Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Χανιά 2013

Υπολογισμός αέριας μόλυνσης σε λιμάνια: η περίπτωση του λιμανιού του Ηρακλείου

Διπλωματική εργασία

Καλλιόπη Πιτσιρίκου

Επιβλέπων: Παπαευθυμίου Σπυρίδων

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ.Παπαευθυμίου Σπυρίδων, για την καθοδήγησή του και την άψογη συνεργασία κατά τη διάρκεια κάθε βήματος προς την περάτωση της εργασίας.

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

Τέλος, ευχαριστώ από καρδιάς την οικογένεια μου, ιδιαιτέρως τους γονείς μου, Γιάννη και Ελευθερία, οι οποίοι υπήρξαν πάντα ένα ανεκτίμητο στήριγμα για μένα και στους οποίους οφείλω όλη τη διαδρομή των σπουδών μου, μέχρι σήμερα.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική έχει ως σκοπό να ενημερώσει τον αναγνώστη σχετικά με το φλέγον θέμα της εκπομπής αερίων από τα πλοία που κινούνται εντός των λιμένων. Καταγράφονται οι κύριες επιπτώσεις των αέριων ρύπων με άμεσο αντίκτυπο τόσο στην υγεία του ανθρώπινου πληθυσμού, όσο και στη μόλυνση του ευρύτερου φυσικού περιβάλλοντος και αναλύονται η μεθοδολογία υπολογισμού των αέριων ρύπων από καράβια που κινούνται εντός ενός λιμένα. Η ποσότητα και ποιότητα των εκπεμπόμενων καυσαερίων κατά την προσέγγιση και κατά τη διάρκεια της παραμονής των πλοίων στο λιμάνι, εξαρτάται από τον τύπο, την ηλικία, τη χωρητικότητα, τα τεχνικά χαρακτηριστικά, την ταχύτητα πλεύσης, κ.α. Αναλύθηκαν τα στάδια κίνησης των πλοίων εντός των λιμένων (κίνηση, ελιγμοί και παραμονή) και υπολογίστηκαν οι αέριες εκπομπές ανά φάση.

Τέλος, εφαρμόστηκε η συγκεκριμένη μεθοδολογία για τον υπολογισμό των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2012, αντλώντας τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά από ειδική βάση δεδομένων. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με αντίστοιχα σχετικής μελέτης που πραγματοποιήθηκε στο λιμάνι του Πειραιά το έτος 2009.

Abstract

The following thesis informs the reader about the major issue of air pollutant emissions, emitting from moving vehicles, in ports. Emissions' main effects towards human population are recorded, as well as, for the broader natural environment. In addition, a methodology for emissions' rate is employed for the pollutant factors' estimation. It appears that both quality and quantity of such factors depends on various parameters such as cargo capacity, ship type and age, speed and many others. Emissions are calculated for each ship movement phase, while in the port (transit, maneuvering and hoteling).

The aforementioned methodology will be employed on cruise ships, at Heraklion port for the year 2012, using publicly available data from the corresponding databases. A comparative study has been performed evaluating the results against similar techniques on Piraeus Port.

Περιεχόμενα

1ο Κεφάλαιο 1

1. Εισαγωγή 3

1.1. Πηγές εκπομπών 4

1.1.1 Σταθερές πηγές εκπομπών σε λιμένα 6

1.2 Σύγκριση επιπτώσεων των πλοιων με διαφορετικά μέσα μεταφοράς 7

2ο Κεφάλαιο 9

2.1. Εκπομπές κινητήρων πλοίων 11

2.2 Γενικές επιπτώσεις 12

2.2.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) 12

2.2.2 Τα αιωρούμενα σωματίδια καπνού (PM) 14

2.2.3 Οξείδια του αζώτου (NO_x) 16

2.2.4 Το διοξείδιο του θείου (SO_2) 17

2.3 Τύποι πλοίων 18

2.3.1 Ποντοπόρα πλοία (Ocean-Going Vessels) 22

2.3.2 Συστήματα τροφοδοσίας ενέργειας του πλοίου 22

2.4 Βοηθητικά συστήματα 25

2.4.1 Σύγκριση εκπομπών κύριας και βοηθητικής μηχανής. 26

2.5 Καταστάσεις λειτουργίας (operating mode): 28

2.5.1 Γραφική αναπαράσταση καταστάσεων λειτουργίας 29

2.5.2 Παράδειγμα: Σημαντικές εκπομπές πλοίων κατά τη παραμονή στο λιμάνι. 33

2.6 Κατηγορίες ποντοπόρων πλοίων. 34

2.7 Σκάφη λιμένα και εσωτερικής ναυσιπλοΐας 37

2.8 Ναυτιλιακά καύσιμα 41

2.9 Νομοθεσία 43

2.9.2 Ευρωπαϊκή Ένωση 46

3ο Κεφάλαιο 49

3.1 Απαραίτητα δεδομένα για υπολογισμό των αέριων εκπομπών πλοίων 51

3.2 Βάσεις δεδομένων (databases) 52

3.2.1 Δευτερεύουσες βάσεις δεδομένων 54

3.3 Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης (AIS). 55

3.4 Μέθοδοι υπολογισμού εκπομπών πλοίων 58

3.5 Λεπτομερής μέθοδος υπολογισμού 61

3.6 Μεθοδολογία υπολογισμού αέριων εκπομπών πλοίων 62

3.6.1 Απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμου 67

3.7 Οι βασικές διαφορές: “Λεπτομερής” - “Απλοποιημένη” μέθοδος 69

4ο Κεφάλαιο 71

4.1 Εφαρμογή της υπολογιστικής μεθόδου 73

4.1.1 Το λιμάνι του Ηρακλείου γενικά 73

4.2 Περιγραφή της κίνησης των κρουαζιερόπλοιων εντός του λιμένα Ηρακλείου. 76

4.2.1 Παραδοχές Υπολογιστικής μεθόδου. 77

4.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά κρουαζιερόπλοιων Ηρακλείου 78

4.2.3 Χρόνοι παραμονής των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου 81

4.3 Ετήσιες εκπομπές κρουαζιερόπλοιων Ηρακλείου για το 2012. 84

4.4 Συμπεράσματα 86

4.5 Σύγκριση εκπομπών αέριων Ηρακλείου με το λιμάνι του Πειραιά 87

4.6 Πιθανές λύσεις του προβλήματος 91

4.7 Σύνοψη 92

Κατάλογος Συντομογραφιών

AIS: Automatic identification system
CH_4: Methane
CO: Carbon monoxide
CO_2: Carbon dioxide
GHG: Greenhouse gas
GT: Gross tonnage
GTP: Global temperature change potential
HFO: Heavy fuel oil
ISO: International Organization for Standardization
IMO: International Maritime Organization
LRFPR: Lloyd's Register – Fairplay Research
MCR: Maximum continuous rating
MDO: Marine diesel oil (distillate marine fuel with possible residual fuel traces)
MGO: Marine gas oil (distillate marine fuel)
MSD: Medium speed diesel
NO_x: Nitrogen oxides
NMVOC: Non-methane volatile organic compounds
O_3: Ozone
PM: Particulate matter/material
PM_{10}: Particulate matter/material with aerodynamic diameter 10 micrometers or less
$PM_{2,5}$: Particulate matter/material with aerodynamic diameter 2,5 micrometers
SECA: SO_x Emission Control Area
SO_x: Sulphur oxides
SSD: Slow speed diesel
VOC: Volatile organic compounds

1ο Κεφάλαιο

1. Εισαγωγή

Περιβάλλον είναι το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα ζωής, την υγεία των κατοίκων, την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες μιας περιοχής. Μεγάλη είναι η σημασία του φυσικού περιβάλλοντος (νερό, έδαφος, κλίμα, ατμόσφαιρα) για την επιβίωση του ανθρώπου και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Το περιβάλλον επιδρά στη σωματική, πνευματική και ψυχική διάπλαση του ανθρώπου συντελώντας στη διαμόρφωση της προσωπικότητας του.

Ως εκ τούτου η ποιότητα της ανθρώπινης ζωής εξαρτάται από το περιβάλλον, στοιχείο του οποίου είναι και ο αέρας. Ο αέρας αποτελεί ένα από τα πιο πολύτιμα φυσικά αγαθά. Αν και είναι γνωστή η μεγάλη σημασία του για τη ζωή, ωστόσο είναι συνεχής η υποβάθμιση της ποιότητας του.

Η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα είναι κομμάτι της περιβαλλοντικής ρύπανσης και συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστήμης, η πρόοδος των οποίων εκτός από σημαντικά οφέλη που προσφέρει στην ανθρωπότητα έχει επίσης και δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και κατά συνέπεια στην υγεία των ανθρώπων. Το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπου και έχει αρχίσει να λαμβάνει ανησυχητικές διαστάσεις. Η διαρκής βιομηχανοποίηση των τελευταίων δεκαετιών έχει αρχίσει να προκαλεί σημαντική μεταβολή στο αστικό περιβάλλον.

Ο αστικός χώρος σήμερα χαρακτηρίζεται από μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού, κτιρίων, αυτοκινήτων και πλοίων. Η συγκεκριμένη διπλωματική θα εστιάσει στη περιβαλλοντική ρύπανση των πλοίων εντός λιμενικών ορίων. Τα λιμάνια αποτελούν φυσικές περιοχές για τη μεταφόρτωση, ώστε να γίνεται η μεταφορά προϊόντων από το ένα μέσο μεταφοράς στο άλλο. Αποτελούν το μέσο σύνδεσης μεταξύ θαλάσσιων και χερσαίων μεταφορών, και τη διασύνδεση μεταξύ θάλασσας και ποταμών, δρόμων και σιδηρόδρομων. Παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην εφοδιαστική αλυσίδα καθώς οι μεταφορές είναι αναπόσπαστο κομμάτι της αλυσίδας [1]. Το σύγχρονο λιμάνι δεν αποτελεί κατάληξη ή εκκίνηση των μεταφορών αλλά λειτουργεί ως ενδιάμεσο διαμετακομιστικό σημείο προϊόντων και υπηρεσιών και ως συνδετικός κρίκος μιας αλυσίδας μεταφορών. Παράλληλα συντελούνται σε αυτό και παραγωγικές υπηρεσίες.

Συγκεκριμένα, ένας λιμένας εξυπηρετεί την διακίνηση προϊόντων, με την φορτοεκφόρτωση πλοίων, και την διακίνηση επιβατών. Ως λιμενική περιοχή παρέχει αποθήκες εμπορευμάτων, δεξαμενές καυσίμων και επισκευών πλοίων. Επίσης στα λιμάνια και την ενδοχώρα τους είναι δυνατή η εγκατάσταση παραγωγής βιομηχανικών πρώτων υλών [2].

Όλα τα παραπάνω, διαμορφώνουν αρνητικές συνέπειες κυρίως στους κατοίκους των πόλεων που εισπνέουν καθημερινά αέρα ο οποίος είναι μολυσμένος με επιβλαβή αέρια και άλλα σωματίδια. Η ατμοσφαιρική ρύπανση των πόλεων και οι επιπτώσεις της στη ποιότητα του αέρα αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα παγκοσμίως. Έτσι, σημαντικά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης αντιμετωπίζουν σε μεγάλο βαθμό και οι ελληνικές πόλεις. Τα προβλήματα αυτά συνδέονται κυρίως με τις εκπομπές ρύπων από διάφορες πηγές και τη γενικότερη κλιματολογία και τοπογραφία της κάθε περιοχής Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι κατά κύριο λόγο αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και οφείλεται σε τρείς βασικούς λόγους: μεταφορές, εκπομπές από μόνιμες πηγές και εκπομπές από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι στόχοι ελαχιστοποίησης των αρνητικών αυτών επιπτώσεων είναι σημαντική και μάλιστα ιδιαίτερα κατά την φάση του σχεδιασμού νέων έργων και δραστηριοτήτων.

1.1. Πηγές εκπομπών

Η ποιότητα του αέρα σε ένα λιμάνι επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα πλοία που δραστηριοποιούνται στο λιμένα. Οι πηγές εκπομπών ανάλογα με τις δραστηριότητες ενός λιμένα μπορούν να καταταχθούν σε τρεις κατηγορίες εκπομπών [2], οι οποίες φαίνονται και στο Σχήμα 1:

- **1η κατηγορία (Scope 1) - Άμεσες εκπομπές**

Οι εκπομπές αυτές είναι άμεσες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και προέρχονται από δραστηριότητες που λειτουργούν και ελέγχονται από την διοίκηση του λιμένα. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται οι εκπομπές από τον στόλο των οχημάτων του λιμένα, τον εξοπλισμό διακίνησης του φορτίου, από τα κτίρια στις εγκαταστάσεις του λιμένα (π. χ. λέβητες), από τα οχήματα που ανήκουν ή νοικιάζονται από την διοίκηση του λιμένα και γενικότερα οποιεσδήποτε άμεσες εκπομπές προέρχονται από την διοικητική αρχή του λιμένα.

- **2η κατηγορία (Scope 2) - Έμμεσες εκπομπές**

Οι εκπομπές αυτές αναφέρονται στις έμμεσες εκπομπές από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία καταναλώνεται στα κτίρια διοίκησης και γενικά στις λιμενικές εγκαταστάσεις για τις λειτουργίες του λιμένα.

- **3η κατηγορία (Scope 3) - Άλλες έμμεσες εκπομπές**

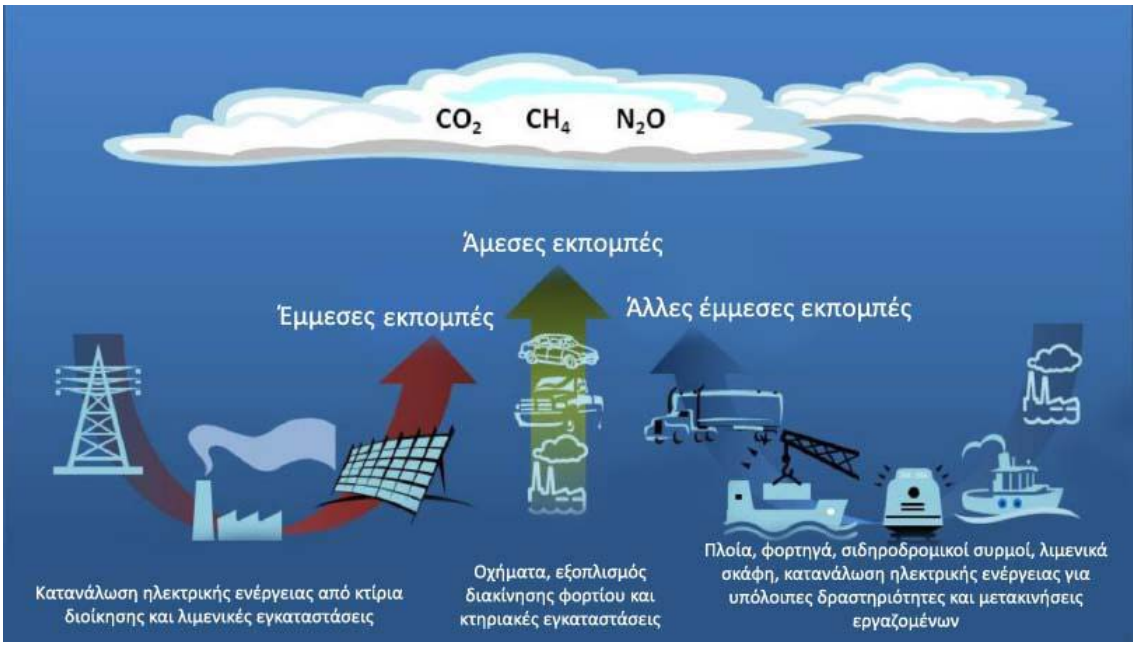
Οι εκπομπές αυτές προέρχονται από τις υπόλοιπες λιμενικές δραστηριότητες οι οποίες δεν ελέγχονται άμεσα από την διοίκηση του λιμένα. Εδώ συμπεριλαμβάνονται οι εκπομπές των φορτηγών και των σιδηροδρομικών συρμών που μεταφέρουν φορτίο, των σκαφών του λιμένα, των γερανών φορτοεκφόρτωσης, των πλοίων, καθώς και οι εκπομπές των υπόλοιπων κτιρίων που δεν ανήκουν στην διοίκηση και της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από αυτά, και τέλος οι εκπομπές από τις μετακινήσεις των εργαζομένων (αυτοκίνητα , μέσα μαζικής μεταφοράς, τρένα).

Η ταξινόμηση των εκπομπών σε μία από τις τρεις κατηγορίες σχετίζεται άμεσα και από τον τύπο του λιμένα όσον αφορά την ιδιοκτησία και την διαχείριση του.

Μπορούν να θεωρηθούν δύο γενικοί τύποι λιμένων [2]:

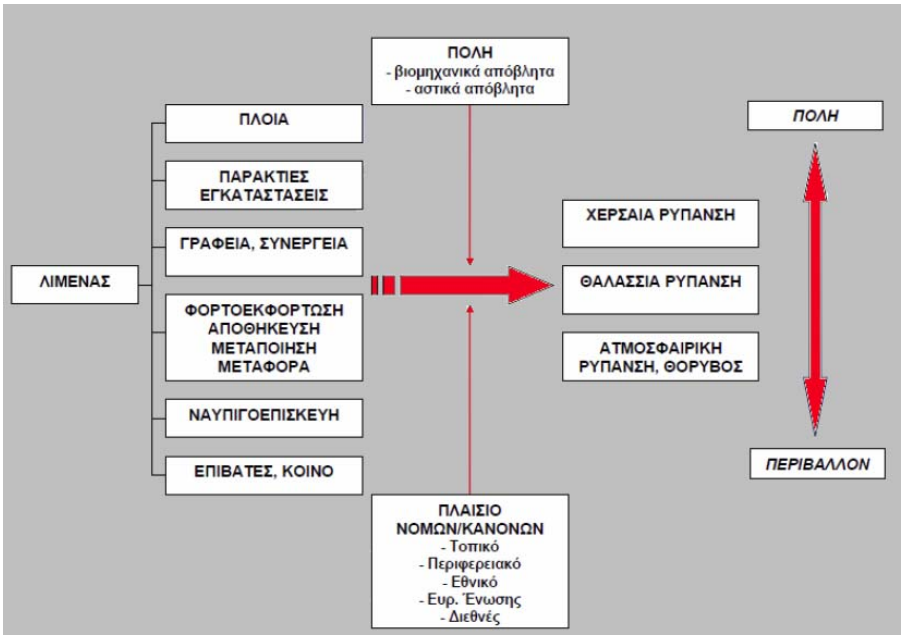
- Λιμάνια που κατέχουν και διαχειρίζονται τις λιμενικές εγκαταστάσεις καθώς και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στα τερματικά.

- Λιμάνια που έχουν την ιδιοκτησία της περιοχής του λιμένα ή της ευρύτερης περιοχής που είναι οριοθετημένος και είναι υπεύθυνα για την διαχείριση της, αλλά μισθώνουν μέρος γης ή μέρος των λιμενικών εγκαταστάσεων σε φορείς εκμετάλλευσης τερματικών σταθμών, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στις αποβάθρες.



Εικόνα 1: Οι κυριότερες πηγές εκπομπής αερίων

Η περιβαλλοντική αλληλεπίδραση του λιμένα με τη πόλη πρέπει να θεωρείται δεδομένη υπό την έννοια ότι η περιβαλλοντική ρύπανση του λιμένα επηρεάζει αρνητικά και προς τα πάνω την περιβαλλοντική ρύπανση της πόλης, αλλά και αντίστροφα, η ανάπτυξη της πόλης δημιουργεί βιομηχανικά και αστικά απόβλητα.



Εικόνα 2:Περιβαλλοντική αλληλεπίδραση λιμένα-πόλης.

Η υποβάθμιση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις διαρροές υγρών και στερεών αποβλήτων στη θάλασσα καθώς και η υποβάθμιση της ατμοσφαιρικής ποιότητας από τη σκόνη που εκλύεται από την φορτοεκφόρτωση και αποθήκευση χύδην φορτίων, καθώς και από τα καυσαέρια από τα αυτοκίνητα και τα πλοία, δεν επηρεάζει μόνο το περιβάλλον του λιμένα αλλά και το περιβάλλον της γειτνιάζουσας πόλης.

1.1.1 Σταθερές πηγές εκπομπών σε λιμένα

Οι εκπομπές που προέρχονται από τις σταθερές πηγές συμβάλλουν πολύ λιγότερο στις συνολικές εκπομπές ενός λιμένα σε σχέση με αυτές από τις κινητές πηγές, και συμπεριλαμβάνονται στις συνολικές εκπομπές ενός λιμένα [2]. Οι σταθερές πηγές εκπομπών περιλαμβάνουν πηγές που προέρχονται από μία σταθερή, συγκεκριμένη και αναγνωρίσιμη θέση, για παράδειγμα από:

- σταθμούς παραγωγής ενέργειας
- λέβητες
- εφεδρικές γεννήτριες εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν διαδικασίες καύσης

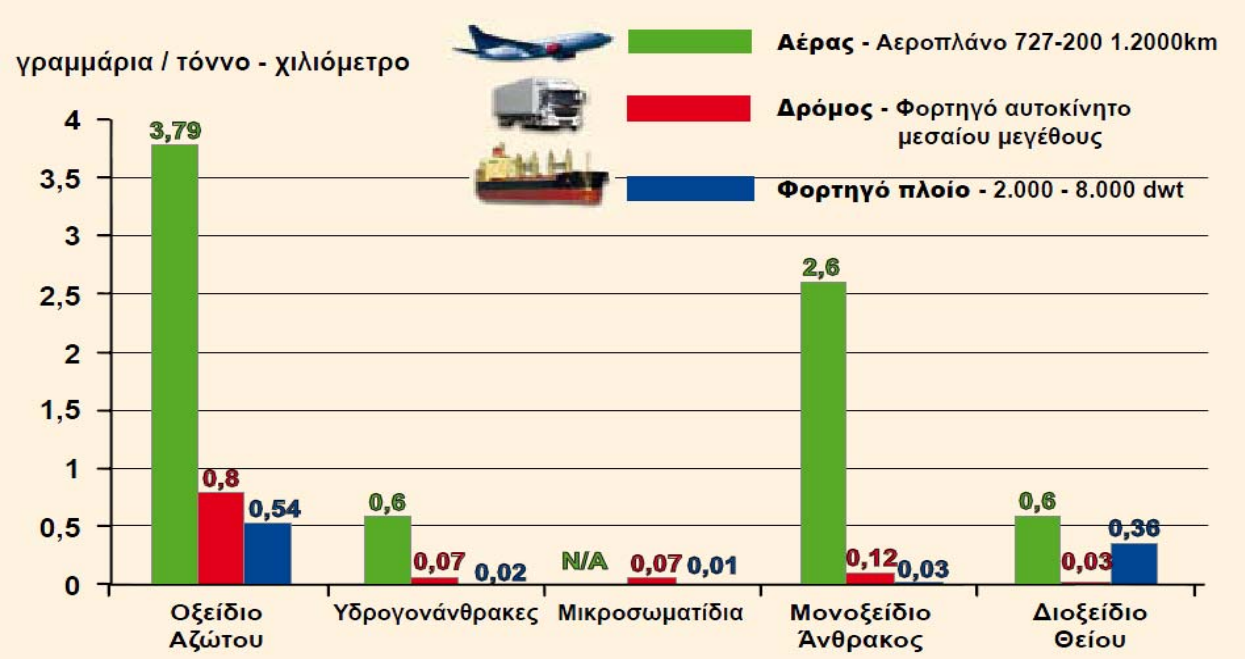
Ενώ στις σταθερές εκπομπές αερίων συμπεριλαμβάνονται και οι έμμεσες εκπομπές από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τις καθημερινές λειτουργίες του λιμένα από:

- τις κτιριακές εγκαταστάσεις
- τον φωτισμό
- τον κλιματισμό και τον εξαερισμό,
- τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών
- τα διάφορα ειδικά όργανα που χρησιμοποιούνται
- για τις απαιτήσεις των χώρων ψύξης,
- για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό διακίνησης φορτίου (π.χ. ηλεκτρικοί γερανοί προβλήτα, ηλεκτρικές γερανογέφυρες κ.ά.)
- για την τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων από την ακτή
- λειτουργίες των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται από τους ενοικιαστές των βιομηχανικών και εμπορικών χώρων
- για οποιεσδήποτε άλλες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να έχουν τα terminals και εν γένει η λιμενική περιοχή.

Εικόνα 3 Ηλεκτρικές γερανογέφυρες ακτής

1.2 Σύγκριση επιπτώσεων των πλοίων με διαφορετικά μέσα μεταφοράς

Τη μεγαλύτερη ρύπανση εντός του λιμένα, προκαλούν οι μηχανές των τροχοφόρων που χρησιμοποιούνται για τις μετακινήσεις και τις μεταφορές. Είναι σημαντικό να διατυπωθεί ότι σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μορφές μεταφοράς εμπορευμάτων όπως τα φορτηγά, αεροσκάφη ή τα αυτοκίνητα, η ναυτιλιακή βιομηχανία θεωρείται ως μία από τις πιο πράσινες μορφές. Το παραπάνω έγκειται στο γεγονός, της μεγάλης χωρητικότητας κάθε σκάφους, για την ίδια ακριβώς ποσότητα CO_2 που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα. Όλα αυτά τα χρόνια, θεωρείται ότι ο κλάδος των αερομεταφορών είναι η κύρια κρίσιμη πηγή ρύπων (εικόνα 4) [3]. Τα τελευταία χρόνια ο αριθμός των αυτοκινήτων, τα βαρέα φορτηγά και τα τρένα που λειτουργούν εντός των λιμενικών εγκαταστάσεων, δημιουργώντας μια αλυσίδα μεταφοράς, συνεχώς αυξάνεται, σημειώνοντας αξιοσημείωτες ποσότητες καυσαερίων. Συγκεκριμένα, τα τρακτέρ και οι γερανοί που αποτελούν το πιο κοινό εξοπλισμό για τη διακίνηση φορτίων ή η ανάγκη για δύο ρυμουλκά (είναι ένα μικρό μηχανοκίνητο πλοίο με ισχυρές μηχανές για ρυμουλκήσεις) ανά πλοίο, που είναι άπληστοι καταναλωτές ενέργειας δεδομένου τις μεγάλες μηχανές που χρησιμοποιούν.



Εικόνα 4:Συγκριτικές εκπομπές καυσαερίων

Είναι σημαντικό να διατυπωθεί ότι η Ναυτιλία μεταφέρει πάνω από το 90% του παγκοσμίου εμπορίου**.** Είναι το μεταφορικό μέσο που βοηθά την παγκοσμιοποίηση, την ανάπτυξη και την ευημερία των λαών. Είναι μάλιστα, το πλέον φιλικό περιβαλλοντικά μέσο μεταφοράς, καθώς εκπέμπει μόνο το 2,7% των παγκοσμίων ρύπων μονάδα καυσαερίων

Εικόνα 5: Μονάδες καυσαερίων co_2 ανά μεταφερόμενο τόνο φορτίου [4]

Τώρα πια έχει μετρηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η επιβάρυνση που προκαλούν στο περιβάλλον τα ποντοπόρα πλοία και οι κίνδυνοι προδιαγράφονται με σαφήνεια, καθώς αναιρούνται κάποια από τα αισιόδοξα συμπεράσματα του παρελθόντος. Μόλις πριν από μερικά χρόνια, είχε μετρηθεί ότι οι θαλάσσιες μεταφορές στο σύνολό τους ευθύνονται μόλις για το 1,75% του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα, ενώ στις επίγειες μεταφορές φαινόταν να αναλογεί ποσοστό 10,5%. Νεότερες μελέτες (όπως εκείνη του αμερικανικού οργανισμού Environmental Defense Fund) έδειξαν ότι οι ρυπογόνος εκπομπές των πλοίων ισοδυναμούν με τις εκπομπές 7,8 εκατ. καινούργιων αυτοκινήτων. Παράλληλα, εκτιμάται ότι, περισσότερα από 30.000 φορτηγά εμπλέκονται στη μεταφορά προϊόντων από και προς τα δέκα μεγαλύτερα λιμάνια των ΗΠΑ, γεγονός που αυξάνει το ποσοστό των αέριων εκπομπών σε μεγάλο βαθμό..

Ωστόσο καταβάλλονται σημαντικές προσπάθειες για περιορισμό των ρύπων ακόμη περισσότερο:

- σε νέες κατασκευές με την εφαρμογή προηγμένων τεχνολογικά λύσεων και
- σε υπάρχοντα πλοία κυρίως με βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων.

Οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν και επηρεάζονται από την Ελληνική Ναυτιλία καθώς από την συνολική χωρητικότητα του παγκοσμίου στόλου 500 εκατομμύρια GRT, ο ελληνόκτητος στόλος είναι ο μεγαλύτερος, με περίπου 12%. Τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης συνολικά έχουν 58 εκατομμύρια GRT και τα πλοία με Ελληνική σημαία έχουν το 47%, με της Ιταλίας (11%) και της Γερμανίας (10%) να ακολουθούν.

2ο Κεφάλαιο

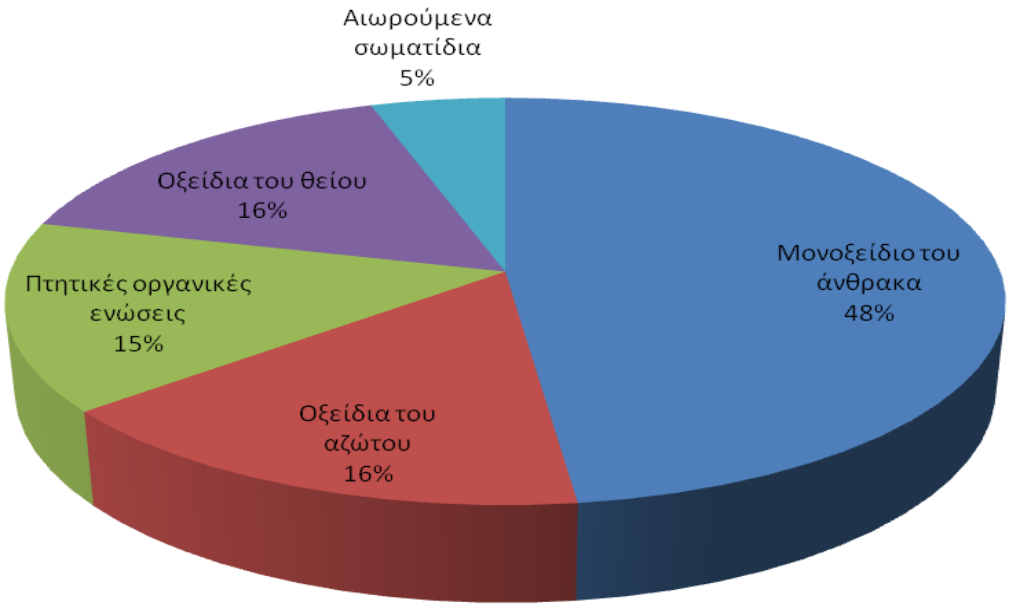
2.1. Εκπομπές κινητήρων πλοίων

Εκπομπές κατά τη λειτουργία των ναυτικών κινητήρων, μπορούν να θεωρηθούν :

- Οξείδια του αζώτου(NO_x)
- Οξείδια του θείου (SO_x)
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες
- Σωματίδια(PM Particulate material)
- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC προ καύσεως).

Από τα παραπάνω προς το παρόν μόνο τα οξείδια του αζώτου(NO_X), τα οξείδια του θείου (SO_x) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις(VOC), υπόκεινται σε νομοθετικούς περιορισμούς. Όμως, στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι, αν και η ναυτιλία έχει μέχρι στιγμής εξαιρεθεί από το πλαίσιο του Κιότο για τα αέρια θερμοκηπίου, είναι σαφές ότι η εποχή αυτή πλησιάζει γρήγορα στο τέλος της, και μέτρα για τον περιορισμό του CO_2 αναζητούνται επειγόντως. Παράλληλα, η ευρύτερη ανάλυση μέτρων για άλλα αέρια θερμοκηπίου (όπως CH_4 και N_2O), καθώς και για αέρια που δεν είναι αέρια του θερμοκηπίου (όπως SO_2, NO_x και άλλα) είναι άμεση προτεραιότητα τόσο για τον IMO όσο και για διαφορετικούς φορείς με κανονιστική αρμοδιότητα (Ευρωπαϊκή Ένωση, μεμονωμένα κράτη).

Στην Εικόνα 6 παρουσιάζονται τα ποσοστά των πρωτογενών ρύπων (ρύποι που σχηματίζονται στη πηγή ρύπανσης) που εκπέμπονται από ανθρωπογενείς πηγές (όπως για παράδειγμα τομέας παραγωγής ενέργειας, η βιομηχανική δραστηριότητα, οι μεταφορές) .



Εικόνα 6: Κατανομή πρωτογενών ρύπων εκπεμπόμενων από ανθρωπογενείς πηγές

2.2 Γενικές επιπτώσεις

Η αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πλοίων παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες λόγω του πλήθους και της ποικιλίας των ρύπων. Οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι όμως, είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το οξείδιο του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) . Οι εκπομπές αυτές προκαλούν τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο περιβάλλον και κατά συνέπεια στον άνθρωπο. Σε αυτές περιλαμβάνονται η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, η αύξηση της οξύτητας των υδάτινων αποδεκτών, η καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος στη στρατόσφαιρα, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μέσω της εντατικοποίησης του φαινομένου του θερμοκηπίου, οι κλιματικές αλλαγές και τέλος το πιο σημαντικό, η έκθεση του ανθρώπου και των οικοσυστημάτων σε επικίνδυνες χημικές ενώσεις.

Παρατηρούνται υψηλές εκπομπές αερίων από τη ναυτιλία, που οφείλονται στη καύση καυσίμων υψηλής περιεκτικότητας σε θείο, γεγονός που συμβάλλει στη ατμοσφαιρική ρύπανση, στη επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας, βλάπτει το περιβάλλον και κατά συνέπεια τη πολιτιστική κληρονομιά.

Παραδοσιακά, τα πλοία δεν υπόκεινται σε ελέγχους των εκπομπών αερίων. Πολλές μετρήσεις όμως, έχουν δείξει ότι ένα μόνο πλοίο συμβάλλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση, τόσο υψηλά όπως 50 εκατομμύρια οχήματα ετησίως, γεγονός που οδήγησε σε νέες ρυθμίσεις και εντολές σε όλο τον κόσμο με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων που οφείλονται σε πλοία [4] . Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι υπό πίεση για τον έλεγχο και τη μείωση των εκπομπών που παράγονται από το θαλάσσιο εμπόριο.

Τα ποσοστά των CO_2, SO_x, NO_x και $PM_{2.5}$ (particular matter), που οφείλονται κατά κύριο λόγο στις μηχανές θαλάσσης Diesel, είναι πλέον ένα ζήτημα παγκόσμιας σημασίας και ευαισθητοποίησης και μέτρα για τον περιορισμό του CO_2 αναζητούνται επειγόντως.

