φορτηγά ψυγεία	19.5
Δεξαμενόπλοια	14.8

Παρόλο που σε μια λεπτομερή απογραφή πρέπει να υπολογίζονται οι πραγματικές ταχύτητες, οι παραπάνω τιμές μπορεί να φανούν πολύ χρήσιμες σε μία περισσότερο απλοποιημένη απογραφή.

Η διάρκεια επίσης λειτουργίας σε Ζώνη Περιορισμένης Ταχύτητας μπορεί να υπολογιστεί σε τυπικές τιμές ταχύτητας και απόστασης. Οι «Πιλότοι» γενικά προσφέρουν στοιχεία σχετικά με τη μέση ταχύτητα κατά τον πλου στη Ζ.Π.Τ. Όπως διαπιστώνεται σε έρευνα του PoLA (Port of Los Angeles), τα πλοία έχουν την τάση να κινούνται με ταχύτητα μικρότερη της μέγιστης επιτρεπόμενης σε Ζ.Π.Τ. Για παράδειγμα στο λιμάνι του Los Angeles η μέγιστη ταχύτητα στη ζώνη περιορισμού είναι 12 κόμβοι. Από συζητήσεις με «Πιλότους» κι από μελέτη των καταγραφών βρέθηκε ότι τα εμπορικά πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και τα κρουαζιερόπλοια έπλεαν με μέση ταχύτητα 11 κόμβων ενώ άλλοι τύποι πλοίων με 9 κόμβους εντός της Ζ.Π.Τ. Γενικά μια Ζ.Π.Τ. έχει



ακτίνα ορισμένων μιλίων ανάλογα με το μέγεθος και την κίνηση του λιμανιού και ορίζεται από το σημείο που τα εισερχόμενα πλοία πρέπει να περιορίσουν την ταχύτητά τους για λόγους καθοδήγησης ή ασφάλειας της ναυσιπλοΐας μέχρι την γεωγραφική είσοδο του λιμανιού.

Η διαδικασία των ελιγμών είναι μία ακόμη βασική δραστηριότητα που εκτελούν τα σκάφη κατά την κίνηση τους σε ένα λιμένα. Ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση των ελιγμών είναι συνάρτηση της απόστασης που καλύπτει ένα πλοίο από την είσοδο του λιμανιού μέχρι το σημείο πρόσδεσης ή αγκυροβολίου και της ταχύτητας. Η μέση ταχύτητα ελιγμών ποικίλει από 3 έως 8 κόμβους ανάλογα με την κατεύθυνση και τον τύπο του πλοίου. Γενικά οι ταχύτητα εξόδου από το λιμάνι είναι πιο αυξημένη καθώς το πλοίο δε χρειάζεται να προσδέσει. Ο χρόνος των ελιγμών διαφέρει ανάλογα με το σημείο που πρέπει να προσεγγίσει ένα σκάφος και τις μανούβρες που πρέπει να εκτελέσει κατά την πρόσδεσή του. Οι ταχύτητες στη φάση αυτή μπορούν να καθοριστούν από πληροφορίες των «Πιλότων» ή καταγραφές από Αυτόματα Συστήματα Αναγνώρισης ή άλλες πηγές. Στη μελέτη του λιμανιού του Los Angeles τα εισερχόμενα εμπορικά πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και τα κρουαζιερόπλοια είχαν μέση ταχύτητα ελιγμών 7 κόμβους ενώ άλλοι τύποι σκαφών είχαν 5 κόμβους. Αντίθετα κατά την φάση εξόδου από το λιμάνι η μέση ταχύτητα ελιγμών υπολογίστηκε ότι ήταν 8 κόμβοι για όλα τα είδη των πλοίων.

Η φάση της διανυκτέρευσης/ελλιμενισμού δεν περιορίζεται στην απόλυτη ερμηνεία του όρου, δηλαδή τη περίοδο μιας βραδιάς που ένα σκάφος περνάει προσδεμένο αλλά έχει ευρύτερη έννοια και περιλαμβάνει όλο εκείνο το διάστημα που το σκάφος βρίσκεται προσδεμένο ή αγκυροβολημένο και οι λειτουργίες του τροφοδοτούνται με ενέργεια είτε από τις βοηθητικές μηχανές ή από εξωτερική παροχή ρεύματος. Ο χρόνος του ελλιμενισμού μπορεί να υπολογιστεί με την αφαίρεση από την ώρα αναχώρησης της ώρας άφιξης στο λιμάνι μείον το χρόνο που οι κύριες μηχανές διατηρήθηκαν σε λειτουργία (για εκτέλεση ελιγμών κατά την πρόσδεση ή προετοιμασία κατά την αναχώρηση). Άλλος τρόπος καθορισμού της περιόδου ελλιμενισμού είναι από στοιχεία των «Πιλότων» για τις ώρες άφιξης κι αναχώρησης των σκαφών. Κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού οι κύριες μηχανές ενός πλοίου παραμένουν σβηστές και οι ανάγκες σε ενέργεια καλύπτονται από τις βοηθητικές μηχανές ή από εξωτερική τροφοδοσία ενέργειας. Οι πραγματικοί χρόνοι ελλιμενισμού πρέπει να υπολογίζονται για κάθε λιμένα που πραγματοποιεί απογραφή των εκπομπών καθώς κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης εκλύεται ένα μεγάλο ποσοστό των ενδιαφερόμενων αερίων ρύπων. Επίσης πρέπει να γίνεται διαχωρισμός των πλοίων που χρησιμοποιούν εξωτερική τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας από αυτών που την παράγουν επί τόπου. Είναι επίσης σημαντικό να επισημανθούν τα πλοία που βρίσκονται προσδεμένα για μεγάλο χρονικό διάστημα και να μελετηθούν ξεχωριστά από το μέσο όρο.

Πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τη χρονική διάρκεια που απαιτείται για κάθε μία από τις αναφερθείσες δραστηριότητες ενός σκάφους. Αυτοί οι παράγοντες δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν για κάθε κατηγορία σκαφών σε περίοδο κίνησης ενός έτους. Μεταβλητές όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι καιρικές συνθήκες, το πρόγραμμα των σκαφών καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το χρόνο που θα χρειαστεί για την εκτέλεση κάθε λειτουργίας ενός πλοίου ιδιαίτερα της πραγματοποίησης των ελιγμών όπως περιγράφεται στη συνέχεια:

- ο Ο κυκλοφοριακός φόρτος μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ταχύτητας των εισερχόμενων και εξερχόμενων σκαφών που πλέουν στο δίαυλο του λιμανιού καθώς λόγοι ασφαλείας επιβάλλουν τα σκάφη να είναι πιο προσεκτικά.
- ο Οι άσχημες καιρικές συνθήκες όπως οι ισχυροί άνεμοι προκαλούν δυσκολίες στον έλεγχο των ελιγμών. Η βροχή και η ομίχλη μειώνουν την ορατότητα και επιβάλλουν σημαντική μείωση της ταχύτητας έως και στο 1/3 της αντίστοιχης μιας καθαρής ημέρας. Επιπλέον η πρόσδεση σε προβλήτα απαιτεί περισσότερο χρόνο υπό αντίξοες καιρικές συνθήκες.



- ο Το χρονοδιάγραμμα ενός σκάφους μπορεί επίσης να επηρεάσει τους χρόνους κάθε λειτουργίας. Οι «Πιλότοι» των λιμανιών είναι εν μέρει υπεύθυνοι για τη τήρηση του προγράμματος ενός σκάφους ώστε π.χ. να συναντήσει την κατάλληλη ώρα το ρυμουλκό που θα το οδηγήσει στη θέση πρόσδεσης ή το πλοίο που θα το εφοδιάσει με καύσιμα. Εάν ένα σκάφος είναι μπροστά από το πρόγραμμα τότε ο «Πιλότος» μπορεί να χρησιμοποιήσει χαμηλότερες ταχύτητες κατά την είσοδο στο λιμάνι ώστε να εξοικονομηθούν καύσιμα και το πλοίο να φτάσει πιο κοντά στην προγραμματισμένη ώρα. Αντίθετα εάν είναι πίσω στο πρόγραμμα, θα χρειαστεί να επιταχύνει στη μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα έτσι ώστε να κερδίσει όσο το δυνατό το χαμένο έδαφος.

Σε μία λεπτομερή απογραφή όπου χρησιμοποιούνται οι πραγματικές ταχύτητες όλοι αυτοί οι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη. Στην απλοποιημένη απογραφή τα δεδομένα αυτά δε μπορούν να προσμετρηθούν άμεσα εντούτοις οι σταθμισμένοι χρόνοι που ορίζονται για κάθε δραστηριότητα στη διάρκεια ενός χρόνου, εξομαλύνουν ορισμένες από αυτές τις διαφορές.

3.2.5 Καθορισμός συντελεστών φόρτισης των μηχανών

Οι συντελεστές φόρτισης εκφράζονται ως ποσοστό της συνολικής ισχύος προώσεως ή της ισχύος των βοηθητικών μηχανών ενός σκάφους. Κατά τον πλου σε υπηρεσιακή ταχύτητα ο συντελεστής φόρτισης των κυρίων μηχανών θεωρείται ότι είναι 83%. Για τον υπολογισμό της φόρτισης των μηχανών προώσεως σε χαμηλότερες ταχύτητες εφαρμόζεται ο «Κανόνας της Έλικας» (Propeller Law), που βασίζεται στη θεωρία ότι η ισχύς προώσεως μεταβάλλεται με τον κύβο της ταχύτητας, όπως φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$LF = (AS/MS)^3$$

Όπου

LF = Συντελεστής Φορτίου - Load Factor (%)

AS = Τρέχουσα Ταχύτητα - Actual Speed (knots)

MS = Μέγιστη Ταχύτητα - Maximum Speed (knots)

Παλαιότερες εργασίες της Starcrest κι άλλων συμβουλευτικών φορέων υπέθεταν ότι ο κανόνας αυτός είχε ένα κατώτερο επιτρεπόμενο όριο περίπου 10% που αντιπροσωπεύει μια υποτιθέμενη ελάχιστη ταχύτητα περιστροφής ενός κινητήρα ντίζελ. Στις τελευταίες όμως μελέτες της Starcrest η υπόθεση αυτή ανατράπηκε καθώς βρέθηκε ότι είναι αποδεκτές τιμές συντελεστών φόρτισης έως και 2%. Αυτοί οι χαμηλότεροι συντελεστές είναι εφικτοί γιατί τα πλοία συχνά εναλλάσσουν τη λειτουργία των μηχανών πρόωσης (σταματούν και ξεκινούν) κατά τη διάρκεια των ελιγμών για να μειώσουν την ταχύτητα κάτω από το ελάχιστο όριο των 5.8 κόμβων. Στην πράξη, από τη μελέτη που διεξήγαγε η Starcrest στο λιμάνι του Los Angeles προκύπτει ότι τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (container ships) είχαν τις μηχανές τους σταματημένες στο 25-50 % του συνολικού χρόνου της διαδικασίας των ελιγμών. Επομένως ενώ οι συντελεστές φόρτισης των μηχανών πρόωσης θα πρέπει να υπολογίζονται με βάση τον «κανόνα της έλικας» για κάθε κίνηση του πλοίου, οι συντελεστές για φορτίσεις μικρότερες του 2% θα πρέπει να τίθενται κατ ελάχιστο στο 2%.

Οι συντελεστές φόρτισης των βοηθητικών μηχανών ενός σκάφους διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του σκάφους και τη φάση λειτουργίας του. Θεωρείται ότι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται από τις κύριες μηχανές σε όλες τις φάσεις λειτουργίας εκτός από αυτή της διανυκτέρευσης. Εντούτοις πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι οι βοηθητικές



μηχανές παραμένουν σε λειτουργία όλες τις ώρες με τις μεγαλύτερες φορτίσεις να πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της διανυκτέρευσης του σκάφους εκτός βέβαια αν υπάρχει εξωτερική τροφοδοσία ρεύματος. Η Starcrest στη μελέτη του 2005 για το λιμάνι του Los Angeles καθόρισε εκτιμώμενες τιμές για τους συντελεστές φόρτισης των βοηθητικών μηχανών αξιολογώντας πληροφορίες που συνέλεξε από συνεντεύξεις με πλοίαρχους, αρχιμηχανικούς και «πλότους» των λιμανιών. Οι συντελεστές φόρτισης των βοηθητικών μηχανών πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τη μέγιστη ισχύ των βοηθητικών μηχανών. Σε λεπτομερείς απογραφές εκπομπών αερίων ρύπων οι συντελεστές φόρτισης πρέπει να καθοριστούν για το υπό εξέταση λιμάνι, ενώ στην περίπτωση μιας απλοποιημένης απογραφής δύναται να εφαρμοστούν οι τιμές που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα σε συνδυασμό με τις μέγιστες τιμές ισχύος των βοηθητικών μηχανών που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 3-11.

Πίνακας 3-11 Εκτιμώμενες τιμές Συντελεστών Φόρτισης βοηθητικών μηχανών

Τύπος Πλοίου	Υπηρεσιακή Ταχύτητα	Ζ.Π.Τ.	Ελιγμοί	Διανυκτέρευση
Εμπορικά πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων	0.15	0.30	0.45	0.26
Μεταφοράς ξηρού φορτίου	0.17	0.27	0.45	0.10
Μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	0.13	0.25	0.48	0.19
Κρουαζιερόπλοια-Επιβατικά	0.80	0.80	0.80	0.64
Γενικών μεταφορών	0.17	0.27	0.45	0.22
Λοιπά	0.17	0.27	0.45	0.22
Ποντοπόρα ρυμουλκά	0.17	0.27	0.45	0.22
RORO	0.15	0.30	0.45	0.26
Φορηγά ψυγεία	0.20	0.34	0.67	0.32
Δεξαμενόπλοια	0.24	0.28	0.33	0.26



3.2.6 Καθορισμός συντελεστών εκπομπών αερίων ρύπων

Ο πιο αδύναμος κρίκος στις απογραφές εκπομπών αερίων ρύπων αποτελεί ο καθορισμός των συντελεστών εκπομπών (emission factors) των μηχανών των ποντοπόρων πλοίων. Οι συντελεστές εξακολουθούν να προκύπτουν από πολύ περιορισμένα στοιχεία. Ο πειραματικός έλεγχος των εκπομπών των ποντοπόρων πλοίων αποτελεί μία δαπανηρή και δύσκολη επιχείρηση, κι ως εκ τούτου τα δεδομένα για εκπομπές είναι αρκετά σπάνια. Στις περισσότερες περιπτώσεις η ενέργεια που παράγεται υπολογίζεται μόνο κατ' εκτίμηση οδηγώντας σε ανακρίβειες κατά τον υπολογισμό των συντελεστών εκπομπών.

Μία από τις πιο πρόσφατες αναλύσεις δεδομένων εκπομπών πραγματοποιήθηκε και δημοσιεύθηκε το 2002 από την Entec UK Limited (*Quantification of Emissions from Ships Associated with Ship Movements between Ports in the European Community, prepared for the European Commission, July 2002*). Οι συντελεστές που προέκυψαν από αυτή τη μελέτη θεωρούνται μέχρι σήμερα ως οι πλέον αποδεκτοί που βρίσκονται διαθέσιμοι. Η ανάλυση της **Entec** περιελάμβανε δεδομένα εκπομπών για 142 κινητήριες μηχανές και δύο από τα πιο πρόσφατα ερευνητικά προγράμματα (*Lloyd's Register Engineering Services in 1995* και *IVL Swedish Environmental Research Institute in 2002*). Οι συντελεστές εκπομπών της Entec διαχωρίζονται ανάλογα με τον τύπο των μηχανών ντίζελ και το καύσιμο που καταναλώνουν. Οι μηχανές κατηγοριοποιούνται σε **αργόστροφες (slow-speed diesel (SSD))**, **μεσαίων στροφών (medium-speed diesel (MSD))**, **ατμοστρόβιλους (steam turbines (ST))** και **αεριοστρόβιλους (gas turbines (GT))**. Τα καύσιμα που περιλαμβάνονται είναι τα MRF ή RO (Residual Oil), MDO και MGO που έχουν αναφερθεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Ο πίνακας 3-12 που ακολουθεί έχει αναπτυχθεί από την *ICF International* για την **Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (Α.Υ.Π.Π)** και παρουσιάζει τους συντελεστές εκπομπών των κυρίων μηχανών ανά κατηγορία σε συνδυασμό με τα είδη καυσίμων βασισμένα στην έρευνα της Entec και άλλες πηγές.

