



ΧΑΝΙΑ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ
ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΛΙΜΕΝΕΣ: ΟΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΛΙΜΑΝΙΩΝ ΠΕΙΡΑΙΑ,
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΑΙ ΣΟΥΔΑΣ

CALCULATION OF AIR POLLUTION CAUSED BY THE APPROACH OF CRUISE SHIPS
IN PORTS: THE CASES OF THE PORTS OF PIRAEUS, HERAKLION AND CHANIA



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΠΑΠΑΕΥΘΥΜΙΟΥ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΣΤΑΜΑΤΗΣ ΣΥΡΡΑΚΟΣ

ΑΜ: 2005010053

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Παπαευθυμίου Σπυρίδωνα, για την πολύτιμη στήριξη και την άψογη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους – συμφοιτητές μου για τη συμπαράστασή τους, όχι μόνο κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, αλλά και κατά τη διάρκεια όλων των σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σκοπό την αποτίμηση των επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης από τις δραστηριότητες των κρουαζιερόπλοιων σε λιμάνια και πιο συγκεκριμένα στα λιμάνια του Πειραιά, του Ηρακλείου και της Σούδας Χανίων. Μέσω κατάλληλων μεθοδολογιών θα γίνει υπολογισμός των αέριων ρύπων και των επιπτώσεών τους, αναλύοντας τις δραστηριότητες των πλοίων εντός των λιμένων σε τρεις τύπους: κίνηση, ελιγμοί και παραμονή στο αγκυροβόλιο.

Επιπλέον, θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων με προγενέστερες μελέτες, ώστε να καταγράψουμε την χρονική εξέλιξη του φαινομένου. Τέλος, θα διερευνηθούν πιθανά σενάρια για την ελαχιστοποίηση των ρύπων.

ABSTRACT

The following thesis aims at evaluating the effects of air pollution from cruise ships approaching ports and specifically the ports of Piraeus, Heraklion and Souda - Chania. Through appropriate methodology air pollutant emissions will be calculated by analyzing the operation of ships in ports in three different ways (movement, maneuvering and at berth).

Furthermore, the results are compared accordingly with previous studies in order to record the time evolution of the phenomenon. Finally, possible scenarios for minimizing emissions are investigated.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
2	ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥΣ ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ	18
3	ΣΗΜΑΣΙΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ.....	24
3.1	ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΕΝΤΟΣ ΛΙΜΕΝΩΝ	25
4	ΣΥΜΒΟΛΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΛΙΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΡΥΠΑΝΤΕΣ.....	29
5	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ	31
6	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	40
6.1	ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΥΟΤΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ	40
6.1.1	ΣΥΝΟΨΗ	40
6.1.2	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ	41
6.2	MARPOL ΚΑΙ ΤΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI	43
6.2.1	ΟΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ TIER I – II – III.....	43
6.2.2	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	44
6.2.3	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	45
6.2.4	ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NO _x	45
6.2.5	ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO _x	46
6.2.6	ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	47
6.2.7	ΛΟΙΠΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ.....	48
6.2.8	ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ	48
6.3	Η ΔΡΑΣΗ ΤΗΣ Ε.Ε.	48
6.3.1	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΣΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	49
6.3.2	ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NO _x	49
6.3.3	ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΞΗΡΑ.....	50
7	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	53
7.1	ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ....	53
7.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	56
7.3	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΛΙΜΑΝΙΩΝ	57
7.4	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ	59
7.5	ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	61
7.6	ΧΡΟΝΟΙ ΕΛΛΙΓΜΩΝ ΚΑΙ ΕΛΛΙΜΕΝΙΣΜΟΥ.....	65
7.7	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	65
7.8	ΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	66

7.9	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	67
8	ΜΕΛΕΤΗ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ	73
8.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ.....	73
8.2	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	74
8.3	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΠΕΙΡΑΙΑ.....	75
8.4	ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2013	76
8.5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	76
9	ΜΕΛΕΤΗ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ.....	91
9.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ.....	91
9.2	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	91
9.3	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	93
9.4	ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2013	94
9.5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	94
10	ΜΕΛΕΤΗ ΛΙΜΕΝΑ ΣΟΥΔΑΣ ΧΑΝΙΩΝ.....	107
10.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ.....	107
10.2	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	107
10.3	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΟΥΔΑΣ.....	108
10.4	ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΣΟΥΔΑΣ ΧΑΝΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2013	109
10.5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	110
10.6	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ.....	120
10.7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	121
11	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΛΙΜΕΝΕΣ.....	123
12	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	130
12.1	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ.....	130
12.2	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	132
12.3	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΙΜΕΝΑ ΣΟΥΔΑΣ	135
12.4	ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ	137
12.4.1	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ	137
12.4.2	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ.....	138
12.5	ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΤΥΠΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΙΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ (ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ EMISSION FACTOR)	139

12.5.1	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ	139
12.5.2	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ.....	139
12.5.3	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΣΟΥΔΑΣ	140
12.6	ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ LOAD FACTOR	140
12.6.1	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ	141
12.6.2	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ.....	142
12.6.3	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΣΟΥΔΑΣ	143
12.7	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΦΙΞΕΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΙΜΕ	144
13	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	146

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:	Σε πάρα πολλά υπερσύγχρονα κρουαζιερόπλοια, όπως αυτό που αναχωρεί από το Λιμάνι του Πειραιά χρησιμοποιούνται ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι περιστρέφουν τις προπέλες σε συνδυασμό με θερμικό κινητήρα ντίζελ [1]......	14
Εικόνα 2:	Τα ελληνικά λιμάνια με τη μεγαλύτερη επισκεψιμότητα κρουαζιερόπλοιων. Το 2013 οι επιβάτες αυξήθηκαν κατά 42.9% και τα έσοδα μόλις 2.9% [6].	15
Εικόνα 3:	Διαφορετικές μορφές μεταφοράς παράγουν διαφορετικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου ανά τόνο εμπορευμάτων που αποστέλλονται εντός ενός μιλίου. Σε σύγκριση με τα φορτηγά πλοία, οι εμπορευματικές αμαξοστοιχίες παράγουν 1,6 φορές περισσότερες εκπομπές, τα φορτηγά 10 φορές περισσότερες εκπομπές, και οι διεθνείς εμπορευματικές αερομεταφορές 47 φορές περισσότερες εκπομπές [8]......	18
Εικόνα 4:	Διαφορετικές μορφές μεταφοράς παράγουν διαφορετικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου - διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂), οξείδια του αζώτου (NO _x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο (SO ₂) του θείου (SO _x), υδρογονάνθρακες και αιωρούμενα σωματίδια (PM _{2.5} , PM ₁₀) ανά τόνο εμπορευμάτων που αποστέλλονται εντός ενός χιλιομέτρου [9]......	19
Εικόνα 5:	Εάν η παγκόσμια ναυτιλία ήταν μια χώρα θα ήταν ο έκτος μεγαλύτερος παραγωγός εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου [11].	20
Εικόνα 6:	Οι μεταφερόμενοι τόνοι εμπορευμάτων μέσω της διεθνούς ναυτιλίας έχουν υπερδιπλασιαστεί κατά την τελευταία δεκαετία [11]......	21
Εικόνα 7:	Μελλοντικά επίπεδα εκπομπών κάτω από σενάρια καμίας, χαμηλής, μέσης και υψηλής μείωσης των εκπομπών. Κάθε σενάριο είναι σπασμένο σε επιμέρους Α και Β σενάρια, τα οποία εξετάστηκαν το 2009 σε δεύτερη μελέτη αερίων του θερμοκηπίου [11].	21
Εικόνα 8:	Τα αρχεία καταγραφής δεδομένων είναι απολύτως απαραίτητα για μελέτες εκπομπών σε λιμάνια και όχι μόνο [20].	24
Εικόνα 9:	Πηγές εκπομπών αερίων ρύπων εντός λιμένων.	25

Εικόνα 10: Ηλεκτρικές γερανογέφυρες ακτής, φορτηγά αυτοκίνητα, πλοία container, ρυμουλκά είναι μερικές μόνο πηγές εκπομπών.....	26
Εικόνα 11: Οι κυριότερες πηγές εκπομπής αερίων σε λιμάνι.....	27
Εικόνα 12: Κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά.	31
Εικόνα 13: Διαδικασία σχηματισμού φωτοχημικής αιθαλομίχλης.	31
Εικόνα 14: Τα στρώματα της ατμόσφαιρας και το προστατευτικό στρώμα όζοντος.....	32
Εικόνα 15: Παχύ στρώμα αιθαλομίχλης που καλύπτει την πόλη της Αθήνας. ...	34
Εικόνα 16: Σχηματισμός όξινης βροχής.	35
Εικόνα 17: Διαδρομή του διοξειδίου του θείου (SO ₂) στο φυσικό περιβάλλον. ...	35
Εικόνα 18: Κύκλος των NO _x στο φυσικό περιβάλλον.....	36
Εικόνα 19: Διήθηση των NO _x στους υδατικούς ταμιευτήρες.....	36
Εικόνα 20: Χάρτης ετήσιας θνησιμότητας λόγω καρδιοπνευμονικών παθήσεων που αποδίδεται σε εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων παγκοσμίως από τις θαλάσσιες μεταφορές [22].....	37
Εικόνα 21: Σχετικά μεγέθη αιωρούμενων σωματιδίων.....	37
Εικόνα 22: Δεισδυτικότητα αιωρούμενων σωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό.....	38
Εικόνα 23: Χώρες που συμμετέχουν στο Πρωτόκολλο του Κυότο στην περίοδο 2013 – 2020.	40
Εικόνα 24: Μέγεθος στόλου ελληνικής ιδιοκτησίας ή με ελληνική σημαία,.....	44
Εικόνα 25: MARPOL Annex VI Όρια εκπομπών NO _x	46
Εικόνα 26: MARPOL Annex VI Όρια εκπομπών SO _x	47
Εικόνα 27: Σύγκριση της επιτρεπόμενης περιεκτικότητας σε θείο των διαφόρων καυσίμων (ppm). Τα 45.000 ppm αντιστοιχούν σε 4,5% περιεκτικότητα σε θείο, ενώ τα 10 ppm των οδικών μεταφορών σε 0,00001%.	51
Εικόνα 28: Διάγραμμα μεθόδων υπολογισμού εκπομπών [27].....	56
Εικόνα 29: Γραφική παράσταση των φάσεων λειτουργίας [28].	57
Εικόνα 30: Σύγκριση εκπομπών κύριας, βοηθητικής μηχανής και λέβητα [27]. ..	61
Εικόνα 31: Δεξαμενόπλοιο που φορτώνει πετρελαϊκά καύσιμα (bunkering)	61
Εικόνα 32: Δείγμα υπολειμματικού καυσίμου πετρελαίου (residual fuel oil).	62
Εικόνα 33: Διάγραμμα διυλιστηρίου απευθείας ατμοσφαιρικής απόσταξης αργού πετρελαίου και περαιτέρω εξευγενισμού αποσταγμάτων.....	63
Εικόνα 34: Διάγραμμα διυλιστηρίου (υγρής) καταλυτικής πυρόλυσης και ιξωδόλυσης.	64
Εικόνα 35: Διάφορα είδη βενζίνης (βενζίνη = gasoline = petrol.....	64
Εικόνα 36: Πορείες εντός του λιμένα του Πειραιά προς τα σημεία πρόσδεσης των κρουαζιερόπλοιων. D _{κόκκινο} = 2,2 km , D _{κίτρινο} = 1,4 km , D _{πράσινο} = 1,0 km. ...	73
Εικόνα 37: Παράδειγμα στοιχείων κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι του Πειραιά. ...	76

Εικόνα 38: Κατανομή εκπομπών στο λιμάνι του Πειραιά (1/6/08 – 31/5/09) ανά εποχή και ανά είδος ναυτιλίας.....	87
Εικόνα 39: Κατανομή εκπομπών στο λιμάνι του Πειραιά (1/6/08 – 31/5/09) ανά εποχή και ανά είδος ρύπου.	87
Εικόνα 40: Πορείες εντός του λιμένα του Ηρακλείου προς τα σημεία πρόσδεσης των κρουαζιερόπλοιων. $D_{\text{κόκκινο}} = 1,5 \text{ km}$, $D_{\text{κίτρινο}} = 1,7 \text{ km}$	91
Εικόνα 41: Παράδειγμα στοιχείων κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι του Ηρακλείου.	94
Εικόνα 42: Λιμένας Ηρακλείου σε μικρή απόσταση από το αεροδρόμιο.....	96
Εικόνα 43: Πορεία εντός του λιμένα της Σούδας Χανίων προς τα σημεία πρόσδεσης των κρουαζιερόπλοιων. $D_{\text{κόκκινο}} = 1,3 \text{ km}$	107
Εικόνα 44: Παράδειγμα στοιχείων κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι της Σούδας.	109
Εικόνα 45: Εγκατάσταση εξοπλισμού κυψελών καυσίμου.....	126
Εικόνα 46: Τυπική διάταξη εγκατάστασης ηλεκτροδότησης από την ξηρά.....	127
Εικόνα 47: Το λιμάνι και η πόλη του Πειραιά	130
Εικόνα 48: Ο αρχαίος Πειραιάς	131
Εικόνα 49: Βασικά χαρακτηριστικά λιμένα Ηρακλείου	133
Εικόνα 50: Λιμένας Ηρακλείου	133
Εικόνα 51: Ενετικός λιμενοβραχίονας Ηρακλείου	134
Εικόνα 52: Χάρτης λιμένα Σούδας Χανίων	135
Εικόνα 53: Βασικά χαρακτηριστικά λιμένα Σούδας	136
Εικόνα 54: Λιμένας Σούδας Χανίων	136