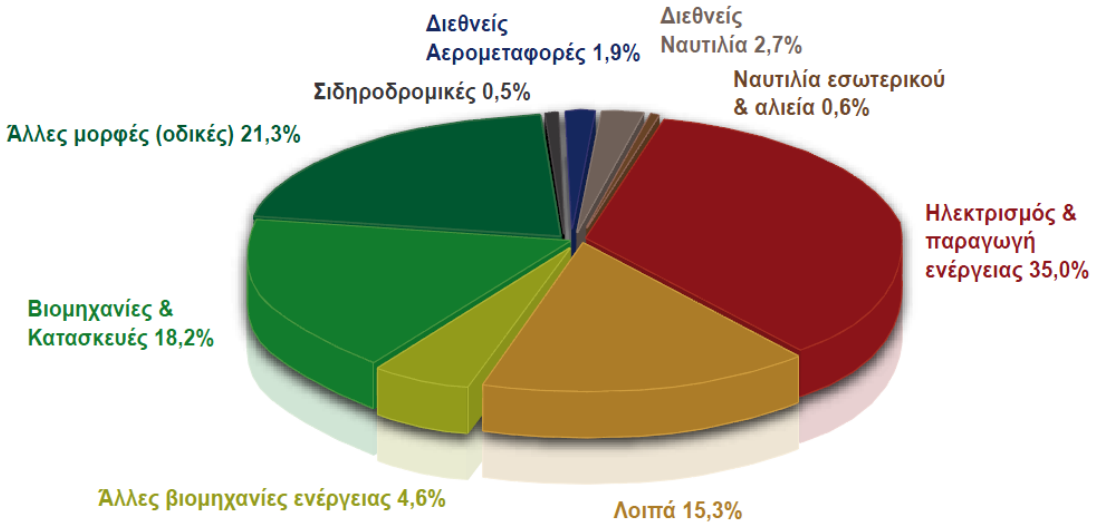
2.2.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)

Η ναυτιλία εκπέμπει, κατά προσέγγιση το 3% των παγκόσμιων εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα . Στην εικόνα 7 που ακολουθεί παρουσιάζεται, το ποσοστό εκπομπών διοξείδιο του άνθρακα επί του συνόλου των εκπομπών παγκοσμίως και σε σύγκριση με άλλες βιομηχανίες [5].

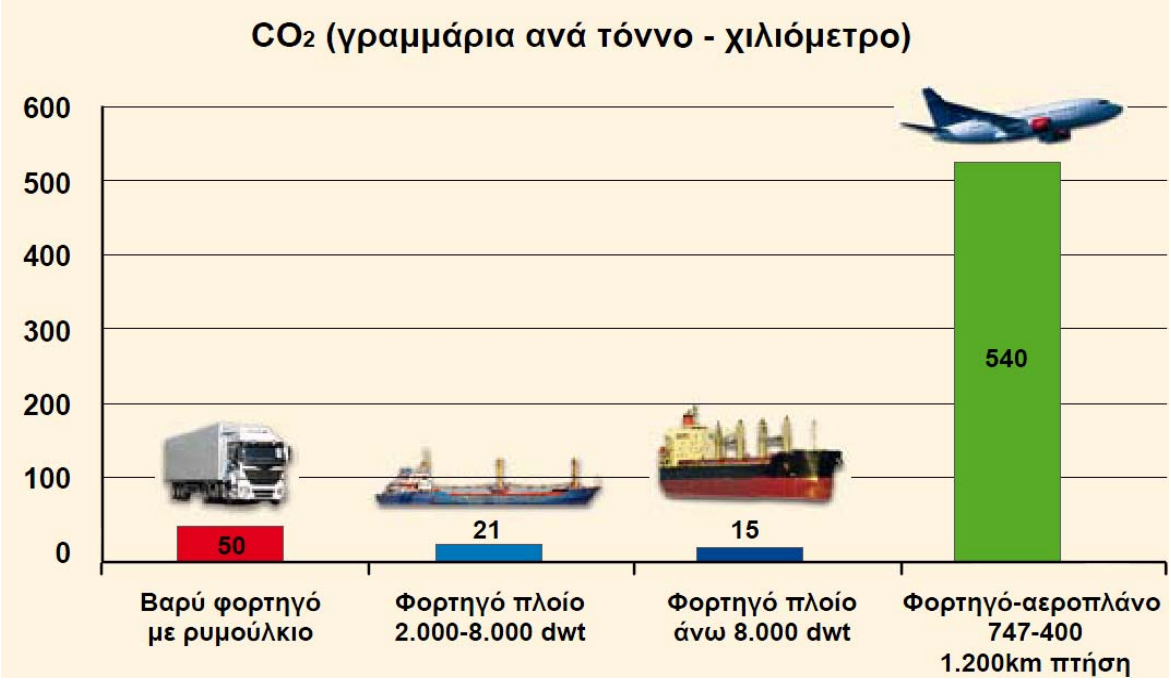
Πολυάριθμες έρευνες δείχνουν την ανησυχητική αύξηση των εκπομπών CO_2 σε παγκόσμια κλίμακα που συμβάλει στην όξυνση του φαινομένου του Θερμοκηπίου. Κύριες επιπτώσεις όπως, η παγκόσμια άνοδος της θερμοκρασίας, η υπερθέρμανση του πλανήτη και η στάθμη της θάλασσας είναι κάποιες από τις πιο σημαντικές προκλήσεις που ο παγκόσμιος πληθυσμός έχει να αντιμετωπίσει .

Είναι αποδεδειγμένο βάση έρευνας που πραγματοποιήθηκε [6] ότι ένας μόνο τόνος CO_2, είναι υπεύθυνος για την άνοδο 0.00000000000015^oC της θερμοκρασίας παγκοσμίως. Διατηρώντας τις παγκόσμιες εκπομπές στο σημερινό επίπεδο, οι προβλέψεις δείχνουν ότι θα αντιμετωπίσουμε σοβαρές, καταστροφικές απειλές όσον αφορά τη παγκόσμια κλιματική αλλαγή.

Ο συγκριτικός πίνακας εκπομπών CO_2 μεταξύ των διαφορετικών μέσων μεταφοράς [6] παρουσιάζεται στην 7,8.



Εικόνα 7: Συνεισφορά Ναυτιλίας στις παγκόσμιες εκπομπές CO_2.



Εικόνα 8:Συγκριτικός πίνακας εκπομπής CO_2 από διάφορες μορφές μεταφορών.

Παρά το γεγονός ότι οι εκπομπές αερίων φέρουν συνέπειες σε παγκόσμιο επίπεδο, ωστόσο η ποσότητα του CO_2 που παράγεται μεταξύ των διαφόρων χωρών και εδαφών δεν είναι ισομερώς κατανεμημένα. Υπάρχουν 35 χώρες σε συνδυασμό που ευθύνονται για το 90% των συνολικών εκπομπών. Αυτή η λίστα αναφέρεται ως κατάλογος με τις C90 χώρες, τονίζοντας το χάσμα που υπάρχει μεταξύ των διαφόρων βιομηχανικών χωρών και το πόσο ρυπαίνει τελικά κάθε μία ξεχωριστά την ατμόσφαιρα.

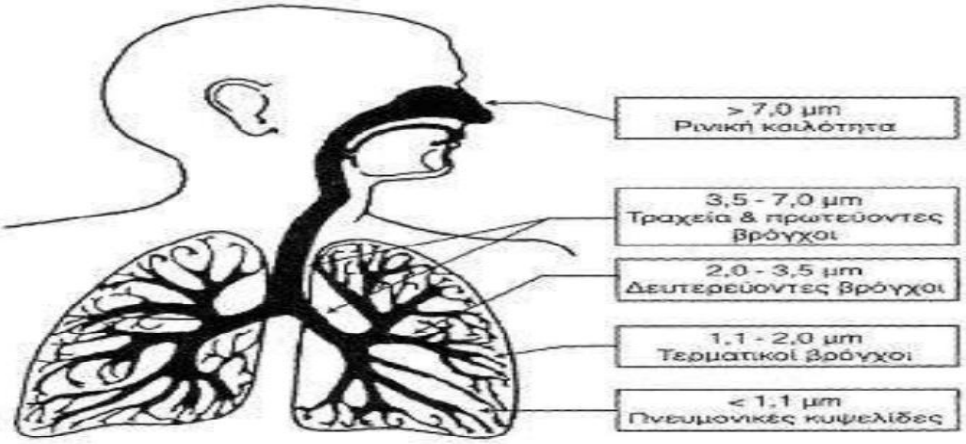
2.2.2 Τα αιωρούμενα σωματίδια καπνού (PM)

Αποτελούν ένα ιδιαίτερα σύνθετο ρύπο καθώς παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, στην χημική σύσταση και στο σχήμα τους. Συνήθως τα σωματίδια καπνού αποτελούνται από αιθάλη (soot), οξείδια μετάλλων, καθώς και θειικά άλατα, όλα προερχόμενα από την ατελή καύση του καυσίμου ή από τις ακαθαρσίες στα καύσιμα και στα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται. Το μέγεθος τους δεν είναι συγκεκριμένο, αλλά έχουν διάμετρο μικρότερη από 10μm.

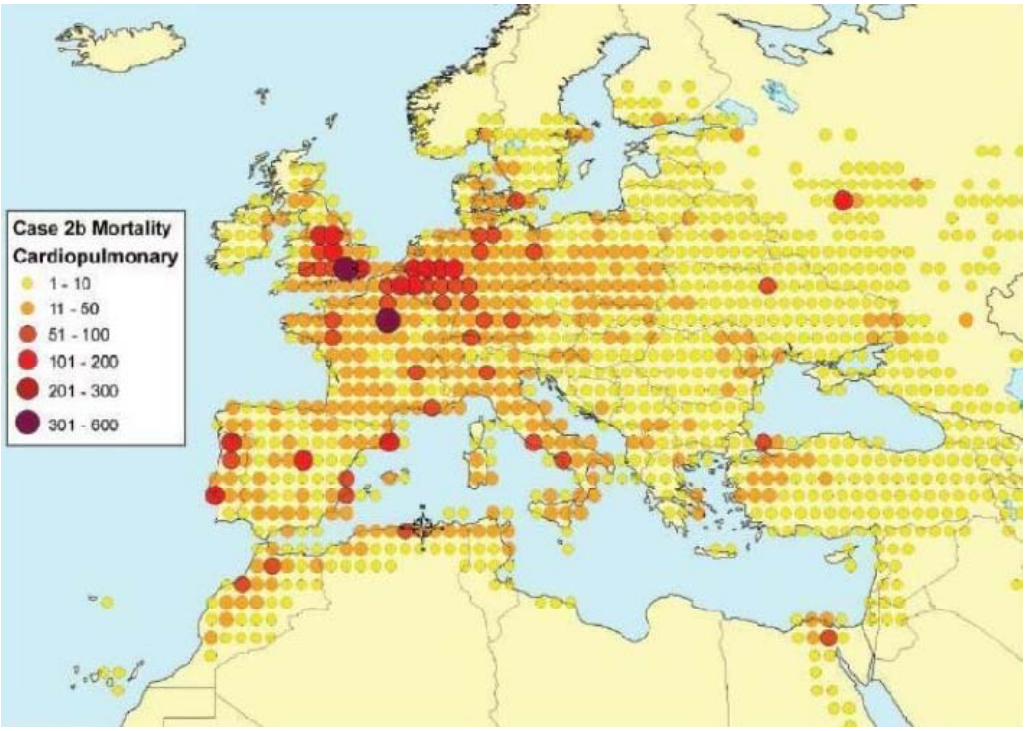
Έρευνες έχουν δείξει πως το 90% των αεροσωματιδίων παγκοσμίως προέρχεται από φυσικές πηγές (όπως τα ηφαίστεια) αλλά κοντά στις βιομηχανικές πόλεις τα ποσοστά αντιστρέφονται και οι εκπομπές των σωματιδίων προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές. Οι πηγές αυτές είναι η βαριά βιομηχανία όπως η χαλυβουργία και η τσιμεντοβιομηχανία, η ηλεκτροπαραγωγή που χρησιμοποιεί ως καύσιμο τον λιγνίτη, τα αυτοκίνητα και η οικιακή θέρμανση. Η συνεισφορά των δίχρονων, ναυτικών μηχανών Diesel στις παγκόσμιες εκπομπές σωματιδίων είναι πολύ μικρή, μόλις 1%, καθώς η καύση που λαμβάνει χώρα στον θάλαμο καύσης τους είναι ιδιαίτερα καλής ποιότητας, αλλά εντείνεται στα λιμάνια και στις παράκτιες περιοχές όπου υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση πλοίων γεγονός που καθιστά απαραίτητο τον έλεγχο των εκπομπών αυτών από τα πλοία.

Η εκπομπή σωματιδίων καπνού μπορεί να προκαλέσει ποικίλα προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα που εξαρτώνται από το μέγεθος των σωματιδίων αυτών. Τα σωματίδια με διάμετρο 7-10μm πέφτουν κατευθείαν στο έδαφος εξαιτίας του βάρους τους και δημιουργούν προβλήματα στην χλωρίδα καθώς μειώνουν την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα και της ηλιακής ενέργειας από τα φύλλα των φυτών. Επιπλέον δημιουργούν προβλήματα διάβρωσης σε κτήρια και μνημεία λόγω της αυξημένης τοξικότητας τους και των διαβρωτικών χημικών ουσιών που περιέχουν. Τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 7μm αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα πριν καταλήξουν στο έδαφος και μπορούν να παρασυρθούν από την βροχή και άλλους καιρικούς μηχανισμούς. Τα σωματίδια με διάμετρο μέχρι 5μm εισπνέονται από τον άνθρωπο αλλά κατακρατούνται από το ρινικό σύστημα. Τα σωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 5μm μπορούν να εισέλθουν με την εισπνοή στους πνεύμονες φράζοντας σταδιακά τις αναπνευστικές διόδους ενώ τα ακόμα μικρότερα σωματίδια διαμέτρου 1-2μm φράζουν τις αναπνευστικές κυψελίδες δημιουργώντας αναπνευστικά προβλήματα. Η διαφορετική επικινδυνότητα των σωματιδίων, λόγω διαμέτρου, οδήγησε στον διαχωρισμό τους από την νομοθεσία σε σωματίδια PM_{10} (εσπνεύσιμα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 20 μm) και σε σωματίδια $PM_{2.5}$.

Στην Εικόνα 10 φαίνεται το πως η συνδεδεμένη με τα PM της ναυτιλίας, θνησιμότητα είναι σχετικά υψηλή γύρω από τις μεγαλύτερες πόλεις λιμανιών [7], ειδικά στο Λονδίνο και το Ρότερνταμ. Η κατάσταση στην Βαλτική δεν είναι ακόμα επείγουσα. Οι κυριότερες όμως περιοχές της Φινλανδίας και της Σουηδίας είναι εξίσου επισημασμένες. Τα PM στην Βαλτική επιταχύνουν το λιώσιμο των πάγων επειδή τα μαύρα μόρια δεν μπορούν να ακτινοβολήσουν την θερμική ακτινοβολία του ηλίου όσο καλά την ακτινοβολούν τα καθαρά λευκά του χιονιού. Το λιώσιμο στις Αρκτικές περιοχές είναι μια σοβαρή απειλή για πολλούς επιστήμονες που θα οδηγήσει στην ανύψωση της στάθμης της θάλασσας. Υπάρχουν επίσης οικονομικά ενδιαφέροντα στις Αρκτικές περιοχές λόγω των φυσικών πόρων (φυσικό αέριο, πετρέλαιο) τα οποία πιστεύεται πως υπάρχουν κάτω από τον βυθό της θάλασσας.



Εικόνα 9: Διεισδυτικότητα σωματιδίων καπνού στον ανθρώπινο οργανισμό



Εικόνα 10: Χάρτης ετήσιας θνησιμότητας λόγω καρδιοπνευμονικών παθήσεων, αποδιδόμενη στην εκπομπή PM από την ναυτιλία στην Ευρώπη και την Μεσόγειο[8]

2.2.3 Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Τα οξείδια αζώτου (NO_x), παράγονται από το άζωτο και το οξυγόνο όταν βρεθούν:

1. σε υψηλές θερμοκρασίες και
2. σε υψηλές πιέσεις καύσεως μέσα στον κύλινδρο.

Χρήζουν ιδιαίτερης σημασίας καθώς μεγάλες συγκεντρώσεις έχουν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Τα οξείδια του αζώτου πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνα για καρκινογενέσεις, επίσης συμβάλλουν στην φωτοχημική ρύπανση και στην όξινη βροχή. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης δημιουργούν κυρίως οξείδια του αζώτου αλλά ποσοστό λιγότερο από 10% αυτών διαφεύγει στο περιβάλλον μέσω των καυσαερίων.

Όμως οι μεγαλύτερες βλαπτικές επιδράσεις του ασκούνται πάνω στον άνθρωπο. Η περιορισμένη διαλυτότητα του επιτρέπει να διεισδύσει βαθιά στο αναπνευστικό σύστημα. Οι ενοχλήσεις μπορούν να αρχίσουν από χαμηλές συγκεντρώσεις των 15 ppm (ppm: μέρη στο εκατομμύριο), με τσούξιμο στα μάτια και στη μύτη.

Είναι πλέον επιστημονικά αποδεδειγμένο ότι από 25ppm αρχίζουν οι αναπνευστικές ενοχλήσεις, με βήχα, δύσπνοια, πόνους στο στήθος, βήχα με κίτρινο επίχρισμα ή αίμα, κυάνωση, πυρετό, κρίση άσθματος, αυξημένο αναπνευστικό ρυθμό, τραχειοβρογχίτιδα και πνευμονικό οίδημα. Έκθεση σε 150-200 ppm μπορεί να οδηγήσει σε θανατηφόρα πνευμονική ίωση, ταχυπαλμία, υπέρταση και καρδιακή αρρυθμία.

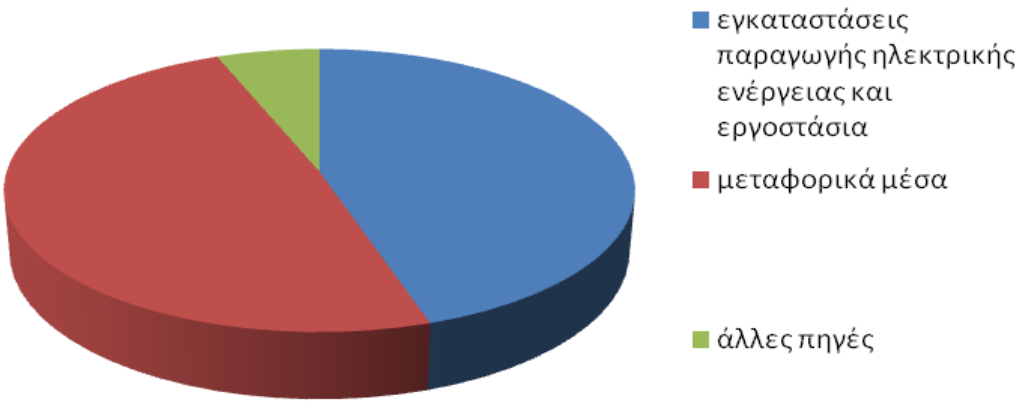
Η καύση ορυκτών κυρίως σε αυτοκίνητα, σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς και σε πλοία παράγουν μεταξύ άλλων και μονοξείδιο του αζώτου. Αυτό με διάφορες χημικές αντιδράσεις που ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας συμβάλλει στη μετατροπή του σε διοξείδιο του αζώτου.

Συγκέντρωση	**Οξείδια του αζώτου (Επιπτώσεις στην υγεία)**
50-100 mg/m^3	Πιθανή βλάβη στους πνεύμονες (Για μικρές χρονικές περιόδους)
100 mg/m^3	Σοβαρές βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα
300-400 mg/m^3	Θανατηφόρα

Πίνακας 1 Ενδείξεις για τις επιπτώσεις του NO_x στην ανθρώπινη υγεία [8]

Μια Ευρωπαϊκή μελέτη που έγινε σε σχεδόν 850 επτά-χρονα παιδιά που ζούσαν σε μη αστικές κοινότητες, όπως κοντά σε σημαντικούς δρόμους ή τους λιμένες, διαπιστώθηκε ότι παιδιά που ζουν εκεί που οι συγκεντρώσεις διοξειδίου αζώτου είναι συνεχώς σε υψηλά επίπεδα, ήταν μέχρι οκτώ φορές πιθανότερο να έχουν άσθμα.
Παιδιά που έχουν ήδη το άσθμα είναι πιθανότερο να έχουν βήχα και να πάσχουν από μειωμένη πνευμονική λειτουργία όταν τα περιβαλλοντικά επίπεδα διοξειδίου αζώτου στον αέρα είναι υψηλά [9].

Στην εικόνα 11 παρουσιάζονται οι κυριότερες αιτίες παραγωγής οξειδίου του αζώτου (NO_x) παγκοσμίως:



Εικόνα 11: Οι κυριότερες πηγές εκπομπής NO_x

2.2.4 Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Είναι αέριο άχρωμο και άοσμο που οξειδώνεται με φωτοχημική ή καταλυτική διαδικασία σε τριοξείδιο του θείου το οποίο απορροφώντας την ατμοσφαιρική υγρασία σχηματίζει θειικό οξύ το οποίο και καταλήγει στο έδαφος. Τα οξείδια του θείου ερεθίζουν το αναπνευστικό σύστημα και προκαλούν μείωση ορατότητας. Επιπλέον προκαλεί σοβαρές βλάβες στον φυτικό κόσμο μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των αγροτικών περιοχών. Τα οξείδια του θείου είναι επίσης υπεύθυνα για την καταστροφή των μνημείων καθώς προκαλούν διάβρωση των τεχνικών υλικών τους. Είναι επιπλέον υπεύθυνα σε μεγάλο βαθμό για την διάβρωση της ίδιας της μηχανής. Μελέτες των παγκοσμίων εκπομπών του SO_2 δείχνουν ότι το 16% του αερομεταφερόμενου θείου προέρχεται από την καύση καυσίμων όπως το πετρέλαιο και ο ορυκτός άνθρακας. Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου σχετίζονται άμεσα με την ποσότητα θείου που υπάρχει στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) συχνά υποστηρίζει μελέτες με θέμα τις επιπτώσεις της περιβαλλοντικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα για τα οξείδια του θείου, τα αποτελέσματα αναφέρουν σημαντικό περιορισμό διάφορων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ακολουθούν τα αποτελέσματα μιας εξ αυτών σχετικά με τις ενδείξεις για τις επιπτώσεις των SO_x στην ανθρώπινη υγεία:

Συγκέντρωση	**οξείδια του θείου (Επιπτώσεις στην υγεία)**
0,06 mg/m^3	Πιθανά επεισόδια βρογχίτιδας και θωρακικές λοιμώξεις
0,3 mg/m^3	Πιθανές βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα (ειδικά για παιδιά και ηλικιωμένους)
0,8-2,6 mg/m^3	Οσφρητική αίσθηση της ουσίας (διεγείρει αναζήτηση για αντιασφυξιογόνα μάσκα και καταφύγιο)

Πίνακας 2 :Ενδείξεις για τις επιπτώσεις των SO_x στην ανθρώπινη υγεία [8]

2.3 Τύποι πλοίων

Σε αρκετές ηπείρους, συμπεριλαμβανομένης της βόρειας και νότιας Αμερικής, την Κίνα και την Ευρώπη, ένα μεγάλο ποσοστό μετακίνησης των τουριστών και των εμπορικών προϊόντων, πραγματοποιείται μέσω των θαλάσσιων οδών. Τα πλοία περνούν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους μεταφέροντας φορτίο και επιβάτες [10], χρησιμοποιώντας εσωτερικές θάλασσες ή ακόμη ποτάμια, κανάλια και παραπόταμους . Τα πλοία που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις συναλλαγές τείνουν να είναι μικρότερα και στενότερα από ό, τι των ποντοπόρων πλοίων ή τα σκάφη των λιμανιών, προκειμένου να πλοηγηθούν αποτελεσματικά στα ποτάμια και τα κανάλια της εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Οι βασικές γενικές και ειδικές κατηγορίες ταξινόμησης των πλοίων παρουσιάζονται παρακάτω: :

1. Σύμφωνα με το τύπο των υδάτων
- Ποταμόπλοια
- Πλοία θαλάσσης
- Λινόλαια

2. Σύμφωνα με τον σκοπό πλεύσης (Εμπορική λειτουργία σκαφών)
- φορτηγά πλοία (cargo ships).
- Τα επιβατηγά πλοία (passenger ships).
- Ρυμουλκά και σκάφη ώθησης.
- Κρουαζιερόπλοια (cruise ships).

3. Κυβέρνησης (αστυνομίας, πυροσβεστικής, στρατιωτικά κτλ)

4. Σύμφωνα με την εγκατάσταση μηχανημάτων
- αυτοκινούμενα
- μη αυτοκινούμενα

5. Σύμφωνα με τον τύπο πρόωσης (κίνησης)
- Ιστιοφόρα
- Ντηζελόπλοια
- Ατμόπλοια
- Ηλεκτροκίνητα (στρόβιλο-ηλεκτροκίνηταα και Ντήζελ- ηλεκτροκίνητα)
- Πυροκίνητα

6. Σύμφωνα με τον αριθμό των ελίκων
- Μονή έλικα
- Διπλή έλικα
- Τριπλή έλικα
- Τετραπλή έλικα

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται κάποιοι βασικοί τύποι πλοίων :

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ		**ΤΥΠΟΣ**	**ΚΩΔΙΚΟΣ**
TANKER	Oil tanker	Crude (oil) Carrier Very Large Crude Carrier Ultra Large Crude Carrier Product Tanker	CC VLCC ULCC
	Gas tanker Chemical tanker	Liquefie Natural Gas Carrier LiquefiedPetroleumGasCarrier Oil/Bulk/Ore Carrier	LNG LPG OBO
Bulk Carrier	Bulk Carrier		
Container Ship	Container Ship	Container Carrier Roll On-Roll Off	RO-RO
GeneralCargo Ship	General Cargo Coaster		
Reefer	Reefer	Refrigerated Cargo Vessel	
Passenger Ship	Ferry Cruise Vessel		

Πίνακας 3 :Οι βασικές κατηγορίες πλοίων

Οι τρείς μεγαλύτερες κατηγορίες πλοίων είναι τα πλοία εμπορευματοκιβωτίων (containerships), τα πλοία φορτίου χύδην (Bulk carriers) (για μεταφορά αγαθών χύδην, όπως ορυκτά, κάρβουνο, δημητριακά, κ.λ.π.) και τα δεξαμενόπλοια (Tankers), τα οποία με την σειρά τους μπορούν να ταξινομηθούν σε ειδικότερες κλάσεις και τύπους.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται σε σειρά οι απεικονίσεις των μεγεθών των μεγαλύτερων σύγχρονων πλοίων, εκ του ολικού μήκους τους. Από άνω προς τα κάτω το "μαμούθ τάνκερ "Knock Nevis" (458 m), το container "Emma Mærsk" (397 m), το κρουαζιερόπλοιο RMS "Queen Mary 2" (345 m), το bulk carrier "Berge Stahl" (342 m) και το πυρηνοκίνητο αεροπλανοφόρο "USS" (341 m). ▪

Εικόνα 12 το "μαμούθ τάνκερ" 1. “Knock Nevis” (458 m)

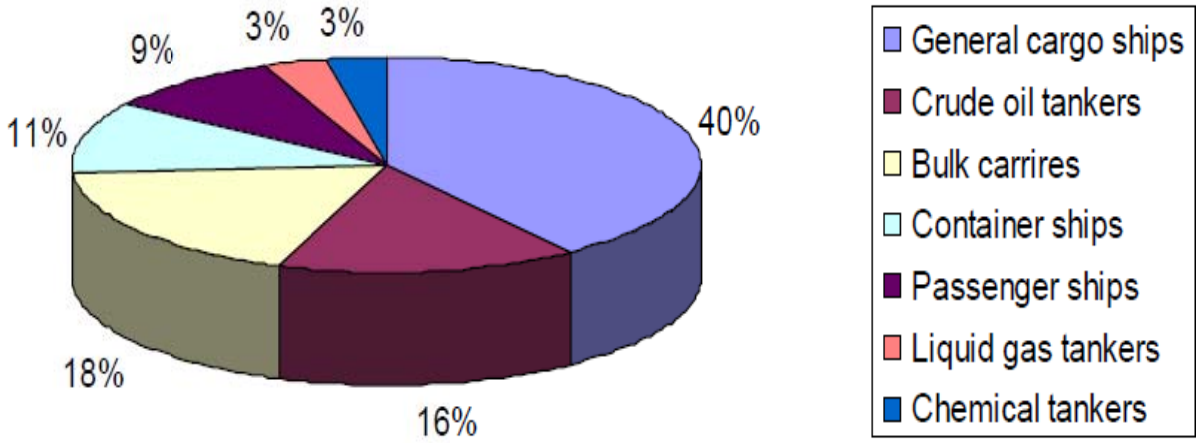
Εικόνα 13 το container “ Emma Mærsk” (397 m)

Εικόνα 14 το κρουαζιερόπλοιο RMS “Queen Mary 2” (345 m)

Εικόνα 15 το bulk carrier “Berge Stahl” (342 m)

Εικόνα 16 το πυρηνοκίνητο αεροπλανοφόρο “USS” (341 m)

Στο παρακάτω σχήμα, παρουσιάζεται η κατανομή των πλοίων με βάση τον τύπο τους. Είναι προφανές ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του στόλου ανήκει στα πλοία που μεταφέρουν χύδην φορτίο.



Εικόνα 17 Ποσοστό πλοίων με βάση το τύπο τους

2.3.1 Ποντοπόρα πλοία (Ocean-Going Vessels)

Ως **Ποντοπόρο** χαρακτηρίζεται ένα πλοίο που διαπλέει τους ωκεανούς, δηλαδή εκτελεί ταξίδια σε όλο τον κόσμο, σε αντιδιαστολή με τα ακτοπλοϊκά και τα πλοία που διαπλέουν κλειστές ή περιορισμένες θάλασσες [11].

Το ποντοπόρο επιβατηγό γραμμής συνηθίζεται στην ελληνική να λέγεται υπερωκεάνιο. Τα ποντοπόρα πλοία είναι ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για τη μεταφορά προϊόντων και ταυτόχρονα μία από τις μεγαλύτερες πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Παράλληλα, διαθέτουν συστήματα πρόωσης, βοηθητικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας για τις ηλεκτρικές απαιτήσεις κατά τη λειτουργία των πλοίων, καθώς και βοηθητικούς λέβητες που παράγουν είτε ζεστό νερό είτε ατμό για χρήση στο μηχανοστάσιο και τις ανέσεις του πληρώματος.

2.3.2 Συστήματα τροφοδοσίας ενέργειας του πλοίου

Τα ποντοπόρα πλοία διαθέτουν διάφορα συστήματα για την τροφοδοσία του πλοίου με ενέργεια είτε για την ίδια την κίνηση του πλοίου, είτε για τις υπόλοιπες απαιτήσεις σε ενέργεια που έχει το πλοίο. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χωρισθούν σε τρείς κατηγορίες, στα συστήματα πρόωσης που παρέχουν την κίνηση στο πλοίο, στα βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας που παρέχουν την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά την διάρκεια των λειτουργιών του πλοίου και στους βοηθητικούς λέβητες που παρέχουν ζεστό νερό και ατμό για χρήσεις στους χώρους των κινητήρων καθώς και για τις ανέσεις του πληρώματος.

Ουσιαστικά, Υπάρχουν κανονικά δύο τύποι μηχανών σε ένα πλοίο: οι κύριες μηχανές που δίνουν κίνηση στο πλοίο, κατά την πλοήγηση και κατά τους ελιγμούς, και οι βοηθητικές μηχανές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για άλλες λειτουργίες. Πρόσφατα, οι στρόβιλοι αερίου κέρδισαν τη δημοτικότητα στα σκάφη της γραμμής κρουαζιέρας έναντι των μηχανών diesel, επειδή είναι λιγότερο θορυβώδεις, έχουν λιγότερες δονήσεις, είναι ελαφρύτεροι και μικρότεροι, και έχουν χαμηλότερες εκπομπές NOx. Παρόλα αυτά, υπάρχει μέχρι τώρα μόνο περιορισμένος αριθμός σκαφών της γραμμής κρουαζιέρας που εγκατέστησε τις μηχανές diesel με τους στροβίλους αερίου. Μέσα σε αυτές τις δραστηριότητες υπάρχουν τα διάφορα τμήματα των συστημάτων που λειτουργούν διαφορετικά ανάλογα με τους τρόπους λειτουργίας του πλοίου. Τα τρία συστήματα τροφοδοσίας ενέργειας του πλοίου, όπως φαίνονται και σχηματικά στην εικόνα 12 περιγράφονται παρακάτω [2]:

<u>Συστήματα Πρόωσης</u>

Υπάρχουν, τέσσερις βασικοί τύποι συστημάτων πρόωσης:

α) <u>με απευθείας μετάδοση κίνησης (direct-drive)</u>

Το σύστημα πρόωσης αυτό έχει υψηλή ονομαστική ισχύ, αργή ταχύτητα στροφών κινητήρα ο οποίος είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον άξονα της έλικας, άρα ο αριθμός των στροφών του κινητήρα είναι ίσος με τον αριθμό των στροφών της έλικας. Αυτό το σύστημα πρόωσης συναντάται πιο συχνά σε πλοία εμπορευματοκιβωτίων, χύδην φορτίου, ψυγεία και τύπου RoRo.

β) <u>με μετάδοση μέσω μειωτήρα στροφών (gear-drive)</u>

Το σύστημα αυτό μπορεί να είναι υψηλής μέχρι μέσης ονομαστικής ισχύος με μέσες ταχύτητες στροφών κινητήρα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με έναν μειωτήρα στροφών που μειώνει τις στροφές του κινητήρα στις κατάλληλες στροφές απόδοσης της έλικας, άρα οι στροφές του κινητήρα είναι υψηλότερες από αυτές της έλικας.

γ) <u>ντίζελ-ηλεκτρικό (diesel-electric)</u>

Το υβριδικό σύστημα αποτελείται από έναν ή περισσότερους κινητήρες υψηλής μέχρι μέσης ονομαστικής ισχύος με μέσες ταχύτητες στροφών κινητήρα. Ο κινητήρας είναι συνδεδεμένος με ένα σύστημα που παράγει ηλεκτρική ενέργεια και το οποίο με την σειρά του παρέχει την κινητήρια δύναμη στο ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης. Και σε αυτό το σύστημα ο κινητήρας έχει υψηλότερες στροφές από αυτές της έλικας. Τέτοια συστήματα παρατηρούνται κυρίως σε επιβατηγά πλοία, κρουαζιερόπλοια και δεξαμενόπλοια και κατ επέκταση σε άλλες κατηγορίες πλοίων.