Πίνακας 3-12 Συντελεστές Εκπομπών για κύριες μηχανές ποντοπόρων πλοίων, (g/kWh)

Engine Type	Fuel Type	Sulfur	Emission Factors (g/kWh)							
			NO _x	PM10	PM2.5	HC	CO	SO _x	CO ₂	BSFC
SSD	RO	2,70%	18,10	1,42	1,31	0,60	1,40	10,29	620,62	195
	MDO	1,00%	17,00	0,45	0,42	0,60	1,40	3,62	588,79	185
	MGO	0,50%	17,00	0,31	0,28	0,60	1,40	1,81	588,79	185
	MGO	0,10%	17,00	0,19	0,17	0,60	1,40	0,36	588,79	185
MSD	RO	2,70%	14,00	1,43	1,32	0,50	1,10	11,24	677,91	213
	MDO	1,00%	13,20	0,47	0,43	0,50	1,10	3,97	646,08	203
	MGO	0,50%	13,20	0,31	0,29	0,50	1,10	1,98	646,08	203
	MGO	0,10%	13,20	0,19	0,17	0,50	1,10	0,40	646,08	203



GT	RO	2,70%	6,10	1,47	1,35	0,10	0,20	16,10	970,71	305
	MDO	1,00%	5,70	0,58	0,53	0,10	0,20	5,67	922,97	290
	MGO	0,50%	5,70	0,35	0,32	0,10	0,20	2,83	922,97	290
	MGO	0,10%	5,70	0,17	0,15	0,10	0,20	0,57	922,97	290
ST	RO	2,70%	2,10	1,47	1,35	0,10	0,20	16,10	970,71	305
	MDO	1,00%	2,00	0,58	0,53	0,10	0,20	5,67	922,97	290
	MGO	0,50%	2,00	0,35	0,32	0,10	0,20	2,83	922,97	290
	MGO	0,10%	2,00	0,17	0,15	0,10	0,20	0,57	922,97	290

Η πρώτη στήλη καταγράφει τους τύπους των ναυτικών κινητήρων. Στη δεύτερη και τρίτη στήλη αποτυπώνονται τα είδη καυσίμων και η περιεκτικότητα σε θείο αυτών αντίστοιχα. Ακολουθούν οι συντελεστές εκπομπών για επτά ρύπους και αέρια του θερμοκηπίου ενώ η τελευταία στήλη αναφέρεται στην BSFC (Brake specific fuel consumption) δηλαδή την ειδική κατανάλωση καυσίμου.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές σχεδιάζουν και παράγουν κινητήρες που εκλύουν ρύπους αρκετά κάτω από τα υπάρχοντα όρια. Η Α.Υ.Π.Π. θεώρησε ότι η θέσπιση των ανώτατων επιτρεπόμενων επιπέδων NO_x πρέπει να επιφέρουν μείωση της τάξης του 11% στις εκπομπές NO_x από ναυτικούς κινητήρες που κατασκευάστηκαν πριν το 2000. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια να εφαρμόζεται ένας συντελεστής NO_x της τάξης του 0,89 για τον υπολογισμό των εκπομπών από κύριους ή βοηθητικούς κινητήρες που κατασκευάστηκαν μετά το 2000. Τα πρότυπα αυτά εφαρμόζονται μόνο σε κινητήρες ντίζελ επομένως ο συντελεστής δεν έχει ισχύ σε αμμοστρόβιλους ή αεριοστρόβιλους.

Παρότι η πλειοψηφία των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), οι εκλύσεις μεθανίου (CH₄) και μονοξειδίου του αζώτου (N₂O) πρέπει να ληφθούν υπόψη. Στη συνέχεια παρατίθενται συντελεστές εκπομπών αυτών των αερίων για κάθε κατηγορία μηχανών και καυσίμων βασισμένα στην ενημερωμένη έρευνα της IVL του 2004.

Πίνακας 3-13 Συντελεστές Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου, g/kWh

Τύπος Μηχανής	RO		MDO ή MGO	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
Αργόστροφη	0.006	0.031	0.006	0.031
Μεσαίων στροφών	0.004	0.031	0.004	0.031
Αμμοστρόβιλος	0.002	0.080	0.002	0.080
Αεριοστρόβιλος	0.002	0.080	0.002	0.080
Βοηθητική	0.004	0.031	0.004	0.031



Όπως συνέβη και με τις κύριες μηχανές, οι συντελεστές εκπομπών για βοηθητικές μηχανές προέρχονται από τη μελέτη της Eptec. Όταν υπάρχει μικρότερη ζήτηση ενέργειας, μία ή περισσότερες μηχανές σβήνουν έτσι ώστε οι εναπομένουσες να δουλεύουν σε αποδοτικό επίπεδο. Στον πίνακα 3-14 παρουσιάζονται οι συντελεστές εκπομπών για βοηθητικές μηχανές ποντοπόρων πλοίων:

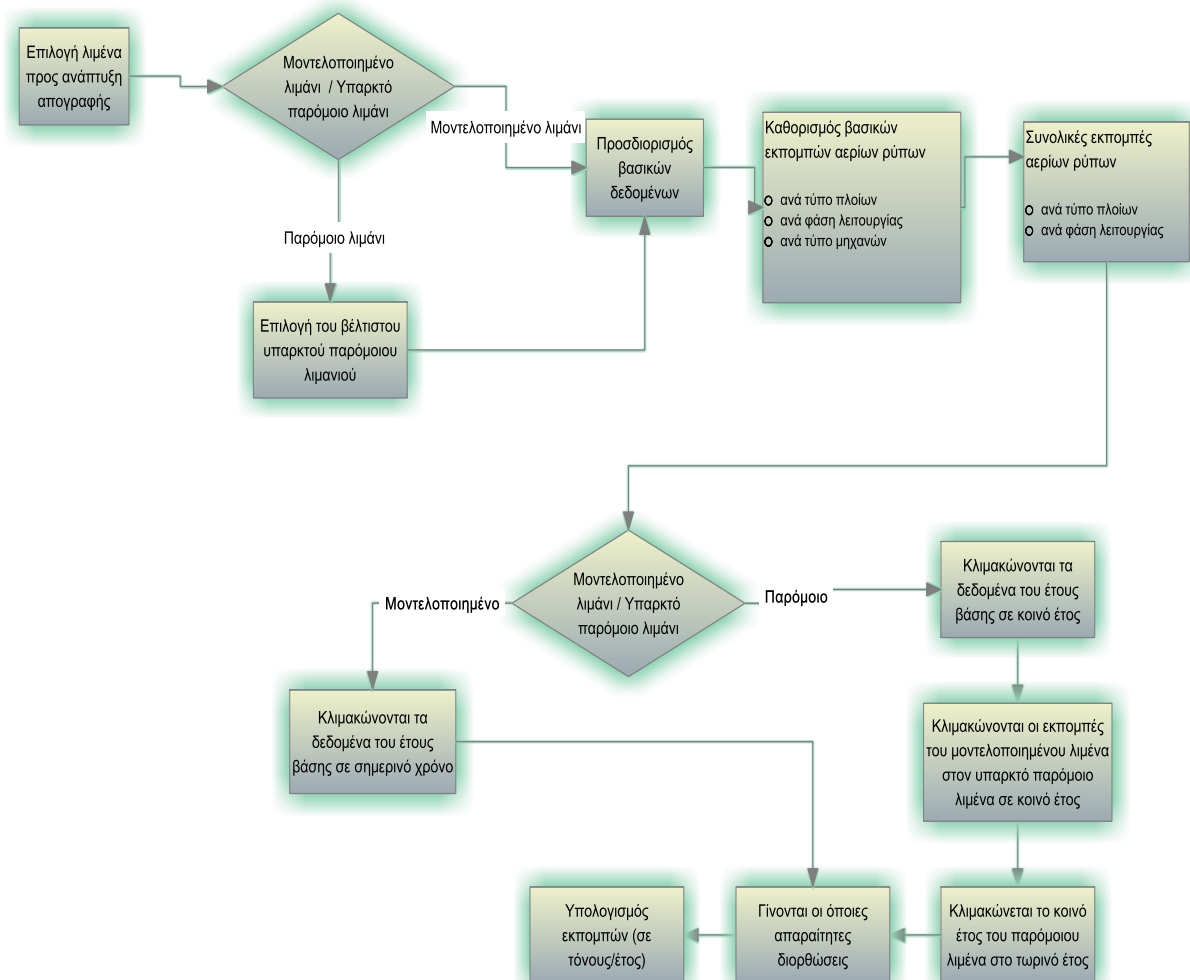
Πίνακας 3-14 Συντελεστές Εκπομπών για βοηθητικές μηχανές ποντοπόρων πλοίων (g/kWh)

Τύπος Καυσίμου	Συντελεστές Εκπομπών (γρ/kWh)								
	Θείο	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	HC	CO	SO _x	CO ₂	BSFC
RO	2.70%	14.7	1.44	1.32	0.40	1.10	11.98	722.54	227
MDO	1.00%	13.9	0.49	0.45	0.40	1.10	4.24	690.71	217
MGO	0.50%	13.9	0.32	0.29	0.40	1.10	2.12	690.71	217
MGO	0.10%	13.9	0.18	0.17	0.40	1.10	0.42	690.71	217

3.2.7 Παρουσίαση απλοποιημένης απογραφής

Μία απλοποιημένη απογραφή εκπομπών αερίων ρύπων σε λιμάνι πραγματοποιείται στην περίπτωση που δεν υπάρχουν ικανά στοιχεία για την διεξαγωγή μιας λεπτομερούς ή ενδιάμεσης προσέγγισης απογραφής. Σε αυτό τον τύπο απογραφής χρησιμοποιείται μία υπάρχουσα απογραφή ενός παρόμοιου λιμανιού και οι εκπομπές κλιμακώνονται προς τα πάνω ή προς τα κάτω με βάση την αναλογία των δεδομένων για τη λειτουργία των πλοίων ανάμεσα στα δύο λιμάνια. Η Α.Υ.Π.Π. έχει αναπτύξει δύο εργασίες για την προετοιμασία απογραφών από άλλα λιμάνια. Το οργανόγραμμα που ακολουθεί καταγράφει βήμα προς βήμα την ανάπτυξη της μεθόδου.

Εικόνα 3-15 Διάγραμμα προετοιμασίας μιας Απλοποιημένης Απογραφής





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο CASE STUDY – ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ
ΕΚΛΥΟΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ
ΑΚΤΟΠΛΟΪΑΣ ΣΤΟΝ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ

4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

4.1.1 Γενικά

Ο Πειραιάς βρίσκεται κεντρικά τοποθετημένος στα παράλια του Αιγαίου πελάγους, στον κόλπο του Σαρωνικού και αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους εμπορευματικούς και επιβατικούς λιμένες στην Ευρώπη. Η επιβατική κίνηση από το λιμάνι του Πειραιά είναι η υψηλότερη στην Ευρώπη και η τρίτη στον κόσμο, εξυπηρετώντας περίπου 20 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως (σε αυτούς περιλαμβάνονται και όσοι διακινούνται από το σταθμό του Περάματος). Αντίθετα από τον εμπορευματικό σταθμό του λιμένα του Πειραιά που δεν βρίσκεται εντός του οικιστικού ιστού της πόλης, ο επιβατικός σταθμός (επίσης γνωστός ως το κεντρικό λιμάνι) είναι μέρος της πόλης του Πειραιά.

Ο Πειραιάς είναι ο τρίτος δήμος σε πληθυσμό στην Ελλάδα και ο δεύτερος στην ελληνική πρωτεύουσα μετά το δήμο της Αθήνας με πληθυσμό 175.697 άτομα (εθνική απογραφή του 2011) και έκταση 11 km². Αυτό μεταφράζεται σε πυκνότητα πληθυσμού 16.000 κατοίκων ανά km², ενώ για παράδειγμα στις πόλεις-λιμάνια της Σιγκαπούρης, του Ρότερνταμ και του Αμβούργου ανέρχεται σε 8.350, 2.500 και 2.300 άτομα ανά km² περίπου. Αν και αυτή η πυκνοκατοικημένη περιοχή είναι πρωταρχικού ενδιαφέροντος για τη μελέτη αυτή από την οπτική γωνία της επίδρασης των αερίων ρύπων, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η αστική περιοχή του Πειραιά εκτείνεται πέραν των διοικητικών ορίων της πόλης με τους περιαστικούς δήμους. Η ευρύτερη περιοχή του Πειραιά έχει πληθυσμό 449.070 (2011) κατοίκους και κατέχει έκταση 50 km².

Ο Πειραιάς είναι μια πόλη με μεγάλη εμπορική και επιχειρηματική δραστηριότητα, κυρίως στον κλάδο της ναυτιλίας και των υπηρεσιών, που προσελκύουν περίπου 350.000 υπαλλήλους και επισκέπτες κάθε ημέρα. Αυτή η ανθρώπινη παρουσία είναι ο αποδέκτης των εκπομπών που παράγονται από περισσότερες από 9.000 κινήσεις επιβατικών πλοίων και κρουαζιερόπλοιων στο επιβατικό λιμάνι του Πειραιά κάθε χρόνο.

Ο σχεδιασμός κι η ανάπτυξη της απογραφής των αερίων ρύπων στο λιμάνι του Πειραιά βασίζεται στην εκτίμηση της δραστηριότητας των σκαφών (activity based estimation). Αυτό σημαίνει πως πρέπει να υπολογισθούν συντελεστές φορτίου των κυρίων και βοηθητικών μηχανών των υπό εξέταση σκαφών για κάθε δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα εντός του λιμένα, συντελεστές εκπομπών που προκύπτουν από την πλέον ενημερωμένη εργασία της ENTEC και παρουσιάζονται στην αναφορά της Α.Υ.Π.Π. για της απογραφές ρύπων σε λιμάνια, πληροφορίες σχετικά με την ισχύ των προωστηρίων και βοηθητικών μηχανών και τον τύπο καυσίμου που καταναλώνουν και τέλος το χρόνο που τα σκάφη δαπανούν σε κάθε δραστηριότητα. Τα γεωγραφικά όρια της απογραφής περιλαμβάνουν τις κινήσεις που εκτελούνται από την είσοδο του λιμανιού κι εντός αυτού. Οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε αυτό το πεδίο είναι εκείνες των ελιγμών και του ελλιμενισμού/διανυκτέρευσης. Η πρώτη αφορά την κίνηση ενός σκάφους με μειωμένη



ταχύτητα από την είσοδο του λιμανιού μέχρι την πρόσδεση στην προβλήτα και το αντίστροφο κατά την αναχώρηση. Η φάση του ελλιμενισμού ξεκινάει με την πρόσδεση ενός πλοίου μέχρι την αναχώρησή του. Η εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου προσδιορισμού των αερίων ρύπων είναι της μορφής:

$$E_m = T_m \times ((LF_{ME} \times EF_{ME} \times ME) + (LF_{AE} \times EF_{AE} \times AE)) \text{ και}$$

$$E_b = T_b \times ((LF_{ME} \times EF_{ME} \times ME) + (LF_{AE} \times EF_{AE} \times AE))$$

όπου

E_m και E_b οι εκπομπές ενός ρύπου κατά τη διάρκεια των ελιγμών (manoeuvring) και της διανυκτέρευσης (hotelling) αντίστοιχα (σε γραμμάρια).

T_m και T_b ο χρόνος που διήρκεσε η διαδικασία των ελιγμών και της διανυκτέρευσης αντίστοιχα (σε ώρες).

ME και AE η εγκατεστημένη ισχύς των κυρίως και βοηθητικών μηχανών αντίστοιχα (σε kW).

LF_{ME-m} και LF_{ME-b} οι συντελεστές φόρτισης των κυρίων μηχανών στις φάσεις των ελιγμών και της διανυκτέρευσης αντίστοιχα.

LF_{AE-m} και LF_{AE-b} οι συντελεστές φόρτισης των βοηθητικών μηχανών στις φάσεις ελιγμών και διανυκτέρευσης αντίστοιχα.

EF_{ME} και EF_{AE} οι συντελεστές εκπομπών κυρίων και βοηθητικών μηχανών για ένα ρύπο αντίστοιχα.

4.1.2 Χαρακτηριστικά των σκαφών που συμμετέχουν στην απογραφή

Τα σκάφη που δραστηριοποιούνται στον επιβατικό λιμένα του Πειραιά μπορούν να διαχωριστούν με βάση τα γενικά φυσικά χαρακτηριστικά και τις διαδρομές που εκτελούν σε :

- πλοία της ακτοπλοΐας των νησιών του Αιγαίου και της Κρήτης
- πλοία που εκτελούν δρομολόγια στον Αργοσαρωνικό
- κρουαζιερόπλοια

Η απογραφή που πραγματοποιείται στην παρούσα εργασία εξετάζει τη δραστηριότητα των πλοίων της ακτοπλοΐας του Αιγαίου και της Κρήτης. Αυτά προκύπτουν από τα επίσημα προγράμματα δρομολογίων του Υπουργείου Ναυτιλίας (του έτους 2012) και είναι στο σύνολο 26. Τα σκάφη της ακτοπλοΐας είναι στο σύνολό τους επιβατικά – οχηματαγωγά (RO-PAX) συμβατικά ή ταχύπλοα.

Η πλειονότητα των σκαφών διαθέτει μεσόστροφες μηχανές πρόωσης (MSD) που καταναλώνουν κυρίως βαρύ καύσιμο (MRF) ή σε λίγες περιπτώσεις MDO με 1% περιεκτικότητα σε θείο. Σύμφωνα δε με τους τελευταίους ευρωπαϊκούς κανονισμούς (οδηγία 2005/33/EU και 2013/33/EU), είναι επιβεβλημένη στα σκάφη που εκτελούν πλόες του εσωτερικού της χώρας η χρήση βαρέως καυσίμου με ανώτατη περιεκτικότητα σε θείο το



1,5% (Low Sulfur Fuel Oil - LSFO). Όσον αφορά τις βοηθητικές μηχανές, περίπου το 65% χρησιμοποιεί καύσιμο MDO 1% ενώ το υπόλοιπο 35% βαρύ καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Στον πίνακα 4-1 παρατίθενται τα πλοία της ακτοπλοΐας που δραστηριοποιούνται στο λιμάνι του Πειραιά μαζί με βασικά χαρακτηριστικά ισχύος.