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: MARPOL Annex VI Όρια εκπομπών NO_x	45
Πίνακας 2: MARPOL Annex VI Όρια εκπομπών SO_x	47
Πίνακας 3: Σύγκριση νομοθεσίας ΕΕ και IMO για τις εκπομπές SO_x , Source: Lloyd's Register.	48
Πίνακας 4: Εξέλιξη του περιορισμού του θείου στα καύσιμα 2010-2020 (2025). 50	
Πίνακας 5: Κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Πειραιά το 2013.	58
Πίνακας 6: Κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2013.	58
Πίνακας 7: Κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι της Σούδας το 2013.	58
Πίνακας 8: Τύποι πλοίων.	59
Πίνακας 9: Τύποι κινητήρων.....	60
Πίνακας 10: Κύριοι τύποι πετρελαϊκών καυσίμων πλοίων.	61
Πίνακας 11: Συντελεστές φορτίου κινητήρων πλοίων.	66

Πίνακας 12: Συντελεστές εκπομπών πλοίων ανάλογα με το συνδυασμό τύπου κινητήρα – καυσίμου και αερίου ρύπου (μονάδες; gr/kWh).	66
Πίνακας 13: Οριακό εξωτερικό κόστος των εκπομπών στις αγροτικές περιοχές, σε τιμές του έτους 2000.	68
Πίνακας 14: Οριακό εξωτερικό κόστος των εκπομπών στις πόλεις, σε τιμές του έτους 2000.....	68
Πίνακας 15: Εξέλιξη ετήσιων μεταβολών Γενικού Δείκτη Τιμών Καταναλωτή	69
Πίνακας 16: Παράγοντες εξωτερικό κόστος των εκπομπών στην Ελλάδα, σε τιμές του έτους 2013.	70
Πίνακας 17: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.	76
Πίνακας 18: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.....	78
Πίνακας 19: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.....	79
Πίνακας 20: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.....	81
Πίνακας 21: Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά το 2013.	82
Πίνακας 22: Εθνική μας απογραφή εκπομπών NO _x και SO ₂ από τις μεταφορές για το 2012.	83
Πίνακας 23: Παράγοντες εξωτερικού κόστους των εκπομπών στην πόλη του Πειραιά, σε τιμές του έτους 2013.	84
Πίνακας 24: Παράγοντες εξωτερικού κόστους και συνολικό κόστος σε εκ. € των εκπομπών στην πόλη του Πειραιά, σε τιμές του έτους 2013.....	84
Πίνακας 25: Στατιστικά κίνησης πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά (1/6/08 – 31/5/09).....	86
Πίνακας 26: Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά το 2009.	89
Πίνακας 27: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.	94
Πίνακας 28: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.	96
Πίνακας 29: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013	97
Πίνακας 30: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.	99
Πίνακας 31: Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2013	100
Πίνακας 32: Παράγοντες εξωτερικού κόστους των εκπομπών στην πόλη του Ηρακλείου, σε τιμές του έτους 2013.	101

Πίνακας 33: Παράγοντες εξωτερικού κόστους και συνολικό κόστος σε εκ. € των εκπομπών στην πόλη του Ηρακλείου, σε τιμές του έτους 2013.	101
Πίνακας 34: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.....	110
Πίνακας 35: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.....	111
Πίνακας 36: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.....	112
Πίνακας 37: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.....	114
Πίνακας 38: Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι της Σούδας Χανίων το 2013.....	116
Πίνακας 39: Παράγοντες εξωτερικού κόστους των εκπομπών στην πόλη της Σούδας Χανίων σε τιμές του έτους 2013.	117
Πίνακας 40: Παράγοντες εξωτερικού κόστους και συνολικό κόστος σε εκ. € των εκπομπών στην πόλη της Σούδας Χανίων, σε τιμές του έτους 2013.....	117
Πίνακας 41: Συγκεντρωτικός Συγκριτικός Πίνακας	120
Πίνακας 42: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για $D_{\text{κόκκινο}} = 2,2 \text{ km}$	137
Πίνακας 43: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για $D_{\text{κίτρινο}} = 1,4 \text{ km}$	137
Πίνακας 44: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για $D_{\text{πράσινο}} = 1,0 \text{ km}$	137
Πίνακας 45: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για $D_{\text{μύση}} = 1,8 \text{ km}$	138
Πίνακας 46: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013 για $D_{\text{κίτρινο}} = 1,7 \text{ km}$	138
Πίνακας 47: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013 για $D_{\text{κόκκινο}} = 1,5 \text{ km}$	138
Πίνακας 48: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για αυξημένα EF βοηθητικών κινητήρων.	139
Πίνακας 49: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013 για αυξημένα EF βοηθητικών κινητήρων.	140
Πίνακας 50: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Σούδας κατά το έτος 2013 για αυξημένα EF βοηθητικών κινητήρων.	140
Πίνακας 51: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013	141
Πίνακας 52: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 - LF ίσος με LF χειμερινής περιόδου όλο το χρόνο	141

Πίνακας 53: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 - LF ίσος με LF θερινής περιόδου όλο το χρόνο	141
Πίνακας 54: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013	142
Πίνακας 55: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013- LF ίσος με LF χειμερινής περιόδου όλο το χρόνο.....	142
Πίνακας 56: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013- LF ίσος με LF θερινής περιόδου όλο το χρόνο	142
Πίνακας 57: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Σούδας κατά το έτος 2013	143
Πίνακας 58: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Σούδας κατά το έτος 2013- LF ίσος με LF χειμερινής περιόδου όλο το χρόνο	143
Πίνακας 59: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Σούδας κατά το έτος 2013- LF ίσος με LF θερινής περιόδου όλο το χρόνο	143
Πίνακας 60: Στατιστικά στοιχεία αφίξεων κρουαζιέρας από τον ΕΛΙΜΕ για το 2012	144

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.....	77
Διάγραμμα 2: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.....	79
Διάγραμμα 3: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.....	80
Διάγραμμα 4: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Πειραιά.....	81
Διάγραμμα 5: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και αντίστοιχο εξωτερικό κόστος για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Πειραιά.....	85
Διάγραμμα 6: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.....	95
Διάγραμμα 7: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.	97
Διάγραμμα 8: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.	98
Διάγραμμα 9: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Ηρακλείου.....	99

Διάγραμμα 10: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και αντίστοιχο εξωτερικό κόστος για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Ηρακλείου.....	102
Διάγραμμα 11: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.	110
Διάγραμμα 12: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.....	112
Διάγραμμα 13: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.	114
Διάγραμμα 14: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι της Σούδας Χανίων.	115
Διάγραμμα 15: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι της Σούδας Χανίων.	117

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Εικόνα 1: Σε πάρα πολλά υπερσύγχρονα κρουαζιερόπλοια, όπως αυτό που αναχωρεί από το Λιμάνι του Πειραιά χρησιμοποιούνται ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι περιστρέφουν τις προπέλες σε συνδυασμό με θερμικό κινητήρα ντίζελ [1].

Στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ναυτιλίας συγκαταλέγονται η ατμοσφαιρική, η θαλάσσια, η πετρελαϊκή και η ακουστική ρύπανση. Τα πλοία εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα καυσαέρια, αιωρούμενα σωματίδια και υδρογονάνθρακες συμβάλλοντας σημαντικά στην αύξηση των ανθρωπογενών εκπομπών.

Υπολογίστηκε ότι κατά το έτος 2010 ο αριθμός των πρόωρων μοιραίων περιστατικών που προκλήθηκαν από την ατμοσφαιρική ρύπανση, ανήλθε στις 400.000 εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης [2].

Οι κύριες εκπομπές καυσαερίων των κινητήρων των πλοίων περιλαμβάνουν διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), οξείδια του αζώτου (NO_x), διοξείδιο του θείου (SO_2) ή και άλλα οξείδια του θείου (SO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες και αιωρούμενα σωματίδια ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της φόρτωσης δεξαμενόπλοιων, η εξάτμιση οδηγεί σε πρόσθετες εκπομπές πτητικών υδρογονανθράκων (VOC , HALON). Οι παραπάνω εκπομπές αλλάζουν σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο τη σύνθεση της ατμόσφαιρας και έχουν επιπτώσεις στο κλίμα [3].

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) από τη ναυτιλία εκτιμάται ότι είναι το 4 έως 5% του παγκόσμιου συνόλου, ενώ από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) εκτιμάται ότι το ποσοστό θα αυξηθεί έως και κατά 72% επί του προηγούμενου μέχρι το 2020, εάν δεν ληφθούν μέτρα [4]. Επίσης, οι εκπομπές καυσαερίων από τα πλοία δίνουν το 18 έως 30% του συνόλου των οξειδίων του αζώτου και το 9% των οξειδίων του θείου παγκοσμίως [4], [5].

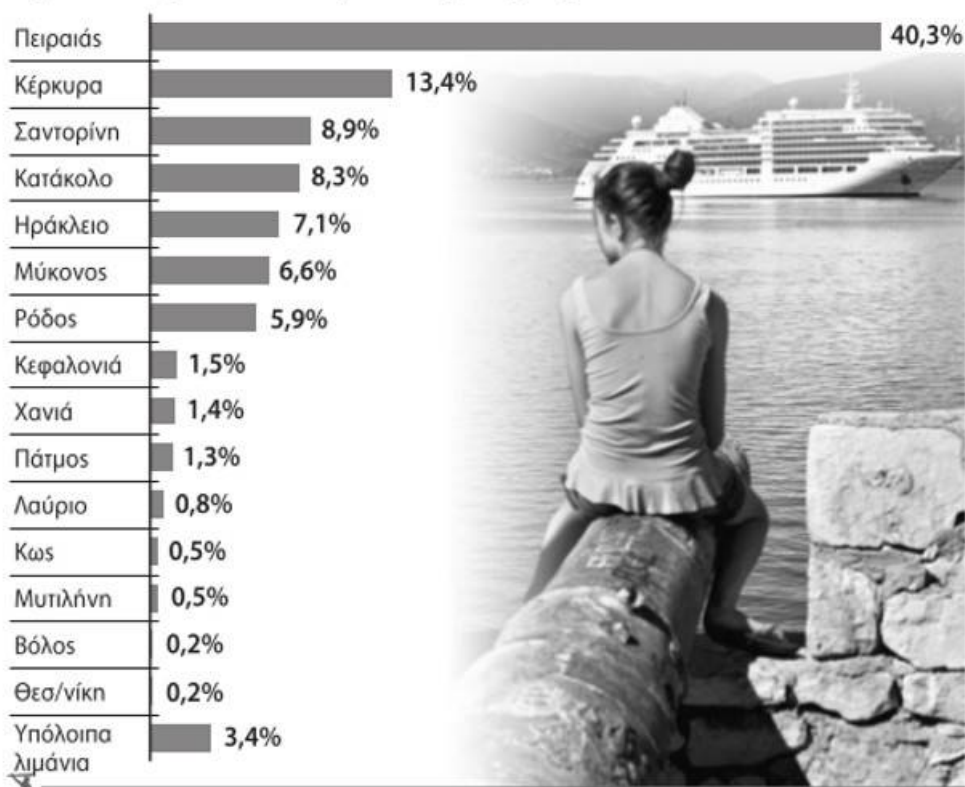
Πλέον, το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τις θαλάσσιες μεταφορές, κυριαρχεί σήμερα στην διεθνή και ευρωπαϊκή ατζέντα περιβαλλοντικής προστασίας. Εκτός από τους ρύπους που εκπέμπονται στην ανοιχτή θάλασσα, τα πλοία επιβαρύνουν με τις εκπομπές τους και τα λιμάνια

που τα φιλοξενούν. Αν και οι λιμενικές εκπομπές δεν συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική εικόνα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η επίδραση των ρύπων από τα καυσαέρια των πλοίων έχει άμεση επίδραση στον ανθρώπινο πληθυσμό και στο δομημένο περιβάλλον πολλών αστικοποιημένων λιμανιών.

Τα επιβατικά λιμάνια του Πειραιά, του Ηρακλείου και της Σούδας – Χανίων πληρούν τις προϋποθέσεις για μελέτη εκπομπών των πλοίων και των επιπτώσεων τους λόγω της δεσπόζουσας παρουσίας τους όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και στην Μεσόγειο. Στην παρούσα εργασία θα εξεταστούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι από τα κρουαζιερόπλοια.

Ο Πειραιάς πληρεί τις προϋποθέσεις για μια μελέτη εκπομπών, καθώς αφενός αποτελεί το λιμάνι με τις πιο συχνές στάσεις κρουαζιερόπλοιων που δραστηριοποιούνται στο Αιγαίο και αφετέρου, είναι η πιο πολυσύχναστη πόλη λιμάνι της Ελλάδας δεδομένου ότι φιλοξενεί ένα σημαντικό μεγάλο πληθυσμό μονίμων κατοίκων, εργαζομένων και άλλων επισκεπτών σε μια σχετικά μικρή έκταση.

Ποσοστιαία κατανομή συνολικών εισπράξεων κρουαζιέρας ανά λιμάνι προορισμού



Εικόνα 2: Τα ελληνικά λιμάνια με τη μεγαλύτερη επισκεψιμότητα κρουαζιερόπλοιων. Το 2013 οι επιβάτες αυξήθηκαν κατά 42.9% και τα έσοδα μόλις 2.9% [6].