<u>δ) ατμού με μειωτήρα στροφών (steam powered/gear-drive)</u>

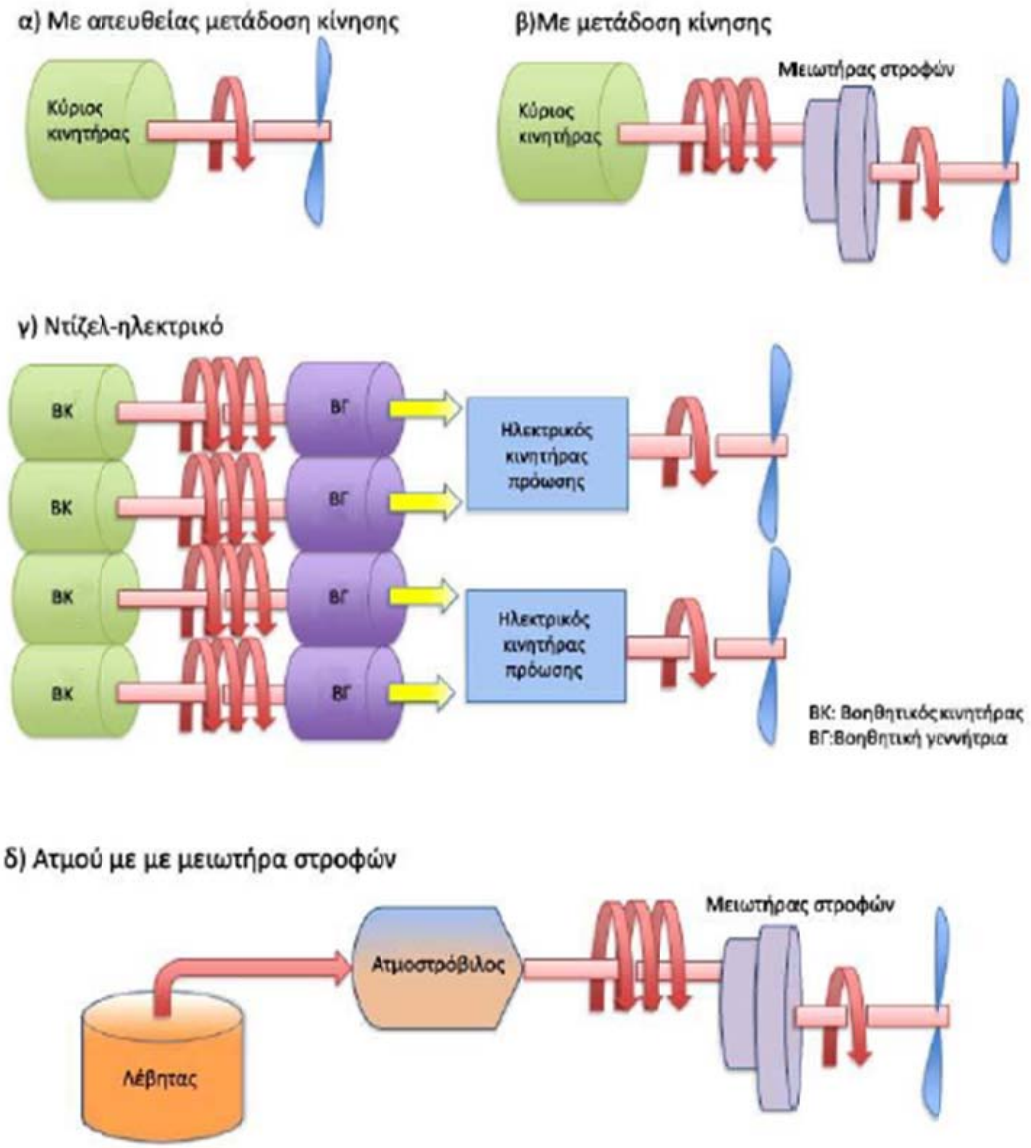
Στα συστήματα αυτά οι λέβητες που παράγουν τον ατμό είναι υψηλής μέχρι μέσης ονομαστικής ισχύος. Με την παραγωγή ατμού τίθεται σε κίνηση ένας ατμοστρόβιλος ο οποίος είναι συνδεδεμένος με έναν μειωτήρα στροφών που μειώνει τις στροφές του στροβίλου στις κατάλληλες στροφές απόδοσης της έλικας, οπότε οι στροφές του στροβίλου είναι υψηλότερες από αυτές της αυτές της έλικας.

Ανάλογα με τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα διακρίνονται σε μηχανές αργόστροφες με ταχύτητα περιστροφής έως 350rpm περίπου, μεσόστροφες με ταχύτητα περιστροφής έως 1500 rpm και πολύστροφες με ταχύτητες περιστροφής 5000 rpm περίπου. Οι συνήθεις συμβολισμοί των κινητήρων παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ
SE	STEAM TURBINES/ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ
HS	HIGH SPEED DIESEL ENGINES/ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΝΤΙΖΕΛ
MS	MEDIUM SPEED DIESEL ENGINES/ΜΕΣΑΙΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΝΤΙΖΕΛ
SS	SLOW SPEED DIESEL ENGINES/ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΝΤΙΖΕΛ
GT	GAS TURBINES/ΑΕΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ
PC	INBOARD DIESEL ENGINES-PLEASURE CRAFT/ΣΚΑΦΗ ΑΝΑΨΥΧΗΣ

Πίνακας 4:Οι κύριοι τύποι κινητήρων**.**

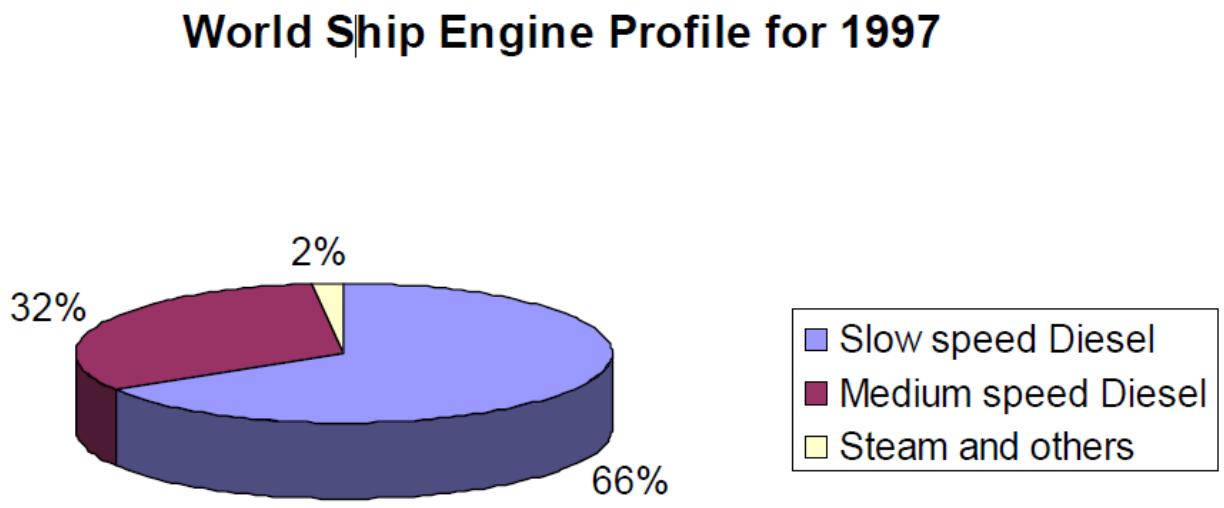
Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η αναπαράσταση διαφορετικών συστημάτων πρόωσης:



Εικόνα 18: Γραφική απεικόνιση συστημάτων πρόωσης.

Το σύνηθες σκηνικό που επικρατεί στου κινητήρες στη ναυτιλία είναι το ακόλουθο: Οι ναυτικοί κινητήρες Diesel είναι ο επικρατέστερος τύπος μηχανής στην ναυτιλία τόσο για την κίνηση όσο και για την παραγωγή βοηθητικής ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία. Μόνο τα μικρότερα σε μέγεθος σκάφη χρησιμοποιούν δίχρονους και τετράχρονους κινητήρες Otto. Τα μεγάλα σε μέγεθος, ποντοπόρα, φορτηγά πλοία χρησιμοποιούν κυρίως για την κίνηση τους μηχανές Diesel χαμηλών και μεσαίων στροφών ενώ κάποια επιβατηγά ή πολεμικά πλοία, στα οποία είναι επιθυμητή η ταχύτητα, είναι εξοπλισμένα με ατμοστροβίλους ή αεριοστρόβιλους. Ο αριθμός των πλοίων αυτών είναι ιδιαίτερα μικρός

καθώς αυτού του τύπου οι μηχανές δεν είναι αποδοτικές συγκρινόμενες με τις μηχανές Diesel. Όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 19, το 1997 το 98% του παγκόσμιου στόλου έφερε μηχανές Diesel και μόνο το 2% άλλου τύπου μηχανές.



Εικόνα 19: Κατηγοριοποίηση παγκοσμίου στόλου σύμφωνα με τον τύπο κινητήρα [12]

2.4 Βοηθητικά συστήματα

Τα βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας ή βοηθητικοί κινητήρες προσφέρουν την απαραίτητη ενέργεια που χρειάζεται το πλοίο και το πλήρωμα εκτός από αυτήν που χρησιμοποιείται για τα συστήματα πρόωσης. Η απαιτούμενη αυτή συμπληρωματική ενέργεια εξαρτάται από τους διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας του πλοίου. Τα βοηθητικά συστήματα έχουν σχεδιαστεί επίσης με την πρόσθετη ικανότητα για την περίπτωση όπου κάποιος κινητήρας σταματήσει να λειτουργεί λόγω μηχανικής βλάβης. Έχουν δηλαδή και εφεδρικό ρόλο για την παραγωγή και τροφοδότηση ενέργειας των συστημάτων πρόωσης [2].

Πλοία που έχουν συστήματα πρόωσης άμεσης κίνησης και συστήματα με μειωτήρες στροφών χρησιμοποιούν βοηθητικούς κινητήρες σε μια διαμόρφωση όπως αυτή του υβριδικού συστήματος πρόωσης (Σχήμα 20i), μόνο που η ενέργεια που παράγεται καταλήγει για τις χρήσεις που απαιτούν ενέργεια στο πλοίου, το φορτίου και το πλήρωμα. Τα πλοία που έχουν ήδη ένα υβριδικό σύστημα πρόωσης χρησιμοποιούν το ίδιο και για τις υπόλοιπες απαιτήσεις ενέργειας πέρα από αυτή για την κίνηση της έλικας. Επίσης υπάρχουν πλοία που διαθέτουν μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής ατμού όπου χρησιμοποιούν ατμοστρόβιλους για να παράγουν την επιπρόσθετη συμπληρωματική απαίτηση σε ενέργεια (Σχήμα 20 ii).

Πιο συγκεκριμένα η απαίτηση αυτή σε συμπληρωματική ενέργεια προορίζεται για συστήματα πλοήγησης και τηλεπικοινωνιών, για φωτισμό, ψυγεία, συστήματα κλιματισμού και εξαερισμού, για τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών, για τις ανέσεις του πληρώματος και γενική υποστήριξη. Επίσης τροφοδοτούν και τα συστήματα φυσητήρων, προωθητήρων και έναρξης των κύριων κινητήρων πρόωσης. Η συνολική αναπαράσταση των βοηθητικών συστημάτων τροφοδοσίας ενέργειας παρουσιάζεται στο Σχήμα 20 .

- **Βοηθητικοί Λέβητες**

Ο λέβητας αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά μηχανήματα για την λειτουργία ενός πλοίου και πόσο μάλλον ενός δεξαμενοπλοίου. Τα δεξαμενόπλοια τα οποία μεταφέρουν διάφορα είδη πετρελαίου αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της θέρμανσης του φορτίου τους κατά την διάρκεια όλης της λειτουργίας του πλοίου και αυτό γίνεται για διάφορους λόγους.

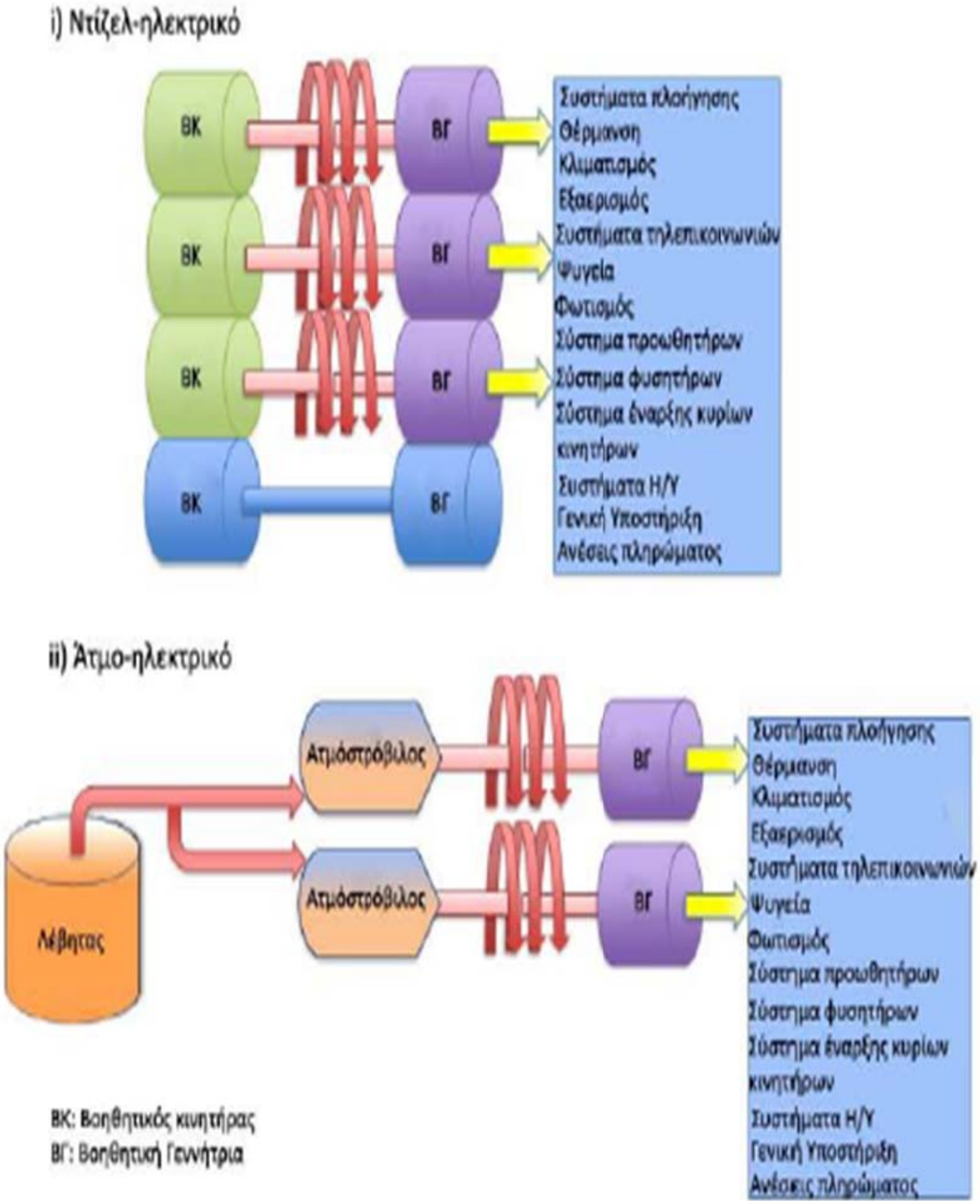
Οι λέβητες είναι μηχανήματα τα οποία δαπανούν ενέργεια από την καύση καυσίμων και παράγουν ατμό ο οποίος χρησιμοποιείται για την θέρμανση του φορτίου σε πρώτη φάση και σε δεύτερη φάση για την παραγωγή θερμότητας που είναι απαραίτητη για την στέγαση του πληρώματος. Για την παραγωγή ζεστού νερού και ατμού σε ένα πλοίο μπορεί να υπάρχουν επιπλέον λέβητες ή συστήματα αξιοποίησης θερμότητας γνωστά ως οικονομητήρες. Οι λέβητες χρησιμοποιούν κυρίως υπολειμματικό πετρέλαιο, για την παραγωγή ζεστού ή βραστού νερού και ατμού για την χρήση στα συστήματα καύσης, για την τροφοδότηση ενέργειας των αντλιών στα δεξαμενόπλοια, για την θέρμανση των χώρων των κινητήρων, καθώς και για τις ανέσεις του πληρώματος. Αντίθετα οι οικονομητήρες χρησιμοποιούν την περίσσεια παραγόμενη θερμότητα από τους κύριους κινητήρες των συστημάτων πρόωσης για την παραγωγή του επιπλέον επιθυμητού και απαιτούμενου ζεστού νερού ή ατμού.

Συνήθως ο αριθμός των λεβήτων στα δεξαμενόπλοια είναι 2 ή 3 και εξαρτάται από τις ανάγκες του πλοίου σε ατμό. συνήθως εν πλω βρίσκεται σε λειτουργία ο ένας λέβητας σε ποσοστό φόρτισης περίπου 50% της ισχύος του για να μπορέσουν να καλυφθούν επαρκώς οι ανάγκες θέρμανσης του φορτίου.

2.4.1 Σύγκριση εκπομπών κύριας και βοηθητικής μηχανής.

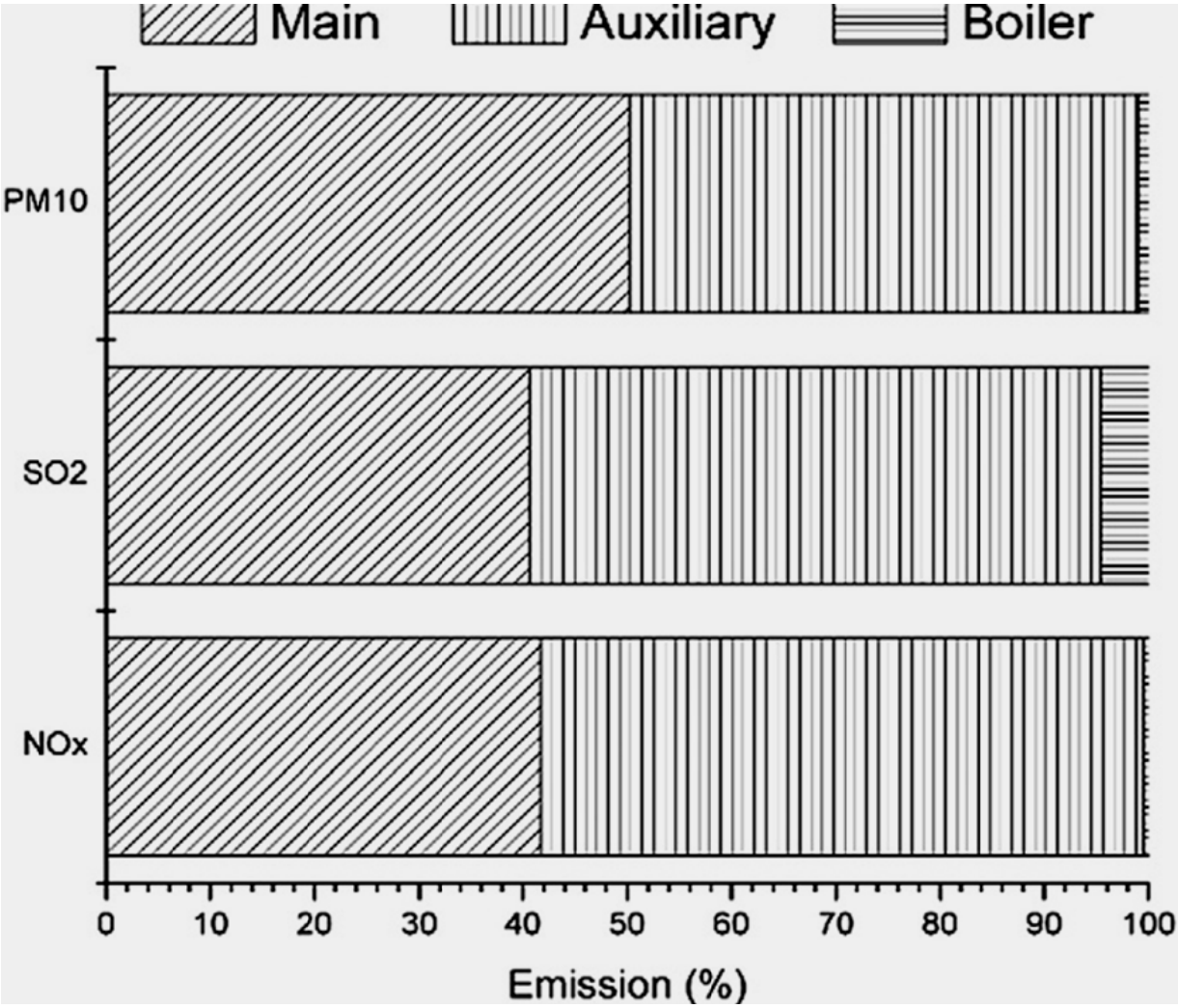
Είναι σημαντικό, να επισημανθεί ότι οι λέβητες, δεν χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια πλεύσης σε ανοιχτή θάλασσα αλλά κυρίως κατά τη διάρκεια που το πλοίο βρίσκεται εντός του λιμένα (manoeuvring, hotelling). Οι έρευνες δείχνουν ότι οι εκπομπές των OGVs ως επί το πλείστον προέρχονται από τις κύριες και βοηθητικές μηχανές ενώ οι λέβητες συμβάλλουν λιγότερο από το 5% των εκπομπών. Παράλληλα, συχνά χρησιμοποιούνται για θέρμανση του καυσίμου προκειμένου να διατηρηθεί η ρευστότητα σε υψηλά επίπεδα.

Στην εικόνα 21, φαίνεται ότι οι εκπομπές από τη βοηθητική μηχανή (AE), είναι συγκρίσιμες με αυτές από τη κύρια μηχανή (ME) όπου, όσον αφορά το PM10 είναι 49% και ακόμη υψηλότερες τιμές όσον αφορά το 58% και το SO2 με 55% [9]



Εικόνα 20:Γραφική απεικόνιση λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων

.



Εικόνα 21: Σύγκριση εκπομπών κύριας και βοηθητικής μηχανής και λέβητα

2.5 Καταστάσεις λειτουργίας (operating mode):

Τα ποντοπόρα πλοία ανάλογα με τις κινήσεις που πραγματοποιούν όσο αφορά την θέση και την απόστασή τους σε σχέση με την λιμενική περιοχή, έχουν διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας κινητήρων. Οι τρεις κύριοι τρόποι λειτουργίας είναι η λειτουργία σε πλεύση (transit), κατά τους ελιγμούς (manoeuvring) και στην αναμονή (hotelling), όπως περιγράφεται παρακάτω :

- **πλεύση:** Κατά αυτό το τρόπο, το πλοίο πλέει στον ανοιχτό ωκεανό.

Τυπικά ισχύουν τα παρακάτω:

1. Το πλοίο πλέει στη κανονική ταχύτητα πλεύσης.
2. οι κινητήρες πρόωσης λειτουργούν στην υψηλότερη ισχύς τους
3. Οι βοηθητικοί λέβητες δεν λειτουργούν.
4. Υψηλά επίπεδα κατανάλωσης καύσιμου.

- **ελιγμοί:** Κατά αυτό το τρόπο, το πλοίο πλέει εντός των ορίων του λιμανιού που είτε το προσεγγίζει είτε αναχωρεί από αυτό. Η απόσταση των ελιγμών από το

λιμάνι αλλάζει και καθορίζεται από το γεωγραφική διαμόρφωση του λιμανιού κάθε φορά. Τυπικά:

1. Το πλοίο πραγματοποιεί τους ελιγμούς με τη χαμηλότερη δυνατή ταχύτητα.
2. Οι κινητήρες πρόωσης λειτουργούν στη χαμηλότερη ισχύς τους.
3. Οι βοηθητικοί κινητήρες λειτουργούν στη μέγιστη ισχύς τους.
4. Οι βοηθητικοί λέβητες λειτουργούν.
5. Η κατανάλωση καυσίμου είναι πολύ χαμηλή όσον αφορά το σύστημα πρόωσης, είναι υψηλότερη για τις βοηθητικές μηχανές και χαμηλή για τους λέβητες.

- **παραμονή στο λιμάνι:** Κατά αυτό το τρόπο, το πλοίο είναι είναι αγκυροβολημένο σε ένα λιμάνι. Τυπικά:

1. Το πλοίο δεν κινείται.
2. Οι κινητήρες πρόωσης είναι εκτός λειτουργίας.
3. Οι βοηθητικοί κινητήρες λειτουργούν σε υψηλή ισχύ συνήθως (auto carriers, RoRos, general cargo vessels)
4. Οι βοηθητικοί λέβητες λειτουργούν συνήθως προκειμένου να διατηρεί ζεστό το κινητήρα πρόωσης και τα καύσιμα, σε περίπτωση αναχώρησης σε σύντομο χρονικό διάστημα, για τις ανέσεις του πληρώματος.
5. Η κατανάλωση καυσίμου μπορεί να είναι μέτρια έως υψηλή για τους βοηθητικούς κινητήρες και μέτρια έως υψηλή για τους λέβητες ενώ για τους κινητήρες πρόωσης είναι σχεδόν μηδενική.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ
C	Cruising
M	Manoeuvring
H	Hotelling
T	Tanker offloading
A	Auxiliary generators
RSZ	Reduced Speed Zone

Πίνακας 5: Καταστάσεις λειτουργίας

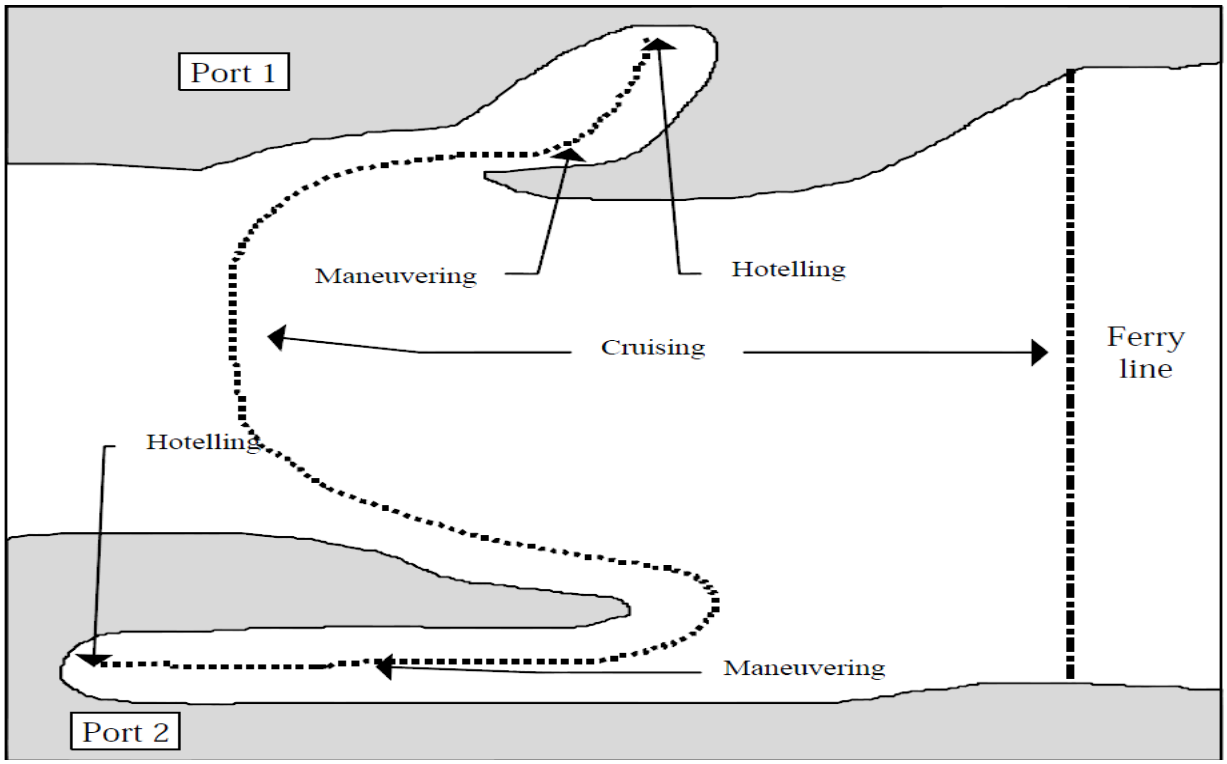
2.5.1 Γραφική αναπαράσταση καταστάσεων λειτουργίας

Όσον αφορά τη κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές, θα μπορούσαμε να τις διαχωρίσουμε σε δύο φάσεις κατά τις οποίες πραγματοποιούνται οι περισσότερες κινήσεις:

(α) παραμονή στο λιμάνι (hotelling mode), **(β)** φάση πλεύσης (cruising mode). Μετά την άφιξή του πλοίου στο λιμάνι, συνεχίζει να εκπέμπει κατά τη διάρκεια που βρίσκεται στην αποβάθρα (hotelling phase). Ως εκ τούτου, απαιτείται η συνεχής παραγωγή ισχύς και ηλεκτρισμού, προκειμένου να ικανοποιηθούν ανάγκες όπως ο φωτισμός του πλοίου, θέρμανση, ψύξη, αερισμός.

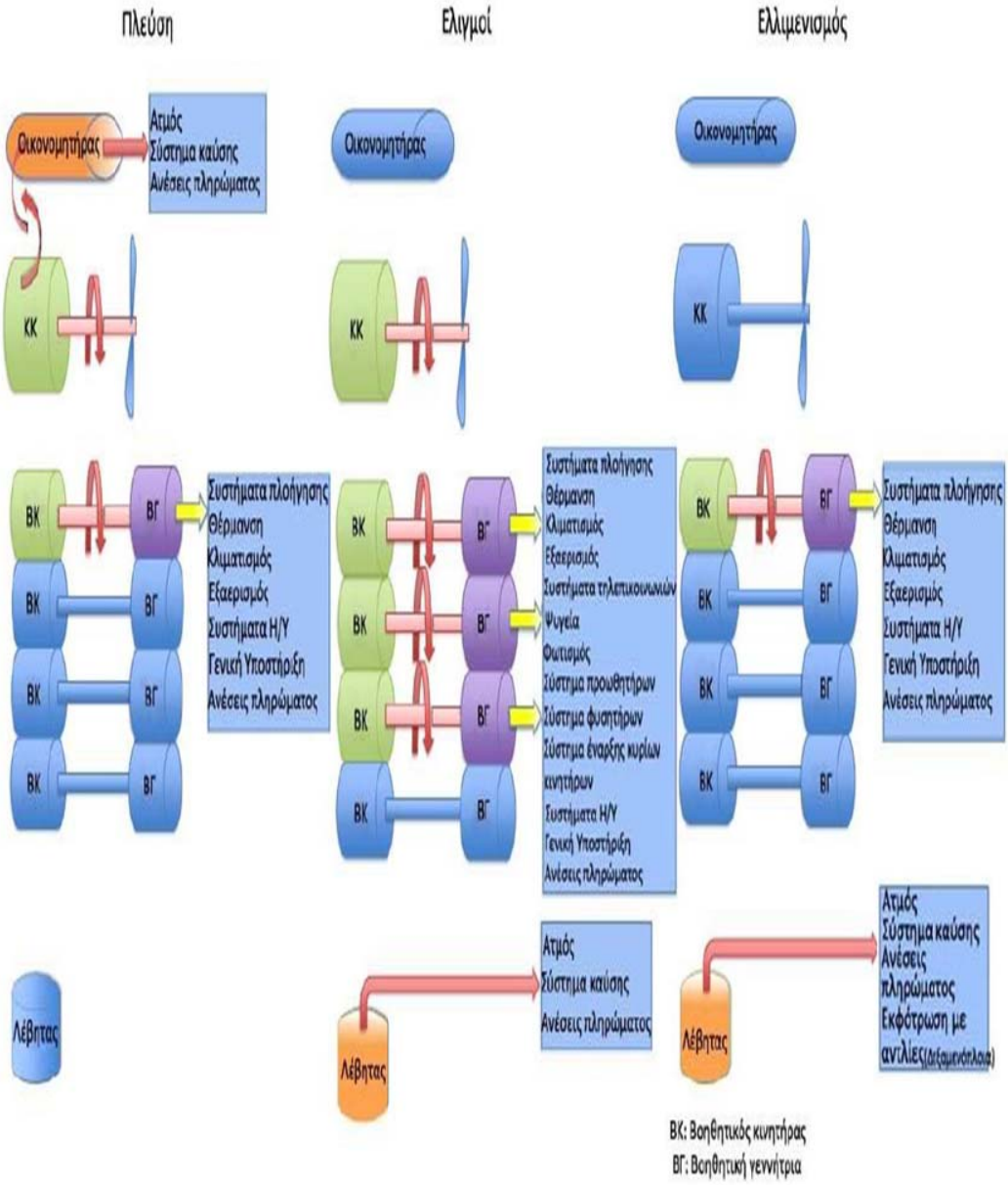
Όπως γίνεται αντιληπτό, ο τύπος του πλοίου διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για το ποσοστό των εκπομπών σε κάθε φάση ξεχωριστά. Συγκεκριμένα, τα γνωστά σε όλους μας επιβατηγά – οχηματαγωγά πλοία (ferry boat), δεν έχουν τόσο σημαντικά ποσοστά

εκπομπών κατά τη φάση παραμονής στο λιμάνι και των ελιγμών, όσο κατά τη φάση της πλεύσης. Αντιθέτως, τα κρουαζιερόπλοια και η συνεχής λειτουργία των λεβήτων και των βοηθητικών μηχανών κατά τη παραμονή στο λιμάνι, ευθύνονται για τις υψηλές απαιτήσεις ισχύος και κατά συνέπεια για τα μεγάλα ποσοστά εκπομπών. Οι εκπομπές αυτές θα πρέπει να εκτιμηθούν ξεχωριστά για κάθε φάση λειτουργίας, προκείμενου να έχουμε ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα.