Πίνακας 4-1 Τεχνικά χαρακτηριστικά πλοίων της ακτοπλοΐας του Αιγαίου και της Κρήτης

ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΚΥΡΙΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ (BHP)	ΙΣΧΥΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ (kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (ΚΟΜΒΟΙ)	ΙΣΧΥΣ ΚΥΡΙΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ (kW)
HIGHSPEED 4	28800	1120	33	21456
HIGHSPEED 5	39004	1162	38	29058
HIGHSPEED 6	37584	1150	38	28010
SUPERFAST XII	65256	10200	29,3	48616
BLUE STAR 1	60471	5080	28	45051
BLUE STAR 2	60471	5080	28	45051
BLUE STAR NAXOS	22207	3240	24,4	16560
BLUE STAR PAROS	22207	3240	24,4	16560
BLUE STAR DILOS	42895	4500	26	32000
NISSOS CHIOS	43068	4973	27	32086
SUPER JET	8080	170	38	6020
ADAMANTIOS KORAI	8000	924	18,6	5960
NISSOS MYKONOS	43068	4973	27	32086
OLYMPIC CHAMPION	69000	10500	32	51405
EUROPEAN EXPRESS	35496	3900	20,5	25444
EL. VENIZELOS	45734	2950	20	34130
FAISTOS PALACE	91359	11000	31	68062
SPEED RUNNER IV	36878	1099	38	27474
AGIOS GEORGIOS	15000	1680	20	11175
PREVELIS	15600	1500	20	11622
MYTILENE	18900	2250	21,5	14081
V.KORNAROS	14500	1908	19	10803
DIAGORAS	15300	1767	23	11399
ELYROS	35600	4111	25	26522
KNOSSOS PALACE	91359	11000	31	68062
IERAPETRA L.	20800	2040	21,5	15496

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των σκαφών εξήχθησαν από τον "Ελληνικό Ναυτικό Οδηγό" και τον "Ναυτικό Κατάλογο του Σκολαρίκου 2008" που είναι καταχωρημένα με μεγάλη λεπτομέρεια. Παράλληλα, πληροφορίες για τη κατηγορία των ναυτικών κινητήρων και το είδος καυσίμου που χρησιμοποιούν έγινε από τις επίσημες ιστοσελίδες των κατασκευαστών, γνωρίζοντας από τους καταλόγους τους κωδικούς των υπό μελέτη μηχανών.



4.1.3 Καθορισμός των χρονικών και γεωγραφικών ορίων της απογραφής του λιμένα Πειραιά

Η εκτέλεση μιας ολοκληρωμένης απογραφής εκπομπών αερίων ρύπων απαιτεί την καθημερινή παρατήρηση και συλλογή στοιχείων για ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος ούτως ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα για την ναυτική δραστηριότητα που επηρεάζεται από εποχικούς παράγοντες. Οι πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την πραγματοποίηση της απογραφής όσων αφορά τα χρονικά δεδομένα είναι οι όσο το δυνατόν πιο ακριβείς τιμές για τους χρόνους που καταναλίσκει κάθε πλοίο σε κάθε δραστηριότητα. Οι τιμές αυτές μπορούν να εξαχθούν από διάφορες πηγές όπως έχει αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, όπως οι λιμενικές αρχές, οι πιλότοι των λιμανιών κλπ. Στη προκειμένη περίπτωση κύρια πηγή άντλησης των απαραίτητων πληροφοριών αποτέλεσαν τα επίσημα στοιχεία δρομολογίων του υπουργείου καθώς και το Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης (AIS) του marinetraffic.com, ένα ελληνικό διαδικτυακό ερευνητικό πρόγραμμα που συμμετέχουν πανεπιστήμια και δημόσιοι φορείς. Το σύστημα αυτό πέρα από τη ζωντανή και άμεση απεικόνιση της πορείας και της ταχύτητας κάθε σκάφους, καταγράφει τις πραγματικές ώρες άφιξης και αναχώρησης από και προς τα λιμάνια της χώρας κι εν προκειμένω του Πειραιά.

Η διεξαγωγή της παρούσης απογραφής γίνεται για χρονικό διάστημα οκτώ ημερών, από το Σάββατο 12 Ιουνίου 2012 έως το Σάββατο 19 Ιουνίου 2012 λόγω περιορισμένου διαθέσιμου χρόνου έρευνας στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας. Το επιλεγμένο διάστημα μπορεί να χαρακτηριστεί τυπικό διάστημα λειτουργίας του λιμανιού σε θερινό φορτίο και από αυτό μπορεί να γίνει ικανοποιητική αναγωγή για το σύνολο της θερινής λειτουργίας του επιβατικού λιμένα και στη συνέχεια με συγκεκριμένες παραδοχές για το σύνολο του έτους. Οι κινήσεις των πλοίων που αντλούνται από το [marinetraffic](http://marinetraffic.com) και τα στοιχεία που εξήχθησαν από τον ΟΛΠ μας υποδεικνύουν τις πραγματικές ώρες άφιξης κι αναχώρησης κάθε σκάφους από και προς το λιμάνι του Πειραιά. Από τις ώρες άφιξης και αναχώρησης στη συνέχεια υπολογίζεται ο χρόνος (σε ώρες) που κάθε σκάφος παραμένει εντός του λιμένα. Η καταχώρηση του χρονικού διαστήματος που κάθε σκάφος βρίσκεται ελλιμενισμένο για κάθε ημέρα ακολουθεί ένα λογιστικό προσδιορισμό. Για παράδειγμα το πλοίο Elygos που εκτελεί το δρομολόγιο για τα Χανιά, εισέρχεται στο λιμάνι μία φορά κάθε δύο μέρες, παραμένει για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (16+ ώρες τις 3 φορές και 7 ώρες την τέταρτη) και αναχωρεί μέσα στην ίδια μέρα. Σε αυτή τη περίπτωση που υπάρχει ολοκληρωμένη άφιξη – αναχώρηση εντός της ημέρας καταγράφεται μία χρονική τιμή. Στον πίνακα 4-2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτής της επεξεργασίας.



Πίνακας 4-2 Χρονικό διάστημα (σε ώρες) που κάθε πλοίο παραμένει ελλειμενισμένο στο λιμάνι του Πειραιά για κάθε επίσκεψη κατά το διάστημα 12/6 - 19/6 2012

1.ELYROS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	16,33	-	16,3	-	16,25	-	7,28
2.MYTILENE							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	-	12,78	-	12,96	-	12,83	-
3.PREVELIS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	-	-	11	-	-	6,41	-
4.KNOSSOS PALACE							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	15,5	-	16,58	-	16,46	-	16,48
5.FAISTOS PALACE							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
16	-	15,75	-	16,5	-	16,46	-
6.ADAMANTIOS KORAI							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
6,75	14,91	6,73	14,92	5,16	4,25	14,91	6,66
7. EL. VENIZELOS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
15	-	15,33	-	15	-	15,05	-
8.IERAPETRA L							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	10,42	-	10,5	-	-	11,03	-
9.NISSOS CHIOS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	13,75	-	10,75	1,27	-	-	-
10.NISSOS MYKONOS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	-	-	-	-	-	6,03	-
11.BLUE STAR 1							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
13,12	-	12,04	-	16,03	17,1	-	-



12.BLUE STAR 2							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	12,75	-	10,9	-	-	10,66	-
13.BLUE STAR NAXOS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
7,58	7,55	7,56	7,52	7,58	7,28	7,72	7,75
0,53	-	-	-	-	-	-	-
14.BLUE STAR PAROS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
2,65	2,72	2,67	2,3	2,75	2,67	2,68	2,67
15..BLUE STAR DILOS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
7,54	7,56	7,54	7,55	7,53	7,55	7,58	7,56
16.SUPERFAST XII							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	15,02	-	15,16	-	16,55	-	15,66
17.HIGHSPEED 4							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
7	3,37	7,38	7,4	7,38	7,4	7,71	6,7
-	-	3,42	3,42	3,42	3,43	2,38	2,43
18.HIGHSPEED 5							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
5,65	7,7	7,68	7,67	7,67	7,67	7,45	7,42
3,55	3,12	3,15	3,56	3,14	3,12	2,95	3,10
19.HIGHSPEED 6							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
5,66	7,81	7,57	7,66	7,65	7,63	7,49	7,42
2,67	2,33	2,44	2,54	2,43	2,37	2,41	2,46
20.OLYMPIC CHAMPION							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
16,06	-	16,08	-	15,96	-	16,07	-
21.SPEEDRUNN ER IV							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
9,45	7,28	9,44	7,75	9,43	7,42	9,42	7,25
22.VITSENTZO S KORNAROS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
-	-	13	-	10,15	-	9,27	-



23.AGIOS GEORGIOS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
14,80	4,25	-	-	14,40	4,12	-	-
24.DIAGORAS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
4,5	-	5,5	-	7,37	-	7,12	-
25.SUPER JET							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
7,62	7,58	7,58	7,53	7,6	7,63	7,63	7,53
2,25	1,85	2,25	2,1	2,08	2,06	1,78	1,65
26.EUROPEAN EXPRESS							
12/6/2012	13/6/2012	14/6/2012	15/6/2012	16/6/2012	17/6/2012	18/6/2012	19/6/2012
12,02	-	12,53	-	12,4	-	12,21	



Το γεωγραφικό πεδίο μελέτης της δραστηριότητας των σκαφών ξεκινάει με την είσοδο ενός σκάφους στο λιμάνι και τελειώνει με την έξοδο αυτού. Παρατηρώντας το χάρτη του λιμανιού του Πειραιά και γνωρίζοντας τις θέσεις ελλιμενισμού των πλοίων της ακτοπλοΐας με τα στοιχεία που αντλήσαμε από τον ΟΛΠ μπορούμε να υπολογίζουμε τις αποστάσεις (σε ναυτικά μίλια) που κάθε πλοίο διανύει από την είσοδο του στο λιμάνι μέχρι την προβλήτα πρόσδεσης και το αντίστροφο.

Πίνακας 4-3 Θέσεις πλοίων κι αποστάσεις από τη είσοδο του λιμανιού

ΘΕΣΗ	ΠΛΟΙΟ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΕΙΣΟΔΟ ΛΙΜΕΝΑ (ναυτικά μίλια)
1	BLUE STAR 1	0,4
2	BLUE STAR 2	0,4
3	DIAGORAS	0,5
4	SUPERFAST XII	0,5
5	NISSOS MYKONOS	0,5
6	EL.VENIZELOS	0,6
7	MYTILENE	0,6
8	NISSOS CHIOS	0,6
9	FAISTOS PALACE	0,8
10	KNOSSOS PALACE	0,8
11	ELYROS	1
12	EUROPEAN EXPRESS	1
13	OLYMPIC CHAMPION	1,1
14	PREVELIS	1,1
15	V.KORNAROS	1,2
16	IERAPETRA L.	1,2
17	ADAMANTIOS KORAIS	1,2
18	BLUE STAR PAROS	1,2
19	BLUE STAR NAXOS	1,2
20	BLUE STAR DILOS	1,2
21	HIGHSPEED 4	1,1
22	HIGHSPEED 5	1,1
23	HIGHSPEED 6	1,1
24	SPEED RUNNER IV	1
25	SUPER JET	1
26	AGIOS GEORGIOS	1



Ο καθορισμός των θέσεων κι αποστάσεων των πλοίων είναι ζωτικής σημασίας για τον υπολογισμό της διάρκειας της διαδικασίας των ελιγμών. Ως φάση ελιγμών νοείται η κίνηση ενός πλοίου από την είσοδο του λιμένα μέχρι την οριστική πρόσδεση στο σημείο ελλιμενισμού και το αντίστροφο κατά την αναχώρηση. Για τον υπολογισμό του χρόνου εισόδου και εξόδου εφαρμόζεται η παραδοχή που προτείνεται σε σχετική μελέτη με τίτλο "Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus - Ernestos Tzannatos" ότι η μέση ταχύτητα εισόδου είναι 5 κόμβοι και εξόδου 8 κόμβοι αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι διαιρώντας την απόσταση ελλιμενισμού κάθε πλοίου από τη είσοδο του λιμανιού με την ταχύτητα προκύπτει ο μέσος χρόνος που απαιτείται για τη διαδικασία των ελιγμών. **Στο διάστημα αυτό προστίθεται και μέσος χρόνος πρόσδεσης 6 λεπτών κατά την άφιξη και 3 λεπτών για τους απαραίτητους χειρισμούς κατά την αναχώρηση.** Βλέπουμε π.χ. ότι το πλοίο BLUE STAR 1 ελλιμενίζεται στη θέση 1 που απέχει 0,4 ν.μ. από την είσοδο επομένως

$$\frac{0,4 \nu. \mu}{5 \nu. \frac{\mu}{h}} = 0,08h \sim 4,8 \text{ min} + 6 \text{ min} = 10,8 \text{ min.}$$

Κατά την αποχώρηση η διάρκεια των ελιγμών θα είναι

$$\frac{0,4 \nu. \mu}{8 \nu. \frac{\mu}{h}} = 0,05h \sim 3 \text{ min} + 3 \text{ min} = 6 \text{ min}$$

. Η συνολική επομένως διάρκεια των ελιγμών από μία πλήρη κίνηση του πλοίου στο λιμάνι θα είναι 16,8 λεπτά.

Με την πρόσδεση ενός πλοίου σε προβλήτα ξεκινά η φάση του ελλιμενισμού – διανυκτέρευσης, η οποία ολοκληρώνεται με την έναρξη αποχώρησης του πλοίου δηλαδή την αποδέσμευση από το σημείο πρόσδεσης. Η διάρκεια της εν λόγω δραστηριότητας ποικίλει κι εξαρτάται από το πρόγραμμα δρομολογίων ενός πλοίου. Υπάρχουν πλοία που διανυκτερεύουν στο λιμάνι και άλλα που καταπλέουν κι αποπλέουν εντός της ημέρας και σε αρκετές περιπτώσεις και για περισσότερες από μία φορές.

4.1.4 Καθορισμός των συντελεστών φόρτισης των μηχανών

Ο καθορισμός των συντελεστών φόρτισης των κυρίων και βοηθητικών μηχανών των σκαφών σε απογραφές λιμανιών αποτελεί πάντα ένα πεδίο αντικρουόμενων απόψεων και αβεβαιότητας στα πλαίσια των ερευνών. Πρόσφατη έρευνα των "De Meyer et al. (2008)" δίνει υψηλότερες τιμές συντελεστών κατά τις διαδικασίες των ελιγμών και του ελλιμενισμού από αυτούς που προτείνει η ENTEC. Στη παρούσα απογραφή θα γίνουν ορισμένες παραδοχές που προτείνονται στην έρευνα Τζαννάτου για το λιμάνι του Πειραιά και προκύπτουν από συνεργασία των τοπικών ναυτιλιακών φορέων και συνυπολογίζουν τις ιδιαιτερότητες του λιμανιού.

Παρατηρείται ότι τα πλοία της ακτοπλοΐας που λειτουργούν στο λιμάνι χρησιμοποιούν ιδιαίτερα αυξημένη βοηθητική ισχύ κατά τη διάρκεια των ελιγμών και σε μεγάλο τμήμα του ελλιμενισμού για την κάλυψη των ξενοδοχειακών αναγκών σε ηλεκτρισμό καθώς και τη λειτουργία του πηδαλιού της πλώρης. Ιδιαίτερα την περίοδο του καλοκαιριού οι απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια είναι περισσότερες λόγω του φόρτου των επιβατών. Στον πίνακα 4-4 δίνονται τυπικές τιμές για τους συντελεστές φόρτισης κυρίων και βοηθητικών μηχανών στις διάφορες φάσεις λειτουργίας και σε εποχές του έτους όπως διαμορφώνονται από την έρευνα Τζαννάτου για τον Πειραιά.

Πίνακας 4-4 Τυπικές τιμές συντελεστών φόρτισης

Δραστηριότητα	Συντελεστές Φόρτισης θερινής περιόδου		Συντελεστές Φόρτισης κατά το υπόλοιπο έτος	
	Κ.Μ.	Β.Μ.	Κ.Μ.	Β.Μ.
Ελιγμοί	0,2	0,75	0,2	0,6
Διανυκτέρευση	0	0,2	0	0,2
Προετοιμασία απόπλου/κατάπλου	0	0,7	0	0,4

Παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια των ελιγμών η μέση τιμή φόρτισης των κυρίων μηχανών είναι αρκετά χαμηλή, στο 20%. Αντίθετα η φόρτιση των βοηθητικών μηχανών παραμένει σε υψηλά επίπεδα περισσότερο δε μάλιστα κατά τη θερινή περίοδο (75%). Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει μια μικρή διάκριση που αφορά τη λειτουργία των βοηθητικών μηχανών κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού. Για κάποιο διάστημα που ορίζεται ως μία ώρα πριν την αναχώρηση και μία ώρα μετά την άφιξη ενός σκάφους οι βοηθητικές μηχανές εξακολουθούν να δουλεύουν σε σχετικά υψηλό επίπεδο της τάξης του 70% για τους θερινούς μήνες και 40% για τον υπόλοιπο χρόνο. Οι ίδιες φορτίσεις διατηρούνται κι όταν υπάρχουν σύντομες περιόδους αναμονής ανάμεσα σε κατάπλους – απόπλους (μέχρι 4 ώρες). Τις υπόλοιπες ώρες που ένα πλοίο βρίσκεται ελλιμενισμένο διατηρούνται χαμηλές φορτίσεις βοηθητικών μηχανών (20%) χειμώνα – καλοκαίρι.

4.1.5 Καθορισμός των συντελεστών εκπομπών των μηχανών

Οι συντελεστές εκπομπών των κυρίων μηχανών που εφαρμόζονται στην παρούσα απογραφή προκύπτουν από τη μελέτη της ENTEC για την Α.Υ.Π.Π όπως έχουν αποτυπωθεί στον πίνακα 3-12 στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας. Το ίδιο ισχύει και για τους συντελεστές εκπομπών βοηθητικών μηχανών που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 3-14 από τα στοιχεία της ENTEC και της Α.Υ.Π.Π. Οι ρύποι που θα ποσοτικοποιηθούν είναι τα NO_x, SO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, HC, CO καθώς και τα αέρια του θερμοκηπίου CO₂, CH₄, N₂O.