Επίσης, η Κρήτη βρίσκεται σε σπουδαία γεωπολιτική θέση, στο κέντρο της Ανατολικής Μεσογείου, στη τομή των διεθνών ναυτιλιακών γραμμών Γιβραλτάρ - Σουέζ και της Μαύρης Θάλασσας με την υπόλοιπη Μεσόγειο. Αποτελεί κέντρο του σύγχρονου διαμετακομιστικού-μεταφορτωτικού εμπορίου, εξυπηρετεί στρατιωτικούς σκοπούς και τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει

ιδιαίτερη τουριστική ανάπτυξη με αύξηση τόσο στα δρομολόγια των εγχώριων ακτοπλοϊκών γραμμών όσο και της επισκεψιμότητας κρουαζιερόπλοιων, κυρίως στα δύο σημαντικότερα λιμάνια της που είναι με τη σειρά το λιμάνι του Ηρακλείου και μετά της Σούδας.

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι εκπομπές των κύριων ρύπων από τα καυσαέρια των κρουαζιερόπλοιων (NO_x, SO₂ και PM_{2.5}) κατά το έτος 2013, εφαρμόστηκε η τροποποιημένη αναλυτική μεθοδολογία κατά Trozzi [7] για την περίπτωση που δεν είναι γνωστή η κατανάλωση καυσίμου σε κάθε φάση λειτουργίας ενός πλοίου. Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στην ισχύ της μηχανής, στον τύπο του καυσίμου και στον χρόνο που διαρκεί η κάθε φάση. Υπολογίστηκαν οι λιμενικές εκπομπές των κρουαζιερόπλοιων που καταπλέουν στα επιβατικά λιμάνια του Πειραιά, του Ηρακλείου και της Σούδας, λαμβάνοντας υπόψη τις κύριες δραστηριότητες εντός λιμένα που αφορούν

- α) στην κίνηση μέσα στο λιμάνι από την είσοδο έως το αγκυροβόλιο,
- β) στους ελιγμούς και
- γ) στην παραμονή στο αγκυροβόλιο.

Οι εκτιμώμενες εκπομπές αναλύθηκαν με βάση το είδος του ρύπου, την εποχικότητα, τη δραστηριότητα και έγινε σύγκριση με ανάλογα δεδομένα προηγούμενων ετών.

Στη συνέχεια, σε μια προσπάθεια να αξιολογηθεί η οικονομική επίπτωση της παραγωγής ζημιολόγων εκπομπών κυρίως στον ανθρώπινο πληθυσμό και στο δομημένο περιβάλλον, ελήφθησαν οι παράγοντες εξωτερικού κόστους κατά NETCEN, οι οποίοι προσεγγίζουν το παραπάνω κόστος ανάλογα με τους τόνους εκπεμπόμενου ρύπου. Οι εξωτερικοί παράγοντες κόστους κατά NETCEN έχουν υπολογιστεί, σύμφωνα με τα μέθοδο ExternE, η οποία και παρουσιάζεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι εκπομπές των κρουαζιερόπλοιων στο επιβατικό λιμάνι του Πειραιά φθάνουν τους 577 τόνους ετησίως και οι εκτιμώμενες οικονομικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου είναι 11,5 εκατομμύρια ευρώ περίπου. Τα αντίστοιχα μεγέθη για το λιμάνι του Ηρακλείου είναι 111 τόνοι εκπομπών και 2,2 εκατομμύρια ευρώ εξωτερικό κόστος και για το λιμάνι της Σούδας 19,5 τόνοι εκπομπών και 357 χιλιάδες ευρώ εξωτερικό κόστος. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι εκπομπές και οι σχετικές επιπτώσεις τους είναι μεγαλύτερες βέβαια, τα ακτοπλοϊκά-επιβατηγά πλοία είναι εκείνα που κυρίως συμβάλλουν στην αύξηση των εκπομπών και των επιπτώσεών τους και δευτερευόντως τα κρουαζιερόπλοια.

Συνολικά, σε πόλεις-λιμάνια, όπως αυτά που εξετάζουμε διαφαίνεται πλέον ολοκάθαρα ότι η ανάγκη να ληφθούν μέτρα έλεγχου και περιορισμού των εκπομπών που παράγονται από τα πλοία - πέρα από εκείνον που υπαγορεύεται από την ισχύουσα οδηγία 2012/33/EU - είναι πολύ επείγουσα.

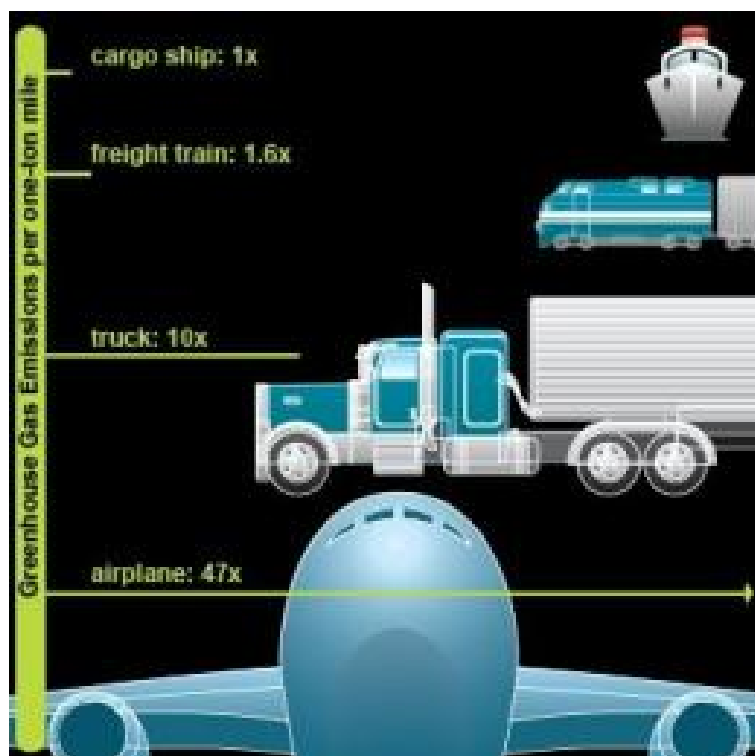
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2 ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥΣ ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

"Without international shipping, half the world would freeze and the other half would starve."

Efthimios Mitropoulos, IMO Secretary-General

Οι ναυτιλιακές μεταφορές κατέχουν την πρώτη θέση στην διεξαγωγή του παγκόσμιου εμπορίου και αναγνωρίζονται ευρέως ως ένας φιλικός προς το περιβάλλον τρόπος μεταφοράς συγκριτικά με άλλους, όπως δείχνει και η παρακάτω εικόνα.

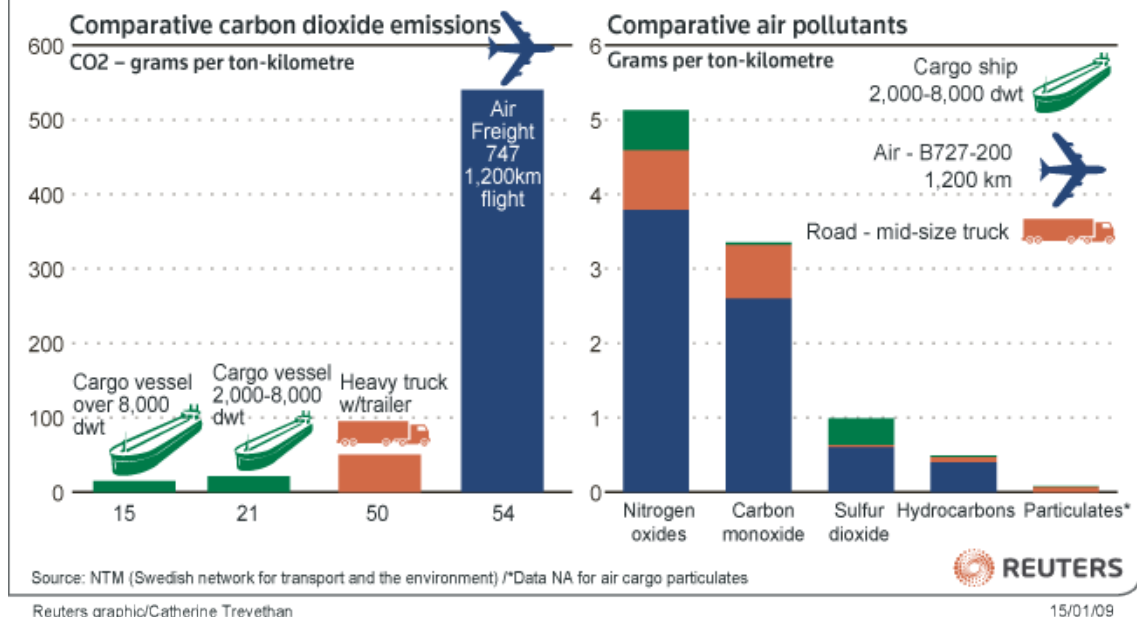


Εικόνα 3: Διαφορετικές μορφές μεταφοράς παράγουν διαφορετικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου ανά τόνο εμπορευμάτων που αποστέλλονται εντός ενός μιλίου. Σε σύγκριση με τα φορτηγά πλοία, οι εμπορευματικές αμαξοστοιχίες παράγουν 1,6 φορές περισσότερες εκπομπές, τα φορτηγά 10 φορές περισσότερες εκπομπές, και οι διεθνείς εμπορευματικές αερομεταφορές 47 φορές περισσότερες εκπομπές [8].

Ωστόσο, ποικίλες έρευνες που επιχείρησαν την εκτίμηση των παγκόσμιων εκπομπών από τη ναυτιλία δείχνουν ότι τα καυσαέρια των πλοίων αποτελούν σημαντικό κομμάτι των ρυπογόνων ανθρωπογενών εκπομπών.

Πάνω από το 90% του παγκόσμιου εμπορίου μεταφέρεται στους ωκεανούς του κόσμου με περίπου 90.000 ποντοπόρα πλοία. Όπως συμβαίνει με όλους τους τρόπους μεταφοράς που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, τα πλοία παράγουν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που συμβάλλουν σημαντικά στην αλλαγή του κλίματος και στην οξίνιση (acidification) των ωκεανών. Εκτός του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), τα πλοία απελευθερώνουν επίσης, σωρεία άλλων ρύπων που επίσης συμβάλλουν στο πρόβλημα. Μάλιστα, τα πλοία αυτά καταναλώνουν, το πιο βαρύ και ρυπογόνο καύσιμο της αγοράς, ένα καύσιμο τόσο ακατέργαστο που στερεοποιείται σε θερμοκρασία δωματίου, τόσο ώστε να μπορεί να περπατήσει κανείς πάνω του [10].

Global shipping emissions



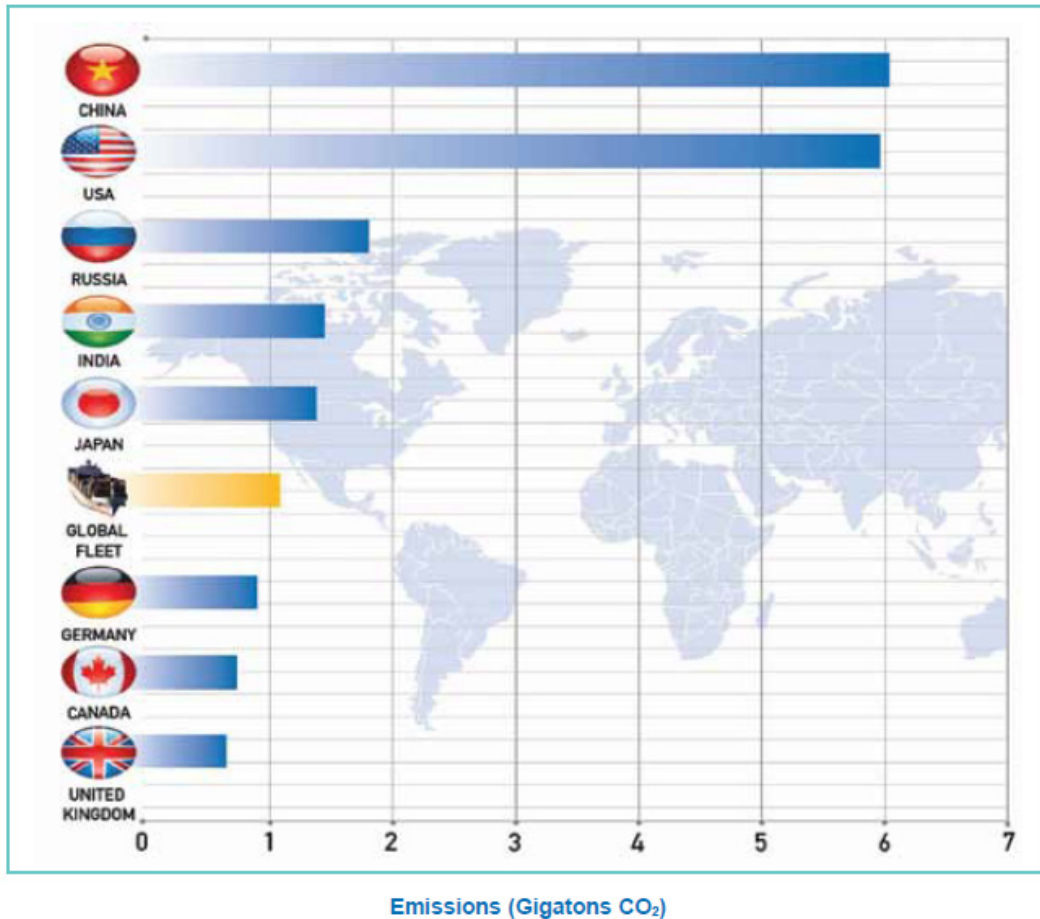
Εικόνα 4: Διαφορετικές μορφές μεταφοράς παράγουν διαφορετικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου - διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), οξείδια του αζώτου (NO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο (SO₂) του θείου (SO_x), υδρογονάνθρακες και αιωρούμενα σωματίδια (PM_{2.5}, PM₁₀) ανά τόνο εμπορευμάτων που αποστέλλονται εντός ενός χιλιομέτρου [9].