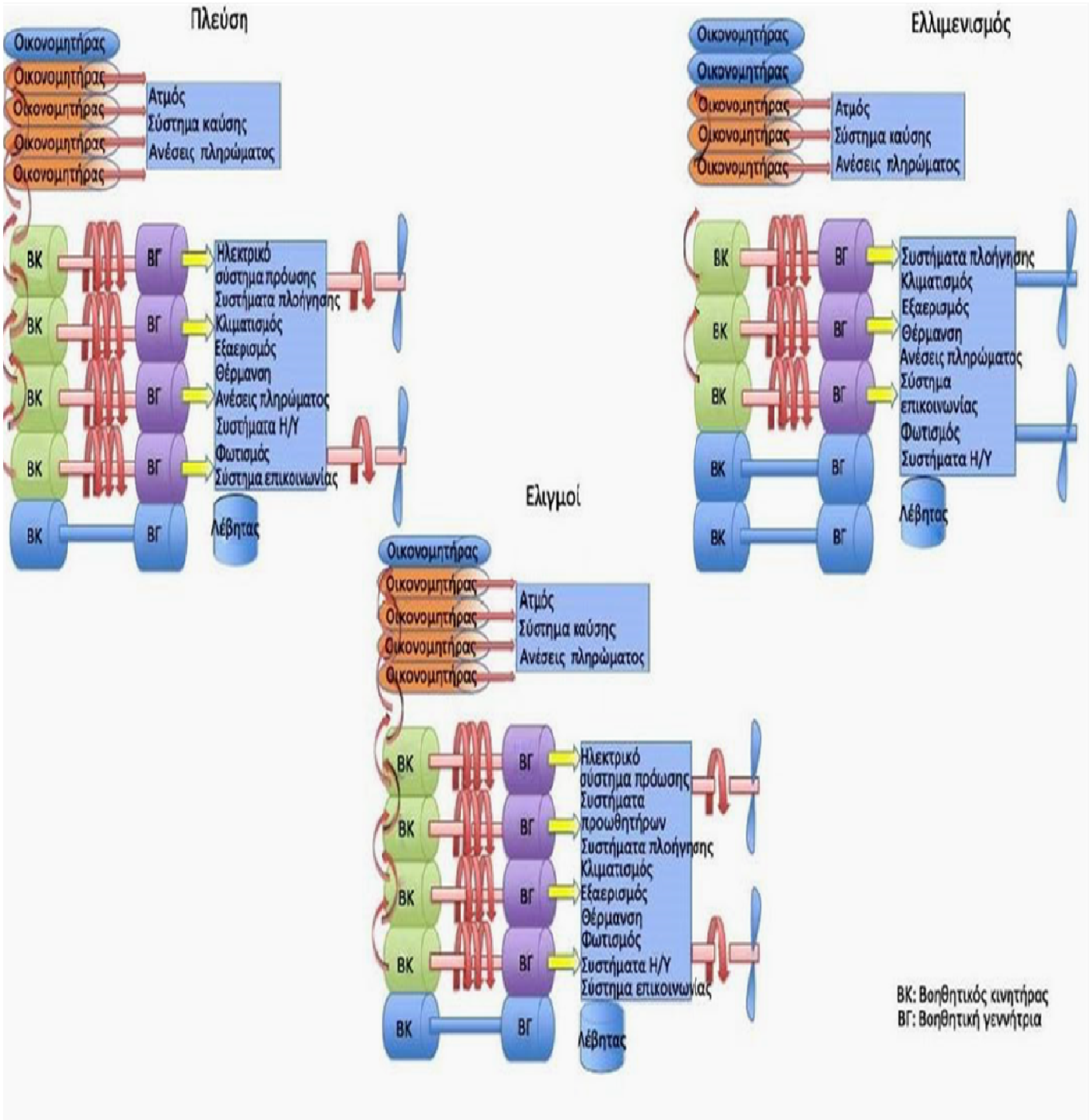


Εικόνα 22: Γραφική αναπαράσταση των καταστάσεων λειτουργίας

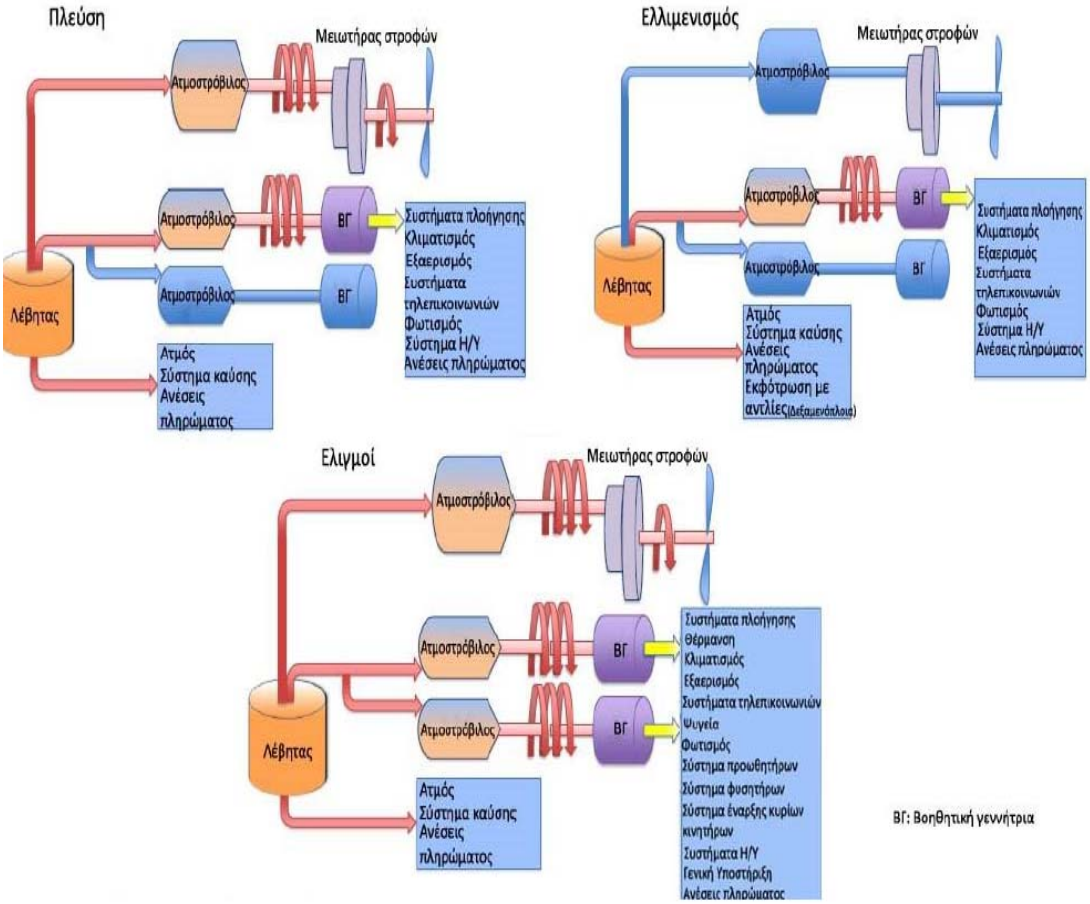
Στη συνέχεια, απεικονίζονται στα σχήματα που ακολουθούν ο τρόπος λειτουργίας των κινητήρων όταν το πλοίο βρίσκεται σε φάση πλεύσης, όταν πραγματοποιεί ελιγμούς ή όταν είναι αγκυροβολημένο. Ουσιαστικά, πρόκειται για μια γραφική αναπαράσταση του συστήματος πρόωσης, του βοηθητικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και του λέβητα σε κάθε τρόπο λειτουργίας ξεχωριστά. **Ο εξοπλισμός που αναπαριστάται με μπλε χρώμα βρίσκεται εκτός λειτουργίας.**



Εικόνα 23: Βασικοί τρόποι λειτουργίας κύριων κινητήρων [2].



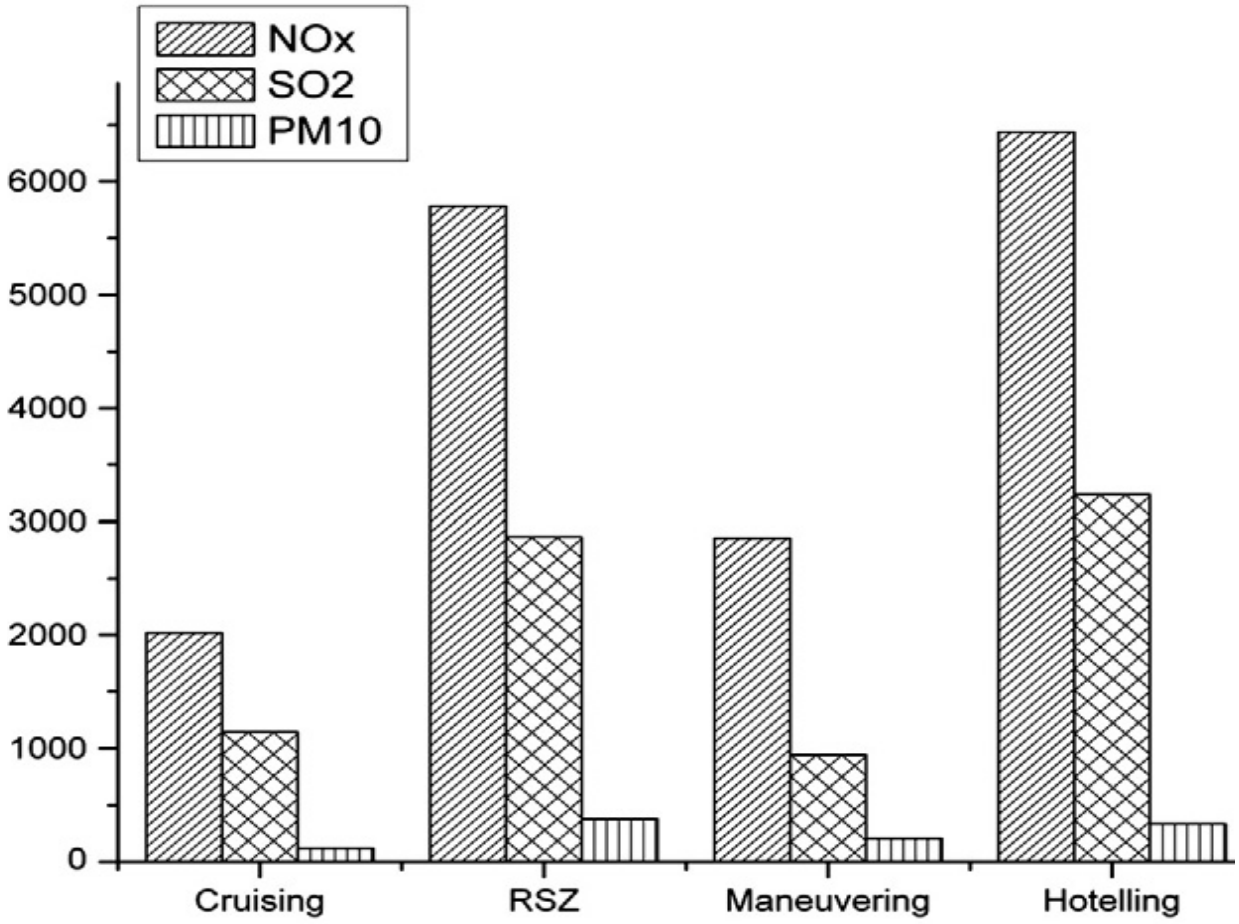
Εικόνα 24 : βασικοί τρόποι λειτουργίας βοηθητικών κινητήρων [2]



Εικόνα 22: Βασικοί τρόποι λειτουργίας βοηθητικών λεβήτων [2]

2.5.2 Παράδειγμα: Σημαντικές εκπομπές πλοίων κατά τη παραμονή στο λιμάνι.

Στο παρακάτω σχήμα συνοψίζονται οι εκπομπές ποντοπόρων υπό διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας [10]. Το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών παρατηρείται υπό τη φάση ελλιμενισμού. Το χρονικό διάστημα που παραμένουν στο λιμένα τα πλοία ποικίλει από κάποιες ώρες έως και ημέρες. Οι θέσεις ελλιμενισμού δεν είναι συγκεκριμένες για το κάθε πλοίο αλλά καθορίζονται από τους αρμόδιους του λιμεναρχείου σε συνεννόηση με τους καπετάνιους των πλοίων λίγο πριν μπουν αυτά στο χώρο του λιμένα καθώς επίσης εξαρτάται από την κίνηση των πλοίων εκείνη την χρονική στιγμή αλλά και από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Οι εκτιμώμενες συνολικές εκπομπές, σύμφωνα με το διάγραμμα, κατά τη διάρκεια κρουαζιέρας, ζώνης ελαττωμένης ταχύτητας, ελιγμών σε σύγκριση με τη παραμονή τους στο λιμάνι είναι 10.658(cruising, manoeuvring, rsz) έναντι 6.439 (hotelling) τόνους NO_x, 4953 έναντι 3237 τόνων SO_2 και 701 έναντι 333 τόνους PM_{10} αντίστοιχα . Τα ποσοστά των εκπομπών (cruising, manoeuvring, rsz) είναι 62% για τα NO_x, 60% για το SO_2 και 68% για PM_{10}. Για το υπόλοιπο των ποσοστών ευθύνεται η παραμονή του πλοίου στο λιμάνι



Εικόνα 25: Οι εκπομπές ποντοπόρων υπό διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας

2.6 Κατηγορίες ποντοπόρων πλοίων.

Τα ποντοπόρα πλοία διαφέρουν ανάλογα το μέγεθος και την ταχύτητα του κινητήρα που διαθέτουν ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Υπάρχουν πολλοί τρόποι κατηγοριοποίησης των πλοίων αλλά ο πιο κοινός είναι με βάση το φορτίο που μεταφέρουν [13]. Από τις πιο κοινές κατηγορίες είναι οι εξής:

- Auto Carriers
- Dry Bulk Carriers
- Containerships
- Passenger Cruise Ships (κρουαζιερόπλοια)
- Passenger Vehicle Ferries
- General Cargo
- Integrated/Articulated Tug and Barge
- Refrigerated Vessels (Reefer)
- Roll-On Roll-Off Vessels (RoRos)
- Tankers

Μια σύντομη περιγραφή για κάποιους από τους παραπάνω τύπους παρουσιάζεται παρακάτω:

- **Οχηματαγωγά πλοία (auto carries)**

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

- **Πλοία φορτίου χύδην (Dry bulk carries)**

Τα πλοία χύδην φορτίου διαθέτουν μεγάλα ανοιχτά αμπάρια τα οποία παραμένουν κλειστά κατά την διάρκεια της μεταφοράς. Μεταφέρουν κυρίως ξηρά εμπορεύματα τα οποία μπορούν να φορτωθούν μέσω σωλήνων, όπως το αλάτι, η ζάχαρη, το τσιμέντο, ο ασβέστης, αγροτικά προϊόντα και γενικά λεπτόκοκκα υλικά. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 13 μέχρι 15 knots[1].

- **Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Containerships)**

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

- **Πλοία γενικού φορτίου (General cargo)**

Τα πλοία γενικού φορτίου είναι παρόμοια με αυτά του χύδην φορτίου, όπου διαθέτουν μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους οι οποίοι παραμένουν κλειστοί κατά την διάρκεια της μεταφοράς και ανοιχτοί κατά την φορτοεκφόρτωση. Το φορτίο που μεταφέρουν μπορεί να είναι αγαθά σε παλέτες ή σε Ε/Κ εξωτερικά στο κατάστρωμα, σίδηρος, μηχανήματα και εξοπλισμοί, σωλήνες και άλλου τύπου βαριά φορτία. Επίσης τα περισσότερα πλοία τύπου γενικού φορτίου διαθέτουν ειδικούς ηλεκτρικούς γερανούς ώστε η φορτοεκφόρτωση να γίνεται από τα ίδια τα πλοία. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 13 μέχρι 16 knots.

- **Πλοία μεταφοράς ψυγμένου φορτίου (Refrigerated vessels)**

Τα πλοία αυτά γνωστά και ως Reefers μεταφέρει φορτίο το όποιο απαιτεί ψύξη ώστε τα προϊόντα που είναι κυρίως αναλώσιμα να μην αλλοιωθούν. Το φορτίο στοιβάζεται σε παλέτες εσωτερικά στο πλοίο ή μεταφέρεται μέσα σε Ε/Κ που διαθέτουν ήδη συστήματα

---

[1] Ο κόμβος είναι μονάδα μέτρησης ταχύτητας πλοίου, η οποία είναι ίση με ένα ναυτικό μίλι ανά ώρα (1knot=1nm/hr=1852km/hr=0, 514m/s)

ψύξης εξωτερικά στο κατάστρωμα. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 16 μέχρι 21 knots.

- **Οχηματαγωγά πλοία Roll on- Roll off (RoRo)**

Τα πλοία RoRo είναι παρόμοια με αυτά που μεταφέρουν οχήματα, καθώς διαθέτουν επίσης ράμπες, με την διαφορά ότι υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς και πιο βαρέων οχημάτων ή εξοπλισμών όπως κατασκευαστικούς εξοπλισμούς, βαρέως τύπου φορτηγά, αγροτικά μηχανήματα και εξοπλισμό. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 16 μέχρι 19 knots.

- **Δεξαμενόπλοια (Tankers)**

Τα δεξαμενόπλοια κυμαίνονται με βάση την χωρητικότητα του φορτίου σε DWT7 από 10.000 μέχρι 300.000 DWTs. Ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με τις διαστάσεις ενώ λιγότερο με βάση το φορτίο που μεταφέρουν. Το φορτίο μπορεί να είναι πετρέλαιο και παραπλήσια προϊόντα ή χημικά. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 12 μέχρι 15 knots.

- **Κρουαζιερόπλοια**

Τα κρουαζιερόπλοια διαφέρουν στο μέγεθος, την ισχύ των κινητήρων και στις διατάξεις των συστημάτων τροφοδοσίας ενέργειας, αλλά έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε βοηθητική ενέργεια. Μπορεί να μεταφέρουν πάνω από 3.500 επιβάτες και να διαθέτουν 1.300 προσωπικό πληρώματος. Τα νέα κρουαζιερόπλοια διαθέτουν υβριδικά συστήματα ηλεκτρικών ντίζελ κινητήρων και τουρμπίνων για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ τα παλιότερα μπορεί να διαθέτουν και άλλα συστήματα κινητήρων. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 18 μέχρι 21 knots.

- **Επιβατηγά/οχηματαγωγά πλοία (Ferries)**

Τα πλοία αυτά είναι τυπικά σαν τα κρουαζιερόπλοια με πολύ μικρότερες απαιτήσεις σε συμπληρωματική ενέργεια και σε μέγεθος, καθώς οι επιβάτες μένουν για μικρότερο διάστημα σε αυτά. Έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν οχήματα και φορτηγά. Τα νεότερα πλοία διαθέτουν υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσία. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 17 μέχρι 20 knots.

- **Σκάφη με Ενσωματωμένο ή Αρθρωτό Ρυμουλκό**

Τα πλοία αυτά είναι σκάφη (φορτηγίδες) που διαθέτουν είτε ενσωματωμένο ρυμουλκό (Integrated Tug and Barge, ITB), είτε έχουν ειδικές εγκοπές υποδοχής ρυμουλκών για την αρθρωτή σύνδεση τους με το υπόλοιπο σκάφος (Articulated Tug and Barge, ATB). Διαθέτουν δύο κινητήρες πρόωσης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 16 μέχρι 19 knots.

Εικόνα 26 :Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων

2.7 Σκάφη λιμένα και εσωτερικής ναυσιπλοΐας

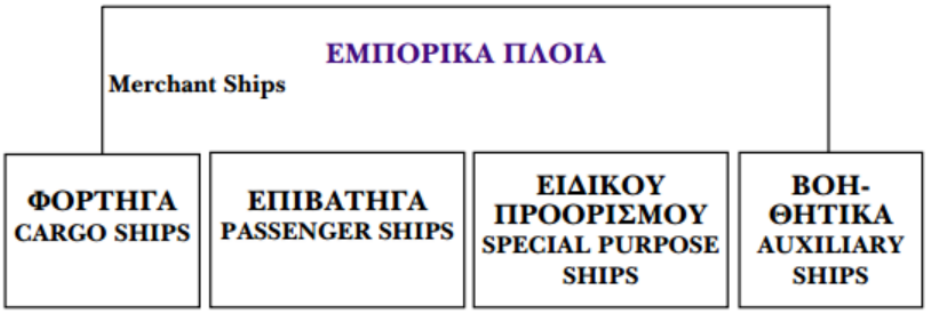
Τα σκάφη λιμένα είναι σκάφη τα οποία είναι τον περισσότερο χρόνο μέσα ή κοντά στο λιμάνι. Μπορεί να το διασχίζουν, να κάνουν ελιγμούς ή να είναι σε κατάσταση αδράνειας ή βραδυπορίας. Τα σκάφη αυτής τη κατηγορίας είναι διαφόρων τύπων και εξυπηρετούν διαφορετικές εφαρμογές και λειτουργίες μέσα και γύρω από το λιμάνι, κοντά στην ακτή ή βοηθώντας στις λειτουργίες του λιμένα ή στις τοπικές μεταφορές προσωπικού. Η λειτουργία τους λοιπόν διαφέρει από αυτή των ποντοπόρων πλοίων, τα οποία διασχίζουν την ανοιχτή θάλασσα. Μερικές κατηγορίες σκαφών λιμένα είναι:

- βοηθητικά σκάφη, που βοηθούν τα ποντοπόρα πλοία κατά τους ελιγμούς και τον ελλιμενισμό
- ρυμουλκά και προωθητικά σκάφη, που έλκουν ή ωθούν τις φορτηγίδες, καθώς και πλωτές κατασκευές μέσα και έξω από το λιμάνι
- σκάφη προσωπικού, όπου μετακινείται το προσωπικό μεταξύ των πλοίων, των ακτών και των διάφορων τερματικών σταθμών ή για την μεταφορά του προσωπικού σε τοποθεσίες εκτός λιμένα
- σκάφη για εργασίες,
- κυβερνητικά σκάφη, του λιμενικού σώματος και της πυροσβεστικής
- εμπορικά αλιευτικά σκάφη
- σκάφη αναψυχής

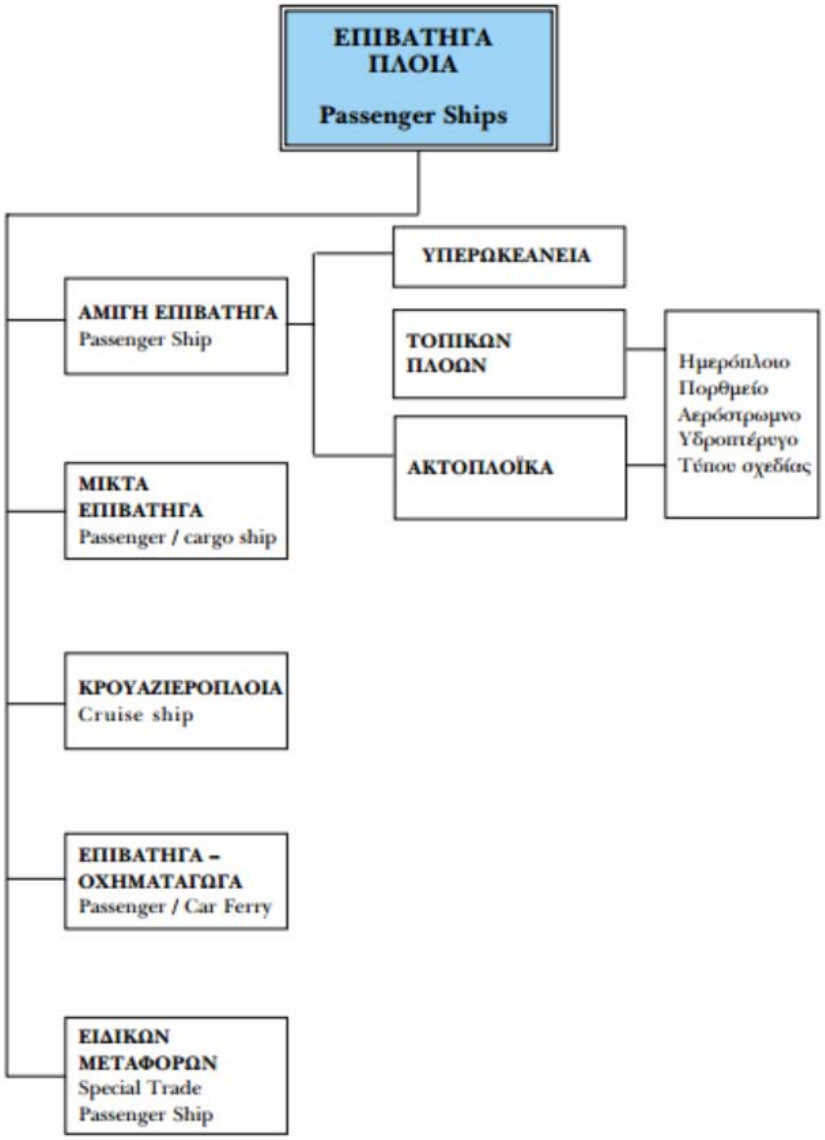
Εικόνα 27: Βοηθητικό σκάφος λιμένα

Εκτός από τα ποντοπόρα πλοία που διασχίζουν την ανοιχτή θάλασσα υπάρχουν και πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας, τα οποία περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία κινητών πηγών. Τα σκάφη αυτά πραγματοποιούν την μεταφορά φορτίου ή επιβατών για την μετακίνηση σε ποτάμια, κανάλια, παραπόταμους και εσωτερικές θάλασσες. Συνηθίζεται να είναι μικρότερα και στενότερα σε σχέση με τα ποντοπόρα σκάφη ή σκάφη λιμένα, ώστε ο χειρισμός τους να είναι πιο αποδοτικός καθώς διασχίζουν τα ποτάμια και τα κανάλια. Η κατηγοριοποίηση των πλοίων αυτών μπορεί να γίνει ανάλογα με την περιοχή πλοήγησης, την χρήση τους, τα διαθέσιμα μηχανικά συστήματα, τον τύπο συστημάτων πρόωσης ή την διαμόρφωση γάστρας.

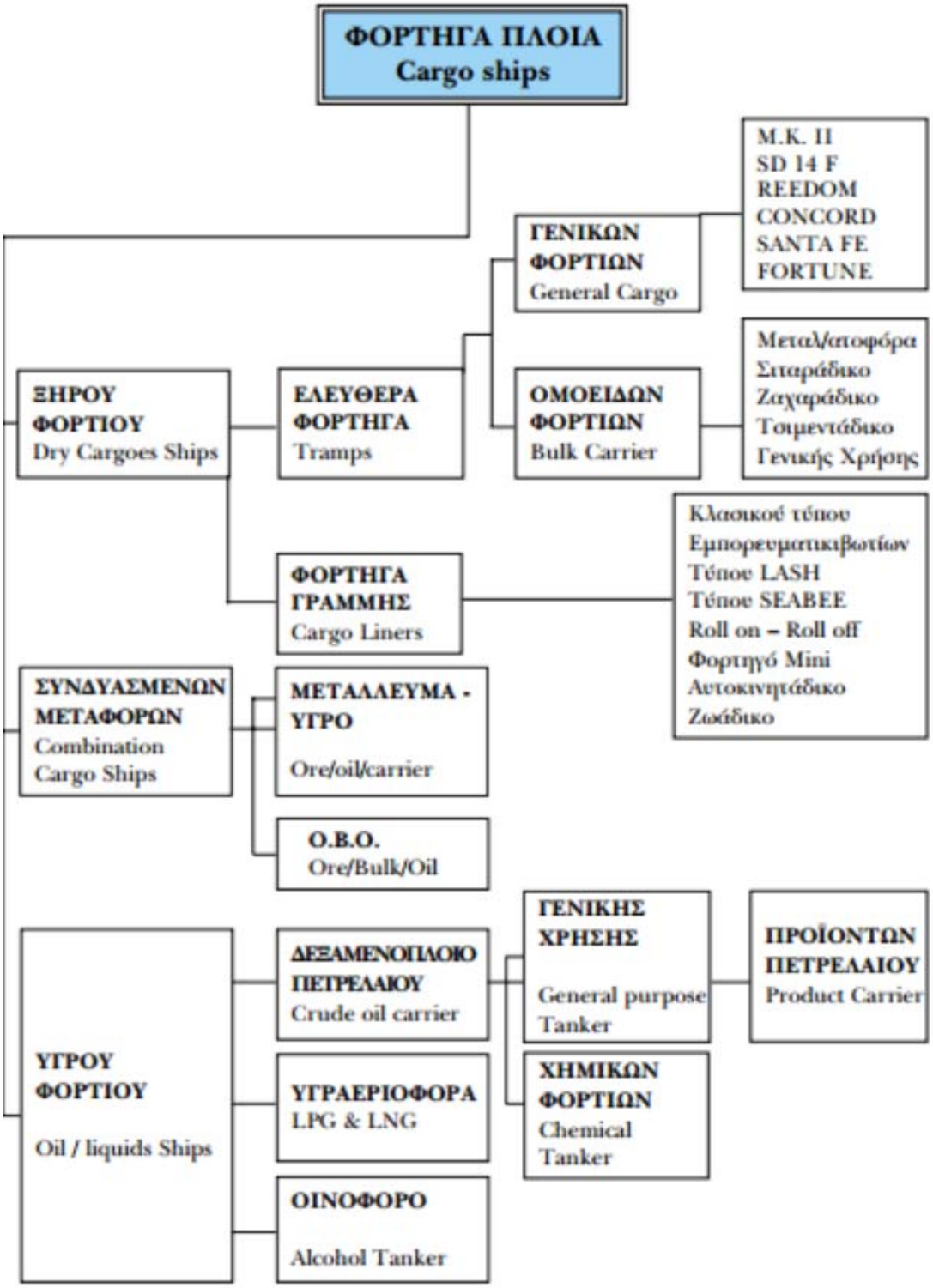
Τα σκάφη λιμένα και εσωτερικής ναυσιπλοΐας έχουν συνήθως έναν με δύο κινητήρες πρόωσης και έναν με δύο βοηθητικούς κινητήρες για την τροφοδότηση με ενέργεια των διάφορων οργάνων του σκάφους και για τις ανάγκες του πληρώματος.



Διάγραμμα 1: Κύριως διαχωρισμός Εμπορικών πλοίων



Διάγραμμα 2: Διαχωρισμός επιβατηγών πλοίων



Διάγραμμα 3 : διαχωρισμός των φορτηγών πλοίων

2.8 Ναυτιλιακά καύσιμα

Ως τώρα η οικολογική σκέψη ελάχιστα είχε ασχοληθεί με τα μεγάλα ποντοπόρα πλοία, τους υπεργίγαντες των θαλασσών που καίνε μαζούτ, δηλαδή την πλέον ρυπογόνο μορφή καυσίμου, αφού τα καυσαέριά τους περιέχουν δηλητηριώδεις ενώσεις του θείου. Στα κατά κανόνα μοναχικά ταξίδια τους και στον αγώνα με τα κύματα, η κάπνα ήταν το τελευταίο πράγμα που θα μπορούσε να απασχολήσει ναυτικούς και πλοιοκτήτες. Αυτό που προείχε, ήταν να φτάσει το φορτίο όσο το δυνατόν πιο γρήγορα στο λιμάνι προορισμού.

Οι καιροί όμως έχουν αλλάξει, παλαιότερα μας απασχολούσαν μόνο το κόστος του ταξιδιού κι ο χρόνος παράδοσης του εμπορεύματος. Τώρα όμως στο κόστος μετράει και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Έτσι, κάποια από τα βασικά μέτρα που πρέπει να ληφθούν είναι η μείωση ταχύτητας των πλοίων και ο καλύτερος προγραμματισμός του ταξιδιού για τη χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμων, όπως και η σταδιακή χρήση καθαρότερων καυσίμων.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος των βλαβερών ουσιών που εκπέμπουν τα πλοία διαφέρει από αντίστοιχα προβλήματα που έχουν μελετηθεί για επίγειες εγκαταστάσεις. Ο λόγος είναι ότι τα καύσιμα που χρησιμοποιούν τα πλοία είναι υπολείμματα της διαδικασίας παραγωγής ευγενέστερων προϊόντων από τα διυλιστήρια, επομένως και οι εκπομπές που προκαλούνται από την καύση τους είναι διαφορετικές από αυτές που προκαλούνται από τα άλλα μέσα μεταφοράς. Αν τα πλοία έπρεπε να κάψουν τα ίδια καύσιμα με άλλα μέσα μεταφοράς τότε θα αυξάνονταν σημαντικά οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), αφού τα διυλιστήρια για να παράγουν το ευγενέστερο καύσιμο, οι διαδικασίες θα ήταν σημαντικά πιο ενεργοβόρες.

Το πετρέλαιο Diesel είναι μείγμα υδραγονανθράκων με 14-20 άτομα άνθρακα ανά μόριο. Διακρίνεται σε ελαφρύ Diesel (gas-oil) που χρησιμοποιείται σε πολύστροφες πετρελαιομηχανές (πετρέλαιο κινήσεως) και σε εγκαταστάσεις κεντρικής θερμάνσεως (πετρέλαιο θερμάνσεως) και σε βαρύ πετρέλαιο Diesel (heavy diesel oil, HDO) το οποίο χρησιμοποιείται ως καύσιμο στις μεσόστροφες και αργόστροφες Μ.Ε.Κ των πλοίων και των λεβήτων. Το Marine Diesel Oil (MDO) είναι ένας τύπος πετρελαίου, ουσιαστικά είναι ένα μείγμα πετρελαίου ντίζελ και μαζούτ.

Το μαζούτ περιέχει υδρογονάνθρακες με πάνω από 20 άτομα άνθρακα ανά μόριο. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο μεγάλων αργόστροφων μηχανών και ως καύσιμο λεβήτων [14].

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ
BFO	BUNKER FUEL OIL
MDO	MARINE DIESEL OIL
MGO	MARINE GAS OIL
GF	GASOLINE FUEL
HFO	HEAVY FUEL OIL

Πίνακας 6 : Τύποι καυσίμων

Στη συνέχεια ακολουθεί μία συνοπτική περιγραφή των διαφορετικών τύπων καυσίμων:

- **Ορυκτά Καύσιμα**

Τα ορυκτά καύσιμα μπορεί να είναι σε στέρεα, υγρή ή αέρια μορφή. Τα πιο κύρια από αυτά είναι [15]:

✓ Ο γαιάνθρακας, και τα διάφορα παράγωγά του, συμπεριλαμβάνεται στα στέρεα καύσιμα. Ο γαιάνθρακας περιλαμβάνει μια ευρεία ποικιλία απολιθωμένων στέρεων υλικών που προέρχονται από φυτά. Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των γαιανθράκων έχουν να κάνουν με την περιεκτικότητα σε άνθρακα, την θερμογόνο δύναμη, την περιεκτικότητα σε τέφρα και το περιεχόμενο σε θείο και άλλων προσμίξεων. Με βάση αυτά, οι γαιάνθρακες ταξινομούνται σε τέσσερις γενικές κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές με σειρά από τον πιο πρόσφατα σχηματισμένο, και άρα με την περισσότερη περιεκτικότητα σε υγρασία και με την χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη, στον πιο έντονα ενανθρακωμένο είναι ο λιγνίτης, ο υπό-ασφαλτούχος άνθρακας, ο ασφαλτούχος άνθρακας και ο ανθρακίτης.

✓ Το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου είναι καύσιμα υγρής μορφής. Τα προϊόντα πετρελαίου περιέχουν μίγματα πολλών χημικών ενώσεων, αλλά κυρίως αποτελούνται από υδρογονάνθρακες, με διαφορετικές περιεκτικότητες σε άτομα υδρογόνου και άνθρακα. Ανάλογα με τα άτομα άνθρακα, προϊόντα πετρελαίου αποτελούν η νάφθα, η βενζίνη, το πετρέλαιο ντίζελ και η κηροζίνη.

✓ Το φυσικό αέριο ανάλογα με τις ενώσεις που περιέχει μπορεί να είναι είτε σε υγρή είτε σε αέρια μορφή. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) και ανάλογα με τις ενώσεις που περιέχει μεταβάλλεται η περιεκτικότητα του σε άνθρακα. Τα υγρά φυσικού αερίου είναι κυρίως το αιθάνιο, το προπάνιο και το βουτάνιο ενώ το ακατέργαστο φυσικό αέριο είναι αέριο χωρίς υδρογονάνθρακες που αποτελείται από διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, ήλιο και άλλα ευγενή αέρια, και υδρόθειο.

- **Καύσιμα Βιομάζας**

Εκτός από τα ορυκτά καύσιμα, τα καύσιμα μπορεί να προέρχονται και από υλικά βιομάζας ή φυτικά υλικά (π. χ. ξύλο, οργανικά υπολείμματα, υπολείμματα συγκομιδής από καλλιέργειες). Η χημική σύνθεση και η διαδικασία καύσης τους, είναι παρόμοια με αυτή των ορυκτών καυσίμων. Ωστόσο η προέλευση του άνθρακα των δύο τύπων καυσίμων είναι διαφορετική. Ο άνθρακας που περιέχεται στα υλικά βιομάζας είναι βιογενής προέλευσης, δηλαδή περιέχει πρόσφατους ζωντανούς ιστούς, ενώ ο άνθρακας των ορυκτών καυσίμων έχει παγιδευτεί σε γεωλογικούς σχηματισμούς για χιλιετίες. Επιπρόσθετα κατά την διαδικασία καύσης των βιοκαυσίμων υποστηρίζεται ότι αυτά δεν συμβάλλουν στην καθαρή ποσότητα εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα.

Στον υπολογισμό των συνολικών άμεσων εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα δεν συμπεριλαμβάνεται η κατανάλωση βιοκαυσίμων. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και για τις εκπομπές του μεθανίου (CH_4) και του νιτρικού οξέος (N_2O). Για αυτά τα αέρια η καύση βιομάζας συνεισφέρει σε όλες τις περιπτώσεις στις εκπομπές τους, και για αυτό η κατανάλωση τέτοιων καυσίμων περιλαμβάνεται στον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών τους.

- **Προϊόντα Αποβλήτων**

Τα προϊόντα αποβλήτων σε στέρεα, υγρή και αέρια μορφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καύσεις για την παραγωγή ενέργειας. Τέτοιου είδους καύσιμα μπορεί να είναι χρησιμοποιημένα λάδια κινητήρων, αστικά στέρεα απόβλητα, αέρια από υγειονομική ταφή και αέρια παραπροϊόντα. Οι εκπομπές από τα καύσιμα αποβλήτων συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό των εκπομπών και των τριών αερίων του θερμοκήπιο.