Η περίπτωση του λιμανιού του Πειραιά απαιτεί ορισμένες τροποποιήσεις στους συντελεστές πριν την εφαρμογή τους στη μαθηματική φόρμουλα που θα ποσοτικοποιήσει τους εκλυόμενους ρύπους. Ο πίνακας της Α.Υ.Π.Π. περιλαμβάνει τιμές συντελεστών εκπομπών για κύριες μηχανές που καταναλώνουν βαρύ καύσιμο (MRF) με περιεκτικότητα σε θείο 2,7%. Σύμφωνα όμως με τους τελευταίους κανονισμούς, όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, η περιεκτικότητα σε θείο του βαρέως καυσίμου δε πρέπει να ξεπερνάει το 1,5% (LSFO). Επειδή οι εκπομπές θεικών ενώσεων και σωματιδίων (που σχετίζονται με τη περιεκτικότητα σε θείο του καυσίμου), εξαρτώνται αναλογικά από την περιεκτικότητα σε θείο, μπορούμε απλά να υπολογίσουμε νέους συντελεστές για LSFO των SO_x, PM₁₀, PM_{2,5}. Η αναλογία θείου θα είναι $1,5/2,7 = 0,55$ δηλαδή οι νέοι συντελεστές για καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο προκύπτουν πολλαπλασιάζοντας τους υπάρχοντες συντελεστές των SO_x με συντελεστή προσαρμογής 55%. Ομοίως όσον αφορά τους συντελεστές PM₁₀, PM_{2,5} σε LSFO είναι 0,786 και 0,726 g/kWh αντίστοιχα. Οι υπόλοιποι συντελεστές παραμένουν ως



έχουν καθώς δε εξαρτώνται από τη περιεκτικότητα σε θείο. Το ίδιο θα εφαρμοστεί και στους αντίστοιχους συντελεστές εκπομπών των βοηθητικών μηχανών που χρησιμοποιούν βαρύ καύσιμο.

Επίσης, λόγω του χαμηλού φορτίου λειτουργίας των κυρίων μηχανών κατά τη διάρκεια των ελιγμών, απαιτείται η εφαρμογή ορισμένων συντελεστών διόρθωσης. Έχει γίνει αναφορά στο θεωρητικό σκέλος της εργασίας ότι η λειτουργία σε φορτία μικρότερα του 20% επιφέρει αύξηση στις εκπομπές των ρύπων. Στη περίπτωση του λιμανιού η δραστηριότητα των ελιγμών οδηγεί σε αυξομειώσεις φορτίσεων των προωστηρίων κινητήρων που επιφέρουν αύξηση στους συντελεστές εκπομπών ορισμένων ρύπων. Η έρευνα Τζαννάτου προτείνει εφαρμογή συντελεστή διόρθωσης των **PM ίσο με τρία** για όλους τους κινητήρες ντίζελ και **αύξηση των συντελεστών εκπομπών SOx κατά 10%**. Τέλος εφαρμόζεται **συντελεστής διόρθωσης 0,8 στις εκπομπές NOx** λόγω μειωμένων θερμοκρασιών καύσης εντός του κυλίνδρου σε χαμηλά φορτία. Πιο αναλυτικά οι νέες τιμές συντελεστών εκπομπών για κύριες μεσόστροφες μηχανές που χρησιμοποιούν **βαρύ καύσιμο με 1,5% περιεκτικότητα σε θείο θα είναι:**

$$\text{SOx} \rightarrow 11,24 \text{ g/kWh} \times 0,55 \times 1,1 = 6,8 \text{ g/kWh}$$

$$\text{NOx} \rightarrow 14,00 \text{ g/kWh} \times 0,8 = 11,2 \text{ g/kWh}$$

$$\text{PM}_{10} \rightarrow 0,786 \text{ g/kWh} \times 3 = 2,36 \text{ g/kWh}$$

$$\text{PM}_{2,5} \rightarrow 0,726 \text{ g/kWh} \times 3 = 2,18 \text{ g/kWh}$$

Για βοηθητικούς κινητήρες ντίζελ οι μόνες παρεμβάσεις αφορούν στους συντελεστές εκείνων που χρησιμοποιούν LSFO. Οι μετατροπές αφορούν τα SOx, PM₁₀, PM_{2,5} στην ίδια λογική με αυτές των κυρίων μηχανών (χωρίς συντελεστές διόρθωσης χαμηλών φορτίων). Θα είναι:

$$\text{SOx} \rightarrow 11,98 \text{ g/kWh} \times 0,55 = 6,59 \text{ g/kWh}$$

$$\text{PM}_{10} \rightarrow 0,79 \text{ g/kWh}$$

$$\text{PM}_{2,5} \rightarrow 0,73 \text{ g/kWh}$$



4.1.6 Προσδιορισμός εκπομπής των αερίων ρύπων που εκλύουν τα πλοία στο λιμένα του Πειραιά

Στα προηγούμενα, αναπτύχθηκαν όλα τα αναγκαία δεδομένα για την αποτελεσματική εκτέλεση της απογραφής των αερίων ρύπων που προκύπτουν από τη λειτουργία των πλοίων της ακτοπλοΐας στο λιμάνι του Πειραιά. Ορίστηκαν τα χρονικά και γεωγραφικά όρια της απογραφής, καταγράφηκαν τα δεδομένα ισχύος του υπό εξέταση στόλου, καθορίστηκε η χρονική διάρκεια που αναλώνεται σε κάθε δραστηριότητα κάθε πλοίου, έγιναν οι απαραίτητες παραδοχές σχετικά με τους συντελεστές φόρτισης και εκπομπών. Στη συνέχεια όλα τα στοιχεία θα συνδυαστούν και θα εφαρμοστούν στο μαθηματικό μοντέλο υπολογισμού των ρύπων που έχει υιοθετηθεί. Η εφαρμογή των δεδομένων γίνεται σε ένα υπολογιστικό φύλλο του Excel. Ακολουθεί η αναλυτική εφαρμογή της μεθόδου για κάθε ένα από τα 26 πλοία της ακτοπλοΐας με σειρά θέσεων ελλιμενισμού. Για το πρώτο πλοίο γίνεται αναλυτική επεξήγηση των δεδομένων και των υπολογισμών που ισχύει και για τα πλοία που έπονται.

1) BLUE STAR 1

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
1	0,4	0,18	0,1	45051	5080	4*MAN B&W 8L58/64 MSD	MRF

Ο πρώτος πίνακας καταγράφει δεδομένα του πλοίου σχετικά με τη θέση ελλιμενισμού, την απόσταση αυτής από την είσοδο του λιμανιού (σε ναυτικά μίλια), τον χρόνο εισόδου και εξόδου (σε ώρες), την ισχύ των κύριων και βοηθητικών μηχανών (σε kW) και τέλος τον τύπο των κυρίων μηχανών και το καύσιμο που καταναλώνουν τόσο οι κύριες όσο και οι βοηθητικές.

Ακολουθεί ο πίνακας των υπολογισμών. Στο πάνω τμήμα καταγράφονται οι συντελεστές φόρτισης κυρίων και βοηθητικών μηχανών σε κάθε δραστηριότητα. Υπολογίζεται επίσης η συνολική χρονική διάρκεια κάθε δραστηριότητας στο διάστημα που εξετάζουμε. Οι υπολογισμοί προκύπτουν ανάλυση του πίνακα διάρκειας παραμονής ανά ημέρα (πίνακας 4-2) κάθε πλοίου. Για παράδειγμα σε αυτή τη περίπτωση το πλοίο εισήλθε κι εξήλθε του λιμένα τέσσερις φορές δηλαδή η διαδικασία των ελιγμών διήρκεσε συνολικά $4 \times (\text{χρόνο εισόδου} + \text{χρόνο εξόδου}) = 4 \times (0,18\text{h} + 0,1\text{h}) = 1,12\text{h}$ όπως φαίνεται στον πίνακα.

Η προετοιμασία πριν και μετά από κάθε αναχώρηση και άφιξη αντίστοιχα θα είναι $8 \times 1\text{h} = 8\text{h}$ γιατί το πλοίο καταπλέει τέσσερις φορές στο λιμάνι και παραμένει για αρκετές ώρες μέχρι την αναχώρησή του.



Η περίοδος της διανυκτέρευσης όπου οι βοηθητικές μηχανές λειτουργούν σε φόρτιση 0,2 είναι το σύνολο της περιόδου ελλιμενισμού μείον το χρόνο που υπολογίστηκε για φόρτιση σε συνθήκες προετοιμασίας.

Στο δεύτερο και τρίτο σκέλος του πίνακα καταγράφονται οι υπό διερεύνηση ρύποι και αέρια του θερμοκηπίου μαζί με τους συντελεστές εκπομπών που τους αντιστοιχούν, τόσο για τις κύριες όσο και τις βοηθητικές μηχανές. Οι συντελεστές καθορίζονται από τον τύπο του καυσίμου και τον τύπο των εκάστοτε μηχανών, στη περίπτωση του Blue Star 1 κύριες και βοηθητικές μηχανές μεσόστροφες (MSD) και καύσιμο MRF. Στα κελιά των τριών τελευταίων στηλών υπολογίζονται οι εκλύόμενοι ρύποι (σε γραμμάρια) από τη λειτουργία των μηχανών σε κάθε δραστηριότητα (διανυκτέρευση, προετοιμασία, ελιγμοί). Ο υπολογισμός γίνεται με την εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου που έχει περιγραφεί. Για παράδειγμα οι εκλύσεις NO_x από τις κύριες μηχανές κατά τη διάρκεια της διανυκτέρευσης θα είναι: $50,29\text{h} \times 0 \times 45051\text{kW} \times 11,2 \text{ g/kWh} = 0$. Παρατηρούμε ότι επειδή ο συντελεστής φόρτισης είναι μηδέν κατά τη διανυκτέρευση οι ρύποι από τις κύριες μηχανές θα είναι μηδενικές. Το ίδιο συμβαίνει και στη φάση προετοιμασίας. Αντίθετα κατά τη φάση των ελιγμών τα NO_x θα είναι: $1,12\text{h} \times 0,2 \times 45051\text{kW} \times 11,2\text{g/kWh} = 113024\text{g}$. Η ίδια μέθοδος εφαρμόζεται ανάλογα και για τον υπολογισμό των υπολοίπων ρύπων σε κάθε δραστηριότητα από κύριες και βοηθητικές μηχανές.

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		50,29	8	1,12
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	11,20	0	0	113024
SO_x	6,80	0	0	68622
PM₁₀	2,36	0	0	23816
PM_{2,5}	2,18	0	0	21999



HC	0,50	0	0	5046
CO	1,10	0	0	11101
CO₂	677,91	0	0	6841077
CH₄	0,004	0	0	40
N₂O	0,031	0	0	313

Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου-κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	14,70	418186	418186	62728
SO_x	6,59	187472	187472	28121
PM₁₀	0,79	22474	22474	3371
PM_{2,5}	0,73	20767	20767	3115
HC	0,40	11379	11379	1707
CO	1,10	31293	31293	4694
CO₂	722,54	20554818	20554818	3083223
CH₄	0,004	114	114	17
N₂O	0,031	882	882	132

Συνολικές Εκπομπές	
NO_x	1345029
SO_x	620929
PM₁₀	90026
PM_{2,5}	83180
HC	38570
CO	103291
CO₂	67397039



CH₄	376
N₂O	2911

Στο τέταρτο και τελευταίο τμήμα με τίτλο συνολικές εκπομπές γίνεται το άθροισμα των τιμών για κάθε ρύπο που εκλύεται από τις κύριες και βοηθητικές μηχανές σε όλες τις φάσεις και προκύπτει η συνολική ρύπανση που δημιουργεί η λειτουργία του πλοίου στο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα στα πλαίσια του λιμανιού όπως έχει οριοθετηθεί. Ολοκληρώνοντας το παράδειγμα με τα NO_x, η συνολικές εκπομπές τους θα είναι: 0g + 0g + 113024g + 751091g + 418186g + 62728g = 1345029g ή 1,345029 τόνοι . Ανάλογα υπολογίζονται οι συνολικές εκπομπές για τους υπόλοιπους οκτώ ρύπους και αέρια του θερμοκηπίου.



2) BLUE STAR 2

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
2	0,4	0,18	0,1	45051	5080	4*MAN B&W 8L58/64 MSD	MRF

	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.	0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.	0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)	28,31	6	0,84

Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	84768
SO _x	6,80	0	0	51466
PM ₁₀	2,36	0	0	17862
PM _{2,5}	2,18	0	0	16499
HC	0,50	0	0	3784
CO	1,10	0	0	8325
CO ₂	677,91	0	0	5130808
CH ₄	0,004	0	0	30
N ₂ O	0,031	0	0	235



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	14,70	422816	313639	47046
SO _x	6,59	189548	140604	21091
PM ₁₀	0,79	22723	16855	2528
PM _{2,5}	0,73	20997	15575	2336
HC	0,40	11505	8534	1280
CO	1,10	31639	23470	3520
CO ₂	722,54	20782389	15416113	2312417
CH ₄	0,004	115	85	13
N ₂ O	0,031	892	661	99
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		868269	
	SO_x		402709	
	PM₁₀		59968	
	PM_{2,5}		55408	
	HC		25104	
	CO		66955	
	CO₂		43641728	
	CH₄		243	
	N₂O		1887	

**3) DIAGORAS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
3	0,5	0,2	0,11	11399	1776	2*Niigata 12Cyl. MSD	MRF, MDO 1%

	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.	0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.	0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)	16,49	8	1,24

Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	31662
SO _x	6,80	0	0	19223
PM ₁₀	2,36	0	0	6672
PM _{2,5}	2,18	0	0	6163
HC	0,50	0	0	1413
CO	1,10	0	0	3110
CO ₂	677,91	0	0	1916419
CH ₄	0,004	0	0	11
N ₂ O	0,031	0	0	88



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	81416	138244	22958
SO_x	4,24	24835	42169	7003
PM₁₀	0,49	2870	4873	809
PM_{2,5}	0,45	2636	4476	743
HC	0,40	2343	3978	330
CO	1,10	6443	10940	908
CO₂	690,71	4045660	6869525	570416
CH₄	0,004	23	40	3
N₂O	0,031	182	308	26
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		274280	
	SO_x		93230	
	PM₁₀		15224	
	PM_{2,5}		14017	
	HC		8065	
	CO		21401	
	CO₂		13402020	
	CH₄		78	
	N₂O		604	

**4) SUPERFAST XII**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
4	0,5	0,2	0,11	48616	10200	4*wartsila 16ZAV4OS MSD	MRF

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		54,39	8	1,24
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	135036
SO _x	6,80	0	0	81986
PM ₁₀	2,36	0	0	28454
PM _{2,5}	2,18	0	0	26284
HC	0,50	0	0	6028
CO	1,10	0	0	13262
CO ₂	677,91	0	0	8173404
CH ₄	0,004	0	0	48
N ₂ O	0,031	0	0	374



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	14,70	1631047	839664	139444
SO _x	6,59	731197	376421	62513
PM ₁₀	0,79	87655	45125	7494
PM _{2,5}	0,73	80998	41698	6925
HC	0,40	44382	22848	3794
CO	1,10	122051	62832	10435
CO ₂	722,54	80169859	41271485	6854014
CH ₄	0,004	444	228	38
N ₂ O	0,031	3440	1771	294
Συνολικές Εκπομπές				
	NO _x		2745191	
	SO _x		1252117	
	PM ₁₀		168728	
	PM _{2,5}		155904	
	HC		77053	
	CO		208580	
	CO ₂		136468762	
	CH ₄		758	
	N ₂ O		5878	

**5) NISSOS MYKONOS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
5	0,5	0,2	0,11	32086	4973	4*Wartsila 38 12cyl. MSD	MRF

	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.	0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.	0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)	4,03	2	0,31

Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	22281
SO _x	6,80	0	0	13527
PM ₁₀	2,36	0	0	4695
PM _{2,5}	2,18	0	0	4337
HC	0,50	0	0	995
CO	1,10	0	0	2188
CO ₂	677,91	0	0	1348588
CH ₄	0,004	0	0	8
N ₂ O	0,031	0	0	62



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NOx	14,70	58921	102344	16996
SOx	6,59	26414	45881	7620
PM₁₀	0,79	3167	5500	913
PM_{2,5}	0,73	2926	5082	844
HC	0,40	1603	2785	462
CO	1,10	4409	7658	1272
CO₂	722,54	2896112	5030468	835417
CH₄	0,004	16	28	5
N₂O	0,031	124	216	36
Συνολικές Εκπομπές				
	NOx		200542	
	SOx		93442	
	PM₁₀		14275	
	PM_{2,5}		13189	
	HC		5845	
	CO		15528	
	CO₂		10110585	
	CH₄		56	
	N₂O		438	

**6) EL. VENIZELOS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
6	0,6	0,22	0,13	34130	2950	4xZgoda- Sulzer 162V 40/48	MRF, MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		52,38	8	1,4
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	107032
SO _x	6,80	0	0	64984
PM ₁₀	2,36	0	0	22553
PM _{2,5}	2,18	0	0	20833
HC	0,50	0	0	4778
CO	1,10	0	0	10512
CO ₂	677,91	0	0	6478379
CH ₄	0,004	0	0	38
N ₂ O	0,031	0	0	296



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	13,90	429568	229628	43055
SO _x	4,24	131034	70045	13133
PM ₁₀	0,49	15143	8095	1518
PM _{2,5}	0,45	13907	7434	1394
HC	0,40	12362	6608	1239
CO	1,10	33995	18172	3407
CO ₂	690,71	21345840	11410529	2139474
CH ₄	0,004	124	66	12
N ₂ O	0,031	958	512	96
Συνολικές Εκπομπές				
	NO _x		809283	
	SO _x		279196	
	PM ₁₀		47309	
	PM _{2,5}		43568	
	HC		24987	
	CO		66086	
	CO ₂		41374223	
	CH ₄		240	
	N ₂ O		1862	

**7) MYTILENE**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
7	0,6	0,22	0,13	14081	2250	2*Pielstick/18pc2v- 400 MSD	MRF, MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		32,57	6	1,05
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	33119
SO _x	6,80	0	0	20108
PM ₁₀	2,36	0	0	6979
PM _{2,5}	2,18	0	0	6446
HC	0,50	0	0	1479
CO	1,10	0	0	3253
CO ₂	677,91	0	0	2004587
CH ₄	0,004	0	0	12
N ₂ O	0,031	0	0	92