Εκτός από το ότι εντείνουν την κλιματική αλλαγή, οι εκπομπές της ναυτιλίας θέτουν σε σοβαρό κίνδυνο την υγεία του ανθρώπου. Κατά το έτος 2000, οι εκπομπές από τη διεθνή ναυτιλία στις θάλασσες που περιβάλλουν την ΕΕ ήταν μεταξύ 20% και 30% των χερσαίων εκπομπών, ενώ το 2020 (βάσει του business-as usual σενάριο) οι εκπομπές αναμένεται να εξισωθούν [2].

Πάνω από 3% των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μπορεί να αποδοθεί στην ποντοπόρο ναυτιλία, η οποία επιδεινώνει έτσι το παγκόσμιο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής. Το παραπάνω ποσοστό είναι συγκρίσιμο με αντίστοιχα ποσοστά εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μεγάλων χωρών και μάλιστα συνεχίζει να αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς [11].

Στην πραγματικότητα, εάν η παγκόσμια ναυτιλία ήταν μια χώρα θα ήταν ο έκτος μεγαλύτερος παραγωγός εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Μόνο οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Κίνα, η Ρωσία, η Ινδία και η Ιαπωνία εκπέμπουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από τον παγκόσμιο ποντοπόρο στόλο.

Παρ' όλα αυτά, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα ποντοπόρα πλοία παραμένουν σήμερα ανεξέλεγκτες.



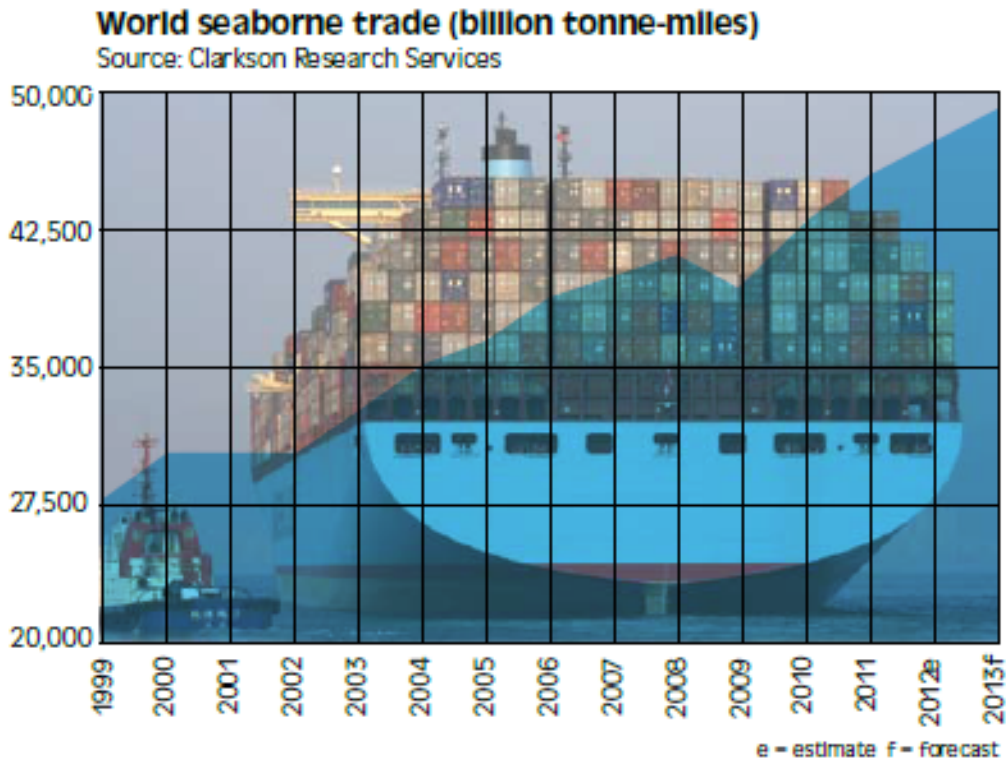
Εικόνα 5: Εάν η παγκόσμια ναυτιλία ήταν μια χώρα θα ήταν ο έκτος μεγαλύτερος παραγωγός εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου [11].

Σύμφωνα με έρευνα [12], μεταξύ 1990 και 2007, οι εκπομπές των βασικών ρύπων (NO_x, SO₂, PM) και αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως CO₂) από την παγκόσμια ναυτιλία αυξήθηκαν από 585 σε 1.096 εκατομμύρια τόνους. Όσον αφορά τα αέρια του θερμοκηπίου υπολογίστηκε [13] ότι οι εκπομπές CO₂ από την παγκόσμια ναυτιλία ανήλθαν σε 943.5 εκατομμύρια τόνους το 2007, ενώ σύμφωνα με έκθεση του TRT International LTD, το 2007, η παγκόσμια καταγραφή των εκπομπών CO₂ από τη ναυτιλία το 2006 ανήλθε σε περίπου 1 δισεκατομμύριο τόνους [14].

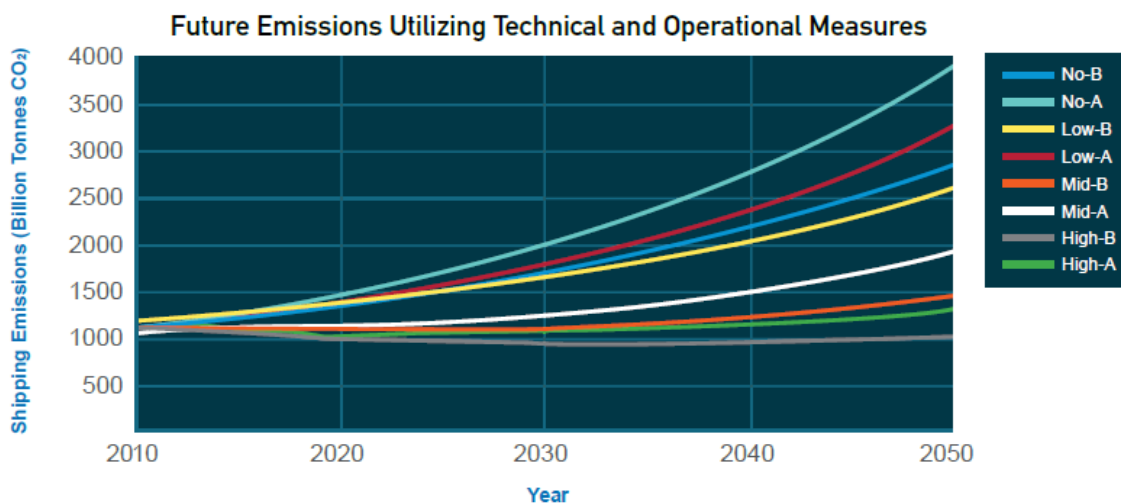
Η πραγματική κλίμακα εκπομπών από τη ναυτιλία είναι σχεδόν τρεις φορές υψηλότερη από ό,τι πιστευόταν παλαιότερα, σύμφωνα με μια μελέτη του ΟΗΕ που διέρρευσε στην Guardian το 2010.

Υπολογίζεται ότι οι ετήσιες εκπομπές από τον εμπορικό παγκόσμιο στόλο έχουν ήδη φτάσει τους 1.12 δισεκατομμύρια τόνους CO₂, ή περίπου 4.5 % του συνόλου των παγκόσμιων εκπομπών του κυριότερου αερίου του θερμοκηπίου [15].

Οι τελευταίες μελέτες δείχνουν ότι οι εκπομπές CO₂ από τη ναυτιλία αναμένεται να αυξηθούν κατά 30% μέχρι το 2020.



Εικόνα 6: Οι μεταφερόμενοι τόνοι εμπορευμάτων μέσω της διεθνούς ναυτιλίας έχουν υπερδιπλασιαστεί κατά την τελευταία δεκαπενταετία [11].



Εικόνα 7: Μελλοντικά επίπεδα εκπομπών κάτω από σενάρια καμίας, χαμηλής, μέσης και υψηλής μείωσης των εκπομπών. Κάθε σενάριο είναι σπασμένο σε επιμέρους A και B σενάρια, τα οποία εξετάστηκαν το 2009 σε δεύτερη μελέτη αερίων του θερμοκηπίου [11].

Παρόλο που οι εκπομπές εντός των λιμένων αποτελούν ένα μικρό ποσοστό των συνολικών εκπομπών από τη ναυτιλία [16], [17], στα λιμάνια συναντάται σημαντική συγκέντρωση και κίνηση πλοίων και ως εκ τούτου αναπόφευκτα αυτά αποτελούν πηγές (σημεία) πυκνών εκπομπών καυσαερίων των πλοίων. Εκτός από τον παγκόσμιο αντίκτυπο των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου, ο αστικός χαρακτήρας πολλών λιμένων, αναδεικνύει την τοπική επίδραση των ρύπων των καυσαερίων - όπως είναι τα οξείδια του αζώτου

(NO_x), τα διάφορα σωματίδια (PM) και τα οξείδια του θείου (SO_x) - στην υγεία του ανθρώπινου πληθυσμού και στο δομημένο περιβάλλον.

Λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη, ότι περίπου το 95% των εκπεμπόμενων από τα πλοία σωματιδίων PM διαθέτουν αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 2.5μ, είναι επομένως σωματίδια PM_{2.5} [18], [19] οι επιπτώσεις των καυσαερίων σε πόλεις- λιμάνια είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την ανθρώπινη υγεία.

Στις πόλεις-λιμάνια και στις παράκτιες περιοχές, οι εκπομπές των πλοίων είναι συχνά η κύρια πηγή για την αστική ρύπανση. Σημαντικές μελέτες έχουν διεξαχθεί σχετικά με την επίδραση των ρύπων των καυσαερίων των πλοίων (κυρίως NO_x, SO_x και PM) στην υγεία του ανθρώπινου πληθυσμού κοντά στις προαναφερθείσες περιοχές. Το προκύπτον κόστος των εκπομπών αυτών καλείται να το επωμιστεί κατά κύριο λόγο η τοπική κοινωνία, η οποία θα πρέπει να «πληρώσει» τις συνέπειες (είτε στην υγεία των ανθρώπων, είτε στις τοπικές υποδομές) [2].

Η ανάγκη για έλεγχο και περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα λιμάνια αναγνωρίζεται πλέον ευρέως ως ένα φλέγον ζήτημα που χρήζει πολιτικής αντιμετώπισης νομοθετικά από τα κράτη (Ευρωπαϊκές Εγκύκλιοι 1999/32/EC, 2005/33/EU, 2012/33/EU) μέσω μελετών και προτάσεων από έγκριτους οργανισμούς διαχείρισης λιμένων και ναυσιπλοΐας (IMO, MARPOL, EMSA, IAPH, ESPO, Carbon Footprint Working Group, World Ports Climate Initiative).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3 ΣΗΜΑΣΙΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ



Εικόνα 8: Τα αρχεία καταγραφής δεδομένων είναι απολύτως απαραίτητα για μελέτες εκπομπών σε λιμάνια και όχι μόνο [20].

Μια θεμελιώδης προϋπόθεση για τον έλεγχο των εκπομπών είναι η ικανότητα υπολογισμού των εκπομπών των καυσαερίων. Για το σκοπό αυτό, η ανάγκη να δημιουργηθούν λεπτομερή και ακριβή αρχεία καταγραφών για τα λιμάνια καθίσταται αδήριτη.

Επίσης, είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστεί το κάθε λιμάνι ως ξεχωριστή οντότητα, προκειμένου να αξιολογηθούν οι δυνατότητες για μειώσεις των εκπομπών και να ποσοτικοποιηθούν οι μειώσεις αυτές με την πάροδο του χρόνου.

Οι καταγραφή των εκπομπών σε κάθε λιμάνι κρίνεται αναγκαία για να αποτιμώνται οι επιπτώσεις της αύξησης της ναυτιλιακής δραστηριότητας, για να καταρτιστούν στρατηγικές μείωσης των καυσαερίων ή για να μελετώνται οι επιδράσεις των έργων βελτίωσης.

Τέλος, οι καταγραφές των εκπομπών στα λιμάνια βοηθούν τους κεντρικούς φορείς χάραξης πολιτικής προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης αποτελεσματικών ρυθμιστικών κανόνων σε διεθνές, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο.