2.9 Νομοθεσία

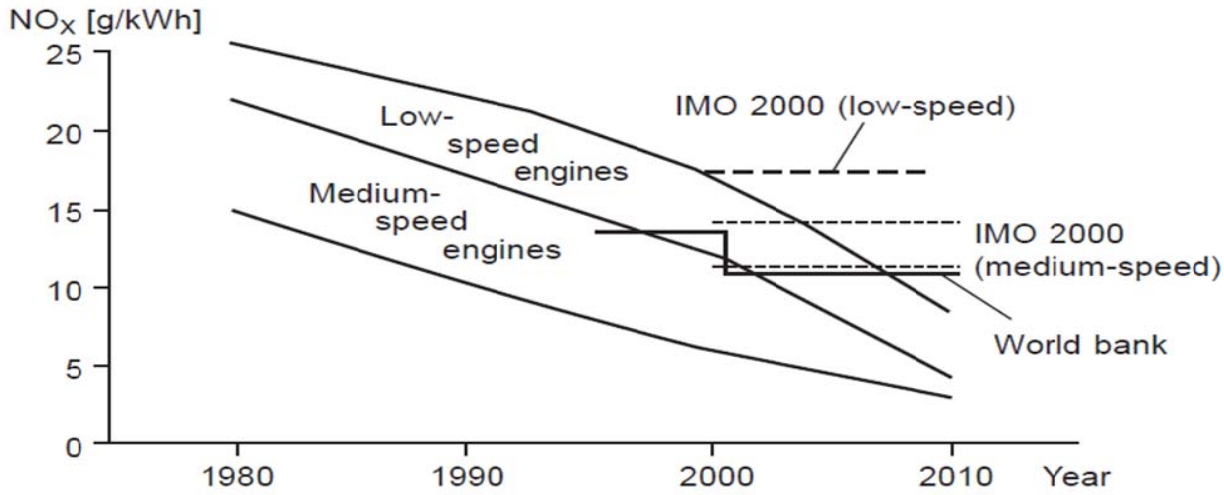
Νομοθετικούς περιορισμούς που σχετίζονται με την ρύπανση του περιβάλλοντος από τη Ναυτιλία μπορούν να θεσπίσουν: διεθνείς οργανισμοί International Maritime Organization (IMO), φορείς με κανονιστική αρμοδιότητα π. χ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Europe Council) και μεμονωμένα κράτη (π. χ. California). Ο σημαντικότερος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

Εικόνα 28 Το λογότυπο του διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO)

Ο IMO, καλύπτει τους τομείς της ασφάλειας στα πλοία και της προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τη ρύπανση που προκαλεί ο ανθρώπινος παράγοντας, κατά τη διάρκεια των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων του. Τελεί υπό την αιγίδα του ΟΗΕ με ανεπτυγμένες και ιδιαίτερα αυστηρές προδιαγραφές και δεσμευτικές δυνάμεις τουλάχιστον για τις Χώρες-μέλη. Οι εκδόσεις του **SOLAS** (safety of life at sea) και **MARPOL** που αφορούν η πρώτη την ασφάλεια στη ναυσιπλοΐα και η δεύτερη στη προστασία από τη ρύπανση στη θάλασσα, παρέχουν δεσμευτικούς κανόνες για όλες τις νέες κατασκευές πλοίων που ισχύουν παγκοσμίως. Οι κανόνες αυτοί αναβαθμίζονται τακτικά ανάλογα με την ανάπτυξη της ναυπηγικής. Όλοι οι ναυπηγοί και τα ναυπηγικά γραφεία υποχρεώνονται να ναυπηγούν τα πλοία σύμφωνα με τις προδιαγραφές αυτές.

Με αυστηρότερους ελέγχους που προβλέπονται από τον IMO, η μείωση των NOx εκπομπών εξακολουθεί να αποτελεί προτεραιότητα για τους σχεδιαστές των κινητήρων, εξασφαλίζοντας τη περιβαλλοντική προστασία, χωρίς να διακυβεύεται το εντυπωσιακό κέρδος από τα καύσιμα των κινητήρων. Σημαντικό ρόλο για τη διαμόρφωση των NOx εκπομπών διαδραματίζουν η θερμοκρασία, η συγκέντρωση του οξυγόνου και ο χρόνος παραμονής για τη καύση σε υψηλή θερμοκρασία εντός του κυλίνδρου.

Συγκεκριμένα, μία καύση μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος που πραγματοποιείται σε χαμηλής ταχύτητας δίχρονο κινητήρα παράγει υψηλότερα ποσοστά εκπομπών NOx σχέση με έναν τετράχρονο κινητήρα μέσης ή υψηλής ταχύτητας, ισοδύναμης απόδοσης. Παράλληλα, είναι απαραίτητη η χρήση εναλλακτικών καυσίμων όπως είναι η μεθανόλη. Σημαντική πρόοδος έχει επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια στα ποσοστά των NOx εκπομπών όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 29 :τάσεις των εκπομπών NOx για τυπικές δίχρονους και τετράχρονους κινητήρες diesel σε σύγκριση με απαιτήσεις του IMO [Wärtsilä]

Η μείωση εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου, μπορεί κυρίως να γίνει μέσα από τη τεχνική βελτίωση των πλοίων και ενδεχομένως τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας.

Ο IMO, έχει από το 2000 συντάξει αναφορές πάνω στις προοπτικές μείωσης των εκπομπών GHGs, μέσα από την βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και κατόπιν της διαχείρισης των πλοίων.

- Βελτιωμένη σχεδίαση της γάστρας για νεότευκτα σκάφη 5-20%
- Βελτιωμένες προπέλες 5-10%
- Βελτιστοποίηση της θερμικής απόδοσης στους νέους κινητήρες 10-12%
- Καινοτομικά συστήματα πρόωσης 5%
- Ηλεκτρονική διαχείριση τροφοδοσίας καυσίμου 2-3%
- Υψηλής πίεσης έγχυση καυσίμου 1-2%
- Βελτίωση υπερσυμπιεστών 5-7%
- Συντήρηση γάστρας 3-5%
- Χρήση MDO έναντι HFO 4-5%
- Βελτιστοποίηση εκμετάλλευσης στόλου 5-40%
- Σταθερό φορτίο κινητήρων (στροφές/λεπτό) 0-2%
- Βέλτιστη τοποθέτηση προπέλας και πηδαλίων 0-2%
- Μειωμένος χρόνος αναμονής στα λιμάνια, βελτίωση της διαχείρισης των φορτίων 1-7%

Παρατηρεί κανείς ότι το αποτέλεσμα είναι αβέβαιο (βλέπε πχ 5-40% για τη Βελτιστοποίηση εκμετάλλευσης στόλου), όσο και πως οι περισσότερες από αυτές τις

βελτιώσεις θα εφαρμοστούν με ένα αρκετά σημαντικό προκαταβολικό κόστος είτε μιλάμε για νεότευκτα, είτε για μετασκευή στα υπάρχοντα πλοία.
Σημειώνεται, ότι για την είσοδο του πλοίου σε περιοχή ελέγχου εκπομπών SOx θα καταγράφονται στοιχεία που αφορούν τον όγκο του καυσίμου πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (μικρότερης ή ίσης του 1,5% κ.β. σε περιεχόμενο θείο) σε κάθε δεξαμενή, την ημερομηνία, την ώρα και τη θέση του πλοίου, όταν ολοκληρώνεται η λειτουργία εναλλαγής του καυσίμου. Ενδεικτικά η σχετική εγγραφή μπορεί να γίνεται στο ημερολόγιο γεφύρας ή μηχανής του πλοίου. Περαιτέρω, για τα πλοία που βρίσκονται εντός των προαναφερόμενων περιοχών SECA, θα πρέπει να ικανοποιείται τουλάχιστον μία από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Η περιεκτικότητα του θείου στο καύσιμο πετρέλαιο δεν υπερβαίνει το 1,5% κ.β. ή

2. Υπάρχει σύστημα καθαρισμού καυσαερίων, εγκεκριμένο από την Αρχή, που εφαρμόζεται στη μηχανή του πλοίου, συμπεριλαμβανομένων των κύριων ή βοηθητικών μηχανών πρόωσης, για τη μείωση των ολικών εκπομπών οξειδίων του θείου. Το συνολικό βάρος εκπομπής διοξειδίου του θείου δεν θα υπερβαίνει τα 6 γραμμάρια ανά κιλοβατώρα (συνολικό βάρος εκπομπής ≤ 6,0g SOx/KWh) ή

3. Εφαρμόζεται οποιαδήποτε άλλη ισοδύναμη τεχνολογική μέθοδος για τον περιορισμό των εκπομπών SOx, εντός των παραπάνω ορίων, εγκεκριμένη από την Αρμόδια Αρχή. Για τον έλεγχο συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού, σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε θείο του καυσίμου πετρελαίου (S ≤ 4,5% κ.β. είτε S ≤ 1,5% κ.β. σε περιοχές ελέγχου εκπομπών SOx), αυτή θα αναφέρεται στο δελτίο παράδοσης του καυσίμου(bunker delivery note), με ευθύνη του προμηθευτή.

Τον Απρίλιο του 2008 η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) ενέκρινε τις προτεινόμενες τροποποιήσεις στο MARPOL παράρτημα VI σχετικά με τους κανονισμούς για την μείωση των επιβλαβών εκπομπών από τα πλοία. Οι βασικές αλλαγές είναι στην σταδιακή μείωση των εκπομπών οξειδίων θείου (SO_x) από τα πλοία, με το παγκόσμιο όριο του θείου να μειώνεται αρχικά σε 3,50% (από το τρέχον 4,50%), από την 1η Ιανουαρίου 2012 και έπειτα σταδιακά σε 0,50 %, από την 1η Ιανουαρίου 2020, υπό τον όρο ότι μία μελέτη σκοπιμότητας θα έχει ολοκληρωθεί το αργότερο έως το 2018. Από την 1η Ιουλίου 2010 τα εφαρμόσιμα όρια στις περιοχές ελέγχου εκπομπής θείου (SECAs) θα μειωθούν στο 1,00%, (από τα τρέχοντα 1,50 %) και στο 0,10%, από την 1η Ιανουαρίου 2015.
Τα παρακάτω προκύπτουν από την ελληνική νομοθεσία εναρμονιζόμενη με την διεθνή και πέραν αυτής και ορίζουν ότι :

Για τη Κύρια μηχανή :

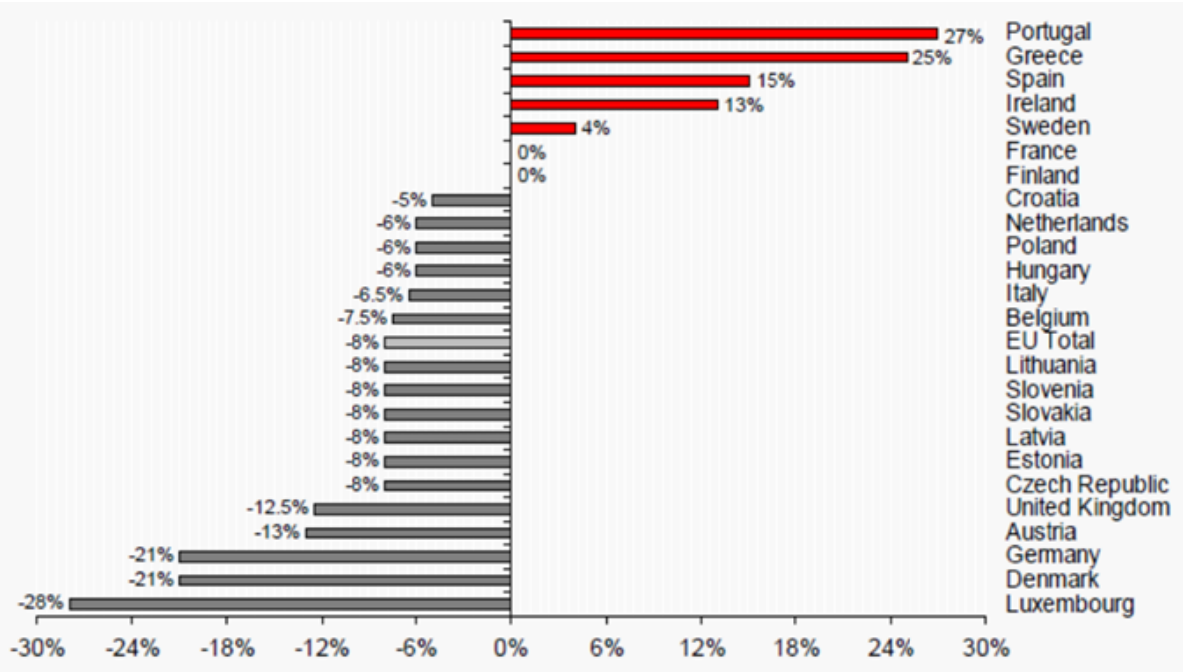
- 2 ώρες πριν την άφιξη στο λιμάνι και 2 ώρες πριν τον απόπλου από το λιμάνι πρέπει να χρησιμοποιείται LSFO < S=1.5%
- Μέχρι την απόσταση των 3 ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη στεριά, πρέπει να χρησιμοποιείται LSFO < S=1.5%

Για τις Ηλεκτρομηχανές:

- Κάθε πλοίο που παραμένει περισσότερες από 4 ώρες στο λιμάνι, υποχρεούται να χρησιμοποιεί MGO καθ' όλη την παραμονή του στο λιμάνι.
- Κάθε πλοίο υποχρεούται 2 ώρες πριν τον κατάπλου και 2 ώρες πριν τον απόπλου να χρησιμοποιεί MGO για τις ηλεκτρομηχανές και τα boilers περιεκτικότητας σε θείο MGO < S=0.1

2.9.2 Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) αποτελεί κινητήρια δύναμη στις διεθνείς διαπραγματεύσεις για την κλιματική αλλαγή και έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της Σύμβασης-Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) και το Πρωτόκολλο του Κιότο. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υπέγραψε το Πρωτόκολλο στις 29 Απριλίου 1998 και το επικύρωσε τον Μάιο του 2002. Η συνολική προβλεπόμενη μείωση των εκπομπών για την Ευρωπαϊκή Ένωση για την πρώτη περίοδο του Πρωτοκόλλου ήταν κατά 8% [Kyoto Protocol 1998]. Κάθε κράτος μέλος όμως της ΕΕ είχε διαφορετικές επιμέρους υποχρεώσεις και διαφορετική κατανομή φορτίου μείωσης εκπομπών, η οποία φαίνεται στην Εικόνα 30.



Εικόνα 30 Κατανομή στόχων μείωσης εκπομπών εντός ΕΕ για τη περίοδο 2008-2013

Για το 2020 η ΕΕ έχει δεσμευτεί να μειώσει τις εκπομπές της κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Αυτή η δέσμευση της αποτελεί στόχο της στρατηγικής της ανάπτυξης για το 2020 και υλοποιείται βάσει νομοθετικών δεσμεύσεων. Οι πρωτοβουλίες της ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου περιλαμβάνουν [16]:

- Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος (European Climate Change Programme – ECCP), που περιλαμβάνει πλήθος μέτρων και πολιτικών.

- Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (EU Emissions Trading System/Scheme – EU ETS), για την μείωση των εκπομπών από τον ενεργειακό και βιομηχανικό τομέα.

- Την θέσπιση νομοθεσίας για την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020.

- Την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ευρώπη, καθώς και άλλων εξοπλισμών και συσκευών.

- Την μείωση των εκπομπών από τα καινούρια οχήματα.

- Την ανάπτυξη των διαδικασιών δέσμευσης και αποθήκευσης του άνθρακα (Carbon Capture and Storage – CCS) από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και άλλων βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

3ο Κεφάλαιο

3.1 Απαραίτητα δεδομένα για υπολογισμό των αέριων εκπομπών πλοίων

Για τον υπολογισμό των εκπομπών από τα ποντοπόρα πλοία είναι απαραίτητη η συλλογή διαφόρων τύπων δεδομένων για το επίπεδο δραστηριότητας τους ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και τους διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας του. Τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται είναι [17]:

- **Δεδομένα για τα χαρακτηριστικά του πλοίου**

Δεδομένα για τα χαρακτηριστικά του πλοίου μπορούν να διατεθούν από την υπηρεσία Lloyd's Ship Registry. Πέρα από τον τύπο και το όνομα του πλοίου είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν χαρακτηριστικά όπως για τον τύπο του συστήματος πρόωσης, την κύρια ισχύ του κινητήρα, την ηλικία του πλοίου και την ταχύτητα ενώ πιο σπάνια πληροφορίες για τους βοηθητικούς κινητήρες και λέβητες. Τα δεδομένα για τα φορτία λειτουργίας των βοηθητικών κινητήρων και λεβήτων μπορούν να συλλεχθούν από το πρόγραμμα Vessel Boarding Program (VBP) που παρέχει δεδομένα λειτουργίας ή από άλλες αντιπροσωπευτικές πηγές δημοσιευμένων απογραφών λιμένων.

- **Δεδομένα επιπέδου δραστηριότητας**

Τα δεδομένα αυτά παρέχονται από πλοηγούς λιμένων, από ανταλλαγές θαλάσσιων δεδομένων ή συστήματα κυκλοφορίας πλοίων (Vessel Traffic Systems, VTS). Οι πληροφορίες που συλλέγονται αφορούν το νούμερο IMO του πλοίου, την ημερομηνία, την ώρα, την θέση, την θέση παραβολής καθώς και την ταχύτητα του πλοίου. Επειδή δεν μπορεί να προσδιορισθεί η κατανάλωση σε καύσιμα των πλοίων τα δεδομένα δραστηριότητας αφορούν την ισχύ των κινητήρων, άρα οι εκπομπές εκτιμούνται σε ενεργειακή βάση.

Στο επίπεδο δραστηριότητας συμπεριλαμβάνεται και η ταχύτητα του πλοίου, η οποία εξαρτάται από την θέση και την απόστασή του πλοίου σε σχέση με το λιμάνι. Έξω από την είσοδο στον λιμένα υπάρχει μια ζώνη προφύλαξης, οπού τα πλοία πρέπει να μειώσουν την ταχύτητά τους ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης(RSZ). Αυτή η ζώνη ελέγχεται από τα συστήματα κυκλοφορίας πλοίων. Τέλος τα δεδομένα αυτά διαφοροποιούνται και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το αν είναι σε κατάσταση άφιξης, αναχώρησης, στροφής, κατά την διάρκεια της παραβολής ή της αγκυροβόλησης.

- **Δεδομένα κατάστασης λειτουργίας**

Η κατάσταση λειτουργίας μπορεί να προσδιορισθεί ανάλογα με τα γεωγραφικά όρια της απογραφής στις τρείς λειτουργίες που αναφέρθηκαν και προηγουμένως. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να συλλεχθούν από πλοηγούς λιμένων, διαχειριστές συστημάτων κυκλοφορίας πλοίων ή από τους κυβερνήτες των πλοίων.

- **Δεδομένα γεωγραφικού τομέα**

Αφού έχουν ορισθεί τα γεωγραφικά όρια μιας απογραφής, πληροφορίες για την θέση του πλοίου καθώς ταξιδεύει μπορούν να συλλεχθούν από ναυτικούς χάρτες, πλοηγούς λιμένων, διαχειριστές συστημάτων κυκλοφορίας πλοίων ή από τους κυβερνήτες των πλοίων.

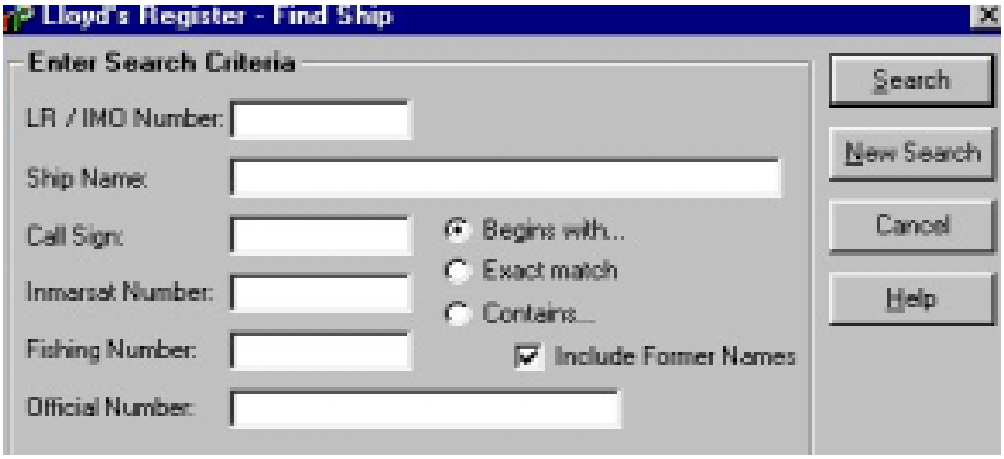
3.2 Βάσεις δεδομένων (databases)

Προκειμένου να εκτιμηθούν τα ποσοστά των εκπομπών από τα πλοία απαιτείται η άμεση συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με το τύπο του πλοίου, το επίπεδο της δραστηριότητας τους, τη κατάσταση λειτουργίας τους (transit, maneuring, hotelling), εντός της γεωγραφικής περιοχής που πραγματοποιείται η απογραφή των εκπομπών. Οι πηγές οργανώνονται και εφοδιάζονται με τις απαραίτητες πληροφορίες συνήθως από τον ίδιο το λιμένα. Τα λιμάνια καθορίζουν τις πηγές τους με βάση τη γεωγραφική θέση τους, πολιτικούς λόγους ή με σκοπό την απογραφή των εκπομπών. Είναι αξιοσημείωτο γεγονός ότι τα γνωστά OGVs (ποντοπόρα πλοία) απαιτούν τη συγκέντρωση των περισσότερων δεδομένων, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες κατηγορίες.

Η Lloyd'S register - Fairplay είναι μια κοινή επιχείρηση, που σχηματίστηκε τον Ιούλιο του 2001 από τη συγχώνευση της Maritime Group της Publishing Lloyd και της Fairplay, μια εταιρεία που ανήκει στον πρωθυπουργό Publications Limited. Τον Μάρτιο του 2008, κάποιες Εκδόσεις της εξαγοράστηκαν από την IHS A.E. καθιστώντας ουσιαστικά την IHS Inc 50-50 συνέταιρο της Lloyd's register– Fairplay. Συγκεκριμένα, οι κυριότερες βάσεις δεδομένων είναι οι εξής [18]:

1. Lloyd's register data: Η Lloyd's register - Fairplay έχει πάνω από 180 υπαλλήλους κα διαθέτει πάνω από 200 ομάδες σε όλο τον κόσμο. Τα γραφεία της εδρεύουν σε χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, Σουηδία, Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και τη Σιγκαπούρη. Η Lloyd's register - Fairplay μπορεί να ικανοποιήσει τις διεθνείς απαιτήσεις σχετικά με πληροφορίες που αφορούν τα πλοία, τις εταιρείες, τους λιμένες, τις κινήσεις και ειδήσεις που σχετίζονται με τις υπηρεσίες, καθώς και την παροχή ερευνητικών και συμβουλευτικών υπηρεσιών. Παράλληλα, παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες όλων των πλοίων με βάρος 100 τόνων και άνω. Ενώ, συμπεριλαμβάνονται και οι διαστάσεις του πλοίου, οι ικανότητες, η χωρητικότητα, τα υλικά κατασκευής, η ιδιοκτησία, η ισχύς του κινητήρα και η ταχύτητα του πλοίου, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κύριων και βοηθητικών μηχανών, αλλά και ειδικά χαρακτηριστικά όπως είναι ο τύπος των φορτοεκφορτωτών και το είδος της γάστρας του πλοίου. Εκτός από πληροφορίες για τη λειτουργία των πλοίων παρέχει πληροφορίες και για τη 333 συντήρηση τους. Ένα σκάφος παραμένει εγγεγραμμένο στο Lloyd μέχρι να βυθιστεί, ή να διαλυθεί. Κάποιες βασικές πληροφορίες που παρέχει ακόμη είναι: όνομα πλοίου, αριθμός IMO, ημερομηνία κατασκευής (build date, dead weight tonnage DWT[2], flag).

[2] όπου το deadweight είναι το ίσο με την μεταφορική ικανότητα του πλοίου περιλαμβανομένων των αποθηκών, δεξαμενών καυσίμου ή άλλων προμηθειών απαραιτήτων για την πρόωση του πλοίου.



Εικόνα 31 :παράδειγμα απεικόνισης Lloyd's Register

2. IHS Fairplay World Shipping Encyclopedia: Η IHS fairplay, η οποία απασχολεί 3.000 άτομα σε περισσότερες από 30 τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο. Παρέχει πληροφορίες στους πελάτες της μέσω DVD σχετικά με πλοία 100 GT και άνω. Οι βασικές δυνατότητες που προσφέρει είναι οι εξής:

- ✓ Λεπτομέρειες για πάνω από 116.000 σκάφη (100 GT και άνω)
- ✓ Περιλαμβάνει πλοία σε παραγγελία και υπό κατασκευή
- ✓ Πάνω από 124.000 συνδεδεμένες εταιρείες
- ✓ Πάνω από 10.000 λιμάνια και τερματικούς σταθμούς
- ✓ Atlas Maritime με σχέδια, διαγράμματα του λιμένα και φωτογραφίες
- ✓ Πίνακες με Γεωγραφικές Αποστάσεις
- ✓ Τριμηνιαίες ενημερώσεις μέσω CD/DVD
- ✓ Σύνδεσμο “Photofinder”

3. Sea-web: Η sea-web είναι μία εύκολη σχετικά στη χρήση υπηρεσία, που παρέχει μία σειρά από πολλαπλές δυνατότητες αναζήτησης . Ουσιαστικά, παρέχει πληροφορίες για το τύπο του πλοίου, τους ιδιοκτήτες, τους ναυπηγούς, σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα των κινήσεων των πλοίων και πληροφορίες για τη κίνηση πλοίων στα περισσότερα λιμάνια(sea-web ports).

Τα βασικά χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

- ✓ Λεπτομέρειες για πάνω από 180. 000 πλοία άνω των 100 τόνων ολικής Χωρητικότητας.
- ✓ Εκτενής βιβλιοθήκη εικόνων.
- ✓ Πάνω από 200. 000 αρχεία της εταιρείας
- ✓ Πληροφορίες για τους Ναυπηγούς με πλήρη καταχώρηση του στόλου κάθε πλοίου.
- ✓ Sea-web App Mobile δωρεάν στους συνδρομητές.
- ✓ Ενημερώνεται καθημερινά.
- ✓ 24ωρη πρόσβαση από οποιοδήποτε internet-enabled PC.

3.2.1 Δευτερεύουσες βάσεις δεδομένων

Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν μια σειρά από μικρότερες βάσεις δεδομένων που αντλούν πληροφορίες κυρίως από τη Lloyd's register – Fairplay. Οι κυριότερες από αυτές, αναφέρονται παρακάτω :

- **Λιμενική Αρχή**

Η λιμενική αρχή αποτελεί μια αξιόπιστη πηγή δεδομένων όσον αφορά τις λειτουργίες των πλοίων. Γενικά με κάθε κλήση πλοίου πραγματοποιείται και μία καταγραφή. Οι καταγραφές από τις λιμενικές αρχές περιλαμβάνουν πληροφορίες για:

- ✓ το όνομα του πλοίου
- ✓ ημερομηνία και ώρα άφιξης και αναχώρησης του πλοίου,

ενώ πιο λεπτομερής καταγραφές μπορούν να συμπεριλάβουν και:

- ✓ την σημαία προέλευσης
- ✓ τον τύπο πλοίου
- ✓ τις θέσεις παραβολής
- ✓ τις θέσεις αγκυροβόλησης
- ✓ το επόμενο λιμάνι προορισμού
- ✓ τον τύπο φορτίου
- ✓ τα συνολικά τονάζ του φορτίου
- ✓ τις διαστάσεις του πλοίου

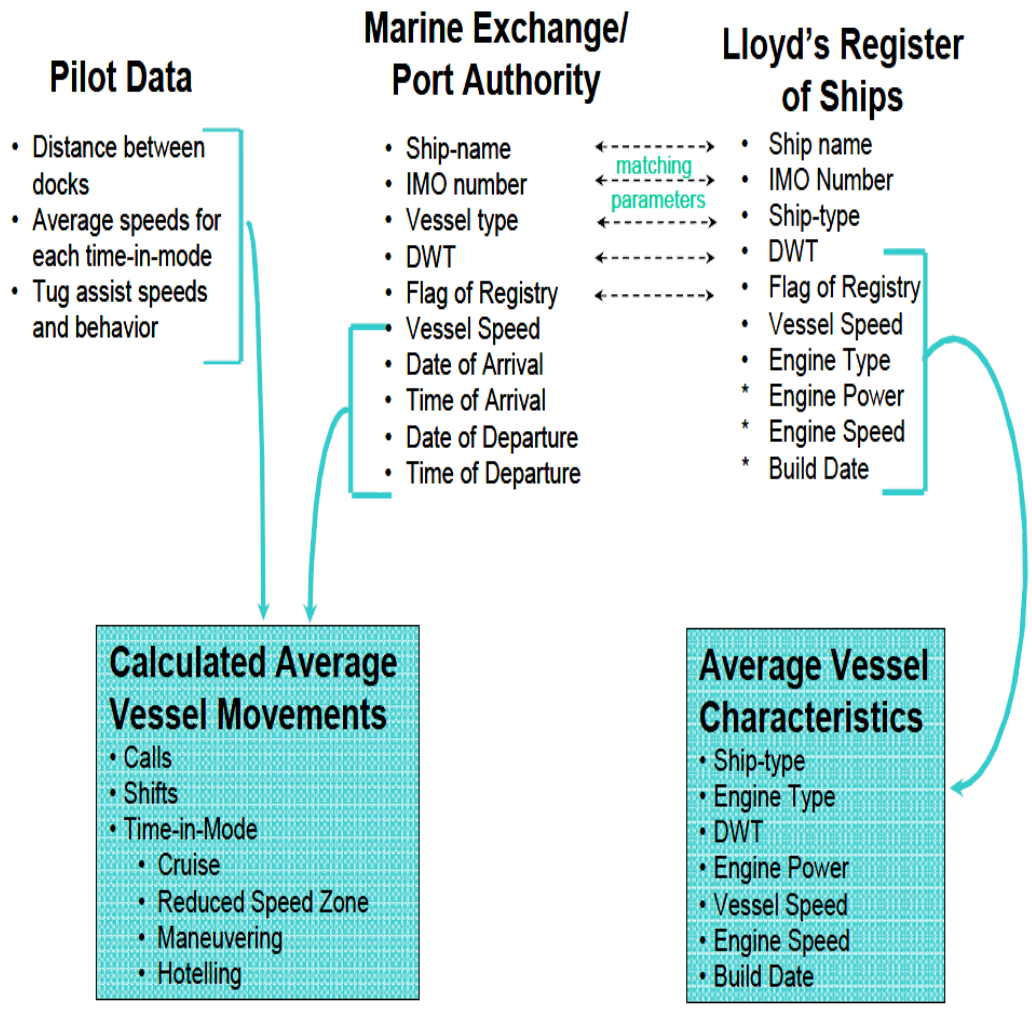
- **Σύστημα Κυκλοφορίας Πλοίων (Vessel Traffic Systems, VTS)**

Με τα συστήματα κυκλοφορίας πλοίων βελτιώνεται η ασφάλεια στις θαλάσσιες μεταφορές και ταυτόχρονα διευκολύνονται και οι διάφορες λειτουργίες του λιμένα. Τα συστήματα αυτά παρέχουν στατικές πληροφορίες για τα πλοία όπως τον τύπο και το μέγεθος του πλοίου, καθώς και δυναμικά, όπως το φορτίο που μεταφέρουν, τον προορισμό και την πορεία τους, την ταχύτητα και την προγραμματισμένη ώρα άφιξης. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συμμόρφωση στις ζώνες μειωμένης ταχύτητας και για τον προσδιορισμό των μέσων ταχυτήτων των πλοίων.

- **Πλοηγοί Πλοίων**

Οι πλοηγοί πλοίων μπορούν να δώσουν πολύτιμες πληροφορίες για τον υπολογισμό των χρόνων που βρίσκονται τα πλοία σε κάθε διαφορετική θέση λειτουργίας, για τις ταχύτητες ανά τύπο πλοίου και γενικά για τις τυπικές λειτουργίες του πλοίου. Ένας πλοηγός λιμανιού επιβιβάζεται στα πλοία, όταν αυτά πλησιάζουν κοντά στους κυματοθραύστες. Η επιβίβαση γίνεται καθώς τα πλοία βρίσκονται στην ζώνη μειωμένης ταχύτητας, με αυτό τον τρόπο ο πλοηγός αναλαμβάνει το πλοίο και συνεργάζεται με τα ρυμουλκά σκάφη για την παραβολή του πλοίου στο λιμάνι.

.



Εικόνα 32: Αλληλεπίδραση των βάσεων δεδομένων

3.3 Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης (AIS).

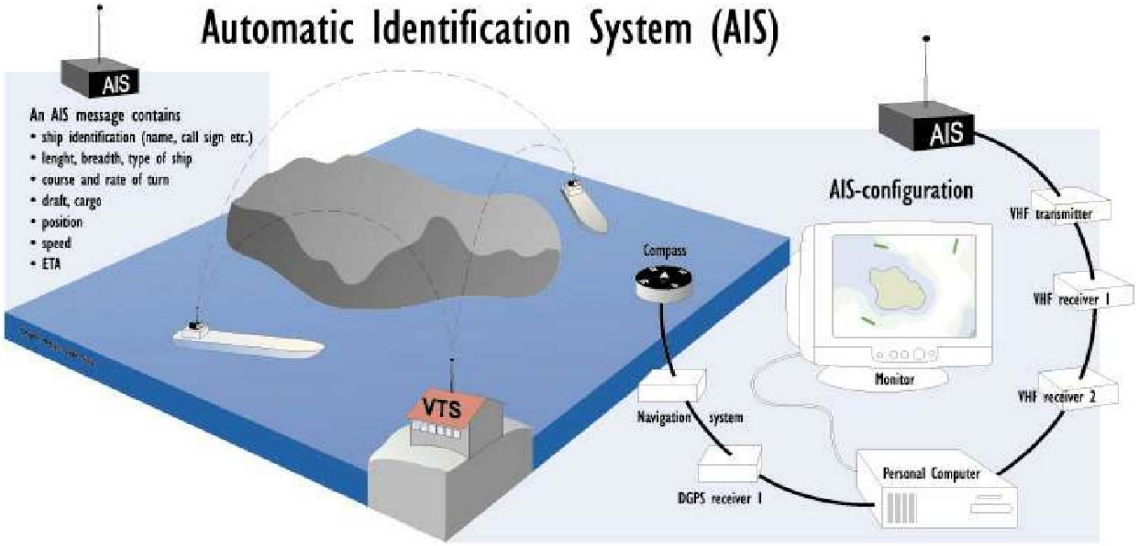
Ένα σύστημα αυτόματης αναγνώρισης (AIS) χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση της θαλάσσιας κυκλοφορίας [19]. Το AIS στέλνει και λαμβάνει πληροφορίες ταυτοποίησης του πλοίου, που μπορούν να εμφανίζονται σε ένα φορητό υπολογιστή ή πλοτέρ. Το AIS προσφέρει στους ναυτικούς τη δυνατότητα έγκυρης πληροφόρησης σχετικά με:

- Στατικά δεδομένα, όπως το Διεθνές Διακριτικό Σήμα, το όνομα, τον αριθμό αναγνώρισης IMO, τον τύπο του και τις διαστάσεις του πλοίου.

- Δεδομένα σχετικά με το ταξίδι, όπως βύθισμα, είδος φορτίου, προορισμό, και αναμενόμενο χρόνο άφιξης του πλοίου.

- Δυναμικά δεδομένα, όπως την ώρα, τη θέση του πλοίου (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), την πορεία, την πορεία ως προς το βυθό, την ταχύτητα, το ρυθμό που στρίβει και την κατάσταση πλεύσης.