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	13,90	203725	131355	24629
SO _x	4,24	62144	40068	7513
PM ₁₀	0,49	7182	4631	868
PM _{2,5}	0,45	6595	4253	797
HC	0,40	5863	3780	709
CO	1,10	16122	10395	1949
CO ₂	690,71	10123391	6527210	1223852
CH ₄	0,004	59	38	7
N ₂ O	0,031	454	293	55
Συνολικές Εκπομπές				
	NO _x		392828	
	SO _x		129832	
	PM ₁₀		19659	
	PM _{2,5}		18092	
	HC		11830	
	CO		31719	
	CO ₂		19879039	
	CH ₄		115	
	N ₂ O		894	



8) NISSOS CHIOS

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
8	0,6	0,22	0,13	32086	4973	4*Wartsila 38 12cyl. MSD	MRF

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		20,5	5,27	1,05
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	75466
SO _x	6,80	0	0	45819
PM ₁₀	2,36	0	0	15902
PM _{2,5}	2,18	0	0	14689
HC	0,50	0	0	3369
CO	1,10	0	0	7412
CO ₂	677,91	0	0	4567798
CH ₄	0,004	0	0	27
N ₂ O	0,031	0	0	209



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	14,70	299723	269677	57569
SO_x	6,59	134365	120896	25808
PM₁₀	0,79	16108	14493	3094
PM_{2,5}	0,73	14884	13392	2859
HC	0,40	8156	7338	1566
CO	1,10	22428	20180	4308
CO₂	722,54	14732085	13255283	2829638
CH₄	0,004	82	73	16
N₂O	0,031	632	569	121
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		702435	
	SO_x		326888	
	PM₁₀		49596	
	PM_{2,5}		45824	
	HC		20429	
	CO		54328	
	CO₂		35384804	
	CH₄		198	
	N₂O		1531	



9) FAISTOS PALACE

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
9	0,8	0,26	0,15	68062	11000	4*Wartsila 16v46c MSD	MRF

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		56,71	8	1,64
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	250033
SO _x	6,80	0	0	151805
PM ₁₀	2,36	0	0	52685
PM _{2,5}	2,18	0	0	48667
HC	0,50	0	0	11162
CO	1,10	0	0	24557
CO ₂	677,91	0	0	15133891
CH ₄	0,004	0	0	89
N ₂ O	0,031	0	0	692



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	14,70	1834001	905520	198891
SO_x	6,59	822182	405944	89163
PM₁₀	0,79	98562	48664	10689
PM_{2,5}	0,73	91076	44968	9877
HC	0,40	49905	24640	5412
CO	1,10	137238	67760	14883
CO₂	722,54	90145535	44508464	9775966
CH₄	0,004	499	246	54
N₂O	0,031	3868	1910	419
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		3188445	
	SO_x		1469094	
	PM₁₀		210600	
	PM_{2,5}		194588	
	HC		91119	
	CO		244438	
	CO₂		159563856	
	CH₄		889	
	N₂O		6889	

**10) KNOSSOS PALACE**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
10	0,8	0,26	0,15	68062	11000	4*Wartsila 16v46c MSD	MRF

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		57,02	8	1,64
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	250033
SO _x	6,80	0	0	151805
PM ₁₀	2,36	0	0	52685
PM _{2,5}	2,18	0	0	48667
HC	0,50	0	0	11162
CO	1,10	0	0	24557
CO ₂	677,91	0	0	15133891
CH ₄	0,004	0	0	89
N ₂ O	0,031	0	0	692



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	14,70	1844027	905520	198891
SO_x	6,59	826676	405944	89163
PM₁₀	0,79	99101	48664	10689
PM_{2,5}	0,73	91574	44968	9877
HC	0,40	50178	24640	5412
CO	1,10	137988	67760	14883
CO₂	722,54	90638308	44508464	9775966
CH₄	0,004	502	246	54
N₂O	0,031	3889	1910	419
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		3198470	
	SO_x		1473588	
	PM₁₀		211139	
	PM_{2,5}		195086	
	HC		91392	
	CO		245188	
	CO₂		160056629	
	CH₄		892	
	N₂O		6910	

**11) ELYROS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
11	1	0,3	0,18	26522	4111	2*Pielstick 12cyl MSD	MRF

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		48,16	8	1,92
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	114066
SO _x	6,80	0	0	69254
PM ₁₀	2,36	0	0	24035
PM _{2,5}	2,18	0	0	22202
HC	0,50	0	0	5092
CO	1,10	0	0	11203
CO ₂	677,91	0	0	6904139
CH ₄	0,004	0	0	41
N ₂ O	0,031	0	0	316



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	14,70	582078	338418	87022
SO_x	6,59	260945	151712	39012
PM₁₀	0,79	31282	18187	4677
PM_{2,5}	0,73	28906	16806	4321
HC	0,40	15839	9209	2368
CO	1,10	43557	25324	6512
CO₂	722,54	28610526	16634027	4277321
CH₄	0,004	158	92	24
N₂O	0,031	1228	714	184
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		1121583	
	SO_x		520924	
	PM₁₀		78181	
	PM_{2,5}		72235	
	HC		32508	
	CO		86595	
	CO₂		56426013	
	CH₄		315	
	N₂O		2440	

**12) EUROPEAN EXPRESS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
12	1	0,3	0,18	25444	3900	2*MAN v9v52/55	MRF, MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		41,16	8	1,92
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	109430
SO _x	6,80	0	0	66439
PM ₁₀	2,36	0	0	23058
PM _{2,5}	2,18	0	0	21300
HC	0,50	0	0	4885
CO	1,10	0	0	10748
CO ₂	677,91	0	0	6623517
CH ₄	0,004	0	0	39
N ₂ O	0,031	0	0	303



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου-κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	446257	303576	78062
SO_x	4,24	136124	92602	23812
PM₁₀	0,49	15731	10702	2752
PM_{2,5}	0,45	14447	9828	2527
HC	0,40	12842	8736	2246
CO	1,10	35315	24024	6178
CO₂	690,71	22175106	15085106	3879027
CH₄	0,004	128	87	22
N₂O	0,031	995	677	174
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		937325	
	SO_x		318977	
	PM₁₀		52243	
	PM_{2,5}		48102	
	HC		28710	
	CO		76264	
	CO₂		47762757	
	CH₄		277	
	N₂O		2149	

**13) OLYMPIC CHAMPION**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
13	1,1	0,32	0,19	51405	10500	4*WARTSILA NSD 12V46c	MRF, MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		56,17	8	2,04
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	234900
SO _x	6,80	0	0	142618
PM ₁₀	2,36	0	0	49497
PM _{2,5}	2,18	0	0	45722
HC	0,50	0	0	10487
CO	1,10	0	0	23071
CO ₂	677,91	0	0	14217969
CH ₄	0,004	0	0	84
N ₂ O	0,031	0	0	650



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου-κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	1639602	817320	223304
SO_x	4,24	500138	249312	68116
PM₁₀	0,49	57799	28812	7872
PM_{2,5}	0,45	53081	26460	7229
HC	0,40	47183	23520	6426
CO	1,10	129573	64680	17672
CO₂	690,71	81474079	40613748	11096256
CH₄	0,004	472	235	64
N₂O	0,031	3657	1823	498
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		2915126	
	SO_x		960183	
	PM₁₀		143980	
	PM_{2,5}		132492	
	HC		87615	
	CO		235175	
	CO₂		147402053	
	CH₄		855	
	N₂O		6628	

**14) PREVELIS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
14	1,1	0,32	0,19	11622	1500	2*Pielstick 12pc2-5v- 400 MSD	MRF, MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		13,41	4	1,02
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	26554
SO _x	6,80	0	0	16122
PM ₁₀	2,36	0	0	5595
PM _{2,5}	2,18	0	0	5169
HC	0,50	0	0	1185
CO	1,10	0	0	2608
CO ₂	677,91	0	0	1607249
CH ₄	0,004	0	0	9
N ₂ O	0,031	0	0	73



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	55920	58380	15950
SO_x	4,24	17058	17808	4865
PM₁₀	0,49	1971	2058	562
PM_{2,5}	0,45	1810	1890	516
HC	0,40	1609	1680	459
CO	1,10	4425	4620	1262
CO₂	690,71	2778726	2900982	792590
CH₄	0,004	16	17	5
N₂O	0,031	125	130	36
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		156804	
	SO_x		55853	
	PM₁₀		10187	
	PM_{2,5}		9385	
	HC		4934	
	CO		12916	
	CO₂		8079547	
	CH₄		47	
	N₂O		364	

**15) V.KORNAROS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
15	1,2	0,34	0,2	10803	1908	2*Werkspoor 8TM410, 1*Werkspoor 9TM410, MSD	MRF, MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		26,42	6	1,62
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	39202
SO _x	6,80	0	0	23802
PM ₁₀	2,36	0	0	8260
PM _{2,5}	2,18	0	0	7630
HC	0,50	0	0	1750
CO	1,10	0	0	3850
CO ₂	677,91	0	0	2372802
CH ₄	0,004	0	0	14
N ₂ O	0,031	0	0	109



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	140138	111389	32223
SO_x	4,24	42747	33978	9829
PM₁₀	0,49	4940	3927	1136
PM_{2,5}	0,45	4537	3606	1043
HC	0,40	4033	3205	927
CO	1,10	11090	8815	2550
CO₂	690,71	6963650	5535074	1601218
CH₄	0,004	40	32	9
N₂O	0,031	313	248	72
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x			322952
	SO_x			110356
	PM₁₀			18263
	PM_{2,5}			16817
	HC			9916
	CO			26305
	CO₂			16472743
	CH₄			96
	N₂O			741



16) ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ L.

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
16	1,2	0,34	0,2	15496	2040	2*Pielstick 16PC2- 5V, MSD	MRF, MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		25,95	6	1,62
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	56232
SO _x	6,80	0	0	34142
PM ₁₀	2,36	0	0	11849
PM _{2,5}	2,18	0	0	10945
HC	0,50	0	0	2510
CO	1,10	0	0	5523
CO ₂	677,91	0	0	3403585
CH ₄	0,004	0	0	20
N ₂ O	0,031	0	0	156



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NOx	13,90	147168	119095	34453
SOx	4,24	44891	36328	10509
PM ₁₀	0,49	5188	4198	1215
PM _{2,5}	0,45	4764	3856	1115
HC	0,40	4235	3427	991
CO	1,10	11646	9425	2726
CO ₂	690,71	7312961	5918003	1711994
CH ₄	0,004	42	34	10
N ₂ O	0,031	328	266	77
Συνολικές Εκπομπές				
	NOx		356947	
	SOx		125870	
	PM₁₀		22450	
	PM_{2,5}		20681	
	HC		11164	
	CO		29320	
	CO₂		18346544	
	CH₄		107	
	N₂O		826	

**17) ADAMANTIOS KORAIIS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
17	1,2	0,34	0,2	5960	924	2*Daihatsu diesel, MSD	MRF, MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		58,29	16	4,32
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	57674
SO _x	6,80	0	0	35016
PM ₁₀	2,36	0	0	12153
PM _{2,5}	2,18	0	0	11226
HC	0,50	0	0	2575
CO	1,10	0	0	5664
CO ₂	677,91	0	0	3490857
CH ₄	0,004	0	0	21
N ₂ O	0,031	0	0	160



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	13,90	149731	143848	41613
SO _x	4,24	45673	43879	12694
PM ₁₀	0,49	5278	5071	1467
PM _{2,5}	0,45	4847	4657	1347
HC	0,40	4309	4140	1198
CO	1,10	11849	11384	3293
CO ₂	690,71	7440323	7148020	2067820
CH ₄	0,004	43	41	12
N ₂ O	0,031	334	321	93
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		392866	
	SO_x		137262	
	PM₁₀		23969	
	PM_{2,5}		22077	
	HC		12221	
	CO		32190	
	CO₂		20147019	
	CH₄		117	
	N₂O		907	



18) BLUE STAR PAROS

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
18	1,2	0,34	0,2	16560	3240	4*Wärtsilä NSD 9L32, MSD	MRF

	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.	0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.	0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)	0	21,11	4,32

Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	160248
SO _x	6,80	0	0	97293
PM ₁₀	2,36	0	0	33767
PM _{2,5}	2,18	0	0	31191
HC	0,50	0	0	7154
CO	1,10	0	0	15739
CO ₂	677,91	0	0	9699428
CH ₄	0,004	0	0	57
N ₂ O	0,031	0	0	444



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	14,70	0	703799	154315
SO_x	6,59	0	315513	69179
PM₁₀	0,79	0	37823	8293
PM_{2,5}	0,73	0	34951	7663
HC	0,40	0	19151	4199
CO	1,10	0	52665	11547
CO₂	722,54	0	34593394	7584936
CH₄	0,004	0	192	42
N₂O	0,031	0	1484	325
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x			1018361
	SO_x			481985
	PM₁₀			79883
	PM_{2,5}			73805
	HC			30504
	CO			79951
	CO₂			51877758
	CH₄			291
	N₂O			2253

**19) BLUE STAR NAXOS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
19	1,2	0,34	0,2	16560	3240	4*Wärtsilä NSD 9L32, MSD	MRF

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		44,57	16,53	4,86
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	180279
SO _x	6,80	0	0	109455
PM ₁₀	2,36	0	0	37987
PM _{2,5}	2,18	0	0	35090
HC	0,50	0	0	8048
CO	1,10	0	0	17706
CO ₂	677,91	0	0	10911856
CH ₄	0,004	0	0	64
N ₂ O	0,031	0	0	499



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	14,70	424556	551104	173604
SO_x	6,59	190328	247059	77827
PM₁₀	0,79	22816	29617	9330
PM_{2,5}	0,73	21083	27368	8621
HC	0,40	11553	14996	4724
CO	1,10	31769	41239	12991
CO₂	722,54	20867938	27088054	8533053
CH₄	0,004	116	150	47
N₂O	0,031	895	1162	366
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		1329542	
	SO_x		624669	
	PM₁₀		99750	
	PM_{2,5}		92162	
	HC		39321	
	CO		103705	
	CO₂		67400901	
	CH₄		377	
	N₂O		2923	

**20) BLUE STAR DILOS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
20	1,2	0,34	0,2	16779	2970	4*Wärtsilä NSD 9L32, MSD	MRF

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		44,41	16	4,32
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	162367
SO _x	6,80	0	0	98580
PM ₁₀	2,36	0	0	34213
PM _{2,5}	2,18	0	0	31604
HC	0,50	0	0	7249
CO	1,10	0	0	15947
CO ₂	677,91	0	0	9827699
CH ₄	0,004	0	0	58
N ₂ O	0,031	0	0	449



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	14,70	387789	488981	141455
SO_x	6,59	173841	219210	63414
PM₁₀	0,79	20840	26279	7602
PM_{2,5}	0,73	19257	24283	7025
HC	0,40	10552	13306	3849
CO	1,10	29017	36590	10585
CO₂	722,54	19060273	24034571	6952858
CH₄	0,004	106	133	38
N₂O	0,031	818	1031	298
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		1180582	
	SO_x		555045	
	PM₁₀		88933	
	PM_{2,5}		82168	
	HC		34955	
	CO		92140	
	CO₂		59875401	
	CH₄		335	
	N₂O		2597	



21) HIGHSPEED 4

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ. (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ. (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
21	1,1	0,32	0,19	21456	1120	4*Caterpillar 3618 μεσόστροφη, τετράχρονη	MDO 1%

	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.	0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.	0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)	36,97	35,87	7,14

Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	10,56	0	0	323550
SO _x	4,37	0	0	133893
PM ₁₀	1,41	0	0	43201
PM _{2,5}	1,29	0	0	39525
HC	0,50	0	0	15320
CO	1,10	0	0	33703
CO ₂	646,08	0	0	19795354
CH ₄	0,004	0	0	123
N ₂ O	0,031	0	0	950



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	115110	390897	83367
SO_x	4,24	35113	119238	25430
PM₁₀	0,49	4058	13780	2939
PM_{2,5}	0,45	3727	12655	2699
HC	0,40	3313	11249	2399
CO	1,10	9109	30934	6597
CO₂	690,71	5719963	19424202	4142602
CH₄	0,004	33	112	24
N₂O	0,031	257	872	86
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		912923	
	SO_x		313673	
	PM₁₀		63978	
	PM_{2,5}		58605	
	HC		32280	
	CO		80344	
	CO₂		49082121	
	CH₄		292	
	N₂O		2264	

**22) HIGHSPEED 5**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ. (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ. (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
22	1,1	0,32	0,19	29058	1162	Caterpillar 3618 μεσόστροφες, τετράχρονες	MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		42,9	41,69	8,16
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	10,56	0	0	500783
SO_x	4,37	0	0	207237
PM₁₀	1,41	0	0	66866
PM_{2,5}	1,29	0	0	61175
HC	0,50	0	0	23711
CO	1,10	0	0	52165
CO₂	646,08	0	0	30638830
CH₄	0,004	0	0	190
N₂O	0,031	0	0	1470



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	138582	471358	98849
SO_x	4,24	42273	143781	30153
PM₁₀	0,49	4885	16616	3485
PM_{2,5}	0,45	4486	15260	3200
HC	0,40	3988	13564	2845
CO	1,10	10967	37302	7823
CO₂	690,71	6886351	23422422	4911943
CH₄	0,004	40	136	28
N₂O	0,031	309	1051	220
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		1209573	
	SO_x		423443	
	PM₁₀		91852	
	PM_{2,5}		84122	
	HC		44108	
	CO		108256	
	CO₂		65859546	
	CH₄		394	
	N₂O		3051	

**23) HIGHSPEED 6**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ. (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ. (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
23	1,1	0,32	0,19	28010	1150	Caterpillar 3618 μεσόστροφες, τετράχρονες	MDO 1%

	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.	0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.	0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)	42,89	35,65	8,16

Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	10,56	0	0	482722
SO _x	4,37	0	0	199763
PM ₁₀	1,41	0	0	64454
PM _{2,5}	1,29	0	0	58969
HC	0,50	0	0	22856
CO	1,10	0	0	50284
CO ₂	646,08	0	0	29533816
CH ₄	0,004	0	0	183
N ₂ O	0,031	0	0	1417