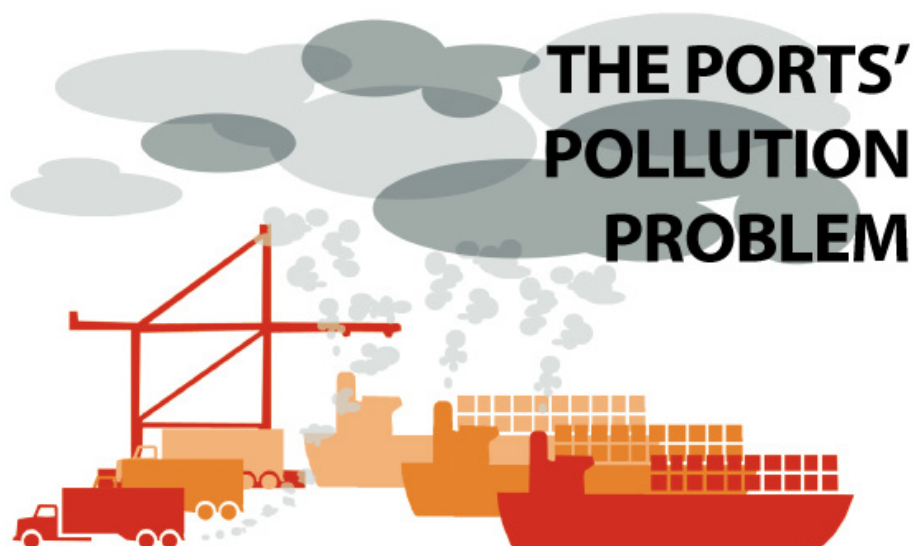
Παράλληλα ενημερώνουν και αφυπνίζουν τις τοπικές κοινωνίες και τους υπευθύνους διαχείρισης του κάθε λιμένα προκειμένου να αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης της μόλυνσης του

περιβάλλοντος από τη δραστηριότητα στο λιμάνι και να πιέζουν και την κεντρική διοίκηση προς αυτήν την κατεύθυνση.

Μέχρι σήμερα οι καταγραφές των εκπομπών στα λιμάνια είναι συνήθως λιγότερο λεπτομερείς από εκείνες της πλεύσης του πλοίου, επειδή αφενός οι δραστηριότητες εντός του λιμένα δεν είναι συνήθως καλά προσδιορισμένες (διαδρομή, χρονικό διάστημα λειτουργίας της κάθε μηχανής, τύπος μηχανών κάθε πλοίου, ανάγκες του κάθε πλοίου σε ενέργεια κατά το χρόνο παραμονής του εντός του λιμένα, χρόνος παραμονής) και οι συντελεστές εκπομπών βασίζονται σε περιορισμένα δεδομένα [14].

Η καταγραφή των εκπομπών σε κάθε λιμάνι για να είναι αξιόπιστη, πρέπει να βασίζεται σε σαφή δεδομένα δραστηριότητας του κάθε πλοίου, κάτι το οποίο είναι συχνά δύσκολο να επιτευχθεί σε ένα λεπτομερές επίπεδο που να περιγράφει τις κινήσεις του πλοίου, την αξιολόγηση της μηχανής του πλοίου, το χρονικό διάστημα λειτουργίας της κύριας ή βοηθητικής μηχανής, τις φορές που κάποια μηχανή τίθεται σε λειτουργία, τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται.

3.1 ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΕΝΤΟΣ ΛΙΜΕΝΩΝ

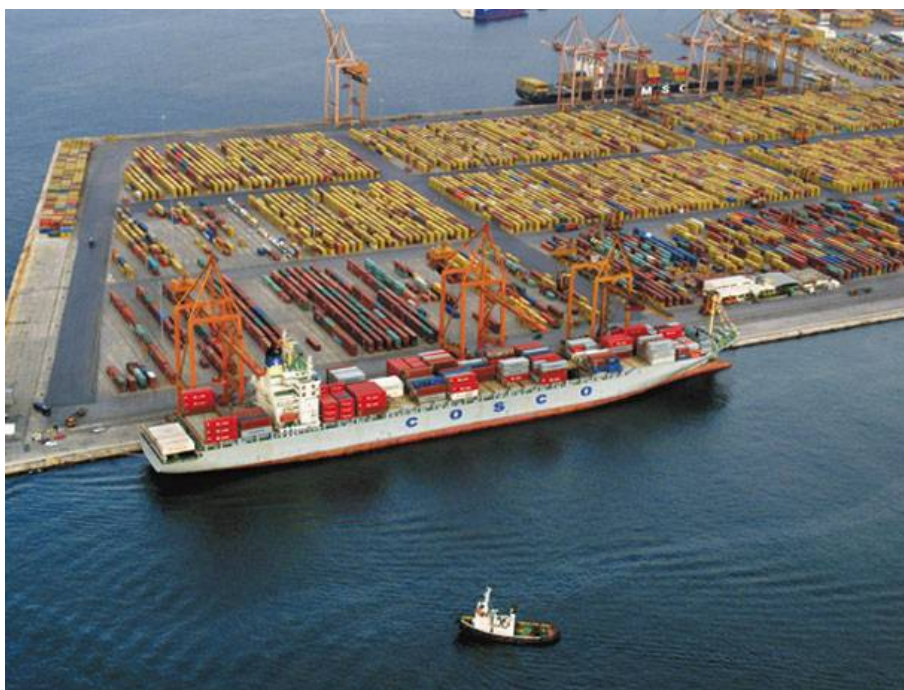


Εικόνα 9: Πηγές εκπομπών αερίων ρύπων εντός λιμένων.

Η ποιότητα του αέρα σε ένα λιμάνι επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα πλοία που δραστηριοποιούνται σε αυτό, αλλά όχι μόνο από αυτά. Αυτές οι πηγές εκπομπών περιλαμβάνουν σταθμούς παραγωγής ενέργειας, λέβητες, γεννήτριες, 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, τον ηλεκτρικό εξοπλισμό διακίνησης φορτίου (π.χ. ηλεκτρικοί γερανοί προβλήτα, ηλεκτρικές γερανογέφυρες κ.ά.), ηλεκτρικό εξοπλισμό για την τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων από την ακτή, οχήματα για τη διακίνηση φορτίου, φορτηγά, επιβατηγά αυτοκίνητα, όλα τα σκάφη, σιδηροδρομικές μηχανές, κλπ.

Αυτές οι πηγές παράγουν αέρια του θερμοκηπίου, ιδίως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), μεθάνιο (CH_4) και υποξείδιο του αζώτου (N_2O), καθώς και άλλους

ρύπους, όπως οξείδια του αζώτου (NO_x), αιωρούμενα σωματίδια (PM) και οξείδια του θείου (SO_x).



Εικόνα 10: Ηλεκτρικές γερανογέφυρες ακτής, φορτηγά αυτοκίνητα, πλοία container, ρυμουλκά είναι μερικές μόνο πηγές εκπομπών.

Για την καλύτερη ανάπτυξη αρχείων καταγραφών εκπομπών των λιμανιών, διεθνείς συμφωνίες για την μέτρηση και ποσοτικοποίηση των αερίων του θερμοκηπίου ορίζουν ότι οι δραστηριότητες που τα παράγουν στα λιμάνια θα πρέπει να ομαδοποιούνται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες [21]:

- **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 οποιοσδήποτε άμεσες εκπομπές προέρχονται από την διοικητική αρχή του λιμένα.

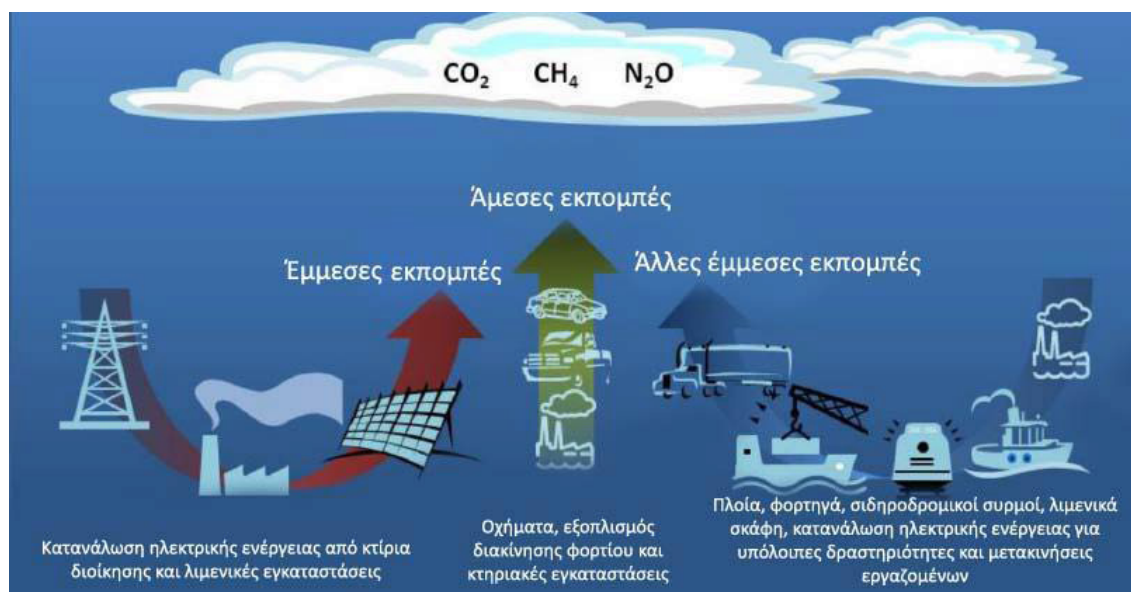
- **2η κατηγορία (Scope 2) - Έμμεσες εκπομπές**

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).



Εικόνα 11: Οι κυριότερες πηγές εκπομπής αερίων σε λιμάνι.

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:

- Λιμάνια που κατέχουν και διαχειρίζονται τις λιμενικές εγκαταστάσεις καθώς και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στα τερματικά.
- Λιμάνια που είναι υπεύθυνα για την διαχείριση της περιοχής του λιμένα ή έχουν και την ιδιοκτησία, αλλά μισθώνουν τις λιμενικές εγκαταστάσεις σε φορείς εκμετάλλευσης τερματικών σταθμών, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στις αποβάθρες.

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4 ΣΥΜΒΟΛΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΛΙΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΡΥΠΑΝΤΕΣ

Γενικά, όλες οι δραστηριότητες των πλοίων είναι υπεύθυνες για εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και ιδιαίτερα [10]:

- i. Η πλεύση,
- ii. Η κίνηση εντός του λιμανιού,
- iii. Οι λειτουργίες και κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο όπως ο φωτισμός, η θέρμανση, η ψύξη, ο αερισμός, κλπ.), η φόρτωση και εκφόρτωση δεξαμενόπλοιων.
- iv. Οι εργασίες συντήρησης/ κατασκευής/ διάλυσης των πλοίων, οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε νεώρια τα οποία βρίσκονται συχνά κοντά σε πολλά λιμάνια, είναι επίσης υπεύθυνες για εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, κυρίως σκόνης, σωματιδίων, αερίων (π.χ. από συγκολλήσεις), αερολύματα.
- v. Βασικό πρόβλημα είναι οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από την απολίπανση μετάλλων και τις βαφές. Όσον αφορά τον καθαρισμό της επιφάνειας των σκαφών, την αφαίρεση χρωμάτων, τις αλλαγές των ανοδίων ψευδαργύρου, και τις βαφές, οι κύριες εκπομπές είναι σκόνη (από την αμμοβολή, τη λείανση κλπ.) και διαλύτες, οι οποίοι περιέχουν πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds) και επικίνδυνους αέριους ρύπους (Hazardous Air Pollutants).
- vi. Τέλος, βασικές τροποποιήσεις των πλοίων, παράγουν αμιάντο, βαρέα μέταλλα, υδρογονάνθρακες και ουσίες που καταστρέφουν το όζον.
- vii. Εκπομπές μπορούν επίσης να προέρχονται από την αποτέφρωση αποβλήτων στο πλοίο. Στην περίπτωση αυτή, διοξίνες και άλλα βαρέα μέταλλα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα.

Εστιάζοντας στις εκπομπές των πλοίων για τις οποίες καταναλώνεται καύσιμο, διαπιστώνουμε ότι για οικονομικούς λόγους, πολλά πλοία χρησιμοποιούν βαρύ μαζούτ, το οποίο έχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (90% υψηλότερη από τη βενζίνη ή το συμβατικό πετρέλαιο). Οι κύριες αέριες εκπομπές από την καύση αυτού του τύπου καυσίμου είναι:

- Διοξείδιο του Θείου (SO_2)
- Οξειδία του Αζώτου (NO_x)
- Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC)
- Πρωτοβάθμια αιωρούμενα σωματίδια (PM)
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)

Τους ίδιους ρύπους, σε διαφορετικές ποσότητες εκπέμπουν όλοι οι τύποι πλοίων οι οποίοι λειτουργούν με κινητήρες συμβατικών ορυκτών καυσίμων (ντίζελ). Η ποσότητα των αερίων που εκπέμπονται από κινητήρες πλοίων στην ατμόσφαιρα έχει άμεση σχέση με τη συνολική κατανάλωση πετρελαίου, που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι το σχήμα της γάστρας, το φορτίο, την τραχύτητα του κύτους, την κατάσταση του κινητήρα, το χρόνο ελιγμών και της παραμονής στο αγκυροβόλιο. Οι βοηθητικές μηχανές συμβάλλουν επίσης στις συνολικές εκπομπές καυσαερίων. Οι εκπομπές των βοηθητικών μηχανών των κρουαζιερόπλοιων είναι ιδιαίτερα σημαντικές, διότι αυτά έχουν συνεχή ανάγκη για ενέργεια από τις βοηθητικές μηχανές για την κάλυψη των απαιτήσεων φιλοξενίας τόσο στη θάλασσα όσο και στο λιμάνι [10].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ

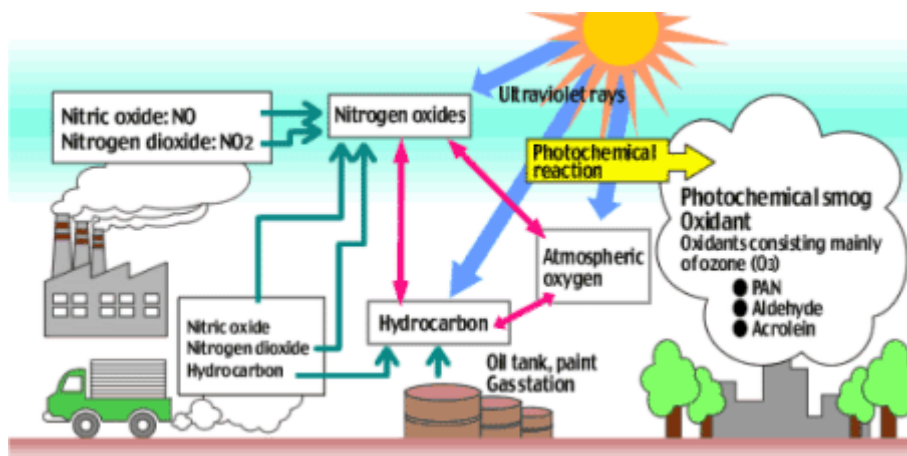


Εικόνα 12: Κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά.