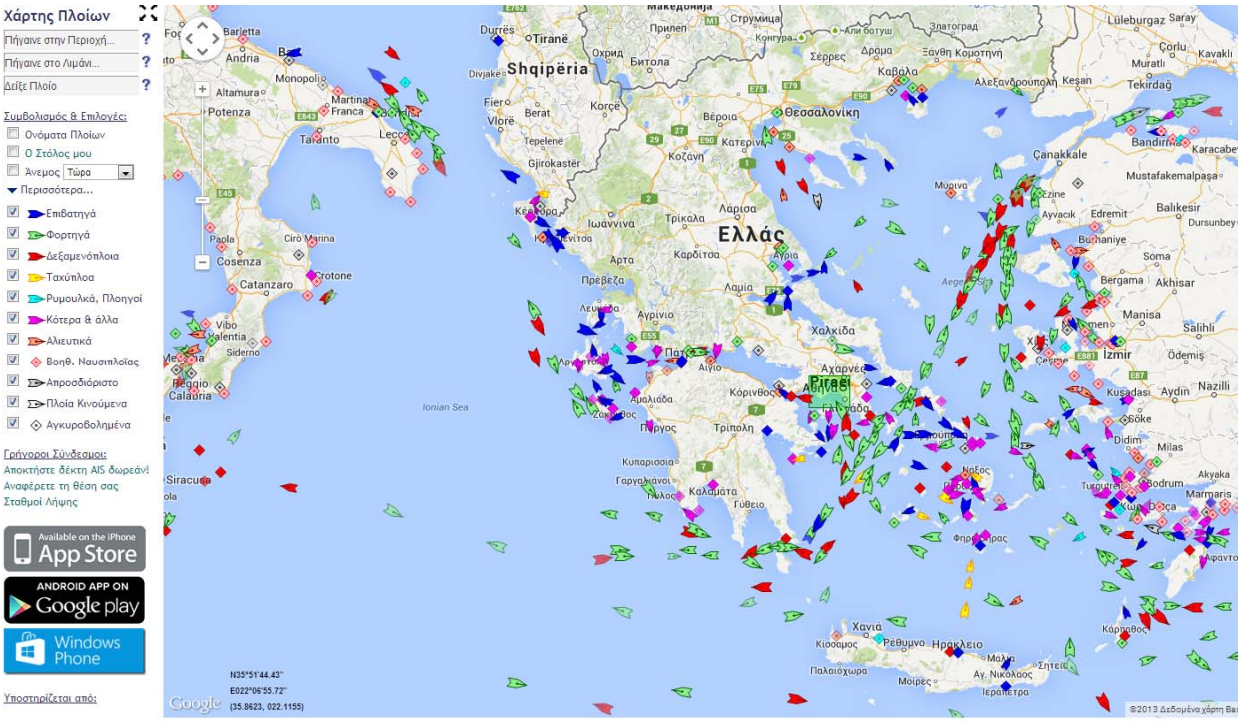
Επίσης, το πλοίο μπορεί να δεχθεί πληροφορίες όχι μόνο από άλλα καράβια, αλλά και από αρμόδιες αρχές στην ξηρά όπως την Υπηρεσία Κυκλοφορίας Πλοίων. Το AIS βοηθάει τους ναυτικούς στο να έχουν καλύτερη και πιο έγκυρη επίγνωση της κατάστασης γύρω τους και επιτρέπει πιο αποτελεσματικές και έγκυρες ρυθμίσεις όσον αφορά στο πέρασμα των πλοίων σε πολυσύχναστα νερά. Μια ακόμα πολύτιμη εφαρμογή του AIS παρατηρείται κατά τη διάρκεια επιχειρήσεων αναζήτησης και διάσωσης πλοίων και των πληρωμάτων τους, καθώς είναι σημαντικό για τις αρμόδιες αρχές να γνωρίζουν με ακρίβεια τη θέση των υπόλοιπων πλοίων στην περιοχή ή των ατόμων που βρίσκονται σε κίνδυνο.



Εικόνα 33 Αναπαράσταση συστήματος AIS**.**

Το σήμα του συστήματος αυτού μέχρι πρότινος, μεταδίδεται από το πλοίο, κι έτσι αυτό πρέπει να είναι εντός ενός μέγιστου ορίου απόστασης για να μπορεί να φτάσει το σήμα. Συγκεκριμένα, το AIS έχει= μικρή εμβέλεια (περίπου 40 ναυτικά μίλια). Ωστόσο, από τότε που τα δεδομένα του AIS μεταδίδονται μέσω δορυφόρου, η εμβέλειά του έχει πάψει να είναι περιορισμένη.

Ένα τέτοιο σύστημα είναι και το AIS Live της Lloyds Fairplay, το οποίο είναι το πρώτο σύστημα που παρέχει διαδικτυακά εφαρμογές που δείχνουν τις κινήσεις των πλοίων σε πραγματικό χρόνο. Οι πληροφορίες που δίνονται, για τα πλοία που παρακολουθούνται, αφορούν το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, την πορεία, την ταχύτητα και τον επόμενο προορισμό του πλοίου.



Εικόνα 34:Ενδεικτικός χάρτης από αυτόματο σύστημα αναγνώρισης με κίνηση πλοίων.

Το AIS δίκτυο παρέχει πληροφορίες σε πάνω από 100 χώρες και πάνω από 2.000 λιμένες και τερματικούς σταθμούς σε όλο τον κόσμο. Δείχνει σήμερα σε περίπου 27.000 πλοία τις πραγματικές θέσεις τους κάθε ημέρα. Η θέση του κάθε πλοίου εντός των περιοχών κάλυψης εμφανίζεται σε ένα διάγραμμα και ενημερώνεται κάθε 3 λεπτά, 24 ώρες την ημέρα! Απλά κάνοντας κλικ σε ένα σκάφος, πρόσθετα στοιχεία είναι διαθέσιμα, όπως ο αριθμός IMO, το γεωγραφικό πλάτος, μήκος, φυσικά, και το επόμενο λιμάνι.

Αρκετοί είναι εκείνοι, ωστόσο, που εντοπίζουν και αρκετά μειονεκτήματα στη χρήση ενός AIS. Με τα Συστήματα Αυτόματης Αναγνώρισης πλοίων να μεταδίδουν στοιχεία μέσω δορυφόρου, η ασφάλεια των πλοίων, στην οποία οφείλουν και την ύπαρξή τους, ίσως να απειλείται παραπάνω από ό, τι διαφυλάσσεται. Στην εποχή της δωρεάν πληροφόρησης και της εύκολης και γρήγορης εξέλιξης και μεταβίβασης τεχνολογιών και αυτή η εφεύρεση έπεσε θύμα κατάχρησης, δημιουργώντας ζητήματα ασφαλείας!

3.4 Μέθοδοι υπολογισμού εκπομπών πλοίων

Οι εκπομπές από τα σκάφη και τα ποντοπόρα πλοία αποτελούν περίπλοκη κατηγορία υπολογισμού εκπομπών, καθώς εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους, όπως το τύπο του πλοίου και του φορτίου που μεταφέρουν, την διαμόρφωση των συστημάτων τροφοδοσίας ενέργειας, τους κινητήρες, και τέλος των διαφορετικών τρόπων λειτουργίας τους ανάλογα με την περιοχή πλεύσης. Ο υπολογισμός των εκπομπών γίνεται με τον συνδυασμό της απαιτούμενης ενέργειας του πλοίου εκφρασμένης σε κιλοβατώρες (kWh) και ενός συντελεστή εκπομπών σε μονάδες μάζας ρύπου ανά μονάδα ενέργειας από τον κινητήρα, δηλαδή κιλοβατώρες [WPCI, 2010]. Η εξίσωση υπολογισμού είναι:

$$E = E_{ENERGY} \times EF$$

όπου ο όρος της ενέργειας αποτελεί έναν συνδυασμό της μέγιστης συνεχής ονομαστικής ισχύος εκφρασμένης σε kW, του συντελεστή φορτίου που εκφράζει το φορτίο λειτουργίας του κινητήρα ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου και είναι αδιάστατος, και του χρόνου λειτουργίας σε κάθε κατάσταση λειτουργίας. Ο όρος της ενέργειας δίνεται από την σχέση:

$$E_{ENERGY}=MCR \times LF \times Act$$

Όπου,
MCR= Η μέγιστη συνεχής ονομαστική ισχύ (Kw)
LF=Ο συντελεστής φορτίου λειτουργίας (Load Factor)
Act=Ο χρόνος λειτουργίας (hr)

<u>Δεδομένα δραστηριότητας</u>

- **Μέγιστη συνεχής ονομαστική ισχύ**

Η μεγίστη συνεχής ονομαστική ισχύος (Maximum Continuous Rated Power, MCR Power) ορίζεται από τις δοκιμές που πραγματοποιεί ο κατασκευαστής του κινητήρα. Μια αντιπροσωπευτική τιμή που μπορεί να ληφθεί γι' αυτό το χαρακτηριστικό, είναι η Lloyd's Power value. Ο διεθνής προσδιορισμός απαιτεί την ονομαστική αυτή ισχύ σε μονάδες kW και συνδέεται με την υψηλότερη ισχύ του κινητήρα ενός πλοίου κατά ένα μέσο φορτίο και σε συνθήκες θαλάσσης. Ωστόσο η λειτουργία ενός πλοίου στο 100% της μέγιστης συνεχής του ονομαστικής ισχύος είναι πολύ ακριβή από άποψη κατανάλωσης καυσίμων και την οπτική της συντήρησης του κινητήρα, κι είναι πιο συνηθισμένο να λειτουργεί με μέγιστο όριο περίπου στο 83% της μέγιστης συνεχούς ονομαστικής ισχύος.

- **Συντελεστής φορτίου**

Ο συντελεστής φορτίου εκφράζει τον λόγο της παραγόμενης ενέργειας του κινητήρα για μια δοσμένη ταχύτητα κινητήρα που έχει συγκεκριμένη μέγιστη συνεχή ονομαστική ισχύ. Για τις ταχύτητες πλεύσης ο συντελεστής φορτίου του συστήματος πρόωσης για τους κύριους κινητήρες είναι 83%. Για χαμηλότερες ταχύτητες ο προσδιορισμός του συντελεστή φορτίου για το σύστημα πρόωσης βασίζεται στην θεωρία ότι το φορτίο του

κινητήρα πρόωσης είναι ανάλογο με τον κύβο της ταχύτητας του πλοίου. Ο συντελεστής του κινητήρα πρόωσης υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$LF= (Actual\ speed / Max\ speed)^3$$

Σε κάποιες περιπτώσεις ο συντελεστής φορτίου μπορεί να υπερβεί το 83% της μέγιστης συνεχούς ονομαστικής ισχύος. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν το πλοίο πλέει ταχύτερα από την μέγιστη ταχύτητα πλεύσης λόγω ευνοϊκών συνθηκών αέρα.

Γι' αυτό το λόγο υπάρχει ένα φραγμένο όριο του συντελεστή φορτίου ώστε ο συντελεστής να μην υπερβαίνει το 100% [8].

Ο συντελεστής φορτίου για τους βοηθητικούς κινητήρες διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου. Σε μια λεπτομερή απογραφή οι συντελεστές αυτοί θα πρέπει να προσδιορίζονται ξεχωριστά για κάθε πλοίο, ενώ για πιο απλοποιημένες προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πίνακες που δίνουν τον συντελεστή φορτίου ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου .

- **Συντελεστές Εκπομπών**

Οι διαθέσιμες τιμές για τους συντελεστές εκπομπών δίνονται για δύο είδη ταχυτήτων ντίζελ κινητήρων, χαμηλής ταχύτητας (slow speed diesel, SSD) και μέσης ταχύτητας (medium speed diesel ,MSD), για ατμοστρόβιλους (steam turbines, ST) και αεροστρόβιλους (gas turbines ,GT), καθώς και για τα τρία είδη καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα πλοία RO, MDO και MGO (πίνακας 7). Ο προσδιορισμός των συντελεστών εκπομπών μπορεί να γίνει με βάση την ονομαστική ισχύ και του επίπεδου ελέγχου εκπομπών του κινητήρα, το οποίο εξαρτάται από το έτος κατασκευής του κινητήρα [U. S. EPA, 2009]. Ανάλογα το έτος κατασκευής του μοντέλου του κινητήρα μπορεί να προσδιορισθεί και το επίπεδο ελέγχου των εκπομπών, καθώς τα νεότερα μοντέλα έχουν μεγαλύτερο επίπεδο ελέγχου εκπομπών με αποτελεσματικότερες μεθόδους ελέγχου των εκπομπών αερίων. Ο συντελεστής εκπομπής για τα οξείδια του αζώτου NO_x, δηλαδή η ποσότητα οξειδίων αζώτου που εκπέμπονται από τα πλοία, εξαρτάται από τον τύπο των μηχανών των πλοίων. Ο συντελεστής εκπομπής για το διοξείδιο του θείου SO_2, εξαρτάται από την περιεκτικότητα του θείου που υπάρχει στα καύσιμα. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τις βοηθητικές μηχανές, κανονικά, πρέπει να έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο από τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τις κύριες μηχανές.

- **Χρόνος λειτουργίας**

Η δραστηριότητα προσδιορίζεται από τον χρόνο λειτουργίας του κινητήρα για κάθε κατάσταση λειτουργίας. Η διέλευση σε μια ζώνη, η οποία αντιστοιχεί και σε μια συγκεκριμένη λειτουργία κινητήρα, μπορεί να προσδιοριστεί από τον χρόνο που κινείται μέσα σε αυτή την ζώνη [8]. Ο χρόνος διέλευσης υπολογίζεται από την σχέση:

$$Act=Distance/AS$$

Όπου,

Distance= Η απόσταση σε ναυτικά μίλια (nautical miles)

AS= Η πραγματική ταχύτητα του πλοίου (knots)

Πιο συγκεκριμένα οι χρόνοι δραστηριότητας για καθέναν από τους τρεις διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας ενός πλοίου, και επιπρόσθετα για την ζώνη μειωμένης ταχύτητας, περιγράφονται παρακάτω.

- **Χρόνος πλεύσης**

Η ταχύτητα στη θέση αυτή λαμβάνεται γενικά ως το 94% της μέγιστης ταχύτητας πλεύσης. Η απόσταση από το θαλάσσιο όριο της απογραφής μέχρι την ζώνη μειωμένης ταχύτητας ή τον μόλο του λιμένα, σε συνδυασμό με την ταχύτητα πλεύσης σε αυτή την κατάσταση μπορούν να προσδιορίσουν τον χρόνο λειτουργίας του πλοίου σε πλεύση. Για μία λεπτομερή απογραφή οι ταχύτητες και οι χρόνοι αυτοί θα πρέπει να υπολογίζονται, ενώ για πιο απλοποιημένες προσεγγίσεις μπορούν να ληφθούν αντιπροσωπευτικές τιμές.

- **Χρόνος ελιγμών**

Ο Χρόνος λειτουργίας σε αυτή την κατάσταση μπορεί να προσδιορισθεί από την απόσταση που διανύει το πλοίο από τον μόλο μέχρι το σημείο παραβολής. Οι μέσες ταχύτητες ελιγμών κυμαίνονται από 3 μέχρι 8 knots ανάλογα με την κατεύθυνση και τον τύπο του πλοίου. Οι χρόνοι των ελιγμών εξαρτώνται από την θέση παραβολής και την διαδρομή προσέγγισης στο τερματικό σταθμό, καθώς και στις απαιτήσεις του πλοίου σε στροφές. Οι ταχύτητες ελιγμών μπορούν να προσδιορισθούν από τους πλοηγούς πλοίων.

- **Χρόνος Αναμονής**

Ο χρόνος όπου το πλοίο βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής μπορεί να προσδιορισθεί από τον χρόνο μεταξύ της άφιξης και της αναχώρησής του αφαιρώντας τον απαιτούμενο χρόνο για ελιγμούς. Σε μια λεπτομερή απογραφή είναι επιθυμητό να διαχωρίζονται οι χρόνοι που το πλοίο είναι αγκυροβολημένο χωρίς να είναι σε θέση παραβολής και οι χρόνοι οπού είναι στην θέση παραβολής. Επίσης πρέπει να γίνεται διαχωρισμός των πλοίων που τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια από την ακτή και αυτών που δεν χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα τροφοδοσίας.

- **Ζώνη μειωμένης ταχύτητας**

Στη ζώνη αυτή η ταχύτητα των πλοίων είναι μικρότερη από αυτή στην περίπτωση πλεύσης και μεγαλύτερη από αυτή κατά την διάρκεια των ελιγμών. Κυμαίνεται από 9 μέχρι 12 knots και είναι η μέγιστη δυνατή για λόγους ασφαλείας πλοήγησης του πλοίου καθώς το πλοίο πλησιάζει ένα λιμάνι για την παραβολή του. Η ζώνη μειωμένης ταχύτητας τελειώνει στην είσοδο του λιμένα. Μάλιστα κάποια λιμάνια θεσπίζουν αυτές τις ζώνες για την μείωση των εκπομπών τους από τα ποντοπόρα πλοία. Οι μέσες ταχύτητες στη ζώνη αυτή μπορούν να προσδιορισθούν από πλοηγούς πλοίων.

Οι χρόνοι αυτοί λειτουργίας επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες όπως:

1. **Συνθήκες κυκλοφορίας**: συνθήκες κυκλοφορίας μπορούν να αναγκάζουν τα πλοία να ταξιδεύουν πιο προσεκτικά και με χαμηλότερες ταχύτητες.

2. **Ρεύματα**: Οι ταχύτητες πλεύσης καθώς και ο συντελεστής φορτίου επηρεάζονται σημαντικά από την κατεύθυνση του ρεύματος. Ενδεικτικά για τα πλοία που κινούνται αντίθετα με το ρεύμα, η πραγματική ταχύτητα είναι αυτή του πλοίου συν την ταχύτητα του ποταμού.

3. **Οι Καιρικές συνθήκες**: στην περίπτωση δυνατών ανέμων τα πλοία δυσκολεύονται στην εκτέλεση των ελιγμών. Επίσης στις περιπτώσεις βροχής και ομίχλης μειώνεται η ορατότητα και έτσι τα πλοία πλέουν σε πολύ χαμηλότερες ταχύτητες. Η διαδικασία του ελλιμενισμού διαρκεί συνεπώς περισσότερο, με αποτέλεσμα μεγαλύτερους χρόνους ελιγμών.

4. **Πρόγραμμα άφιξης πλοίων**: ο πλοηγός είναι υπεύθυνος ώστε το πλοίο να συναντήσει το ρυμουλκό και να φτάσει τη σωστή ώρα στο σημείο παραβολής. Σε περίπτωση καθυστέρησης ο πλοηγός θα πρέπει να αυξήσει την ταχύτητα μέχρι το ανώτατο επιτρεπτό όριο, ενώ σε αντίθετη περίπτωση να μειώσει την ταχύτητα.

3.5 Λεπτομερής μέθοδος υπολογισμού

Η μέθοδος αυτή πρέπει να χρησιμοποιείται όταν λεπτομερή δεδομένα σχετικά με τη κίνηση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά (ισχύς κινητήρα, μέγεθος κινητήρα), ο τύπος καυσίμου και οι ώρες για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου είναι διαθέσιμες. Για τα εμπορικά πλοία, η συγκεκριμένη μέθοδος υπολογίζει τις εκπομπές από τη ναυσιπλοΐα για ένα ταξίδι, αθροίζοντας τις επιμέρους εκπομπές που προκύπτουν από τις διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου [15]. Ως εκ τούτου, για ένα μόνο ταξίδι, οι εκπομπές μπορούν να εκφραστούν ως εξής:

$$E_{trip} = E_{hotelling} + E_{manoeuvring} + E_{cruising}$$

Ωστόσο, δύο διαφορετικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των εκπομπών ανάλογα με τα δεδομένα που συλλέγονται:

1.Στη περίπτωση που για ένα ταξίδι, η κατανάλωση καυσίμου σε κάθε κατάσταση λειτουργίας είναι γνωστή (πίνακας 9) για κάθε τύπο πλοίου/κινητήρα, οι εκπομπές του ρύπου **i** μπορούν να υπολογιστούν από τον εξής τύπο:

$$E_{trip, i, j, m} = \sum (FC_{j, m, p} \times EF_{i, j, m, p})$$

όπου,
Etrip=εκπομπές από ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους),
FC = κατανάλωση καυσίμου (σε τόνους),
EF = συντελεστής εκπομπών (kg / kW),
i = ρύποι,
j = τύπος του κινητήρα (αργής, μεσαίας και υψηλής ταχύτητας diesel, αεριοστρόβιλος, ατμοστρόβιλος).
m = τύπος καυσίμου (bunker fuel oil, marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO)
p=οι καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου, κρουαζιέρα (cruising), ελιγμοί (maneuvering), διανυκτέρευση (hotelling).

2. Στη περίπτωση που για ένα ταξίδι, η κατανάλωση καυσίμου δεν είναι γνωστή τότε η Ονομαστική Ισχύς του κινητήρα χρησιμοποιείται προκειμένου να υπολογιστούν οι εκπομπές του ρύπου **i** :

$$E_{trip, i, j, m} = \sum (T_p \Sigma (P_e \times LF_e \times EF_{e, i, j, m, p}))$$

όπου,
Etrip = εκπομπές από ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους),
EF = συντελεστής εκπομπών (kg / kW),
LF = συντελεστής φορτίου κινητήρα(load factors) (%),
P = ονομαστική ισχύς κινητήρα (kW),
T = χρόνος (ώρες),
e = κατηγορία κινητήρα (κύριοι, βοηθητικοί, λέβητες),
i = τύπος ρύπων (NOx, CO_2, PM),
j = τύπος κινητήρα(αργής, μεσαίας και υψηλής ταχύτητας diesel, αεριοστρόβιλους και ατμοστροβίλους),
m = τύπος καυσίμου (bunker fuel oil, marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO), gasoline),
p = οι καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου κρουαζιέρα (cruising), ελιγμοί (maneuvering), διανυκτέρευση (hotelling).

Συνολικά, προκειμένου να απλοποιήσουμε τη διαδικασία υπολογισμού των εκπομπών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν τύπο υπολογισμού που αφορά τις εκπομπές της κύριας και των βοηθητικώς μηχανών ταυτόχρονα κατά τη διάρκεια των ελιγμών και ένα τύπο υπολογισμού που αφορά, τις εκπομπές της κύριας και των βοηθητικών μηχανών, κατά τη θέση αγκυροβολίας [17]. Συγκεκριμένα:

$$E_M = T_M \times [(ME \times LF_{ME} \times EF_{ME}) + (AE \times LF_{AE} \times EF_{AE})] \times 10^{-6}$$

$$E_B = T_B \times [(ME \times LF_{ME} \times EF_{ME}) + (AE \times LF_{AE} \times EF_{AE})] \times 10^{-6}$$

Όπου,
E_M ή E_B = εκπομπές του πλοίου κατά τη διάρκεια των ελιγμών ή στη θέση αγκυροβολίας αντίστοιχα σε τόνους.
T_M = χρόνος που απαιτείται κατά τη διάρκεια των ελιγμών(h)
T_B = χρόνος που απαιτείται κατά τη θέση αγκυροβολίας. (h)

3.5.1 Υπολογισμός εκπομπών : Λέβητες

Όσον αφορά τους λέβητες (boilers), οι εκπομπές υπολογίζονται με βάση το ρυθμό κατανάλωσης καυσίμου και το χρόνο δραστηριότητας. Συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας τον εξής τύπο:

$$Eb = F \times T \times EF$$

όπου,
Eb: εκπομπές από τα boiler(g),
F:ρυθμός κατανάλωσης καυσίμου(tonne of fuel/hour),
T:χρονική δραστηριότητα πλοίου(h),
Συντελεστής εκπομπών(g/tonne of fuel).

3.6 Μεθοδολογία υπολογισμού αέριων εκπομπών πλοίων

Τα ακόλουθα βασικά βήματα απαιτούνται για την εκτίμηση των εκπομπών, ενώ έχουμε ως δεδομένο την Ονομαστική Ισχύς του κινητήρα :

1. Καταγραφή δεδομένων όπως: τόπος αναχώρησης, τόπος άφιξης, ώρα αναχώρησης, ώρα άφιξης για κάθε πλοίο. Τα παραπάνω δεδομένα αφορούν είτε ένα ολόκληρο έτος είτε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του έτους. Αυτή η επιλογή θα εξαρτηθεί από τους διαθέσιμους πόρους και την απαιτούμενη ακρίβεια της μελέτης.

2. Καθορισμός της διαδρομής πλεύσης και των αποστάσεων μεταξύ των λιμένων. Ένα GIS (Geographical Information System) είναι χρήσιμο για το καθορισμό της διαδρομής, αλλά όχι απαραίτητο. Έτσι, εάν ένα GIS δεν είναι διαθέσιμο, υπάρχουν τυποποιημένοι πίνακες απεικόνισης των αποστάσεων μεταξύ των κύριων λιμένων.

3. Υπολογισμός του συνολικού χρόνου ιστιοπλοΐας, για κάθε κατηγορία πλοίου, τύπο καυσίμου και τύπο κινητήρα, είτε με βάση την απόσταση σε συνδυασμό με τη μέση ταχύτητα κρουαζιέρας **(activity time=distance/actual speed),** είτε χρησιμοποιώντας την ώρα αναχώρησης και την ώρα άφιξης. Η επιλογή για το τελικό τρόπο υπολογισμού θα πρέπει να γίνει με βάση την αξιολόγηση της ποιότητας των δεδομένων.

4. Χαρακτηρισμός κάθε πλοίου ανά κατηγορία, ανάλογα με την Ονομαστική Ισχύ της κύριας μηχανής ή αν είναι άγνωστη η Ονομαστική Ισχύς τότε ανά τύπο κινητήρα/τύπο καυσίμου**.** Σε αυτό το σημείο, γίνεται κατανοητό ότι οι διαφορές βάσεις δεδομένων παίζουν σημαντικό ρόλο για την απόκτηση δεδομένων. Η εγγραφή στη Lloyd΄s Register προσφέρει πληροφορίες και λεπτομέρειες, για όλες τις εθνικές και διεθνείς θαλάσσιες μεταφορές, πλοίων με βάρος άνω των 100 τόνων

5. Υπολογισμός του χρόνου που απαιτείται κατά τη διάρκεια που βρίσκεται στη θέση αγκυροβολίας και κατά τη διάρκεια των ελιγμών. Προκειμένου να υπολογιστεί ο χρόνος ελιγμών, πρέπει να καθοριστεί η απόσταση που διένυσε το πλοίο μεταξύ του σημείου εισόδου /εξόδου από το λιμάνι και της θέσης αγκυροβολίας, στη συνέχεια η απόσταση αυτή να διαιρεθεί με το μέσο όρο ταχύτητας. Συνήθως, ο μέσος όρος ταχύτητας για τα εισερχόμενα πλοία υπολογίζεται στους 5 κόμβους και για τα εξερχόμενα στους 8 κόμβους. Ο χρόνος που βρίσκεται σε αγκυροβολία το πλοίο, δηλαδή η διάρκεια παραμονής του πλοίου μέσα στο χώρο του λιμένα, υπολογίζεται αρκεί να είναι γνωστός ο χρόνος που θα δέσει σε μία κουκέτα και πότε θα φύγει από αυτό το αγκυροβόλιο.

6. Στο τελευταίο βήμα, μπορούμε να προχωρήσουμε στο προσδιορισμό των εκπομπών για τις κύριες και βοηθητικές μηχανές, που αφορούν κάθε κατηγορία πλοίου, τύπο κινητήρα/καυσίμου αρκεί να χρησιμοποιήσουμε τον κατάλληλο πίνακα (7-8-9) ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου, προκειμένου να αντλήσουμε πληροφορίες για τους συντελεστές εκπομπής και τον συντελεστή φορτίου κινητήρα των πλοίων.

Στον Πίνακα 7 περιγράφονται οι συντελεστές εκπομπής για τις κύριες και βοηθητικές μηχανές για δραστηριότητες εντός του λιμένα [20]. Οι τιμές των συντελεστών εκπομπής και των συντελεστών φορτίου του κινητήρα που παρουσιάζονται στους πίνακες(7,8)

προέκυψαν από τη καταγραφή στατιστικών στοιχείων από πλοία διαφόρων τύπων σε ελληνικά ύδατα για μία μέση απόσταση περίπου 350 ναυτικά μίλια.

Τύπος κινητήρα/ Τύπος καυσίμου		**Συντελεστής αέριων εκπομπών**		
Κύρια μηχανή	**HSD/MDO**	9. 6	4. 5	0. 9
	MSD/LSFO	11. 2	6. 6	2. 4
	GT/MDO	2. 9	6. 4	0. 5
	ST/LSFO	1. 7	9. 6	2. 4
Βοηθητική μηχανή	**MSD/LSFO**	14. 7	6. 5	0. 8
	MSD/MDO	13. 9	4. 3	0. 3
	GT/MDO	5. 7	5. 8	0. 1
	ST/LSFO	2. 1	8. 7	0. 1

Πίνακας 7 Συντελεστές εκπομπής για τις κύριες και βοηθητικές μηχανές για δραστηριότητες εντός του λιμένα

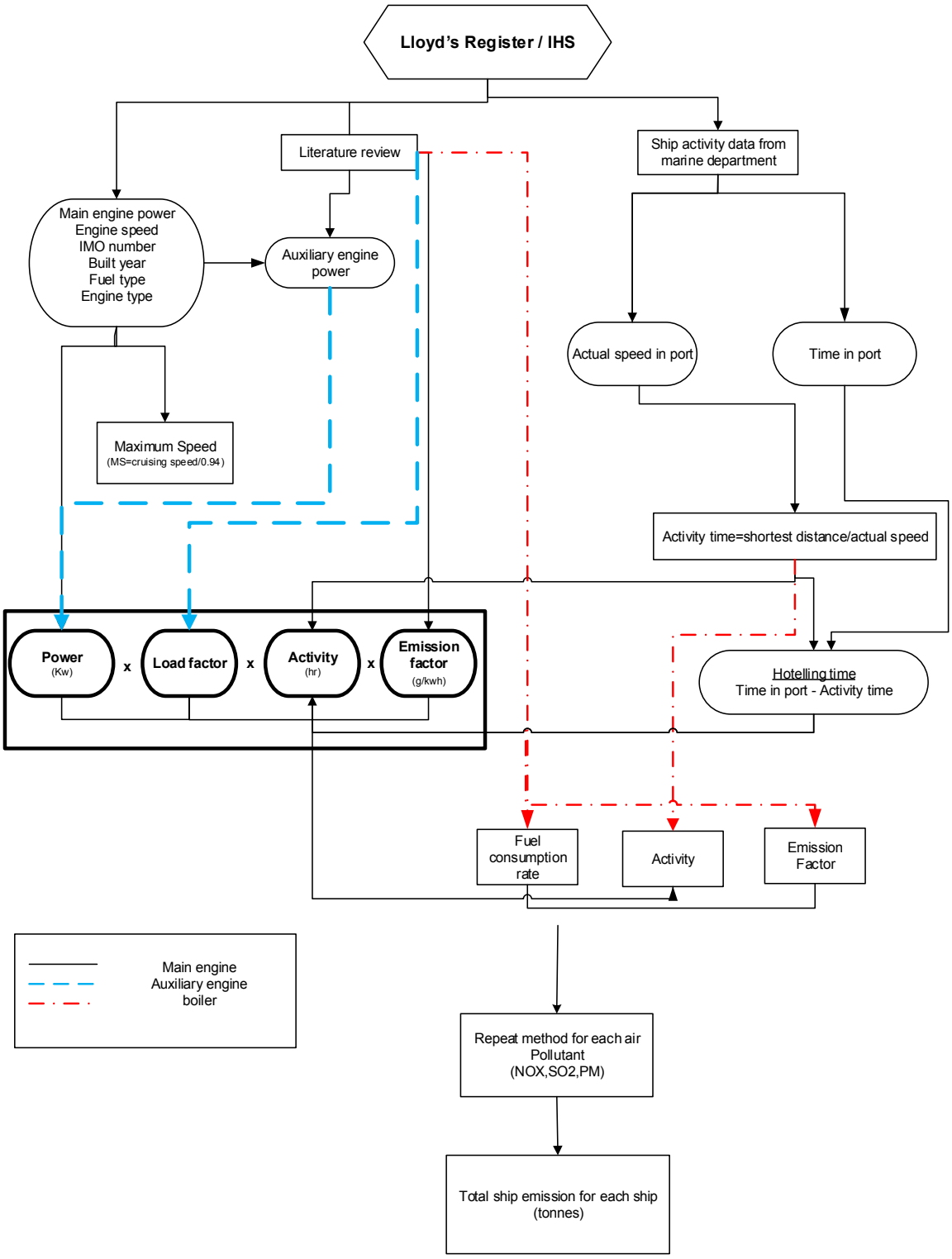
	Summer engine load factors				Rest of year engine load factor			
Activity	Cruise ships		Passenger ships		Cruise ships		Passenger ships	
	ME	AE	ME	AE	ME	AE	ME	AE
Manouvering	0.2	0.75	0.2	0.75	0.2	0.6	0.2	0.6
At-berth	0	0.6	0	0.45	0	0.4	0	0.3

Πίνακας 8: Συντελεστής φορτίου κινητήρα για τα πλοία

Ο προσδιορισμός των συντελεστών εκπομπών μπορεί να γίνει με βάση την ονομαστική ισχύ και του επίπεδου ελέγχου εκπομπών του κινητήρα, το οποίο εξαρτάται από το έτος κατασκευής του κινητήρα [21]. Ανάλογα το έτος κατασκευής του μοντέλου του κινητήρα μπορεί να προσδιορισθεί και το επίπεδο ελέγχου των εκπομπών, καθώς τα νεότερα μοντέλα έχουν μεγαλύτερο επίπεδο ελέγχου εκπομπών με αποτελεσματικότερες μεθόδους ελέγχου των εκπομπών αερίων.
Στο πίνακα 9, παρουσιάζονται οι τιμές κατανάλωσης καυσίμου ανάλογα το τύπο, κινητήρα του πλοίου υπό συγκεκριμένη ταχύτητα και χρόνο πλεύσης έπειτα από μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις ελληνικές θάλασσες για μία μέση απόσταση περίπου 350 ναυτικά μίλια .

Αριθμός πλοίων	**Ταχύτητα πλεύσης (knots)**	**Χρόνος πλεύσης (h)**	**Ημερήσια κατανάλωση καυσίμου (tons)**	**Συνολική κατανάλωση καυσίμου**	
				HFO	**MDO**
Container (10114)	20,2	17,3	83,4	601.948	6.080
Bulk carriers (10709)	13,8	25,4	28,7	318.771	6.505
Tankers (13684)	13,8	25,4	35,5	508.978	5.141
General cargo (14279)	16,5	20,2	20,7	236.337	12.439
Cruise (10709)	25,3	13,8	87,2	429.559	107.390
Σύνολο 59 495				2.095,593	137.555

Πίνακας 9 Κατανάλωση καυσίμου από τη διεθνή ναυτιλία στις ελληνικές θάλασσες.



Εικόνα 35 :Διάγραμμα υπολογισμού εκπομπών σύμφωνα με τη λεπτομερή μέθοδο [22]

3.6.1 Απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού

Η απλοποιημένη μέθοδος [17], χρησιμοποιείται συνήθως όταν μόνο στατιστικά στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση καυσίμου ή την ισχύς του κινητήρα είναι γνωστά.

Η απλοποιημένη προσέγγιση που προτείνεται βασίζεται σε απλοποιημένες παραδοχές, μέσες τιμές και δημοσιευμένα δεδομένα από άλλες λεπτομερής απογραφές λιμένων. Πρόκειται για μία πολύ απλουστευμένη μεθοδολογία, στην οποία βασικά δεδομένα για την εφαρμογή της, αν δεν είναι γνωστή η κατανάλωση καυσίμου, είναι η καταγραφή της ώρας άφιξης στο λιμάνι και ο τύπος του πλοίου.