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	137119	398906	97828
SO_x	4,24	41826	121681	29841
PM₁₀	0,49	4834	14062	3449
PM_{2,5}	0,45	4439	12914	3167
HC	0,40	3946	11479	2815
CO	1,10	10851	31568	7742
CO₂	690,71	6813647	19822168	4861217
CH₄	0,004	39	115	28
N₂O	0,031	306	890	218
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		1116575	
	SO_x		393111	
	PM₁₀		86799	
	PM_{2,5}		79489	
	HC		41097	
	CO		100445	
	CO₂		61030848	
	CH₄		365	
	N₂O		2831	

**24) SPEED RUNNER IV**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
24	1	0,3	0,18	27474	1099	4*RUSTON 20RK, MSD	MRF, MDO 1%

	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.	0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.	0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)	51,44	16	3,84

Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	236320
SO _x	6,80	0	0	143480
PM ₁₀	2,36	0	0	49796
PM _{2,5}	2,18	0	0	45998
HC	0,50	0	0	10550
CO	1,10	0	0	23210
CO ₂	677,91	0	0	14303923
CH ₄	0,004	0	0	84
N ₂ O	0,031	0	0	654



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	157161	171092	43995
SO_x	4,24	47940	52189	13420
PM₁₀	0,49	5540	6031	1551
PM_{2,5}	0,45	5088	5539	1424
HC	0,40	4523	4924	1266
CO	1,10	12437	13540	3482
CO₂	690,71	7809521	8501811	2186180
CH₄	0,004	45	49	13
N₂O	0,031	351	382	98
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		763957	
	SO_x		304433	
	PM₁₀		45186	
	PM_{2,5}		41136	
	HC		25734	
	CO		64965	
	CO₂		40522901	
	CH₄		236	
	N₂O		1831	

**25) SUPER JET**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
25	1	0,3	0,18	6020	170	4*MTU 12V396 TE74L, MSD	MRF, MDO 1%

	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.	0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.	0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)	44,7	32,02	7,68

Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	103563
SO _x	6,80	0	0	62878
PM ₁₀	2,36	0	0	21822
PM _{2,5}	2,18	0	0	20158
HC	0,50	0	0	4623
CO	1,10	0	0	10171
CO ₂	677,91	0	0	6268444
CH ₄	0,004	0	0	37
N ₂ O	0,031	0	0	287



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	21125	52964	13611
SO_x	4,24	6444	16156	4152
PM₁₀	0,49	745	1867	480
PM_{2,5}	0,45	684	1715	441
HC	0,40	608	1524	392
CO	1,10	1672	4191	1077
CO₂	690,71	1049741	2631868	676343
CH₄	0,004	6	15	4
N₂O	0,031	47	118	30
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		191264	
	SO_x		89629	
	PM₁₀		24914	
	PM_{2,5}		22997	
	HC		7147	
	CO		17112	
	CO₂		10626396	
	CH₄		62	
	N₂O		482	

**26) AGIOS GEORGIOS**

ΘΕΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (ν.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (h)	ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΟΔΟΥ (h)	ΙΣΧΥΣ Κ.Μ (kW)	ΙΣΧΥΣ Β.Μ (kW)	ΤΥΠΟΣ Κ.Μ.	ΚΑΥΣΙΜΟ
26	1	0,3	0,18	11175	1680	2*Pielstick 16PC2V- 400, MSD	MRF, MDO 1%

		Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
Συντελεστής Φόρτισης Κ.Μ.		0	0	0,2
Συντελεστής Φόρτισης Β.Μ.		0,2	0,7	0,75
Χρονικό διάστημα (h)		29,57	8	3,84
Εκπομπές Κ.Μ. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MRF)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO _x	11,20	0	0	96123
SO _x	6,80	0	0	58360
PM ₁₀	2,36	0	0	20254
PM _{2,5}	2,18	0	0	18710
HC	0,50	0	0	4291
CO	1,10	0	0	9441
CO ₂	677,91	0	0	5818095
CH ₄	0,004	0	0	34
N ₂ O	0,031	0	0	266



Εκπομπές B.M. (gr.)	Συντελεστές Εκπομπών (για MSD, MDO 1%)	Διανυκτέρευση	Προετοιμασία απόπλου- κατάπλου και περίοδος ανάμεσα σε σύντομες αναχωρήσεις	Διαδικασία εισόδου-εξόδου από λιμάνι (ελιγμοί)
NO_x	13,90	138104	130771	67254
SO_x	4,24	42127	39890	20515
PM₁₀	0,49	4868	4610	2371
PM_{2,5}	0,45	4471	4234	2177
HC	0,40	3974	3763	1935
CO	1,10	10929	10349	5322
CO₂	690,71	6862563	6498200	3341931
CH₄	0,004	40	38	19
N₂O	0,031	308	292	150
Συνολικές Εκπομπές				
	NO_x		432252	
	SO_x		160892	
	PM₁₀		32104	
	PM_{2,5}		29591	
	HC		13964	
	CO		36041	
	CO₂		22520789	
	CH₄		131	
	N₂O		1016	



Έχοντας ολοκληρώσει την εξέταση κάθε πλοίου της ακτοπλοΐας που δραστηριοποιείται στο λιμάνι του Πειραιά μπορούμε να υπολογίσουμε την ολική αέρια ρύπανση που προκύπτει από τη λειτουργία του συνόλου των πλοίων κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης. Αυτό επιτυγχάνεται με την πρόσθεση των συνολικών ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου που ελκύονται από κάθε πλοίο και μετατροπή των γραμμάρια σε τόνους όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 4-5.

Πίνακας 4-5 Συνολικές εκπομπές ρύπων από τα πλοία της ακτοπλοΐας

Ολικές εκπομπές αερίων ρύπων από τη λειτουργία των πλοίων στο διάστημα 12/6/2012-19/6/2012 (σε τόνους)			
Γραμμάρια			Τόνοι
NO _x	28083404	× 0,000001	28,083404
SO _x	11717330		11,717330
PM ₁₀	1849196		1,849196
PM _{2,5}	1704720		1,704720
HC	850572		0,850572
CO	2239238		2,239238
CO ₂	1430712022		1430,712022
CH ₄	8142		0,008142
N ₂ O	63107		0,063107



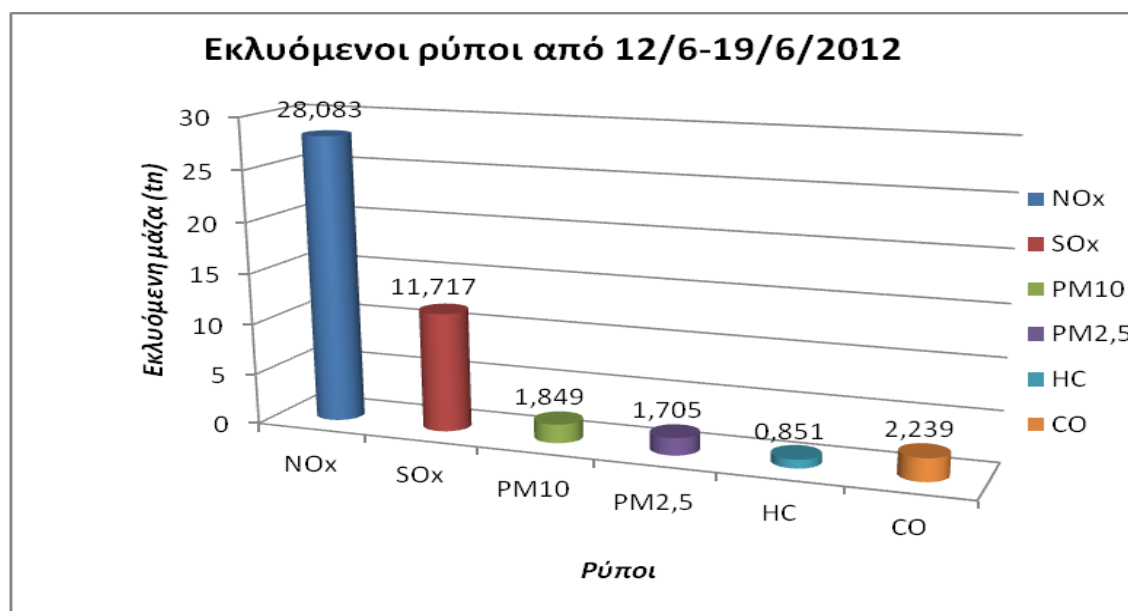
4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

4.2.1 Παρουσίαση και ανάλυση πρωτογενών αποτελεσμάτων της απογραφής

Σκοπός της παρούσης μελέτης ήταν η απογραφή των εκκλύομενων αερίων ρύπων από τη λειτουργία των επιβατικών πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά. Συνοψίζοντας, η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε βασίζεται στη δραστηριότητα των πλοίων κατά την είσοδο, παραμονή κι έξοδο από τα όρια του λιμένα. Τα πλοία που συμμετείχαν στη μελέτη είναι εκείνα της ακτοπλοΐας των νησιών του Αιγαίου και της Κρήτης τα οποία χρεώνονται το μεγαλύτερο φόρτο εξυπηρέτησης της επιβατικής κίνησης και κατ' επέκταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η χρονική διάρκεια της μελέτης αφορά την περίοδο από 12/6 έως 19/6 του 2012, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί τυπική περίοδος θερινής λειτουργίας του λιμανιού. Η εν λόγω απογραφή βασίζεται στις αρχές της λεπτομερούς απογραφής υιοθετώντας ορισμένες παραδοχές, όπως τυπικές τιμές συντελεστών φόρτισης μηχανών για κάθε δραστηριότητα, που αποτελούν στοιχείο των απλοποιημένων απογραφών. Εν γένει, η συλλογή όσο το δυνατόν πληρέστερων δεδομένων όπως τεχνικά στοιχεία των πλοίων, χρόνοι παραμονής στο λιμάνι, κατάλληλοι συντελεστές εκπομπών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εξαγωγή όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικών αποτελεσμάτων.

Η ποσοτικοποίηση των ρύπων που εκλύονται παρουσιάστηκε στον πίνακα 4-6 και απεικονίζεται γραφικά στο διάγραμμα 4-6.

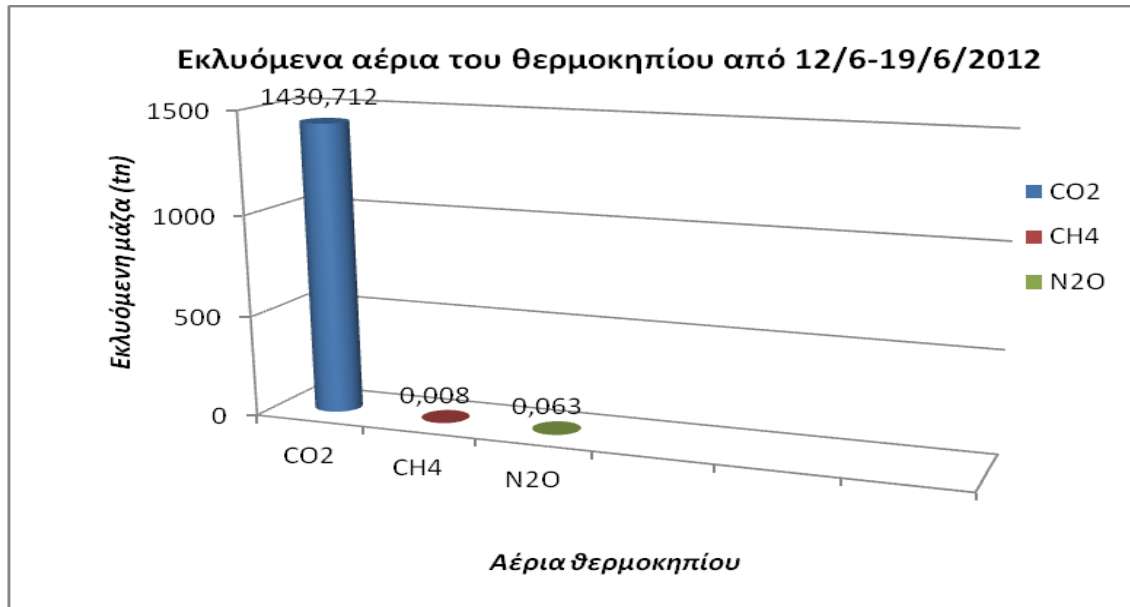
Διάγραμμα 4-6 Γραφική απεικόνιση εκκλύομενων ρύπων στο διάστημα της μελέτης



Παρατηρούμε ότι τη μεγαλύτερη συνεισφορά στη ρύπανση κατέχουν με διαφορά τα οξειδία του αζώτου (NOx). Ακολουθούν τα SOx και CO και τέλος τα PM και HC. Η εκκλύομενη μάζα SOx και PM αποτελεί το 42% και το 12% περίπου της μάζας των NOx.

Αντίστοιχη απεικόνιση για τα εκλυόμενα αέρια του θερμοκηπίου παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4-7.

Διάγραμμα 4-7 Γραφική απεικόνιση εκλυόμενων αερίων του θερμοκηπίου στο διάστημα της μελέτης



Στα αέρια του θερμοκηπίου βλέπουμε τεράστια διαφορά ανάμεσα στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και των υπολοίπων. Η εκπομπή CH₄ και N₂O είναι της τάξης μερικών κιλών και μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα.

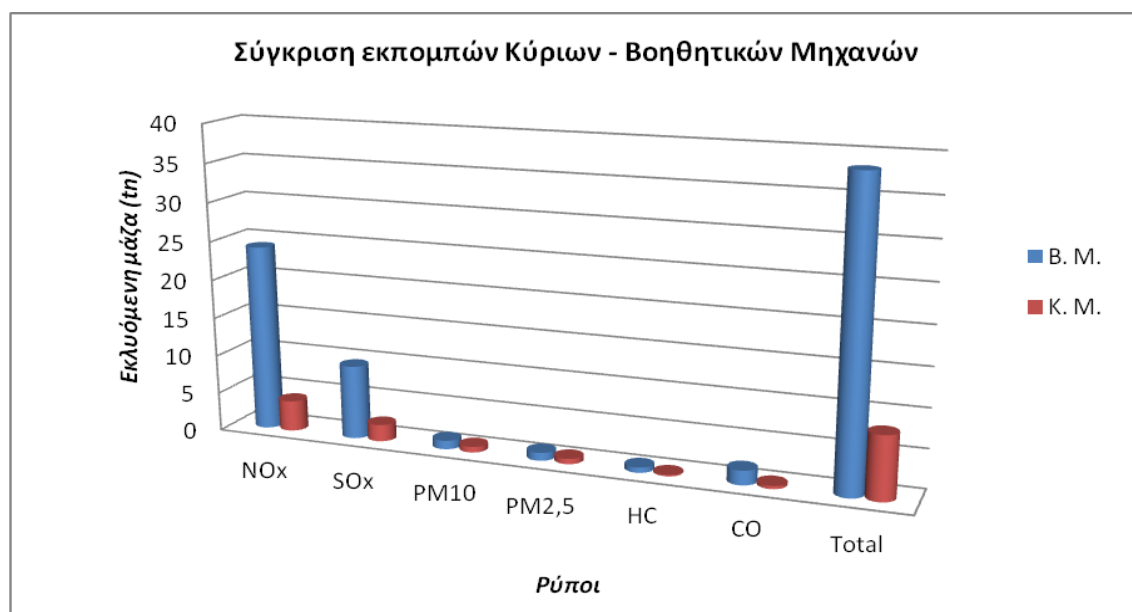
Έχοντας καταγράψει τις συνολικές εκπομπές από τη λειτουργία των πλοίων, μπορούμε να μελετήσουμε διαφορετικές εκδοχές όπως η εκπομπές που προκύπτουν από τη λειτουργία κυρίων και βοηθητικών μηχανών ξεχωριστά. Ο διαχωρισμός των ρύπων που προκύπτουν από τη λειτουργία Κ.Μ. – Β.Μ. μπορεί να δώσει ιδιαίτερα χρήσιμα συμπεράσματα για τη λήψη μέτρων περιορισμού της ρύπανσης από τη λειτουργία των πλοίων. Στον πίνακα 4-8 γίνεται ο υπολογισμός των εκλυόμενων ρύπων από κάθε τύπο μηχανών κατά το διάστημα της μελέτης.

Πίνακας 4-8 Διάκριση ρύπων από κύριες και βοηθητικές μηχανές (σε τόνους)

	Β.Μ.	Κ.Μ.	Λόγος Κ.Μ./Β.Μ
NO _x	24,10	3,98	0,165
SO _x	9,55	2,17	0,227
PM ₁₀	1,11	0,74	0,666
PM _{2,5}	1,02	0,68	0,665
HC	0,67	0,18	0,268
CO	1,839	0,40	0,217
Σύνολο	38,289	8,15	0,212

Παρατηρούμε ότι οι εκπομπές από τις βοηθητικές μηχανές των σκαφών είναι σημαντικά μεγαλύτερες, στο σύνολο τους περίπου 5 φορές περισσότερες. Το γεγονός αυτό εύκολα εξηγείται καθώς οι κύριες μηχανές θεωρούμε ότι τερματίζουν τη λειτουργία τους κατά τη φάση του ελλιμενισμού, που έχει και τη μεγαλύτερη χρονική διάρκεια, επομένως παράγουν μηδενικούς ρύπους. **Αντίθετα οι βοηθητικές μηχανές συνεχίζουν τη λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής για τη κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό και την υποστήριξη διαφόρων συστημάτων των ελλιμενισμένων πλοίων.** Σχηματικά η διαφορά παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4-9.