Ως αποτέλεσμα, μέσα και γύρω από τα λιμάνια ανιχνεύονται οι εξής ρύποι [10]:

- αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10} και $PM_{2.5}$),
- το όζον (O_3),
- το διοξείδιο του αζώτου (NO_2),
- το διοξείδιο του θείου (SO_2),
- το μονοξείδιο του άνθρακα (CO),
- οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compound)
- και ο μόλυβδος (Pb)

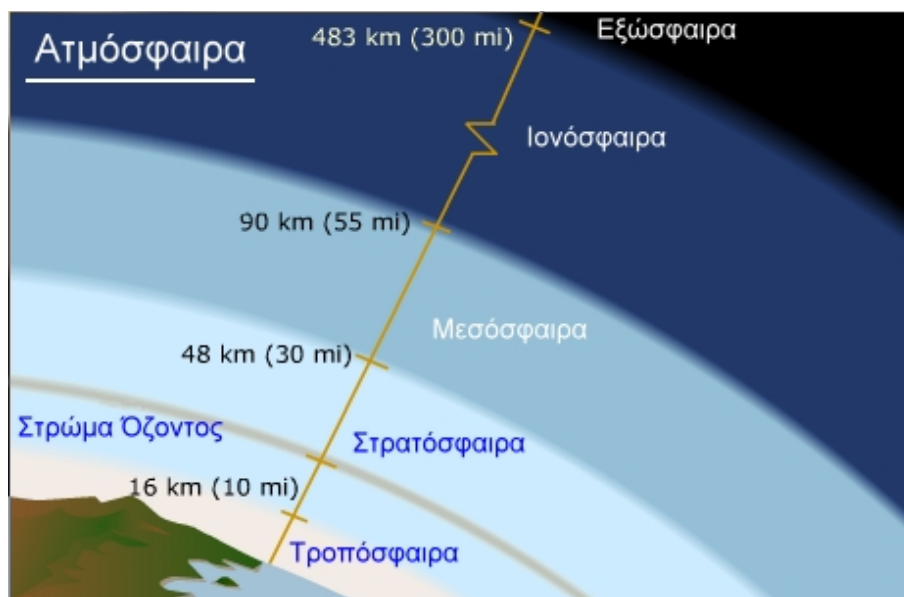
Ειδικότερα, οι εκπομπές **οξειδίων του αζώτου (NO_x)** και πτητικών οργανικών ενώσεων (**VOC**) συμβάλλουν στο σχηματισμό του όζοντος στην ατμόσφαιρα κοντά στο επίπεδο του εδάφους (**φωτοχημική αιθαλομίχλη, SMOG**).



Εικόνα 13: Διαδικασία σχηματισμού φωτοχημικής αιθαλομίχλης.

Το όζον, το κύριο συστατικό της αιθαλομίχλης (αστικό νέφος), είναι υπεύθυνο για μερικές από τις χειρότερες επιπτώσεις αέριας ρύπανσης.

Στην ανώτερη ατμόσφαιρα, το όζον απορροφά την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία, προστατεύοντας τους ανθρώπους από τον καρκίνο του δέρματος. Η μείωσή του στη στρατόσφαιρα οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες που οδηγούν σε αύξηση των καρκίνων του δέρματος. Στην κατώτερη ατμόσφαιρα, εκεί όπου αναπνέουν οι άνθρωποι και αναπτύσσονται τα φυτά, το όζον έχει πολύ βλαβερές συνέπειες στην υγεία και παράλληλα προκαλεί σημαντικές βλάβες στα δάση και στις καλλιέργειες.



Εικόνα 14: Τα στρώματα της ατμόσφαιρας και το προστατευτικό στρώμα όζοντος.

Το όζον δεν εκλύεται άμεσα στον αέρα. Σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα από τη χημική αντίδραση πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) με το διοξείδιο του αζώτου, παρουσία ηλιακού φωτός. Επειδή απαιτείται ηλιακό φως, η αντίδραση ονομάζεται φωτοχημική αντίδραση και το προϊόν αυτής φωτοχημική αέρια ρύπανση, φωτοχημική αιθαλομίχλη ή απλά αιθαλομίχλη. Οι υψηλές θερμοκρασίες διεγείρουν την αντίδραση, γι' αυτό το καλοκαίρι τα επίπεδα του όζοντος είναι υψηλότερα. Το κιτρινωπό-καφέ χρώμα της αιθαλομίχλης οφείλεται στο διοξείδιο του αζώτου.

Το κοινό οξυγόνο περιέχει δύο άτομα οξυγόνου (O_2) ενώ το όζον αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου (O_3). Είναι οξειδωτικό και προκαλεί τοξικά αποτελέσματα διότι έχει την ικανότητα να απομακρύνει ηλεκτρόνια από τα μόρια (οξειδωση), ξεκινώντας αλυσιδωτές αντιδράσεις και διαταράσσοντας βασικές δομές στα κύτταρα.

Κατά την διάρκεια των φωτοχημικών αντιδράσεων που παράγουν το όζον, παράγονται επίσης και άλλα οξειδωτικά. Παρόλο που εμφανίζονται σε μικρότερη αναλογία στο μίγμα της αιθαλομίχλης, αρκετά από αυτά προκαλούν πιο έντονους ερεθισμούς από ότι το όζον, όπως ερεθισμούς στα μάτια και στη μύτη (κατά τη διάρκεια περιόδων με έντονη αιθαλομίχλη). Τα πιο σημαντικά από αυτά τα οξειδωτικά είναι το περοξυακετυλικό άζωτο (PAN), το διοξείδιο του αζώτου, το υπεροξείδιο του υδρογόνου, το νιτρικό και το νιτρώδες οξύ και το μυρμηκικό οξύ. Επειδή οι συγκεντρώσεις όλων αυτών των οξειδωτικών μεταβάλλονται με τον ίδιο τρόπο (έχουν μεγάλη συσχέτιση), ως ένδειξη της ολικής συγκέντρωσης οξειδωτικών αναφέρονται μόνο τα επίπεδα του όζοντος.

Το όζον δεν εκπέμπεται πρωτογενώς από κάποια πηγή. Παράγεται στην ατμόσφαιρα από τη χημική αντίδραση του μονατομικού οξυγόνου (O) με το δυατομικό οξυγόνο (O₂). Το όζον παράγεται δευτερογενώς κατά τη φωτοχημική αντίδραση πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) με το διοξείδιο του αζώτου.

Γενικά, τα χαμηλότερα επίπεδα του όζοντος παρατηρούνται κατά την ανατολή. Η εκπομπή των πρόδρομων ενώσεων (NO_x, VOC) από την πρωινή οδική κυκλοφορία σε συνδυασμό με την ανατολή του ήλιου και την άνοδο της θερμοκρασίας οδηγεί σταδιακά σε αύξηση των επιπέδων του όζοντος. Οι υψηλότερες τιμές συγκεντρώσεων παρατηρούνται το μεσημέρι και νωρίς το απόγευμα. Επειδή οι οξειδωτικές ουσίες δεν εκπέμπονται άμεσα αλλά χρειάζονται κάποιες ώρες για να σχηματιστούν, οι πρόδρομες ενώσεις έχουν τον χρόνο να μετακινηθούν από τους ανέμους που επικρατούν. Ως αποτέλεσμα, συχνά τα επίπεδα των οξειδωτικών ενώσεων είναι υψηλότερα στις περιφερειακές περιοχές στα υπήνεμα των αστικών κέντρων όπου λαμβάνουν χώρα οι εκπομπές των προδρομών ενώσεων.

Το όζον είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα. Εκατοντάδες εκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε χώρες όπου παραβιάζονται τα όρια του όζοντος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Οι περιοχές με τις χειρότερες συνθήκες είναι εκείνες που χαρακτηρίζονται από τεράστιες εκπομπές προδρομών ενώσεων και παράλληλα έχουν ζεστό και ηλιόλουστο κλίμα.

Έκθεση μικρής χρονικής διάρκειας (1-3 ωρών) και παρατεταμένης διάρκειας (6-8 ωρών) σε περιβάλλον όζοντος έχει συνδεθεί με μεγάλο αριθμό σοβαρών επιπτώσεων στην υγεία, για παράδειγμα, επείγοντα περιστατικά με αναπνευστικά προβλήματα. Επαναλαμβανόμενη έκθεση σε όζον προκαλεί στους ανθρώπους πόνο στο στήθος, βήχα, άσθμα, πνευμονική και ρινική συμφόρηση, ερεθισμό στα μάτια και τη μύτη. Αυτά τα συμπτώματα εμφανίζονται σε επίπεδα όζοντος ελαφρώς πάνω από το όριο για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, ένα όριο που πολλές περιοχές το πλησιάζουν αρκετά. Πειραματικές μελέτες σε εθελοντές δείχνουν ότι η τυπική έκθεση στο όζον σε συνδυασμό με διαλείπουσα άσκηση, επηρεάζει αρνητικά την λειτουργία των πνευμόνων τόσο σε ενήλικες όσο και σε παιδιά, εμποδίζοντας τους να πάρουν βαθιά αναπνοή.

Το κύριο ερώτημα είναι αν αυτές οι επιδράσεις στην αναπνοή είναι αναστρέψιμες όταν διακοπεί η έκθεση σε όζον, ή αν παραμένουν προκαλώντας μόνιμη βλάβη. Μελέτη σε παιδιά που εκτέθηκαν σε τυπικά επίπεδα όζοντος που παρατηρούνται τους καλοκαιρινούς μήνες, έδειξαν ότι οι αλλαγές που προκλήθηκαν στους πνεύμονες επέμειναν για αρκετές μέρες μετά το τέλος της έκθεσής τους στο όζον. Μελέτες σε πειραματόζωα έδειξαν ότι προκαλούνται μόνιμες βλάβες στους πνεύμονες από επίπεδα όζοντος σε συνθήκες αιθαλομίχλης, αν η έκθεση διαρκέσει κάποιες εβδομάδες. Συγκεκριμένα, εμφανίζεται φλεγμονή που προκαλεί τον τραυματισμό των κυττάρων που βρίσκονται επί της αναπνευστικής οδού, μια διαδικασία που περιγράφεται ως πρόωμη γήρανση των πνευμόνων. Άλλες επιπτώσεις στην υγεία που έχουν αναφερθεί είναι η αύξηση των κρουσμάτων άσθματος, η καρδιακή δυσλειτουργία, η μείωση της αεροβικής ικανότητας καθώς επίσης και η διαταραχή στο κεντρικό νευρικό σύστημα, στο συκώτι, στο αίμα και στο ενδοκρινικό σύστημα.

Ομάδες υψηλού κινδύνου είναι όσοι έχουν ήδη αναπνευστικά προβλήματα ή χρόνια πνευμονική πάθηση. Υπολογίζεται ότι εκατοντάδες εκατομμύρια τέτοιοι

άνθρωποι ζουν σε αστικές περιοχές όπου τα επίπεδα όζοντος είναι τουλάχιστον 25% πάνω από το επιτρεπτό όριο.

Το όζον επιδρά στη βλάστηση και στα οικοσυστήματα, οδηγώντας στην υποβάθμιση των αγροτικών εδαφών, στην μείωση της παραγωγικότητας λαχανικών με ταυτόχρονη αύξηση των ασθενειών των φυτών, στην εμφάνιση εντόμων, και γενικά συντελεί στην εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων (π.χ. βαρυχειμωνιά). Καταστρέφει το φύλλωμα των δέντρων κι έτσι την αισθητική των δασών και των πάρκων [10].