Οι παραδοχές και μέσες τιμές που μπορούν να ληφθούν αφορούν:

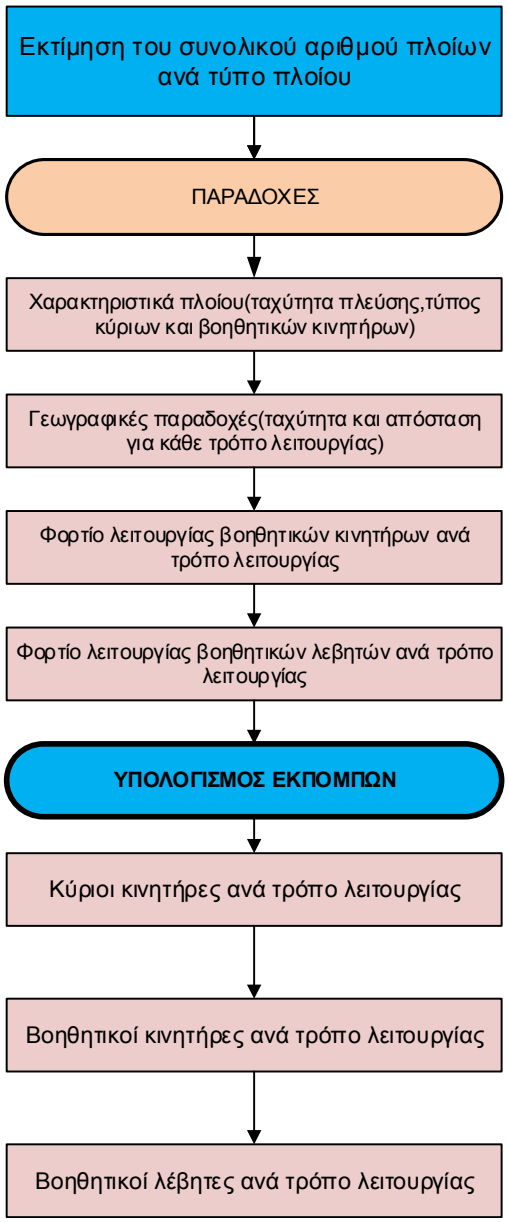
- τις διάφορες ταχύτητες πλοίου
- τις αποστάσεις
- τους χρόνους παραβολής
- τους τύπους συστημάτων πρόωσης
- τα βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας
- τους λέβητες
- τους τρόπους λειτουργίας
- τον κύριο κινητήρα

Επόμενο βήμα σε αυτή την προσέγγιση είναι να γίνει μέτρηση ή εκτίμηση του αριθμού και των τύπων των πλοίων που επισκέφθηκαν το λιμάνι κατά την περίοδο της απογραφής. Από δημοσιευμένες απογραφές άλλων λιμένων θα μπορούσαν να ληφθούν μέσες τιμές συντελεστών φορτίου για τους βοηθητικούς κινητήρες και λέβητες ανάλογα τον τύπο του πλοίου.

Τέλος, με βάση τα δεδομένα αυτά μπορεί να υπολογιστεί η ενέργεια της εξίσωσης και με εφαρμογή του κατάλληλου συντελεστή εκπομπών και μετατροπέων των μονάδων να γίνει ο υπολογισμός των εκπομπών για κάθε τύπο πλοίου. Στην εικόνα 36 φαίνονται και γραφικά οι παραδοχές που γίνονται.

ΤΥΠΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	**NO_X**	**CO**	**CO_2**	**VOC**	**PM**	**SO_X**
Steam turbines/BFO engines	6. 98	0. 431	3. 200	0. 085	2. 50	20s
Steam turbines/ MDO engines	6. 25	0. 6	3. 200	0. 5	2. 08	20s
Highspeed diesel engines	7.0	9	3. 200	3.00	1. 5	20s
Medium speed diesel engines	5.7	7. 4	3. 200	2. 4	1. 2	20s
Slow speed diesel engines	8.7	7. 4	3. 200	2. 4	1. 2	20s
Gas turbines	1.6	0. 5	3. 200	0. 2	1. 1	20s

Πίνακας 10 :Προτεινόμενες τιμές για τους συντελεστές εκπομπής αέριων ρύπων(kg/ton of fuel) στην απλοποιημένη μέθοδο.



Εικόνα 36 Διάγραμμα υπολογισμού εκπομπών βάσει απλουστευμένης μεθόδου [2]

3.7 Οι βασικές διαφορές: “Λεπτομερής” - “Απλοποιημένη” μέθοδος

Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων είναι ότι στη λεπτομερή λαμβάνονται υπόψη:

1. Οι εκπομπές από τη φάση πλεύσης (cruising phase).

2. Οι εκπομπές από τη φάση διανυκτέρευσης (hotelling phase).

3. Οι εκπομπές από τις βοηθητικές γεννήτριες ρεύματος(auxiliary power generators).

4. Οι εκπομπές φόρτωσης και εκφόρτωσης από τα πλοία.

5. Οι εκπομπές από τις μηχανές μικρών σκαφών μεταφοράς προσωπικού ή αναψυχής.

4ο Κεφάλαιο

4.1 Εφαρμογή της υπολογιστικής μεθόδου

Σκοπός της υπολογιστικής μεθόδου είναι ο υπολογισμός της αέριας ρύπανσης (NO_x, SO_2, $PM_{2.5}$) εντός του Λιμένα Ηρακλείου από τα κρουαζιερόπλοια. Προκειμένου να υπολογιστούν οι ρύποι, χρησιμοποιήθηκε η λεπτομερής μεθοδολογία υπολογισμού, λαμβάνοντας υπόψη ξεχωριστά τις καταστάσεις λειτουργίας των κρουαζιερόπλοιων.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε για το έτος 2012 (Απρίλιος-Σεπτέμβριος 2012) . Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τα δρομολόγια και τις ώρες παραμονής των κρουαζιερόπλοιων στο λιμένα, συγκεντρώθηκαν έπειτα από συνεργασία με το λιμεναρχείο του Ηρακλείου, ενώ τα περισσότερα τεχνικά χαρακτηριστικά συλλέχθηκαν σε συνεργασία με επισκευαστική εταιρία πλοίων, η οποία διαθέτει τη βάση δεδομένων IHS(sea-web).

4.1.1 Το λιμάνι του Ηρακλείου γενικά

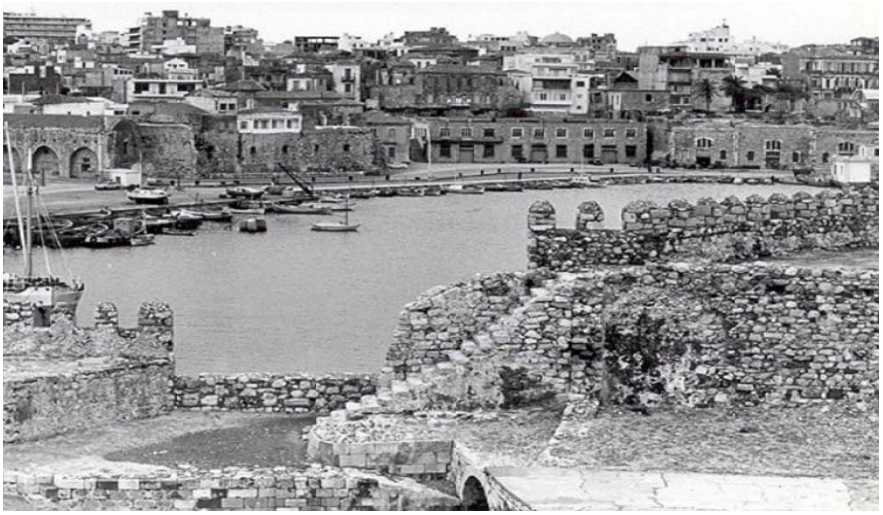
Το Ηράκλειο βρίσκεται στη μέση περίπου της βόρειας ακτογραμμής της Κρήτης με υψόμετρο 10 έως 40 μέτρων στον 35ο 20΄παράλληλο βόρειου πλάτους και στον 20ο 10’ ανατολικού μήκους Greenwich.

Η ανάπτυξη του Λιμένα Ηρακλείου ακολούθησε τη γενική εξέλιξη των λιμανιών, με διαφοροποιήσεις, οι οποίες επιβλήθηκαν από πολιτικούς και στρατιωτικούς ηγέτες. Συγκέντρωσε το παγκόσμιο ενδιαφέρον, για την προνομιούχο θέση της Κρήτης στην Ανατολική λεκάνη της Μεσογείου, αφού βρίσκεται στην τομή των διεθνών ναυτιλιακών γραμμών Γιβραλτάρ - Σουέζ - Μαύρη Θάλασσα - Μεσόγειος, και λόγω της ειδικής θέσης του Ηρακλείου ως προς το νησί. Στους Μινωικούς χρόνους, υπήρχε δραστηριότητα στη σημερινή θέση της ανατολικής λιμενολεκάνης, στη στεριά, όπου είχε διαμορφωθεί το εμπορικό κέντρο για συναλλαγές. Οι Ενετοί μετέφεραν το λιμάνι Ηρακλείου στην σημερινή θέση όπου αξιοποιώντας μια σειρά υφαλοβράχων κατασκεύασαν το σημερινό Ενετικό λιμάνι που για την εποχή που κατασκευάστηκε ήταν πραγματικά ένα μεγάλο λιμάνι, καλά κατασκευασμένο και οχυρωμένο, με ευκολίες στην προσέγγιση, στην εξυπηρέτηση, στον ανεφοδιασμό και στην επισκευή των σκαφών και πρόκειται για το σημαντικότερο έργο στο κέντρο της Μεσογείου.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι την περίοδο της Τουρκοκρατίας δεν έγινε καμία επέκταση του λιμανιού, αποκαταστάθηκαν μόνο οι ζημιές που έγιναν στην πολύχρονη πολιορκία της πόλης. Με την απελευθέρωση και την ανακήρυξη της Κρητικής Πολιτείας ανατέθηκε σε Γάλλους μηχανικούς η σύνταξη μελέτης για την δημιουργία νέου λιμανιού που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες που εν τω μεταξύ είχαν διαμορφωθεί. Η πρωτοβουλία είχε λαϊκή βάση και οι δαπάνες αρχικά καλύφθηκαν από έρανο που έγινε μεταξύ των κατοίκων του Ηρακλείου.

Το 1964 άρχισαν να εκτελούνται τα έργα επεκτάσεως του λιμανιού με τη δημιουργία νέας λιμενολεκάνης, με την επέκταση του προσήνεμου μόλου και την κατασκευή νέου υπήνεμου Μόλου. Παράλληλα, προχώρησε και η κατασκευή λιμενικών έργων και οι εκβαθύνσεις του λιμανιού για να αποκτήσει βάθη ικανά για την εξυπηρέτηση των σύγχρονων σκαφών. Το λιμάνι του Ηρακλείου βρίσκεται στο κέντρο της Κρήτης, στον βόρειο άξονα του νησιού. Είναι η κύρια πύλη εισόδου-εξόδου της πόλης και του νησιού.

Σήμερα πλέον, το λιμάνι του Ηρακλείου, με το νέο πλαίσιο λειτουργίας του αποτελεί έναν δημιουργικό φορέα ανάπτυξης της περιφερειακής και εθνικής οικονομίας.



Εικόνα 37 : Λιμένας Ηρακλείου στους αρχαίους χρόνους.

Εικόνα 38: Πανοραμική εικόνα του λιμανιού και της πόλης του Ηρακλείου.

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

- Την πόλη του Ηρακλείου.
- Το Αεροδρόμιο "Νίκος Καζαντζάκης".(εικόνα 40)
- Την Νέα Εθνική Οδό (Ε.0. 90) - Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης.

Πλεονέκτημα αποτελεί η γεωγραφική του θέση, καθώς βρίσκεται στο κέντρο της Νότιο-ανατολικής Μεσογείου, στην συμβολή τρων ηπείρων.

- Γεωγραφικό πλάτος: 35.16N.
- Γεωγραφικό μήκος: 25.10E.
- Ναυτικός Χάρτης: 1707.

Όπως γίνεται αντιληπτό, οι ποσότητες αερίων που εκπέμπονται μέσα στον αστικό ιστό είναι σημαντικά μεγάλες, αφού το λιμάνι και το αεροδρόμιο απέχουν λιγότερο από 5 χιλιόμετρα.

Εικόνα 39 : Λιμένας Ηρακλείου εντός αστικού ιστού.

Εικόνα 40 :Λιμένας Ηρακλείου σε μικρή απόσταση από το αεροδρόμιο.

Το ξεκίνημα του 21ου αιώνα βρίσκει το λιμάνι του Ηρακλείου να αλλάζει πρόσωπο στοχεύοντας:

- Να γίνει ανταγωνιστικό, με παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας σε όλες τις δραστηριότητές του.
- Να αποτελέσει τον Κρητικό κόμβο της σύγχρονης μεταφορικής αλυσίδας.
- Να αποτελέσει διαμετακομιστικό - εμπορευματικό κέντρο της μεσογείου.
- Να γίνει πόλος έλξης, για τους πολίτες της πόλης, αναδεικνύοντας τα ιστορικά του στοιχεία.
- Να αναπτυχθεί ως τουριστική πύλη της Κρήτης.
- Να αξιοποιήσει στο μέγιστο βαθμό την ακίνητη περιουσία του & τις υποδομές του.
- Να διαμορφωθούν οι κατάλληλες συνθήκες προκειμένου να δημιουργηθεί ένα «Πράσινο λιμάνι», με χαμηλότερα ποσοστά εκπομπών αερίων, λιγότερο επιβλαβές ως προς τους κατοίκους του Ηρακλείου.

4.1.2 Πληθυσμιακή εξέλιξη

Η πληθυσμιακή εξέλιξη του Δήμου Ηρακλείου κατά τις δεκαετίες 1981-1991-2001-2011 είναι η μεγαλύτερη από όλους τους δήμους της Κρήτης.

Βάσει της τελευταίας απογραφής ο πληθυσμός του νέου Δήμου Ηρακλείου ανέρχεται στους 173.450 κατοίκους και αποτελεί μία από τις πιο πυκνοκατοικημένες πόλεις της Ελλάδας.

Ο πληθυσμός αυτός αντιστοιχεί στο 54,38% του πληθυσμού του Νομού Ηρακλείου, στο 26,46% της Περιφέρειας Κρήτης και στο 1,45% της χώρας. Στο διάστημα της τελευταίας εικοσαετίας (1981-2001) ο πληθυσμός σημειώνει συνεχή ανοδική πορεία με την ποσοστιαία μεταβολή του πληθυσμού στα διαστήματα 1981- 1991 (13,61%) και 1991-2001 (13,39%) να είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο.

4.2 Περιγραφή της κίνησης των κρουαζιερόπλοιων εντός του λιμένα Ηρακλείου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο της εργασίας, το πλοίο μόλις μπει μέσα στο λιμάνι πρέπει να σταματήσει και στη συνέχεια με κατάλληλους ελιγμούς να πλησιάσει (σε μικρή απόσταση και σχεδόν σε παράλληλη θέση προς τον κρηπιδότοιχο) αργά αναγκαστικά, την προκαθορισμένη εκείνη θέση πού θα πλευρίσει. Ταυτόχρονα, γίνεται πρόσδεση των σχοινιών του πλοίου στις δέστρες του κρηπιδότοιχου και με έλξη τους σιγά και αργά με βαρούλκα του ίδιου του πλοίου, παίρνει τη τελική σταθερή θέση του στον κρηπιδότοιχο όπου και προσδένεται.

Στο σχήμα 41 που παρουσιάζεται στη συνέχεια, απεικονίζεται η αποβάθρα και οι βασικές κινήσεις που εκτελούνται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμένα του Ηρακλείου, από τη στιγμή που εισέρχονται εντός του λιμένα έως τη στιγμή που εξέρχονται. Συγκεκριμένα, η πράσινη πορεία που έχει σχηματιστεί αποτελεί ταυτόχρονα, τη διαδρομή εισόδου και εξόδου των κρουαζιερόπλοιων .

Όταν το πλοίο περάσει το στόμιο της εισόδου του λιμανιού και μέχρι αυτό να πάρει τη τελική οριστική θέση του στον κρηπιδότοιχο, χρειάζεται όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μία σειρά ενεργειών οι οποίες μπορούν να εκτελεστούν σε πέντε φάσεις.

1. Στη πρώτη φάση το πλοίο πρέπει να περάσει το στόμιο του λιμανιού και διανύσει να σταματήσει σε μία θέση πάνω στην πορεία της εισόδου του.
2. Στη δεύτερη φάση πρέπει να εκτελέσει ορισμένους ελιγμούς και αργά να πλησιάσει σε παράλληλη θέση στον κρηπιδότοιχο στον οποίο προβλέπεται να πλευρίσει.
3. Στη τρίτη φάση το πλοίο θα πλευρίσει στον κρηπιδότοιχο και θα προσδεθεί στις δέστρες του, για όσο χρονικό διάστημα χρειαστεί (hotelling phase).
4. Στη τέταρτη φάση προκειμένου να αποχωρήσει το κρουαζιερόπλοιο από το λιμάνι, θα πραγματοποιήσει ελιγμούς ώστε να αποκτήσει τη κατάλληλη κατεύθυνση για την έξοδο του από το λιμάνι του Ηρακλείου.
5. Στη Πέμπτη φάση το πλοίο έχει πλέον διανύσει ορισμένη απόσταση και βρίσκεται στο σημείο εξόδου από το λιμάνι.

Εικόνα 41 :Δορυφορική εικόνα λιμένα Ηρακλείου.

4.2.1 Παραδοχές Υπολογιστικής μεθόδου.

Από επεξεργασία των στοιχείων για την μελέτη αυτή, προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα πλοία που εκτελούν δρομολόγια από και προς το λιμάνι της Ηρακλείου, είναι σχεδόν όλα σύγχρονα και έχουν ισοδύναμα χαρακτηριστικά χειρισμών. Ωστόσο, λόγω έλλειψης τεχνικών χαρακτηριστικών στη βάση δεδομένων σε ορισμένα πλοία, κυρίως όσον αφορά τους βοηθητικούς κινητήρες και όχι μόνο, έγιναν κάποιες παραδοχές προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία υπολογισμού. Συγκεκριμένα, υποθέτουμε ότι:

1. Το μεγαλύτερο ποσοστό κρουαζιερόπλοιων, υποστηρίζονται μηχανικά από diesel ηλεκτρική διάταξη κινητήρα (2-χρονους και 4-χρόνους). Οι κύριες μηχανές, δίνουν κίνηση στο πλοίο κατά τη πλοήγηση και κατά τους ελιγμούς και οι βοηθητικές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για άλλες λειτουργίες.

2. Χρησιμοποιούνται μεσαίας ταχύτητας κινητήρες (medium speed diesel engines).

3. Οι κύριοι κινητήρες χρησιμοποιούν καύσιμο χαμηλού θείου, ενώ οι βοηθητικοί καύσιμο diesel .

4. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η βάση δεδομένων δεν περιέχει στοιχεία για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών μηχανών. Αυτό συμβαίνει, διότι βάση

νομοθεσίας οι ίδιοι οι πλοιοκτήτες δεν υποχρεώνονται να παραχωρούν τα στοιχεία των βοηθητικών μηχανών. Στη συγκεκριμένη υπολογιστική μέθοδο, χρησιμοποιήθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών γεννητριών(auxiliary generators).

5. Βάση υπολογισμού, θεωρήθηκε ότι η απόσταση που διανύει το κρουαζιερόπλοιο από το σημείο που θα περάσει το στόμιο του λιμανιού μέχρι το σημείο που θα αγκυροβολήσει είναι **1. 70 km**.

6. Η ταχύτητα που εισέρχεται το κρουαζιερόπλοιο στο λιμάνι θεωρήθηκε ότι είναι **5 κόμβοι (9,26km/h)** και η ταχύτητα που εξέρχεται είναι **8 κόμβοι (14,82km/h).**

7. Ο χρόνος Ελιγμών (hr) υπολογίζεται ως η απόσταση που ταξίδεψε μεταξύ της θύρας εισόδου / εξόδου και το σημείο αγκυροβολίας δια το μέσο όρο της ταχύτητας (εισερχόμενα με μια μέση ταχύτητα των 5 κόμβων και εξερχόμενη με 8 κόμβους), έπειτα προσθέτουμε κατά μέσο όρο τα **6min** και **3min,** που απαιτούνται για τη φάση ελιγμών κατά την είσοδο και έξοδο, αντίστοιχα.

$$\mathbf{T_{manoeuvring}} = \text{distance}/u_{actual,\ in} + \text{distance}/u_{actual,\ out} + T_{manoeuv\ to\ dock} + T_{manoeuv\ to\ undock}$$
$$= 1{,}70(km)/9{,}26(km/h) + 1{,}70(km)/14{,}82(km/h) + 0{,}15(hr) = 0{,}4483\ hr$$

8. Ορισμένα ονόματα κρουαζιερόπλοιων που δόθηκαν στη λίστα κρουαζιερόπλοιων 2012, δεν εντοπίστηκαν από τη βάση δεδομένων, γεγονός που οφείλεται σε πιθανή ανακατασκευή του κρουαζιερόπλοιου ή τυχόν αλλαγή του ονόματος του (όπως:AIDA DIVA, AIDA AURA).

9. Κατά την διάρκεια του ελλιμενισμού τα πλοία δεν σβήνουν καθόλου τις βοηθητικές μηχανές τους(ηλεκτρομηχανές) οι οποίες είναι συνεχώς σε λειτουργία.

4.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά κρουαζιερόπλοιων Ηρακλείου.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ορισμένα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν για τα κρουαζιερόπλοια στην υπολογιστική μέθοδο, χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων Sea-web.

Sea-web™

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	LOUIS OLYMPIA	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	7927984	Gross	37,773
Call Sign	9HA3027	Deadweight	5,237
MMSI No.	229051000	Year of Build	1982
Flag	Malta	Status	In Service/Commission
Operator	Core Marine Ltd	Shipbuilder	Wartsila Ab - Helsinki

MACHINERY OVERVIEW

4 oil engines with clutches, flexible couplings & single reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 145 rpm
Total Power: Mcr 16,476kW (22,400hp)
Service Speed: 20.50kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Sulzer, **Engine Builder:** Oy Wartsila Ab - Finland
4 x 8ZL40/48, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
8 Cy. 400 x 480, Mcr: 4,119 kW (5,600 hp) at 530 rpm

AUXILIARY ENGINES

BOILERS

AUXILIARY GENERATORS

Aux Generator: 5 x 1,720kW 450V 60Hz a.c.

BUNKERS

Fuel: Capacity - Distillate Fuel: 224 tonnes, Residual Fuel: 1,639 tonnes. Consumption (total): 40.00 tonnes per day

THRUSTERS

Thrusters: 2 Thwart. CP thruster (f) 355kW(483bhp)

Sea-web™

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	AEGEAN PEARL	Shiptype	Ro-Ro Cargo Ship
LR/IMO No.	7722621	Gross	14,444
Call Sign	J8B4584	Deadweight	9,332
MMSI No.	375877000	Year of Build	1978
Flag	St Vincent & The Grenadines	Status	In Service/Commission
Operator	Aegean Cargo Management	Shipbuilder	Minaminippon Shipbuildi...

MACHINERY OVERVIEW

2 oil engines single reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers
Total Power: Mcr 8,826kW (12,000hp)
Service Speed: 14.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Sulzer, **Engine Builder:** Sumitomo Heavy Industries Ltd - Japan
2 x 8ZL40/48, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
8 Cy. 400 x 480, Mcr: 4,413 kW (6,000 hp) at 560 rpm

AUXILIARY ENGINES

Design: Gmdetroit, **Engine Builder:** Detroit
1 x Unknown, 2 Stroke 2Cy.
108 x 127

Design: Yanmar, **Engine Builder:** Yanmar
3 x Unknown, 4 Stroke 6Cy.
240 x 290, Mcr: 846 kW

BOILERS

Boilers: 3 x Auxiliary boilers

AUXILIARY GENERATORS

Aux Generator: 3 x 750kW 450V 60Hz a.c.

Sea-web™

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- ☑ MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	OCEAN MAJESTY	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	6602898	Gross	10,417
Call Sign	CQSC	Deadweight	1,031
MMSI No.	255717000	Year of Build	1966
Flag	Portugal (Mar)	Status	In Service/Commission
Operator	Majestic International Cruises	Shipbuilder	UNL - Valencia

MACHINERY OVERVIEW

2 oil engines geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 220 rpm
Total Power: Mcr 12,000kW (16,316hp)
Service Speed: 20.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Wartsila, **Engine Builder:** Wartsila Diesel Oy - Finland
2 x 16V32D, 4 Stroke, Single Acting, Vee
16 Cy. 320 x 350, Mcr: 6,000 kW (8,158 hp) at 800 rpm
, New engine 1994-05

AUXILIARY ENGINES

BOILERS

AUXILIARY GENERATORS

Aux Generator: 4 x 1,065kW 400V 50Hz a.c.

BUNKERS

THRUSTERS

Thrusters: 1 Thwart. FP thruster (f) 600kW(816bhp)

Sea-web™

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- ☑ MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	ORIENT QUEEN	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	6821080	Gross	15,781
Call Sign	9HA2738	Deadweight	2,516
MMSI No.	215467000	Year of Build	1968
Flag	Malta	Status	In Service/Commission
Operator	Core Marine Ltd	Shipbuilder	Weser AG Seebeck - Brem...

MACHINERY OVERVIEW

2 oil engines reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers
Total Power: Mcr 12,782kW (17,378hp)
Service Speed: 20.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: MAN, **Engine Builder:** Maschinenbau Augsburg-Nuernberg (MAN) - Augsburg
2 x 16V40/54, 4 Stroke, Single Acting, Vee
16 Cy. 400 x 540, Mcr: 6,391 kW (8,689 hp)

AUXILIARY ENGINES

Design: Bmv, **Engine Builder:** Unknown
1 x RSGB-8

Design: Bmv, **Engine Builder:** Unknown
5 x RTGB-8

BOILERS

AUXILIARY GENERATORS

Aux Generator: 1 x 720kW 440V 60Hz a.c., 5 x 526kW 440V 60Hz a.c.

BUNKERS

Fuel: Capacity - Distillate Fuel: 165 tonnes, Residual Fuel: 1,032 tonnes. Consumption (total): 63.00 tonnes per day

THRUSTERS

Thrusters: 1 Tunnel thruster (f)

4.2.3 Χρόνοι παραμονής των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου

Οι χρόνοι παραμονής των κρουαζιερόπλοιων που επισκέπτονται το λιμάνι του Ηρακλείου, παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν, όπως καταγράφηκαν για το χρονικό διάστημα Απρίλιος-Σεπτέμβριος του έτους 2012 και μετά από την απαραίτητη επεξεργασία, βάση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από τη Seaweb.

Απρίλιος 2012			
Ημερα	**Πλοια**	**Ωρα**	**Παραμονή (h)**
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5. 33
Τριτη	Artania	07:00-18:00	11
Πεμπτη	Orient queen	06:10-11:30	5. 33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5. 33
Τεταρτη	Orient queen	06:10-11:30	5. 33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5. 33
Σαββατο	Aegean odyssey	07:00-23:00	16
Δευτερα	Astor	06:30-13:30	7
Πεμπτη	Orient queen	06:10-11:30	5. 33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5. 33
		Σύνολο=	**71. 31**

Μάιος 2012			
Ημερα	***Πλοια***	***Ωρα***	**Παραμονή (h)**
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Orient queen	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Columbus	07:00-18:00	11
Τριτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
Πεμπτη	Orient queen	07:00-19:00	5.33
Πεμπτη	Orient queen	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Τριτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Orient queen	06:10-11:30	5.33
Τεταρτη	Saga ruby	06:00-17:00	11
Πεμπτη	Louis Olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
		Σύνολο=	**93.97**

Ιούνιος 2012			
Ημερα	**Πλοια**	**Ωρα**	**Παραμονή(h)**
Τριτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Golden iris	12:00-20:00	8
Τριτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Κυριακη	Orient queen	07:00-13:00	6
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
		Σύνολο=	**95.64**

Ιούλιος 2012			
Ημερα	***Πλοια***	***Ωρα***	**Παραμονή (h)**
Κυριακη	S. S mariner	07:00-18:00	11
Κυριακη	Seabourn quest	09:00-18:00	9
Τριτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
Τριτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
Τεταρτη	S. S mariner	07:00-18:00	11
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	5.33
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
Τριτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
ΠΠέμπτη	The aegean pearl	06:10 - 11:30	5.33
Τρίτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
		Σύνολο=	**193.29**

Αύγουστος 2012			
Ημερα	***Πλοια***	***Ωρα***	**Παραμονή(h)**
Κυριακή	The aegean pearl	06:10 - 11:30	5.33
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Ocean majesty	08:30-18:00	9. 5
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
Τριτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis majesty	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	8:00-23:00	15
Κυριακη	Orient queen	15:30-21:00	5. 5
Τριτη	Mein schiff 1	07:00-19:00	12
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
		Σύνολο=	**183.29**

Σεπτέμβριος 2012			
Ημέρα	**Πλοία**	**Ώρα**	**Παραμονή (h)**
Πέμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Παρασκευή	Louis cristal	08:00-23:00	15
Τριτη	Costa atlantica	07:00-19:00	12
Τριτη	Mein schiff 1	11:00-16:00	5
Πεμπτη	Aegean paradise	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Louis cristal	08:00-23:00	15
Τριτη	Costa voyager	09:00-18:00	9
Τριτη	Aegean paradise	09:00-19:00	10
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
Τριτη	Costa mediterranea	12:00-19:00	7

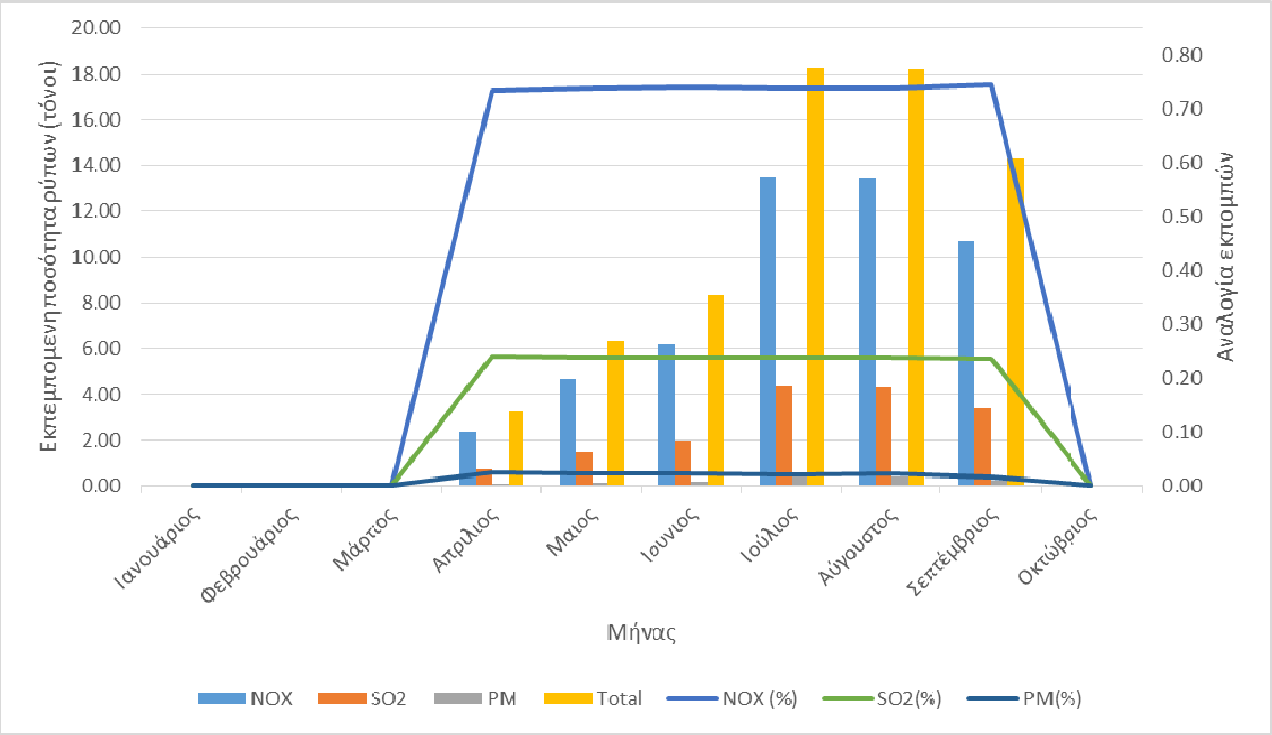
Τριτη	Island sky	07:00-23:59	16.98
Πεμπτη	Louis olympia	06:10-11:30	5.33
Πεμπτη	Louis cristal	06:10-11:30	5.33
Παρασκευη	Costa atlantica	08:00-23:00	15
		Σύνολο=	**157.29**

4.3 Ετήσιες εκπομπές κρουαζιερόπλοιων Ηρακλείου για το 2012.

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε στο λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2012, υπολογίζοντας ξεχωριστά τις εκπομπές αέριων ρύπων (NO_x, SO_2, $PM_{2.5}$) για τη φάση των ελιγμών και για τη φάση παραμονής των κρουαζιερόπλοιων στο λιμένα. Παράλληλα, οι τιμές των συντελεστών εκπομπής και των συντελεστών φορτίου του κινητήρα, προσδιορίστηκαν βάση των πινάκων 7,8. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την υπολογιστική μέθοδο:

Μήνας	**Αφίξεις**	**Συνολικός χρόνος παραμονής (h)**	**Εκπομπές PM (τόνοι)**	**εκπομπές NO_x (τόνοι)**	**εκπομπές SO_2 (τόνοι)**	**Μηνιαίο Σύνολο (τόνοι)**
Ιανουάριος	0	0	0	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0	0	0	0
Μάρτιος	0	0	0	0	0	0
Απρίλιος	10	71,31	0,08	2,38	0,78	3,24
Μάιος	13	93,97	0,14	4,70	1,51	5,98
Ιούνιος	14	95,64	0,18	6,16	1,98	6,44
Ιούλιος	23	193,29	0,39	13,51	4,37	8,40
Αύγουστος	24	183,29	0,41	13,47	4,33	16,05
Σεπτέμβριος	20	157,29	0,25	10,67	3,40	12,99
Οκτώβριος	0	0	0	0	0	0
Νοέμβριος	0	0	0	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0	0	0	0
Ετήσιο σύνολο	104	794,79	1,46	50,90	16,38	**68,73**

Πίνακας 10 :Ετήσιες εκπομπές αερίων ρύπων κρουαζιερόπλοιων λιμένος Ηρακλείου



Εικόνα 42: Κατανομή των εκπομπών με βάση τον μήνα και το είδος των ρύπων

Εικόνα 43: Κατανομή των εκπομπών κατά τη φάση ελιγμών και παραμονής στο λιμάνι

4.4 Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της εφαρμογής για τον υπολογισμό αέριων εκπομπών στο λιμάνι του Ηρακλείου 2012, όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα και την σύγκριση τους, μπορούν να διεξαχθούν τα εξής συμπεράσματα :

- Το σύνολο αέριων εκπομπών και για τους τρείς ρύπους υπολογίστηκε να είναι 68,73 τόνοι. Ο συνολικός χρόνος παραμονής των πλοίων στο λιμάνι για το έτος 2012, έφτασε τις 794,79 ώρες.

- Με βάση τα αποτελέσματα των συνολικών εκπομπών για κάθε ρύπο ανά μήνα, προκύπτει ότι οι εκπομπές από το οξείδιο του αζώτου (NO_x) αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών (50,90 τόνοι). Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του Αυγούστου παρατηρείται το υψηλότερο ποσό εκπομπών του, αφού προσεγγίζουν τους 13,5 τόνους. Το παραπάνω γεγονός δικαιολογείται αφού εκείνη τη περίοδο παρατηρείται αυξημένη κινητικότητα κρουαζιερόπλοιων λόγω τουριστικής περιόδου.