Διάγραμμα 4-9 Σύγκριση εκλυόμενων ρύπων από τη συνολική λειτουργία Κ.Μ.-Β.Μ. στο διάστημα 12/6-19/6 2012



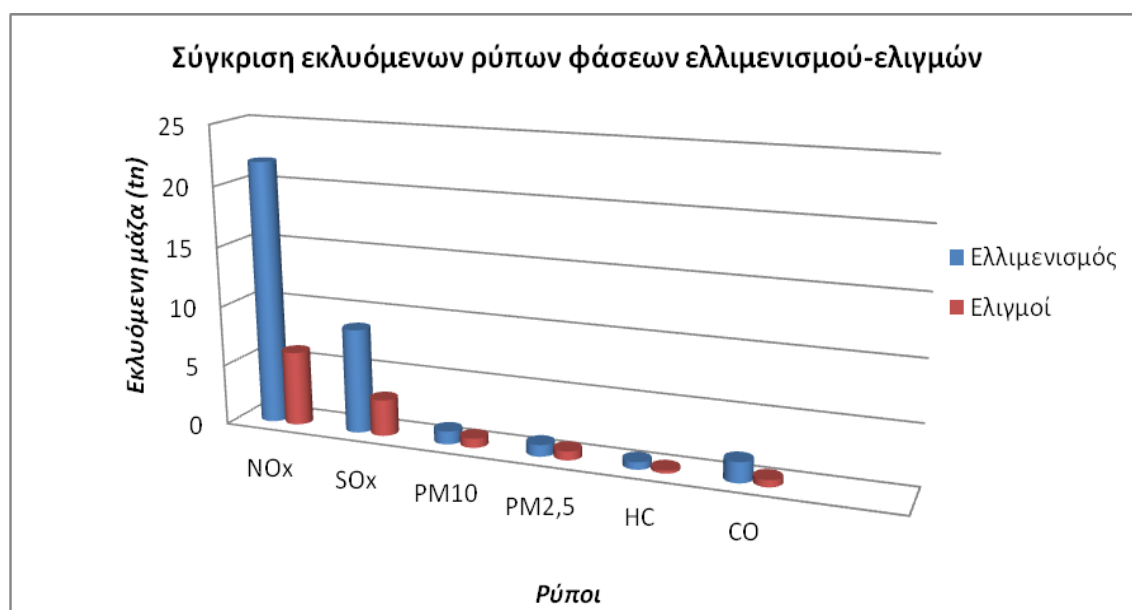
Η γνώση της σημαντικής διαφοράς στις εκπομπές ρύπων από τις βοηθητικές μηχανές στα πλαίσια της λειτουργίας του λιμανιού οδηγεί στην ανάγκη επικέντρωσης σε τεχνικές ή εφαρμογές με σκοπό τη μείωση της ρύπανσης από την εν λόγω κατηγορία μηχανών. Τέτοιες δράσεις μπορεί να είναι η χρήση καυσίμου με μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο, η εφαρμογή τεχνικών συστημάτων περιορισμού των ρύπων εντός των σκαφών, η σύνδεση με εξωτερική τροφοδοσία ρεύματος (cold ironing), ακόμα και η βελτιστοποίηση στα προγράμματα κινήσεων και παραμονής των πλοίων στο λιμάνι από τη λιμενική αρχή. Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η επίδραση της λειτουργίας των **βοηθητικών μηχανών** κατά τη διάκριση στις δραστηριότητες των ελιγμών και του ελλιμενισμού. Στον πίνακα 4-10 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εκλυόμενοι ρύποι σε κάθε φάση λειτουργίας των σκαφών από το σύνολο των μηχανών των πλοίων.

Πίνακας 4-10 Διάκριση ρύπων, σε δραστηριότητες ελλιμενισμού και ελιγμών (σε τόνους)

	Εκπομπές ρύπων κατά τον ελλιμενισμό	Εκπομπές ρύπων κατά τους ελιγμούς	Λόγος ελιγμών/ελλιμενισμό
NO_x	21,90	6,18	0,2822
SO_x	8,696	3,021	0,3474
PM₁₀	1,085	0,763	0,7032
PM_{2,5}	0,964	0,739	0,7666
HC	0,608	0,242	0,3980
CO	1,675	0,564	0,3367
Σύνολο	34,93	11,51	0,3295

Παρατηρούμε ότι οι συνολικές εκπομπές κάθε ρύπου κατά τη διαδικασία του ελλιμενισμού είναι περίπου αρκετά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες της φάσης των ελιγμών. Το γεγονός αυτό αιτιολογείται από τη συγκριτικά μεγάλη διάρκεια που αντιστοιχεί στη περίοδο που τα σκάφη παραμένουν δεμένα και λειτουργούν τις βοηθητικές μηχανές σε μεγάλα ή μικρότερα φορτία (70% και 20% όπως θεωρήσαμε). Οι εκλύσεις NO_x παρουσιάζονται σχεδόν τετραπλάσιες ενώ αυτές των SO_x τριπλάσιες. Αντίθετα τα PM είναι περίπου 30- 35% πιο αυξημένα. Σχηματικά οι εκλυόμενοι ρύποι σε κάθε φάση παρουσιάζονται στο διάγραμμα 4-11.

Διάγραμμα 4-11 Διάκριση εκπομπών ρύπων σε φάσεις δραστηριότητας των πλοίων





4.2.2 Δευτερογενής επεξεργασία αποτελεσμάτων – Υποθέσεις - Επεκτάσεις

Στα προηγούμενα έγινε η καταγραφή και η ανάλυση των πρωταρχικών αποτελεσμάτων της απογραφής, δηλαδή των μεγεθών που προέκυψαν από τη μελέτη των πλοίων της ακτοπλοΐας στη περίοδο που είχε οριστεί. Στο κομμάτι αυτό θα επιχειρηθεί μία γενίκευση των αποτελεσμάτων τόσο για τους εκλύομενους ρύπους όσο και για την επιπλέον δραστηριότητα των πλοίων του αργοσαρωνικού και των κρουαζιερόπλοιων στο σύνολο του ημερολογιακού έτους. Ως οδηγός σε αυτή τη διαδικασία θα χρησιμοποιηθούν πληροφορίες από τη σχετική μελέτη Τζαννάτου για την αέρια ρύπανση στο λιμάνι του Πειραιά και το εξωτερικό κόστος αυτής ("*Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus - Ernestos Tzannatos*").

Θεωρώντας τη περίοδο της μελέτης μας ως τυπική περίοδο λειτουργίας του λιμανιού σε θερινές συνθήκες μπορούμε καταρχήν να ανάγουμε τις εκπομπές που έχουμε υπολογίσει σε συνολικές εκπομπές του καλοκαιριού. Αυτό μπορεί να γίνει αξιόπιστα καθώς τα δρομολόγια των πλοίων είναι σταθερά προγραμματισμένα καθ' όλη τη περίοδο. Έχοντας ποσοτικοποιήσει τον ρύπο για οκτώ ημέρες καλοκαιρινής λειτουργίας του λιμανιού μπορούμε εύκολα να ανάγουμε για τις 90 συνολικά ημέρες της θερινής περιόδου. Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στους πίνακες 4-12 και 4-13 τόσο για τους ρύπους όσο και για τα αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται.

Πίνακας 4-12 Εκπομπές ρύπων κατά την καλοκαιρινή περίοδο από πλοία της ακτοπλοΐας

Εκλύσεις ρύπων στο σύνολο της καλοκαιρινής περιόδου από πλοία της ακτοπλοΐας (σε τόνους)	
NO_x	315,94
SO_x	131,82
PM₁₀	20,80
PM_{2,5}	19,18
HC	9,56
CO	25,19
Σύνολο	522,49

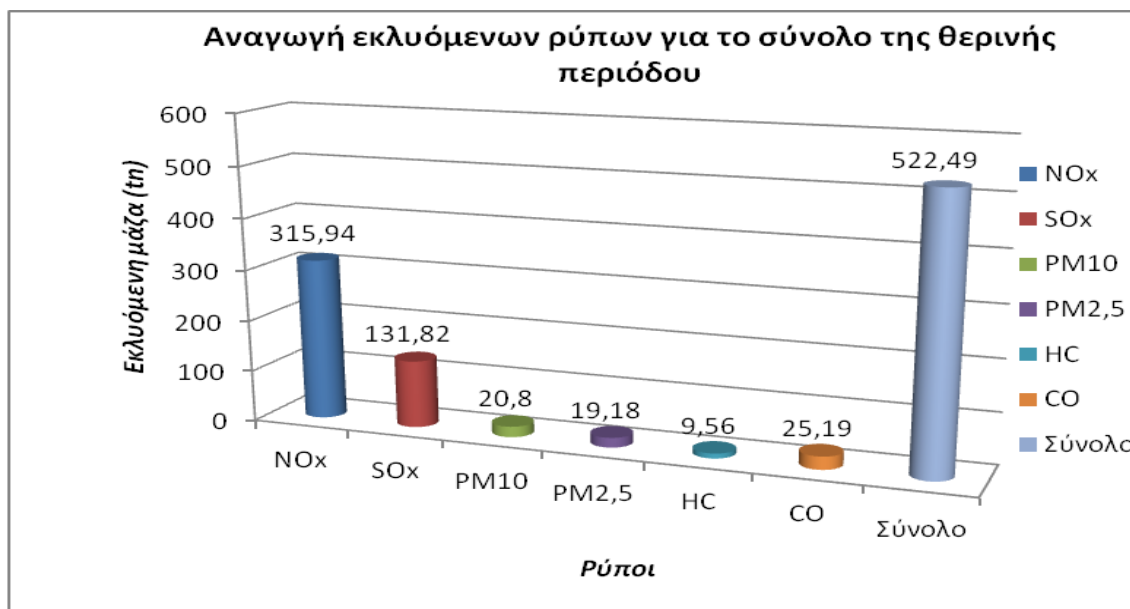
Πίνακας 4-13 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την καλοκαιρινή περίοδο από πλοία της ακτοπλοΐας

Εκλύσεις αερίων του θερμοκηπίου στο σύνολο της καλοκαιρινής περιόδου από πλοία της ακτοπλοΐας (σε τόνους)	
CO₂	16095,51
CH₄	0,09
N₂O	0,71
Σύνολο	16095,80

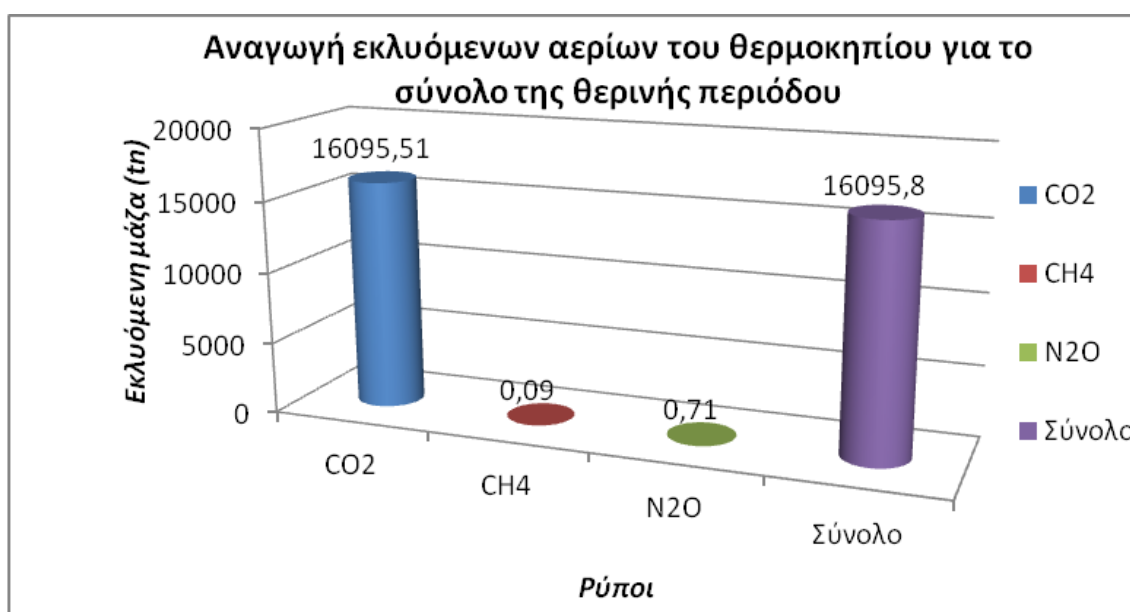


Η γραφική απεικόνιση των εκπομπών παρουσιάζεται στα διαγράμματα 4-14 και 4-15 που ακολουθούν.

Διάγραμμα 4-14 Απεικόνιση εκλυόμενων ρύπων κατά τη θερινή περίοδο από τα πλοία της ακτοπλοΐας



Διάγραμμα 4-15 Απεικόνιση εκλυόμενων αερίων του θερμοκηπίου κατά τη θερινή περίοδο από τα πλοία της ακτοπλοΐας





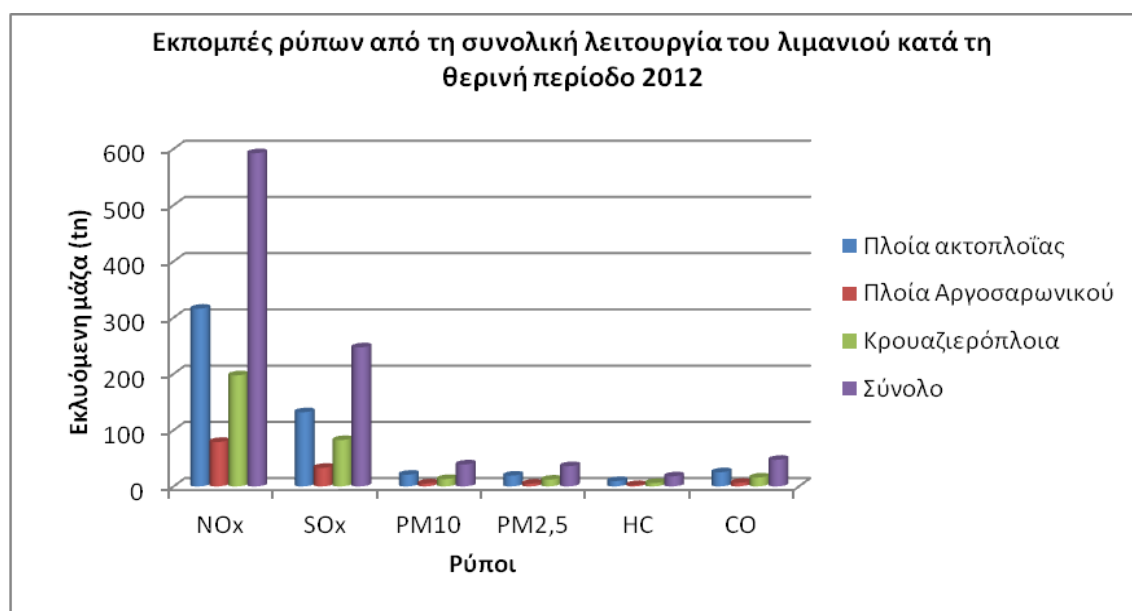
Η απογραφή Τζαννάτου για το λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος (2008-2009) δίνει τις τελικές τιμές των εκλυόμενων ρύπων από όλα τα επιβατικά σκάφη που δραστηριοποιούνται στο λιμάνι καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αυτό σημαίνει ότι εξετάζονται οι εκπομπές τόσο των πλοίων της ακτοπλοΐας του Αιγαίου και της Κρήτης όσο και αυτές που προκύπτουν από τα κρουαζιερόπλοια και τα πλοία του Αργοσαρωνικού. Η απογραφή περιλαμβάνει τη δραστηριότητα του λιμανιού σε όλες τις περιόδους λειτουργίας (θερινή, φθινοπωρινή, χειμερινή και ανοιξιάτικη).

Από τα στοιχεία της έρευνας προκύπτει ότι κατά τη θερινή περίοδο οι εκπομπές από τα σκάφη που εξυπηρετούν τις γραμμές του Αργοσαρωνικού είναι το 25% των εκπομπών των πλοίων της ακτοπλοΐας. Επιπλέον, οι εκπομπές από κρουαζιερόπλοια που επισκέπτονται το λιμάνι υπολογίζονται στο 50% των ρύπων από το σύνολο των επιβατικών πλοίων (ακτοπλοΐας + αργοσαρωνικού). Διατηρώντας αυτές τις αναλογίες μπορούμε να υπολογίσουμε τις συνολικές εκπομπές για το σύνολο των σκαφών που δραστηριοποιούνται στο λιμάνι.