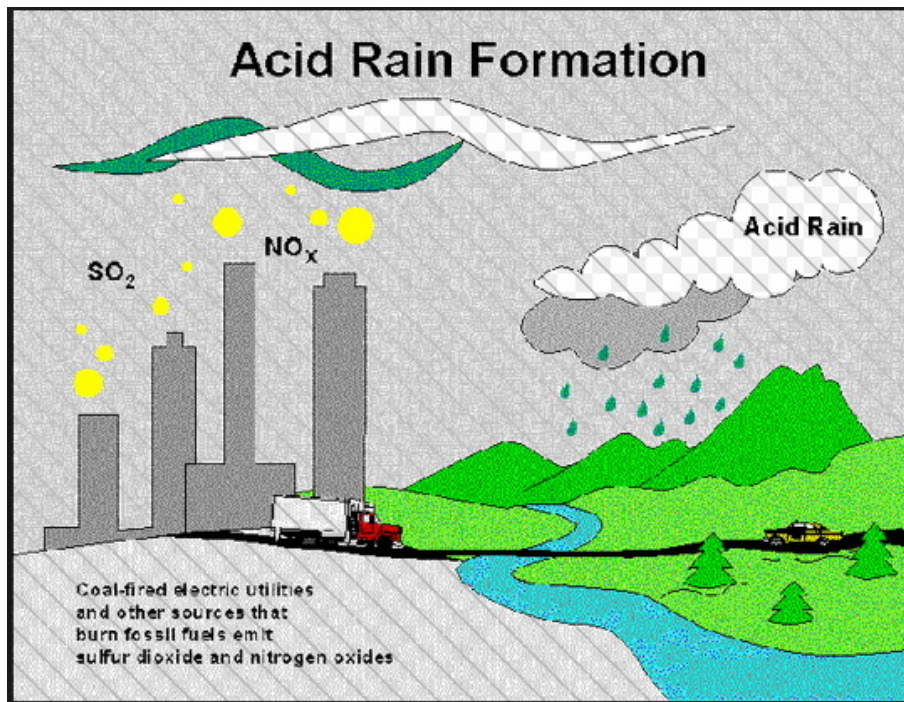
Εικόνα 15: Παχύ στρώμα αιθαλομίχλης που καλύπτει την πόλη της Αθήνας.

Επίσης, οι εκπομπές **διοξειδίου του θείου (SO₂)** έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, καθώς μπορούν να προκαλέσουν άσθμα, βρογχίτιδα και καρδιακή ανεπάρκεια.

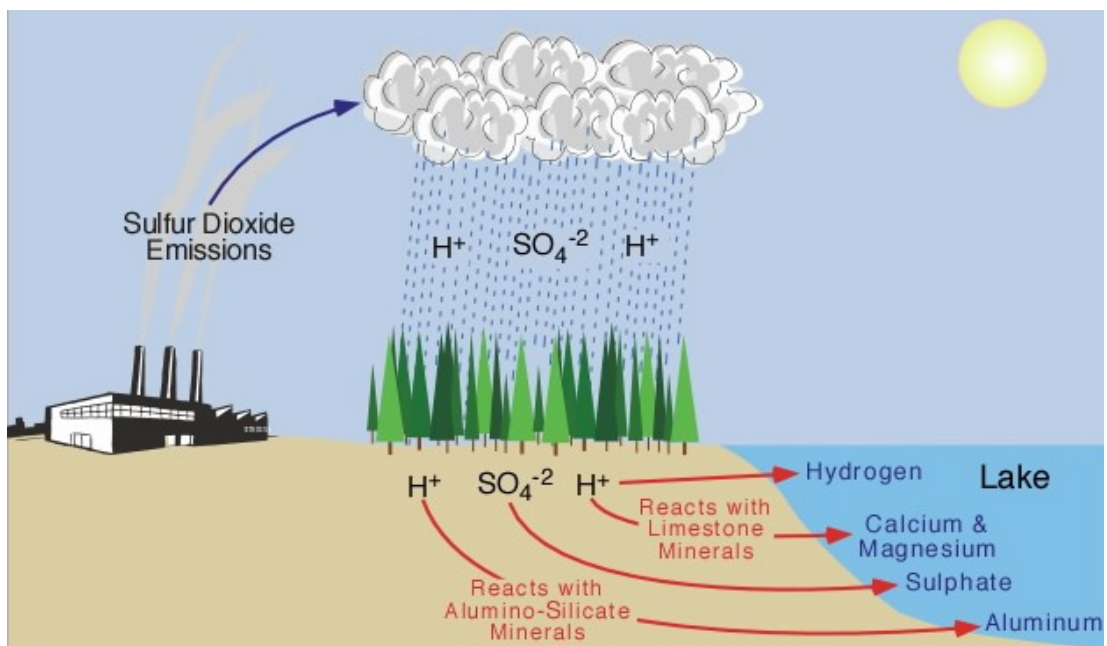
Όσον αφορά το **μονοξείδιο του άνθρακα CO**, οι επιπτώσεις στην υγεία προκύπτουν από τη μείωση της παροχής οξυγόνου σε όργανα του σώματος, όπως είναι η καρδιά και ο εγκέφαλος, καθώς και στους ιστούς. Επίσης από το CO βλάπτονται σοβαρά και όσοι πάσχουν από καρδιαγγειακά νοσήματα. Ακόμα το CO επηρεάζει αρνητικά το κεντρικό νευρικό σύστημα. Εισπνοή υψηλών επιπέδων CO μπορεί να οδηγήσει σε θολή όραση, μειωμένη ικανότητα συγκέντρωσης ή μάθησης, και μειωμένη χειρωνακτική επιδεξιότητα. Τέλος, το CO συμβάλλει και αυτό στον σχηματισμό αιθαλομίχλης.

Άλλες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον από τις εκπομπές των θαλάσσιων μεταφορών είναι για παράδειγμα η **εναπόθεση οξέων (acidification)**. Ενώσεις θείου και αζώτου που εκπέμπονται από το πλοία, οξειδώνονται στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας εναποθέσεις οξέων που μπορεί να είναι επιζήμιες για το φυσικό περιβάλλον (λίμνες, ποτάμια, έδαφος, πανίδα και χλωρίδα), αλλά και μνημεία και κτίρια.

Μάλιστα, οι εκπομπές αυτών των ενώσεων μπορούν να μεταφερθούν πολλά χιλιόμετρα μακριά από την πηγή τους.

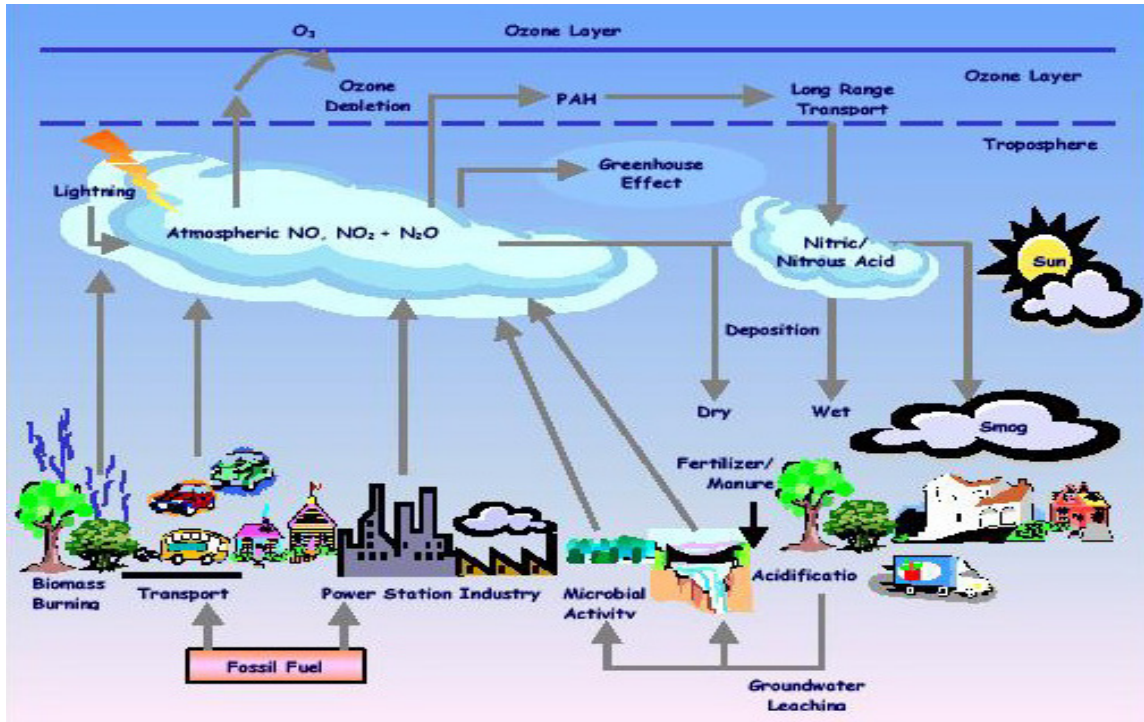


Εικόνα 16: Σχηματισμός όξινης βροχής.

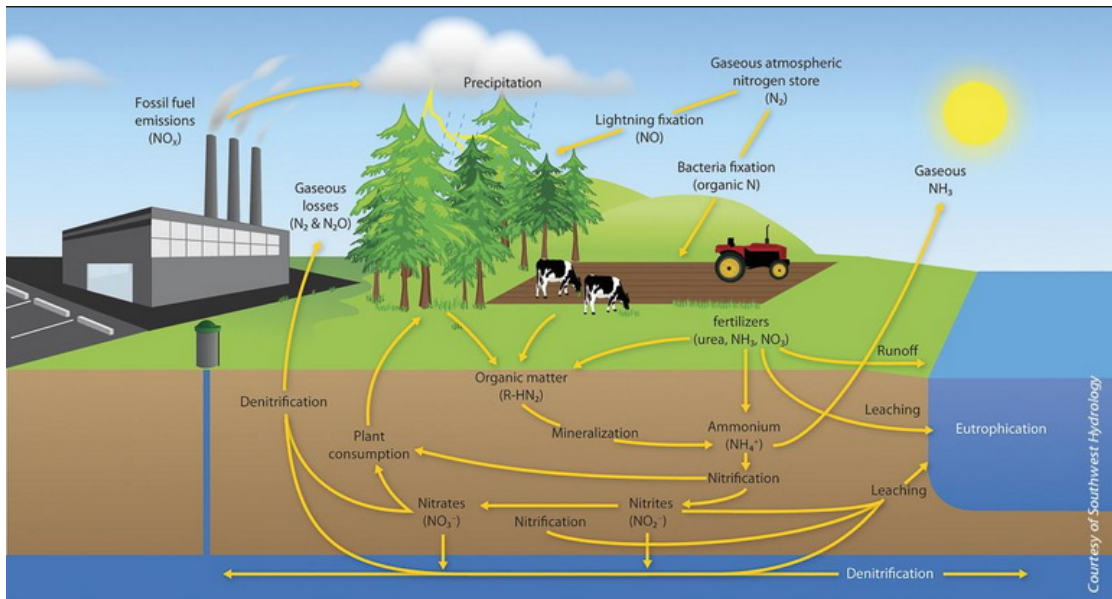


Εικόνα 17: Διαδρομή του διοξειδίου του θείου (SO_2) στο φυσικό περιβάλλον.

Παράλληλα, οι εκπομπές **NO_x** μπορούν να προκαλέσουν υπερφόρτωση με θρεπτικά συστατικά των αποθεμάτων νερού, προκαλώντας το φαινόμενο του ευτροφισμού. Το πλεόνασμα θρεπτικού αζώτου μπορεί να είναι επιζήμιο για την ευαίσθητη ισορροπία των οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

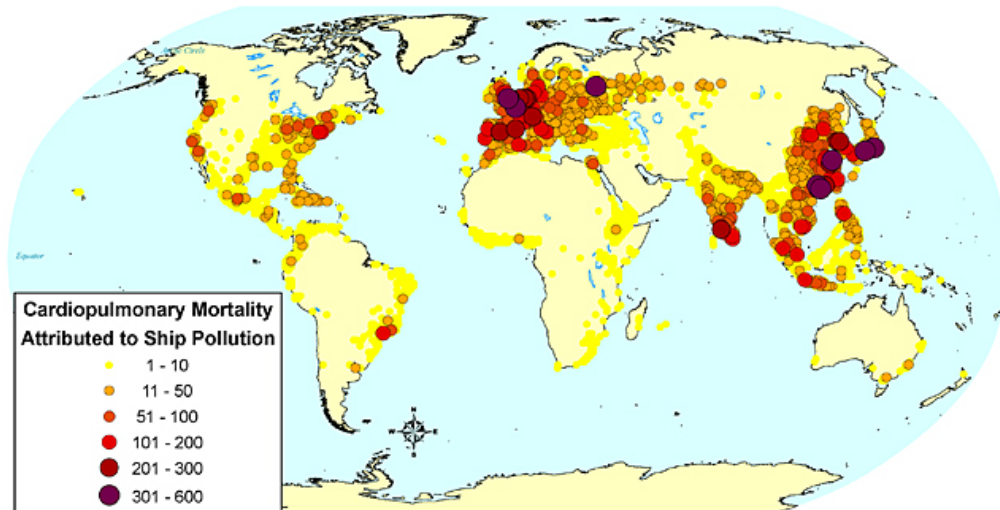


Εικόνα 18: Κύκλος των NO_x στο φυσικό περιβάλλον.



Εικόνα 19: Διήθηση των NO_x στους υδατικούς ταμιευτήρες.

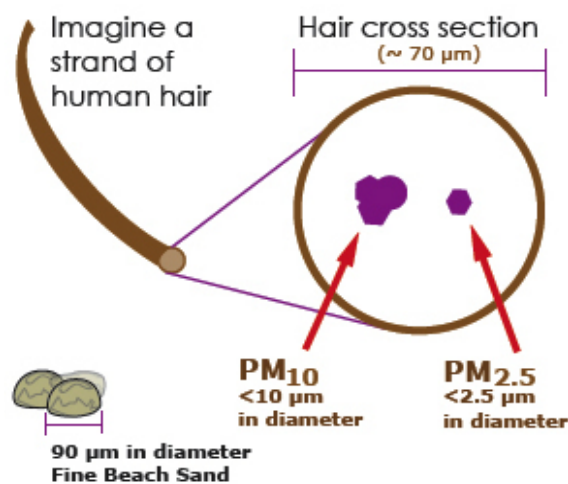
Ακόμα οι εκπομπές SO_x και NO_x μαζί με σκόνη, ιπτάμενη τέφρα και βαρέα μέταλλα που προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων αθροίζονται δημιουργώντας **αιωρούμενα σωματίδια(PM)** τα οποία είναι υπεύθυνα για πολλές ασθένειες, όπως είναι το άσθμα και η καρδιακή ανεπάρκεια.