- Ακολουθεί το διοξείδιο του θείου (SO_2) με συνολικά 16,38 τόνους, ετήσια εκπομπή αρκετά χαμηλότερη σε σχέση με το οξείδιο του αζώτου (NO_x). Ομοίως, η μεγαλύτερη ποσότητα εκπομπής αέριων ρύπων παρατηρείται κατά τη διάρκεια του Αυγούστου. Τα διοξείδια του θείου (SO_2) παράγονται από την καύση των καυσίμων που περιέχουν θείο όπως το diesel και ιδιαίτερα από τα θαλάσσια καύσιμα που έχουν πολύ υψηλές περιεκτικότητες θείου, ενώ το οξείδιο του αζώτου (NO_x) εξαρτάται από το τύπο κινητήρα του πλοίου. Ως εκ τούτου, οι εκπομπές του SO_2 μπορούν να περιοριστούν με τη κατανάλωση μειωμένης περιεκτικότητας σε θείο και καλύτερης ποιότητας καυσίμου, ενώ οι εκπομπές του NO_x με την εξέλιξη της δυνατότητας ελέγχου των εκπομπών από το κινητήρα.

- Με βάση τις συγκριτικές εκπομπές συμβολής των αερίων στις συνολικές εκπομπές (εικόνα 42), το ποσό των εκπομπών από τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) 1,46 τόνοι είναι πάρα πολύ μικρό σε σχέση με αυτό του οξειδίου του αζώτου (NO_x) και του διοξείδιο του θείου (SO_2). Είναι πολύ σημαντικό που τα ποσοστά των μικροσκοπικών σωματιδίων διατηρούνται ιδιαίτερα χαμηλά, αφού είναι αυτά που προκαλούν τους μεγαλύτερους κινδύνους στην υγεία. Οι πολυάριθμες ερευνητικές μελέτες έχουν δείξει πως οι καθημερινές αυξήσεις των συγκεντρώσεων σωματιδίων ενισχύουν την ατμοσφαιρική ρύπανση και μπορούν να έχουν θανατηφόρα αποτελέσματα.

- Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, η αυξημένη ζήτηση για ναυτιλιακές υπηρεσίες οδηγεί αναπόφευκτα σε αύξηση της κυκλοφορίας στην ξηρά και γενικότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Οι εκπομπές καυσαερίων των διαφόρων οδικών οχημάτων που λειτουργούν εντός, εκτός και γύρω από το λιμάνι του Ηρακλείου,ιδιαιτέρως οι αέριες εκπομπές απο το αεροδρόμιο "Νίκος Καζαντζάκης" που βρίσκεται δίπλα στο λιμένα, προστίθενται στις εκπομπές καυσαερίων των πλοίων, μεγιστοποιώντας τον αρνητικό αντίκτυπο στον αέρα της πόλης.

Παράλληλα, αρνητικά στο πρόβλημα συμβάλλει ακόμη και η υψηλή θερμοκρασία που σημειώνεται το καλοκαίρι.

- Οι εκπομπές αερίων ρύπων από τους κινητήρες των πλοίων εντός του λιμένα, κατά τον ελλιμενισμό τους, συμβάλλουν σημαντικά στις συνολικές εκπομπές, αποτελώντας το μεγαλύτερο μέρος τους (εικόνα 43). Με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς οι συνολικές εκπομπές για τη φάση ελλιμενισμού αγγίζουν τους 60 τόνους, ενώ οι εκπομπές για τη φάση των ελιγμών τους 9 τόνους, αντίστοιχα. Το αυξημένο ποσοστό εκπομπών κατά τη παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι, οφείλεται στη συνεχή λειτουργία των βοηθητικών κινητήρων και λεβήτων.

4.5 Σύγκριση εκπομπών αέριων Ηρακλείου με το λιμάνι του Πειραιά

Ο Πειραιάς είναι το μεγαλύτερο σε έκταση λιμάνι της Ελλάδας. Αποτελεί το σπουδαιότερο κόμβο της χώρας για τη διακίνηση του τουριστικού κύματος, Ως εκ τούτου, ένα μεγάλο ποσοστό κρουαζιερόπλοιων προσεγγίζουν το λιμάνι του Πειραιά κάθε χρόνο. [15]

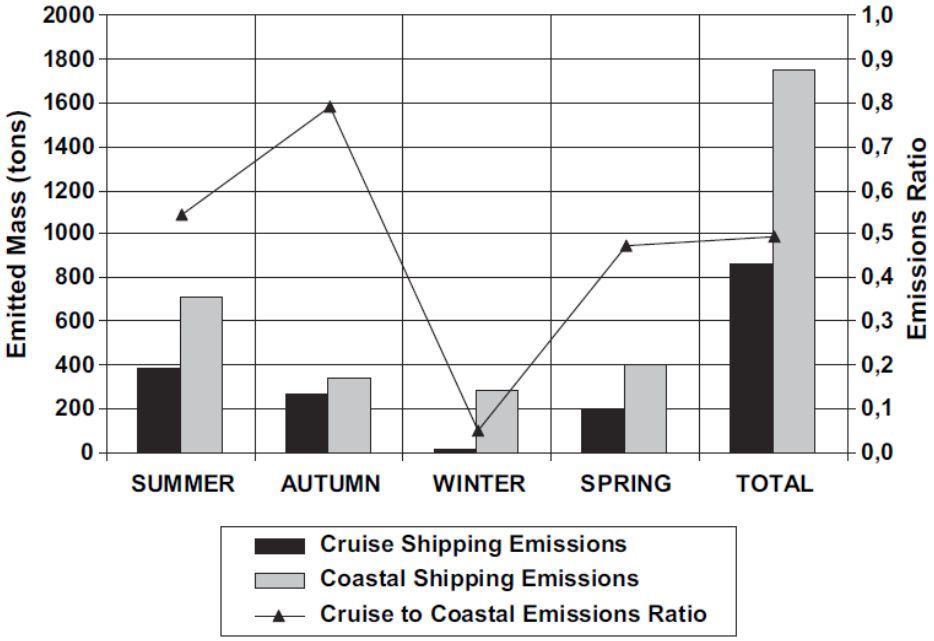
Εικόνα 44: Το λιμάνι του Πειραιά.

Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο παραπάνω από 10.000 κρουαζιερόπλοια, ακτοπλοϊκά-επιβατηγά πλοία επισκέπτονται το λιμάνι του Πειραιά.

Πρόκειται, για ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια διακίνησης εμπορευμάτων και επιβατικά λιμάνια στην Ευρώπη. Είναι ο τρίτος πιο πυκνοκατοικημένος δήμος στην Ελλάδα και δεύτερος της Ελληνικής πρωτεύουσας μετά το δήμο της Αθήνας. Σύμφωνα με τα

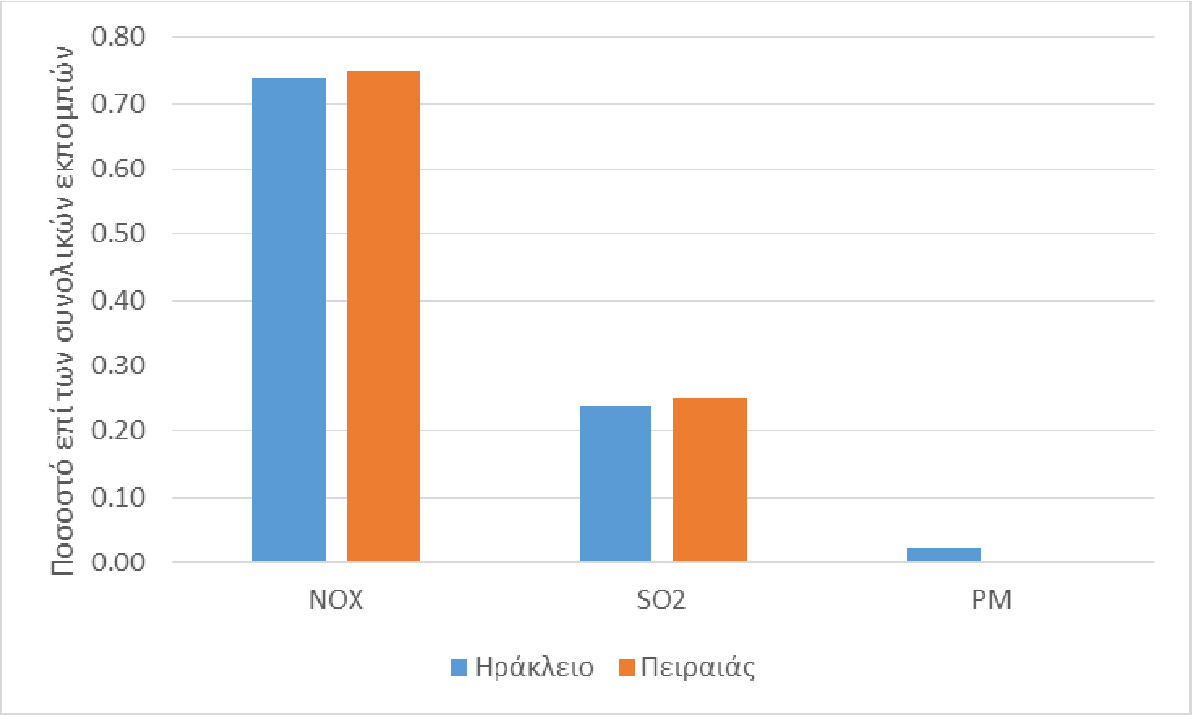
στατιστικά στοιχεία που παρέχει ο οργανισμός λιμένος Πειραιώς (ΟΛΠ), η επιβατική κίνηση του λιμένα κατατάσσεται ως η υψηλότερη στην Ευρώπη αφού κυμαίνεται στους 20 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί σύγκριση των συνολικών εκπομπών αέριων ρύπων του λιμένα Ηρακλείου με το λιμάνι του Πειραιά, αντλήθηκαν δεδομένα και αποτελέσματα εκπομπών αέριων ρύπων, από τη μοναδική μελέτη υπολογισμού εκπομπών που έχει πραγματοποιηθεί για το λιμάνι του Πειραιά που περιλαμβάνει τις συνολικές εκπομπές για τα κρουαζιερόπλοια και τα επιβατηγά πλοία, για το έτος 2009 [17].



Εικόνα 44: Κατανομή των εκπομπών Πειραιά ανάλογα την εποχή της ναυτιλίας [17].

Η σύγκριση, θα περιοριστεί στα κρουαζιερόπλοια του Πειραιά και Ηρακλείου αντίστοιχα. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το λιμάνι του Πειραιά και αυτά που προέκυψαν από την υπολογιστική μέθοδο που εφαρμόστηκε στο Ηράκλειο προκύπτει το παρακάτω σχεδιάγραμμα:



Εικόνα 45: Σύγκριση εκπομπών αέριων ρύπων Πειραιά/ Ηρακλείου για την θερινή περίοδο.

Κριτήρια	Πειραιάς	Ηράκλειο
Έτος	**2009**	**2012**
Αριθμός κατοίκων (απογραφή 2011)	175.697	173.450
Πυκνότητα πληθυσμού (κάτοικοι / km^2)	16.000	1450
Αριθμός αφίξεων κρουαζιερόπλοιων	902	104
Συνολικές εκπομπές (τόνοι)	800	68.73
Ποσότητα ρύπων / πληθυσμό (τόνοι/1000 κατοίκους)	4.55	0.40

Πίνακας 1: Συγκριτικός πίνακας Ηρακλείου-Πειραιά

Στα πλαίσια της σύγκρισης που πραγματοποιήθηκε, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Με βάση τον υπολογισμό των αέριων εκπομπών για το λιμάνι του Πειραιά, εκπέμπονται συνολικά 800 τόνοι ρύπων (NO_X, SO_2,$PM_{2.5}$) για το έτος 2009.

- Με βάση τα στοιχεία που βρέθηκαν για τον πληθυσμό του Πειραιά (175.697) και του Ηρακλείου (173.450), προκύπτει ότι πληθυσμιακά οι δύο πόλεις δεν διαφέρουν ιδιαίτερα. Ωστόσο, η πόλη του Πειραιά είναι 15 φορές περισσότερο πυκνοκατοικημένη σε σχέση με τη πόλη του Ηρακλείου. Συνεπώς, ένας κάτοικος του Πειραιά δέχεται μεγαλύτερη επιβάρυνση στην υγεία του(4.55 τόνους/1000 κατοίκους), από τους συνολικά 800 τόνους εκπεμπόμενων ρύπων που υπολογίστηκαν.

- Το λιμάνι του Πειραιά το έτος 2009 δέχτηκε 9 φορές περισσότερα κρουαζιερόπλοια συγκριτικά με το λιμάνι του Ηρακλείου, ενώ το σύνολο των εκπομπών παρατηρήθηκε ότι είναι περίπου 12 φορές υψηλότερο συγκριτικά με το λιμάνι του Ηρακλείου. Το παραπάνω γεγονός δικαιολογείται αφού τα κρουαζιερόπλοια στο Πειραιά διανύουν απόσταση 2 ναυτικά μίλια από το στόμιο του λιμένα έως να αγκυροβολήσουν και απο το σημείο αγκυροβολίας έως το στόμιο του λιμένα αντίστοιχα.

- Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης του Πειραιά, τα μεγαλύτερα ποσοστά εκπομπής όπως και στο Ηράκλειο, παρατηρούνται για το οξείδιο του αζώτου στη συνέχεια ακολουθεί με μικρότερα ποσοστά το διοξείδιο του θείου και τέλος με μία πολύ μικρή συμβολή τα αιωρούμενα σωματίδια. Παρατηρούμε ότι οι ποσότητες των αέριων εκπομπών που προκύπτουν από την λειτουργία των κρουαζιερόπλοιων στο Πειραιά σε κανονικές συνθήκες όπως εκείνες του βασικού σεναρίου στο Ηράκλειο προκύπτουν αρκετά λογικές. Αυτό αποδεικνύει και πάλι την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή της αναλυτικής μεθόδου υπολογισμού.

- Όπως διαπιστώθηκε και στην υπολογιστική μέθοδο για το Ηράκλειο, τη θερινή περίοδο παρατηρούνται σχεδόν τα διπλάσια ποσοστά αέριων εκπομπών ρύπων. Συγκεκριμένα, τα συνολικά ποσοστά κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) για το λιμάνι του Ηρακλείου και το λιμάνι του Πειραιά, προσεγγίζουν για το οξείδιο του αζώτου το 73% και το 75% αντίστοιχα, για το διοξείδιο του θείου το 23% και το 25% αντίστοιχα, ενώ για τα αιωρούμενα σωματίδια το το 2% και 1% αντίστοιχα.

- Είναι σημαντικό να διατυπωθεί ότι μία παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τους εκπεμπόμενους ρύπους πλοίων και κατά συνέπεια τις επιπτώσεις

στην ανθρώπινη υγεία είναι οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του έτους (άνεμος, διάρκεια, κατεύθυνση). Στην ανωτέρω μελέτη δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι αντίστοιχες κλιματολογικές συνθήκες.

4.6 Πιθανές λύσεις του προβλήματος

Δεν υπάρχουν εύκολες λύσεις σε ένα τόσο σημαντικό πρόβλημα. Εκτός αυτού, μια τελική λύση για τον περιορισμό των εκπομπών κοντά σε μεγάλα λιμάνια μπορεί να επιτευχθεί μόνο με όρους σκληρής διαπραγμάτευσης ανάμεσα σε πολιτικούς, τεχνικούς και κατασκευαστές. Μερικές από αυτές παρουσιάζονται επιγραμματικά παρακάτω:

- "Οικολογικά" καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο που όμως είναι ακριβότερα και κατά συνέπεια αυξάνουν σημαντικά το συνολικό κόστος λειτουργίας του πλοίου. Με βάση τους κανονισμούς του IMO η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο θα πρέπει να μειωθεί σε 0.5% το 2020.

- Χρήση νέων κινητήρων ικανών για κατανάλωση καθαρότερων καυσίμων. Αυτό θα έχει βέβαια ως αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση του κόστους του καυσίμου με περαιτέρω αύξηση του κόστους λειτουργίας του πλοίου.

- Χρήση φυσικού αερίου ως καύσιμο το οποίο αποτελεί μια καλή επιλογή για τα μελλοντικά πλοία μειώνοντας τις εκπομπές κοντά στο μηδέν.

- Περιορισμός εισόδου σε λιμάνια, παλαιών και συνεπώς ρυπογόνων πλοίων. Κυρίως τα καράβια αυτά ανεβάζουν τον δείκτη της ρύπανσης στους λιμένες.

- Περιορισμός της ταχύτητας των πλοίων στις θαλάσσιες οδούς γύρω και εντός των λιμανιών.

- Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά σε ελλιμενισμένα πλοία τα οποία δεν χρειάζεται πλέον να κάνουν χρήση των Diesel γεννητριών τους επιτυγχάνοντας έτσι μια πολύ καλή εναλλακτική και ταυτόχρονα οικονομικά συμφέρουσα επιλογή.

4.7 Σύνοψη

Η συνεχής υποβάθμιση του περιβάλλοντος γύρω μας σε συνδυασμό με την αυξανόμενη επιβάρυνση στην ανθρώπινη υγεία έχουν επιβάλει την αναζήτηση ουσιαστικής αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα μεγάλα λιμάνια ως σημεία συγκέντρωσης της διαρκώς αυξανόμενης ναυτιλίας, αποτελούν πυρήνα εκπομπών αερίων ρύπων ενώ ταυτόχρονα τα περισσότερα βρίσκονται πολύ κοντά σε κατοικημένες περιοχές με ήδη μεγάλο φόρτο εργασιών και συνεπώς εκπομπών.

Αρχικά, στη παρούσα εργασία με σκοπό τον προσδιορισμό των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία των εκπεμπόμενων ρύπων από τα πλοία, διερευνήθηκαν οι τρόποι υπολογισμού και τα βήματα ανάπτυξης μιας απογραφής εκπομπών για τον υπολογισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου εντός ενός λιμένα. Πραγματοποιήθηκε αναλυτική περιγραφή των φάσεων λειτουργίας των πλοίων εντός του λιμένα, των καυσίμων και κινητήρων που χρησιμοποιούνται, και χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα κίνησης των πλοίων που αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων sea-web.

Τέλος, έγινε εφαρμογή αναλυτικής μεθόδου υπολογισμού εκπομπών για τον λιμένα του Ηρακλείου, με σκοπό την μέτρηση των συνολικών εκπομπών από τα κρουαζιερόπλοια για το έτος 2012. Βάση των αποτελεσμάτων, υπολογίστηκε ότι οι συνολικές εκπομπές από τα κρουαζιερόπλοια προσεγγίζουν τους 68,73 τόνους, με τη θερινή περίοδο και συγκεκριμένα τη φάση παραμονής των πλοίων στο λιμένα, να ξεχωρίζει με τις ιδιαίτερα υψηλές τιμές εκπομπές αέριων ρύπων (NO_X, SO_2, $PM_{2.5}$). Έχοντας ολοκληρώσει την συγκριτική μελέτη σχετικά με τις αέριες εκπομπές ρύπων στο λιμάνι του Πειραιά το έτος 2009, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι τα ποσοστά ρύπων και για τα δύο λιμάνια είναι ανάλογα, με το οξείδιο αζώτου να έχει τις υψηλότερες εκπομπές και να ακολουθεί το διοξείδιο του θείου και στη συνέχεια τα αιωρούμενα σωματίδια με αρκετά χαμηλότερα ποσοστά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] C. Wang, J. J. Corbett, and J. Firestone, “Modeling energy use and emissions from North American shipping: Application of the ship traffic, energy, and environment model,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 41, no. 9, pp. 3226–3232, 2007.

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

[3] “International Chamber of Shipping International Shipping Federation.” [Online]. Available: http://www.ics-shipping.org/. [Accessed: 07-Sep-2013].

[4] “ICC - International Chamber of Commerce.” [Online]. Available: http://www.iccwbo.org/. [Accessed: 21-Sep-2013].

[5] Ø. Buhaug, J. Corbett, J. Winebrake, A. Mjelde, D. Lee, S. Hanayama, H. Lindstad, C. P\aalsson, V. Eyring, and D. Lee, “Second IMO GHG study 2009 update of the 2000 GHG study: final report covering phrase 1 and prase 2,” *Longdon Imo*, 2009.

[6] “International Chamber of Shipping,” *Wikipedia, the free encyclopedia*. 23-Aug-2013.

[7] K. Kaarle, “Improving energy efficiency and environmental sustainability of a bulk carrier.”

[8] “WHO | World Health Organization.” [Online]. Available: http://www.who.int/en/. [Accessed: 21-Sep-2013].

[9] T. Nicolai, “Environmental air pollution and lung disease in children.,” *Monaldi Arch. Chest Dis. Arch. Monaldi Mal. Toracefondazione Clin. Lav. Irccs Ist. Clin. Tisiol. E Mal. Appar. Respir. Univ. Napoli Secondo Ateneo*, vol. 54, no. 6, pp. 475–478, 1999.

[10] V. Eyring, H. W. Köhler, J. Van Aardenne, and A. Lauer, “Emissions from international shipping: 1. The last 50 years,” *J. Geophys. Res. Atmospheres 1984–2012*, vol. 110, no. D17, 2005.

[11] H. Agrawal, Q. G. J. Malloy, W. A. Welch, J. Wayne Miller, and D. R. Cocker III, “In-use gaseous and particulate matter emissions from a modern ocean going container vessel,” *Atmos. Environ.*, vol. 42, no. 21, pp. 5504–5510, Jul. 2008.

[12] “DSpace at NTUA (beta): Τεχνικές περιστολής εκπομπών αερίων ρύπων ναυτικών κινητήρων και οικονομική αξιολόγηση αυτών.” [Online]. Available: http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/3866. [Accessed: 21-Sep-2013].

[13] E. Tzannatos, “Ship emissions and their externalities for Greece,” *Atmos. Environ.*, vol. 44, no. 18, pp. 2194–2202, 2010.

[14] Ιωάννης Νικολός και Ιωάννης Σιδέρης, *ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ*. 2002.

[15] W. M. Huang, G. W. Lee, and C. C. Wu, “GHG emissions, GDP growth and the Kyoto Protocol: A revisit of Environmental Kuznets Curve hypothesis,” *Energy Policy*, vol. 36, no. 1, pp. 239–247, 2008.

[16] “What we do - About us - Climate Action - European Commission.” [Online]. Available: http://ec.europa.eu/dgs/clima/mission/index_en.htm. [Accessed: 21-Sep-2013].

[17] C. Trozzi and R. Vaccaro, “Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships,” *Techne Rep. Meet Rf98*, 1998.

[18] S. K. Ng, C. Loh, C. Lin, V. Booth, J. W. Chan, A. C. Yip, Y. Li, and A. K. Lau, “Policy change driven by an AIS-assisted marine emission inventory in Hong Kong and the Pearl River Delta,” *Atmos. Environ.*, 2012.

[19] M. A. Cervera and A. Ginesi, “On the performance analysis of a satellite-based AIS system,” in *Signal Processing for Space Communications, 2008. SPSC 2008. 10th International Workshop on*, 2008, pp. 1–8.
[20] E. Tzannatos, “Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus–Greece,” *Atmos. Environ.*, vol. 44, no. 3, pp. 400–407, 2010.
[21] “EPA Information Related to the American Recovery and Reinvestment Act of 2009 (Recovery Act) | US Environmental Protection Agency.” [Online]. Available: http://www.epa.gov/recovery/. [Accessed: 21-Sep-2013].
[22] P. S. Yau, S. C. Lee, J. J. Corbett, C. Wang, Y. Cheng, and K. F. Ho, “Estimation of exhaust emission from ocean-going vessels in Hong Kong,” *Sci. Total Environ.*, vol. 431, pp. 299–306, 2012.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	SAGA RUBY	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	7214715	Gross	24,492
Call Sign	9HA2415	Deadweight	5,954
MMSI No.	248563000	Year of Build	1973
Flag	Malta	Status	In Service/Commission
Operator	Saga Cruises Ltd	Shipbuilder	Swan Hunter Wallsnd

MACHINERY OVERVIEW

2 oil engines driving 2 FP propellers at 150 rpm
Total Power: Mcr 17,648kW (23,994hp)
Service Speed: 21.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Sulzer, **Engine Builder:** G. Clark & NEM Ltd. - Sunderland
2 x 9RD68, 2 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
9 Cy. 680 x 1250, Mcr: 8,824 kW (11,997 hp) at 150 rpm

Sea-web™

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
  - Machinery Overview
  - Prime Mover
  - Auxiliary Engines
  - Boilers
  - Auxiliary Generators
  - Bunkers
  - Thrusters
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	COLUMBUS 1	Shiptype	General Cargo Ship
LR/IMO No.	9095890	Gross	792
Call Sign	V4UI	Deadweight	1,000
MMSI No.	341527000	Year of Build	2000
Flag	St Kitts & Nevis	Status	In Service/Commission
Operator	Ocean Continental Shipping	Shipbuilder	Taizhou Luqiao Jinqing

MACHINERY OVERVIEW

1 oil engine geared to screw shaft driving 1 Propeller
Total Power: Mcr 735kW (999hp)

PRIME MOVER DETAIL

Design: Chinese Std. Type, **Engine Builder:** Zibo Diesel Engine Factory - China
1 x 8300, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
8 Cy. 300 x 380, Mcr: 735 kW (999 hp) at 450 rpm

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	ARTANIA	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	8201480	Gross	44,656
Call Sign	ZCDM7	Deadweight	4,661
MMSI No.	310456000	Year of Build	1984
Flag	Bermuda	Status	In Service/Commission
Operator	Phoenix Reisen GmbH	Shipbuilder	Wartsila Ab - Helsinki

MACHINERY OVERVIEW

4 oil engines with clutches, flexible couplings & double reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 125 rpm
Total Power: Mcr 23,200kW (31,544hp)
Service Speed: 21.50kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Pielstick, **Engine Builder:** Oy Wartsila Ab - Finland
4 x 6PC4-2L-570, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
6 Cy. 570 x 620, Mcr: 5,800 kW (7,886 hp) at 400 rpm

Sea-web

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	AEGEAN ODYSSEY	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	7225910	Gross	12,094
Call Sign	9HA2404	Deadweight	4,174
MMSI No.	248541000	Year of Build	1973
Flag	Malta	Status	In Service/Commission
Operator	Aegean Experience Maritime-LIB	Shipbuilder	Galati

MACHINERY OVERVIEW

2 oil engines driving 2 CP propellers
Total Power: Mcr 10,298kW (14,002hp)

PRIME MOVER DETAIL

Design: Pielstick, **Engine Builder:** Crossley Premier Engines Ltd. - Manchester
2 x 14PC2V-400, 4 Stroke, Single Acting, Vee
14 Cy. 400 x 460, Mcr: 5,149 kW (7,001 hp) at 500 rpm

AUXILIARY ENGINES

Design: Bw, **Engine Builder:** Litostroj
3 x Unknown, 4 Stroke 7Cy.
225 x 300, Mcr: 600 kW

Design: Man, **Engine Builder:** Manbwdiesel
1 x Unknown, 4 Stroke 8Cy.
128 x 150, Mcr: 195 kW

Sea-web

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	AEGEAN PARADISE	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	8902333	Gross	23,287
Call Sign	C6UU6	Deadweight	4,863
MMSI No.	309877000	Year of Build	1990
Flag	Bahamas	Status	In Service/Commission
Operator	Proton Capital Group HK Ltd	Shipbuilder	IHI - Tokyo

MACHINERY OVERVIEW

2 oil engines with flexible couplings & single reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 140 rpm
Total Power: Mcr 13,638kW (18,542hp), Csr 12,386kW (16,840hp)
Service Speed: 21.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Pielstick, **Engine Builder:** Diesel United Ltd. - Aioi
2 x 12PC2-6V-400, 4 Stroke, Single Acting, Vee
12 Cy. 400 x 460, Mcr: 6,819 kW (9,271 hp) at 520 rpm

AUXILIARY ENGINES

Design: Daihatsu, **Engine Builder:** Daihatsu
3 x 6DL-3232 x , Mcr: 1706 kW

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	COSTA VOYAGER	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	9183506	Gross	24,430
Call Sign	ICSW	Deadweight	2,352
MMSI No.	247312800	Year of Build	2000
Flag	Italy	Status	In Service/Commission
Operator	Costa Crociere SpA	Shipbuilder	Blohm + Voss Gmbh

MACHINERY OVERVIEW

4 oil engines with clutches, flexible couplings & single reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 130 rpm
Total Power: Mcr 37,800kW (51,392hp)
Max. Speed: 28.00kts, Service Speed: 27.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Wartsila, **Engine Builder:** Wartsila NSD Finland Oy - Finland
4 x 9L46C, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
9 Cy. 460 x 580, Mcr: 9,450 kW (12,848 hp) at 500 rpm

AUXILIARY ENGINES

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	COSTA MEDITERRANEA	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	9237345	Gross	85,619
Call Sign	IBCF	Deadweight	7,500
MMSI No.	247088200	Year of Build	2003
Flag	Italy	Status	In Service/Commission
Operator	Costa Crociere SpA	Shipbuilder	Kvaerner Masa-Yards - H...

MACHINERY OVERVIEW

6 diesel electric oil engines driving 6 generators each 11,524kW 11,000V a.c. connected to 2 electric motors of (17,600kW) driving 2 Azimuth electric drive units
Total Power: Mcr 62,370kW (84,798hp)
Max. Speed: 24.00kts, Service Speed: 22.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Wartsila, **Engine Builder:** Wartsila Finland Oy - Finland
6 x 9L46C, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
9 Cy. 460 x 580, Mcr: 10,395 kW (14,133 hp) at 514 rpm

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	ISLAND SKY	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	8802894	Gross	4,200
Call Sign	C6TQ2	Deadweight	480
MMSI No.	311743000	Year of Build	1992
Flag	Bahamas	Status	In Service/Commission
Operator	Noble Caledonia Ltd	Shipbuilder	Nuovi Cantieri Apuania ...

MACHINERY OVERVIEW

2 oil engines with clutches & reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers
Total Power: Mcr 3,560kW (4,840hp)
Service Speed: 15.50kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Alpha, **Engine Builder:** MAN B&W Diesel A/S - Denmark
2 x 8L28/32, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
8 Cy. 280 x 320, Mcr: 1,780 kW (2,420 hp) at 750 rpm

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	SEABOURN QUEST	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	9483126	Gross	32,346
Call Sign	C6YZ5	Deadweight	5,000
MMSI No.	311038900	Year of Build	2011
Flag	Bahamas	Status	In Service/Commission
Operator	Seabourn Cruise Line Ltd	Shipbuilder	Mariotti

MACHINERY OVERVIEW

4 diesel electric oil engines driving 4 generators each 5,536kW 6,600V a.c. connected to 2 electric motors driving 2 FP propellers
Total Power: Mcr 24,000kW (32,632hp), Csr 20,400kW (27,736hp)
Service Speed: 19.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Wartsila, **Engine Builder:** Wartsila Finland Oy - Finland
2 x 12V32, 4 Stroke, Stroke Cycle Unassigned, Vee
12 Cy. 320 x 400, Mcr: 6,000 kW (8,158 hp) at 750 rpm

Design: Wartsila, **Engine Builder:** Wartsila Finland Oy - Finland
2 x 12V32, 4 Stroke, Single Acting, Vee
12 Cy. 320 x 400, Mcr: 6,000 kW (8,158 hp) at 750 rpm

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	GOLDEN IRIS	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	7358573	Gross	16,852
Call Sign	3FZK4	Deadweight	3,130
MMSI No.	371771000	Year of Build	1977
Flag	Panama	Status	In Service/Commission
Operator	Mano Maritime Ltd	Shipbuilder	Burmeister & Wain's Ski...

MACHINERY OVERVIEW

4 oil engines with clutches, flexible couplings & single reduction reverse geared to screw shafts driving 2 CP propellers
Total Power: Mcr 15,444kW (20,996hp)
Service Speed: 18.50kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: B&W, **Engine Builder:** Hitachi Zosen Corp - Japan
4 x 7U50HU, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
7 Cy. 500 x 540, Mcr: 3,861 kW (5,249 hp) at 465 rpm

AUXILIARY ENGINES

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	ORIENT QUEEN II	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	8701193	Gross	7,478
Call Sign	3FDJ9	Deadweight	1,173
MMSI No.	373703000	Year of Build	1989
Flag	Panama	Status	In Service/Commission
Operator	Abou Merhi Lines SAL	Shipbuilder	UNL - Valencia

MACHINERY OVERVIEW

2 oil engines with flexible couplings & single reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 192 rpm
Total Power: Mcr 3,898kW (5,300hp)
Service Speed: 17.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Wartsila, **Engine Builder:** Construcciones Echevarria SA - Spain
2 x 12V22, 4 Stroke, Single Acting, Vee
12 Cy. 220 x 240, Mcr: 1,949 kW (2,650 hp) at 1,000 rpm

AUXILIARY ENGINES

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	LOUIS OLYMPIA	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	7927984	Gross	37,773
Call Sign	9HA3027	Deadweight	5,237
MMSI No.	229051000	Year of Build	1982
Flag	Malta	Status	In Service/Commission
Operator	Core Marine Ltd	Shipbuilder	Wartsila Ab - Helsinki

MACHINERY OVERVIEW

4 oil engines with clutches, flexible couplings & single reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 145 rpm
Total Power: Mcr 16,476kW (22,400hp)
Service Speed: 20.50kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Sulzer, **Engine Builder:** Oy Wartsila Ab - Finland
4 x 8ZL40/48, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
8 Cy. 400 x 480, Mcr: 4,119 kW (5,600 hp) at 530 rpm

AUXILIARY ENGINES

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	LOUIS CRISTAL	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	7827213	Gross	25,611
Call Sign	9HA2978	Deadweight	1,703
MMSI No.	229001000	Year of Build	1980
Flag	Malta	Status	In Service/Commission
Operator	Core Marine Ltd	Shipbuilder	Wartsila Ab - Turku

MACHINERY OVERVIEW

4 oil engines reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 170 rpm
Total Power: Mcr 19,124kW (26,000hp)
Service Speed: 21.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Pielstick, **Engine Builder:** Oy Wartsila Ab - Finland
4 x 12PC2-5V-400, 4 Stroke, Single Acting, Vee
12 Cy. 400 x 460, Mcr: 4,781 kW (6,500 hp) at 500 rpm

AUXILIARY ENGINES

Sea-web™

Quick Search

- My Notes
- News Stories
- Registration
- Ownership
- Commercial History
- Class
- Surveys
- CONSTRUCTION
- CARGO & GEAR
- MACHINERY
- CLASSIFIED
- Event Timeline
- Photographs
- Equasis
- Inmarsat
- MOVEMENTS
- Fixtures
- Benchmark

Export Data | Reports | Correction | 1 of 1 | 0

Ship Detail

Ship Name	COSTA ATLANTICA	Shiptype	Passenger/Cruise
LR/IMO No.	9187796	Gross	85,619
Call Sign	IBLQ	Deadweight	8,600
MMSI No.	247645000	Year of Build	2000
Flag	Italy	Status	In Service/Commission
Operator	Costa Crociere SpA	Shipbuilder	Kvaerner Masa-Yards - H...

MACHINERY OVERVIEW

6 diesel electric oil engines driving 6 generators each 11,524kW 11,000V a.c. connected to 2 electric motors of (17,600KW) driving 2 Azimuth electric drive units
Total Power: Mcr 62,370kW (84,798hp)
Max. Speed: 24.00kts, Service Speed: 22.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: Wartsila, **Engine Builder:** Wartsila NSD Finland Oy - Finland
6 x 9R46, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
9 Cy. 460 x 580, Mcr: 10,395 kW (14,133 hp) at 514 rpm

AUXILIARY ENGINES