Πίνακας 4-16 Εκτίμηση εκπομπών ρύπων από όλα τα πλοία που δραστηριοποιούνται στον επιβατικό λιμένα Πειραιά κατά τη θερινή περίοδο 2012 (σε τόνους)

	Πλοία ακτοπλοΐας	Πλοία Αργοσαρωνικού	Κρουαζιερόπλοια	Σύνολο
NO _x	315,94	78,98	197,46	592,38
SO _x	131,82	32,96	82,38	247,16
PM ₁₀	20,80	5,2	13	39
PM _{2,5}	19,18	4,8	11,99	35,97
HC	9,56	2,39	5,98	17,93
CO	25,19	6,30	15,74	47,23

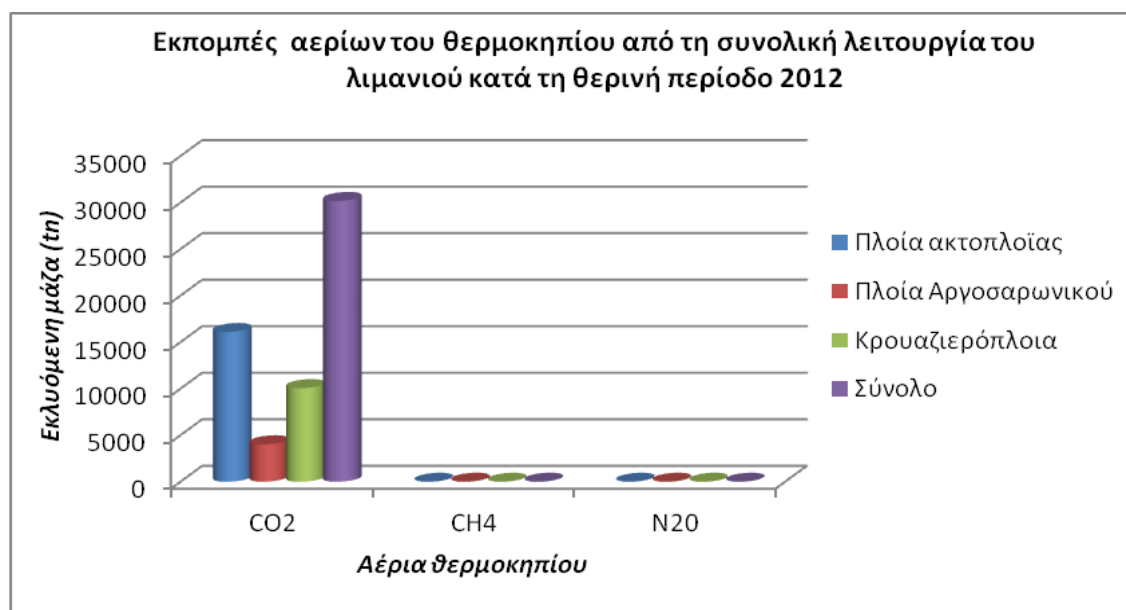
Διάγραμμα 4-17 Γραφική απεικόνιση εκτιμώμενων εκπομπών κατά τη θερινή περίοδο από το σύνολο των σκαφών



Πίνακας 4-18 Εκτίμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από όλα τα πλοία που δραστηριοποιούνται στον επιβατικό λιμένα Πειραιά κατά τη θερινή περίοδο 2012 (σε τόνους)

	Πλοία ακτοπλοΐας	Πλοία Αργοσαρωνικού	Κρουαζιερόπλοια	Σύνολο
CO₂	16095,51	4023,87	10059,69	30179,07
CH₄	0,09	0,022	0,056	0,168
N₂O	0,72	0,18	0,45	1,35

Διάγραμμα 4-19 Γραφική απεικόνιση εκτιμώμενων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τη θερινή περίοδο από το σύνολο των σκαφών

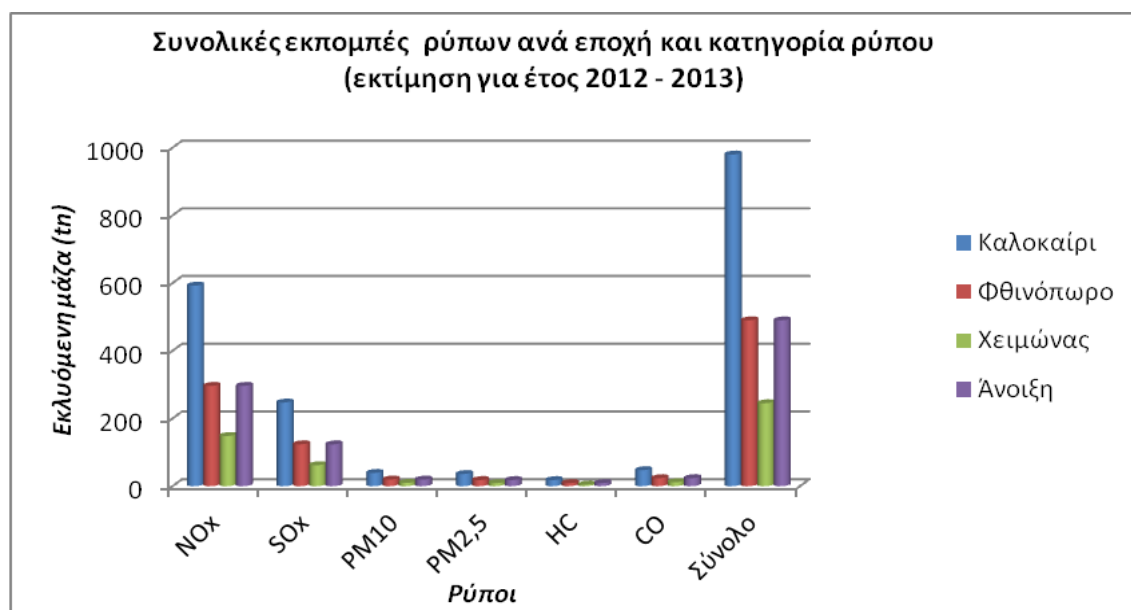


Έχοντας πραγματοποιήσει μία αντικειμενική εκτίμηση των εκλυόμενων ρύπων κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, μπορούμε να προχωρήσουμε στην αναγωγή για το σύνολο του έτους. **Η παραδοχή που πρέπει να γίνει και προκύπτει από τα στοιχεία της έρευνας Τζαννάτου είναι πως οι εκλύσεις κατά το φθινόπωρο και την άνοιξη είναι οι μισές από τις αντίστοιχες του καλοκαιριού ενώ οι εκπομπές του χειμώνα είναι το ¼ των θερινών. Οι ρύποι μπορούν πλέον να ποσοτικοποιηθούν για κάθε περίοδο λειτουργίας του λιμένα και παρουσιάζονται στο πίνακα 4-20.**

Πίνακας 4-20 Εκτίμηση συνολικών εκπομπών ρύπων ανά εποχή του έτους 2012 και κατηγορία ρύπου για το λιμάνι του Πειραιά (σε τόνους)

	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη
NO_x	592,38	296,19	148,1	296,19
SO_x	247,16	123,58	61,79	123,58
PM₁₀	39	19,5	9,75	19,5
PM_{2,5}	35,97	17,99	8,99	17,99
HC	17,93	8,97	4,48	8,97
CO	47,23	23,62	11,81	23,62
Σύνολο	979,67	489,85	244,92	489,85

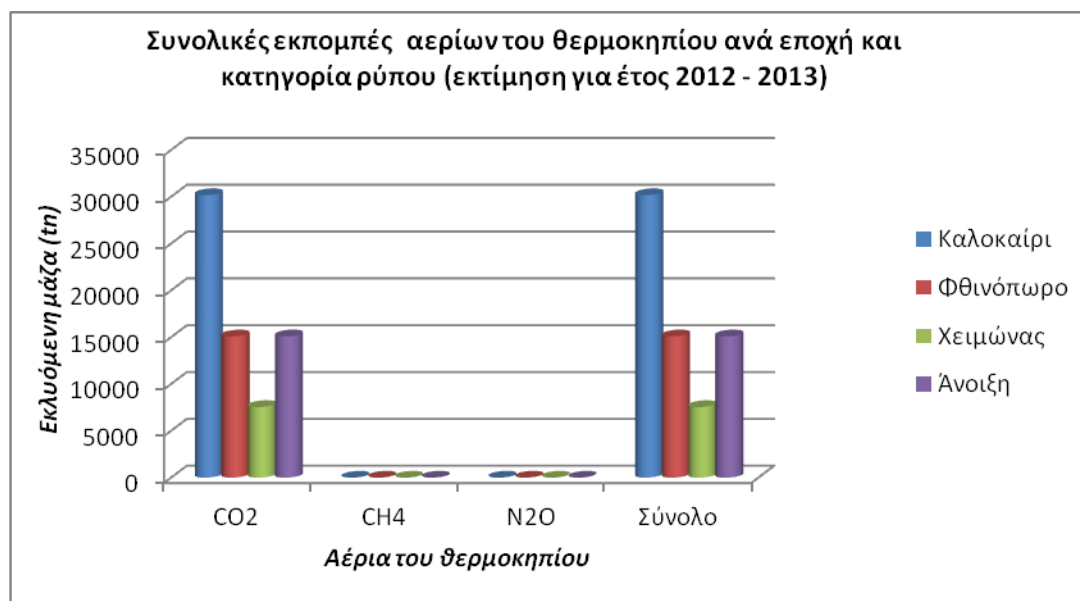
Διάγραμμα 4-21 Γραφική απεικόνιση συνολικών εκπομπών ανά εποχή και κατηγορία ρύπου



Πίνακας 4-22 Εκτίμηση συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά εποχή του έτους 2012 για το λιμάνι του Πειραιά (σε τόνους)

	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη
CO₂	30179,07	15089,535	7544,7675	15089,54
CH₄	0,168	0,084	0,042	0,084
N₂O	1,35	0,675	0,3375	0,675
Σύνολο	30180,588	15090,294	7545,147	15090,29

Διάγραμμα 4-23 Γραφική απεικόνιση συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά εποχή και κατηγορία ρύπου



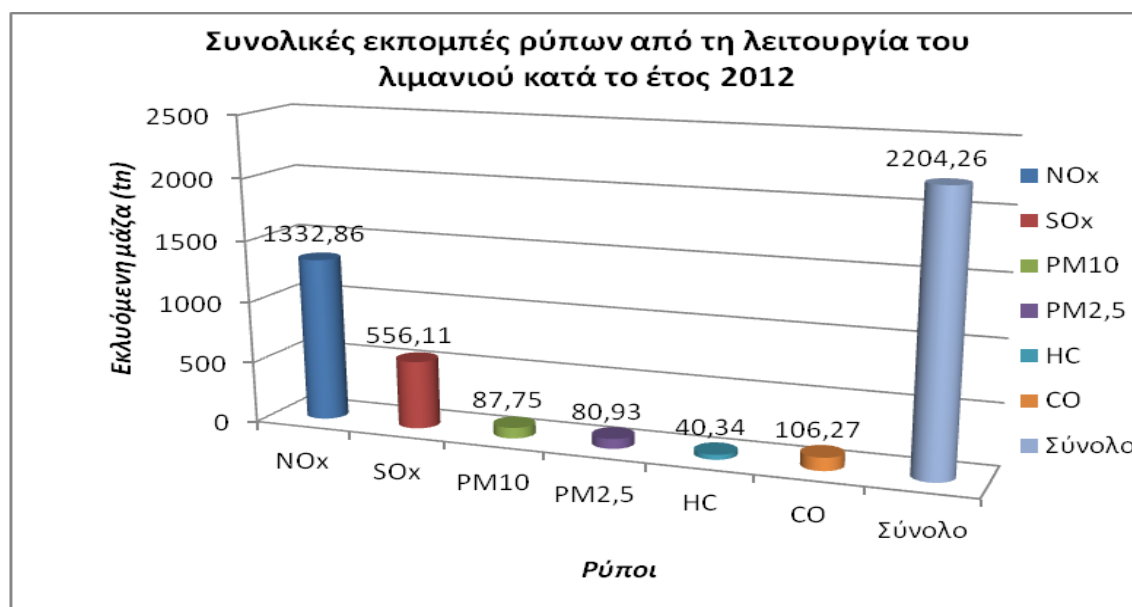
Οι ολικές εκπομπές από τη λειτουργία του λιμανιού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους θα είναι το άθροισμα των εκλυόμενων ρύπων από τα πλοία της ακτοπλοΐας, του Αργοσαρωνικού και τα κρουαζιερόπλοια. Οι τελικές τιμές δίνονται στον πίνακα 4-24.



Πίνακας 4-24 Συνολικές εκπομπές ρύπων από τη λειτουργία του λιμανιού κατά το έτος 2012 (σε τόνους)

Ρύποι	Σύνολο εκπομπών ανά ρύπο
NO _x	1332,86
SO _x	556,11
PM ₁₀	87,75
PM _{2,5}	80,93
HC	40,34
CO	106,27
Σύνολο	2204,26

Διάγραμμα 4-25 Γραφική απεικόνιση συνολικών εκπομπών ανά ρύπων από τη λειτουργία του λιμανιού κατά το έτος 2012 (σε τόνους)



4.2.3 Επισκόπηση - Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, στην παρούσα διπλωματική έγινε προσπάθεια για αναλυτικό υπολογισμό των εκλυόμενων ρύπων από τα πλοία της ελληνικής ακτοπλοΐας στο λιμάνι του Πειραιά, εφαρμόζοντας ένα μαθηματικό μοντέλο που περιγράφηκε. Το χρονικό διάστημα που έγινε η μελέτη ήταν 8 μέρες και συγκεκριμένα από τις 12 Ιουνίου του 2012 έως τις 19 Ιουνίου 2012. Προκειμένου, τα αποτελέσματα που θα εξάγαμε να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβή, συγγεντρώθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά όλων των πλοίων από την κατάλληλη τεχνική βιβλιογραφία. Επίσης, απαραίτητο ήταν να είναι γνωστές οι κινήσεις των πλοίων στο λιμένα του Πειραιά, όσο και οι χρόνοι παραμονής τους. Αυτά τα στοιχεία συλλέχθηκαν με την πολύτιμη βοήθεια του ΟΛΠ καθώς επίσης και από το online σύστημα παρακολούθησης των πλοίων. Τέλος, οι συντελεστές φόρτισης αλλά και εκπομπής ρύπων των μηχανών εξήχθησαν από κοινώς αποδεκτή επιστημονική βιβλιογραφία. Ορισμένες παραδοχές έγιναν κυρίως στον ορισμό των συντελεστών φόρτισης των μηχανών των σκαφών με σκοπό τη διευκόλυνση των υπολογισμών που σε διαφορετική περίπτωση θα γίνονταν υπερβολικά πολύπλοκοι.

Στη συνέχεια, έγινε η απαραίτητη διάκριση στις δραστηριότητες κάθε πλοίου από τη στιγμή που θα εισέλθει στο λιμένα του Πειραιά, την παραμονή του σε αυτό και τέλος την έξοδό του. Για την κάθε λοιπόν δραστηριότητα ξεχωριστά υπολογίστηκαν αναλυτικά οι εκπομπές κάθε ατμοσφαιρικού ρύπου τόσο από τις κύριες όσο και από τις βοηθητικές μηχανές. Αφού υπολογίστηκαν, οι εκπομπές των ρύπων για τις 8 μέρες της απογραφής, και με κατάλληλες παραδοχές που προέκυψαν από επιστημονικά στοιχεία της βιβλιογραφίας, μπορέσαμε να προσδιορίσουμε την έκλυση των ρύπων από την αθροιστική λειτουργία τόσο των πλοίων της ακτοπλοΐας όσο και των κρουαζιερόπλοιων καθώς επίσης και για τον υπολογισμό των εποχικών τιμών για κάθε ρύπο. **Το τελικό αποτέλεσμα αποτελεί τη συνολική εκτιμώμενη ατμοσφαιρική ρύπανση από τη λειτουργία του επιβατικού λιμένα Πειραιά σε διάστημα ενός έτους (πίνακας 4-24).**

Αναμφίβολα, ο υπολογισμός των εκπομπών αερίων ρύπων σε λιμάνια προσδιορίζεται πιο δύσκολα από των πλοίων σε διαδικασία πλεύσης σε σταθερές συνθήκες στη θάλασσα, επειδή οι δραστηριότητες εντός του λιμένα συνήθως δεν είναι σαφώς καθορισμένες και οι συντελεστές εκπομπών βασίζονται σε περιορισμένα στοιχεία.

Αξιοποιώντας τα συμπεράσματα της εργασίας αρμόδιοι φορείς, θα μπορέσουν να βελτιώσουν τις υπάρχουσες υποδομές αλλά και να προβούν σε διορθωτικές κινήσεις προκειμένου να μειωθούν οι εκλυόμενοι ρύποι. Η σημαντική συμμετοχή της βοηθητικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό των ελλιμενισμένων πλοίων πρέπει να οδηγήσει στην εξεύρεση μεθόδων περιορισμού αυτού του τύπου εκπομπών. Η υπόθεση της χρήσης εξωτερικής παροχής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα ενδεχόμενο που πρέπει να εξεταστεί. Από την πλευρά των ακτοπλοίων είναι δυνατή η εφαρμογή τεχνολογιών αναβάθμισης των περιβαλλοντικών επιδόσεων των πλοίων. Τέτοιες τεχνολογίες μπορεί να περιλαμβάνουν παθητικά συστήματα περιορισμού της ρύπανσης (π.χ. φίλτρα συγκράτησης εκλυόμενων σωματιδίων).



Εν κατακλείδι, ευελπιστούμε πως αυτά τα δεδομένα θα αποτελέσουν αντικείμενο σκέψης, προβληματισμού αλλά και δράσης από αρμόδιους φορείς προκειμένου να σχεδιαστεί ένα σύστημα περιορισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον μεγαλύτερο λιμένα της Ελλάδος.





ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- *Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories*
U.S. Environmental Protection Agency
Final Report
April 2011
- *REVISED MARPOL ANNEX VI*
Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships
International Maritime Organization, October 2008
- *Skolaricos Hellenic maritime directory*
- *Lloyd's Register, June 2012*
- *Wärtsilä, December 2012. WÄRTSILÄ 50DF Product Guide*
- *Greek shipping directory 2009 52^η έκδοση*
- *Βασική Θεωρεία Πλοίου (K.J.Rawson & E.C.Tupper)*
- *Ναυτικοί Κινητήρες Diesel (Νικόλαος Π.Κυρτάτος)*
- *Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus Greece, Ernestos Tzannatos. Elsevier-Atmospheric Environment, October 2009*
- *EMISSIONS INVENTORY - ANNUAL INVENTORY SUBMISSION UNDER THE CONVENTION AND THE KYOTO PROTOCOL FOR GREENHOUSE AND OTHER GASES FOR THE YEARS 1990-2007*
- *Emissions from international shipping in the Belgian part of the North Sea and the Belgian seaports, De Meyer, P., Maes, F., Volckaer, A., Elsevier-Atmospheric Environment*

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ:

- www.imo.org
- http://europa.eu/legislation_summaries
- www.dieselduck.net
- www.wartsila.com
- www.mtu-online.com
- www.olp.gr
- <http://el.wikipedia.org/wiki>
- <http://www.yen.gr>
- <http://www.naftemporiki.gr>
- <http://www.marinetraffic.com/ais>
- www.arb.ca.gov
- <http://www.minenv.gr/>
- <http://westcoastcollaborative.org/>
- www.ferrypics.com