Εικόνα 20: Χάρτης ετήσιας θνησιμότητας λόγω καρδιοπνευμονικών παθήσεων που αποδίδεται σε εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων παγκοσμίως από τις θαλάσσιες μεταφορές [22].

Τα αιωρούμενα σωματίδια (Particle Matter) αποτελούν ένα ιδιαίτερα σύνθετο ρύπο, καθώς παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, στην χημική σύσταση και στο σχήμα τους. Συνήθως τα σωματίδια καυσαερίων αποτελούνται από αιθάλη (soot), οξειδία μετάλλων, καθώς και θειικά άλατα, όλα προερχόμενα από την ατελή καύση του καυσίμου ή από τις ακαθαρσίες στα καύσιμα και στα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται.

How small is PM?

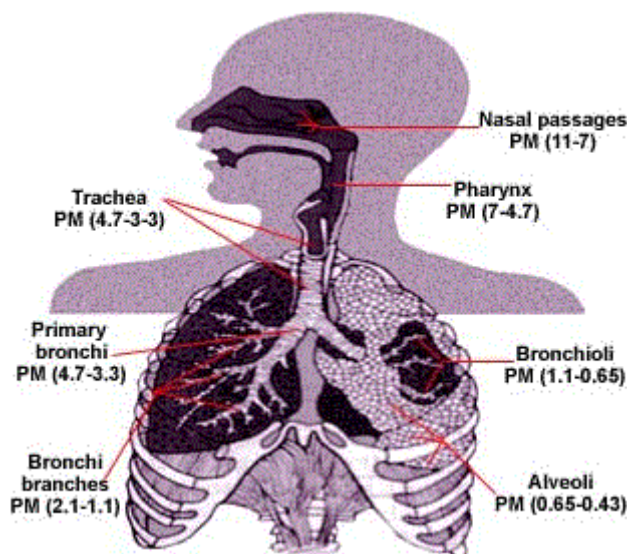


Εικόνα 21: Σχετικά μεγέθη αιωρούμενων σωματιδίων.

Το μέγεθος τους δεν είναι συγκεκριμένο. Τα σωματίδια με διάμετρο από 10 μm μέχρι 5 μm εισπνέονται από τον άνθρωπο αλλά κατακρατούνται από το ρινικό σύστημα. Αυτά που έχουν διάμετρο μικρότερη από 5 μm μπορούν να εισέλθουν με την εισπνοή στους πνεύμονες φράζοντας σταδιακά τις αναπνευστικές διόδους ενώ τα ακόμα μικρότερα σωματίδια διαμέτρου 1-2 μm φράζουν τις αναπνευστικές κυψελίδες δημιουργώντας αναπνευστικά προβλήματα.

Η διαφορετική επικινδυνότητα των σωματιδίων ανάλογα με τη διάμετρό τους, οδήγησε στον διαχωρισμό τους από την νομοθεσία σε σωματίδια PM_{10} (εσπνεύσιμα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 20 μm) και σε σωματίδια $PM_{2.5}$.

Σύμφωνα με δημοσίευση [2] τα αιωρούμενα σωματίδια είναι λεπτή σκόνη που εκπέμπεται κυρίως από τα οδικά οχήματα, τη ναυτιλία και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και από φυσικές πηγές, όπως το θαλασσίνο αλάτι, το χώμα και την άμμο που παρασύρει ο άνεμος. Μπορεί να προκαλέσουν αναπνευστικές και καρδιαγγειακές νόσους, καθώς και καρκίνο του πνεύμονα. Δεδομένα από αρκετές επιδημιολογικές έρευνες τονίζουν ότι μια αύξηση στην ατμοσφαιρική συγκέντρωση των PM_{10} (σωματίδια με διάμετρο μέχρι 10 μm) της τάξης των 10 $\mu g/m^3$, θα οδηγήσει σε μια συνολική αύξηση της θνησιμότητας κατά 0,5 %, και παράλληλα θα υπάρξει μια αύξηση στις έκτακτες νοσοκομειακές εισαγωγές λόγω καρδιαγγειακών και αναπνευστικών νοσημάτων κατά περίπου 0,5 % και 1 % αντίστοιχα. Ακόμη πιο επικίνδυνα είναι τα $PM_{2.5}$, αφού για κάθε 1 mg/m^3 επιπλέον που εκπέμπεται, ο αριθμός των πρόωρων θανάτων θα αυξηθεί κατά 0,6-1,6 % ετησίως. Η ατμοσφαιρική ρύπανση επιφέρει, επίσης, σημαντικό οικονομικό κόστος που οφείλεται στη μείωση της παραγωγικότητας (χαμένες ημέρες εργασίας), και στο επιπλέον ιατρικό κόστος της υγειονομικής περίθαλψης. Το σχετικό οικονομικό κόστος νοσηλείας υπολογίζεται σε 3-9 % του ΑΕΠ της ΕΕ (330-940 δις €, σε τιμές 2010).



Εικόνα 22: Διεισδυτικότητα αιωρούμενων σωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό.

Επίσης, αιωρούμενα σωματίδια και NO_2 από τις εκπομπές των θαλάσσιων μεταφορών στην ατμόσφαιρα, μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ορατότητα, μειώνοντας το οπτικό φάσμα [10].

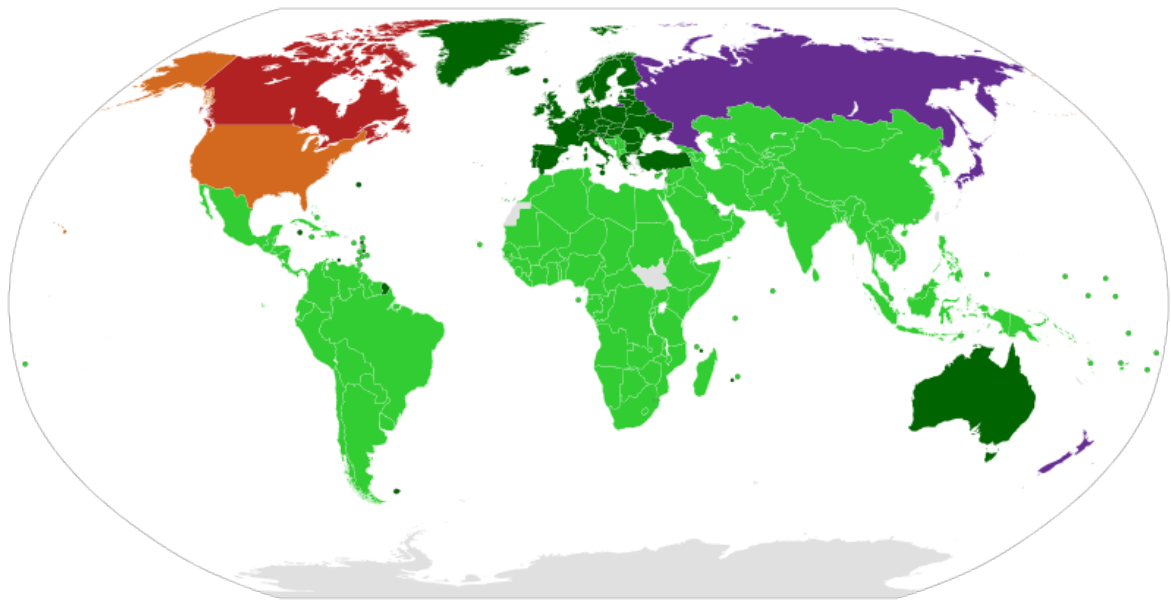
Η ναυτιλία συμβάλλει και στις παγκόσμιες συνολικές εκπομπές **διοξειδίου του άνθρακα (CO_2)**, το οποίο αποτελεί τον κύριο ρύπο δημιουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Έτσι το CO_2 μαζί με τους άλλους ρύπους που εκπέμπονται από τα πλοία (π.χ. οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα, πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), πέρα από το σχηματισμό όζοντος μέσα στις πόλεις, μπορούν να συμβάλλουν και στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή.







ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

6.1 ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΥΟΤΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Το πρωτόκολλο του Κυότο που διαδέχεται τη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές είναι μία από τις σημαντικότερες διεθνείς νομοθετικές πράξεις καταπολέμησης των κλιματικών μεταβολών. Περιλαμβάνει τις δεσμεύσεις που έχουν αναλάβει οι εκβιομηχανισμένες χώρες για τον περιορισμό των οικείων εκπομπών ορισμένων αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπεύθυνων για τη υπερθέρμανση του πλανήτη.



Description	English: Kyoto Protocol participation map (commitment period: 2013-2020)
	 Parties; Annex I & II countries with binding targets
	 Parties; Developing countries without binding targets
	 States not Party to the Protocol
	 Signatory country with no intention to ratify the treaty, with no binding targets
	 Countries that have renounced the Protocol, with no binding targets
	 Parties with no binding targets in the second period, which previously had targets
Date	2 February 2013, 18:02:35

Εικόνα 23: Χώρες που συμμετέχουν στο Πρωτόκολλο του Κυότο στην περίοδο 2013 – 2020.

6.1.1 ΣΥΝΟΨΗ

Στις 4 Φεβρουαρίου 1991, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα συμμετείχε στις διαπραγματεύσεις για τη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές, η οποία εγκρίθηκε στη Νέα Υόρκη στις 9 Μαΐου 1992. Η σύμβαση-πλαίσιο επικυρώθηκε από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα με την

απόφαση 94/69/EK της 15ης Δεκεμβρίου 1993. Η εν λόγω σύμβαση τέθηκε σε ισχύ την 21η Μαρτίου 1994.

Η σύμβαση-πλαίσιο συνέβαλε σημαντικά στη θέσπιση βασικών αρχών για τη καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος σε παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικότερα, δίνει τον ορισμό της αρχής των «κοινών αλλά διαφοροποιημένων αρμοδιοτήτων». Συνέβαλε επίσης στην περαιτέρω ευαισθητοποίηση του κοινού, παγκοσμίως, στα προβλήματα που συνδέονται με την αλλαγή του κλίματος. Ωστόσο, η σύμβαση δεν περιλαμβάνει ποσοτικά εκφρασμένες και λεπτομερείς ανά χώρα δεσμεύσεις μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Τα συμβαλλόμενα κράτη στη σύμβαση αποφάσισαν στην πρώτη συνεδρίαση των μερών, που πραγματοποιήθηκε στο Βερολίνο τον Μάρτιο του 1995, να διαπραγματευθούν ένα Πρωτόκολλο που να περιλαμβάνει μέτρα μείωσης των εκπομπών για τη μετά το 2000 περίοδο, σε ό,τι αφορά τις εκβιομηχανισμένες χώρες. Κατόπιν μακροχρόνιων εργασιών, το Πρωτόκολλο του Κυότο θεσπίστηκε στις 11 Δεκεμβρίου 1997, στο Κυότο. Το πρωτόκολλο εγκρίθηκε από τα **Μέλη της UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) το 1997, και τέθηκε σε ισχύ το 2005.**

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υπέγραψε το Πρωτόκολλο στις 29 Απριλίου 1998. Τον Δεκέμβριο του 2001, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Laeken επιβεβαίωσε τη βούληση της Ένωσης για τη θέση σε ισχύ του Πρωτοκόλλου του Κυότο πριν από την Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής για την αειφόρο ανάπτυξη, του Γιοχάνεσμπουργκ (26 Αυγούστου-4 Σεπτεμβρίου 2002). Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε το Πρωτόκολλο εξ ονόματος της Κοινότητας και τα κράτη μέλη όφειλαν να καταθέσουν τα οικεία επικυρωτικά έγγραφα ταυτόχρονα με την Κοινότητα και, στο μέτρο του δυνατού, πριν από την 1η Ιουνίου 2002.

Το παράρτημα II της απόφασης του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου όριζε τις δεσμεύσεις σε ό,τι αφορά τον περιορισμό και τη μείωση των εκπομπών, που συμφωνήθηκαν από την Κοινότητα και τα κράτη μέλη της για την πρώτη περίοδο δεσμεύσεως (2008-2012). Οι συνολικές εκπομπές των ανεπτυγμένων χωρών έπρεπε να μειωθούν τουλάχιστον κατά 5 % την περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Η δεύτερη περίοδος δέσμευσης ισχύει για τις εκπομπές μεταξύ 2013-2020. Το πρωτόκολλο τροποποιήθηκε το 2012 για να φιλοξενήσει τη δεύτερη περίοδο δέσμευσης, αλλά η τροπολογία αυτή δεν τέθηκε (από τον Ιανουάριο του 2013) σε νομική ισχύ.

6.1.2 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ

Το Πρωτόκολλο του Κυότο αφορά τις εκπομπές έξι αερίων θερμοκηπίου:

- του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ·
- του μεθανίου (CH₄) ·
- του πρωτοξειδίου του αζώτου (N₂O) ·
- των υδροφθορανθράκων (HFC) ·
- των υπερφθοριωμένων υδρογονανθράκων (PFC) ·
- του εξαφθοριούχου θείου (SF₆).

Συνιστά ένα σημαντικό βήμα στην καταπολέμηση της θέρμανσης του πλανήτη, επειδή περιλαμβάνει δεσμευτικούς και ποσοτικοποιημένους στόχους περιορισμού και μείωσης των αερίων θερμοκηπίου.

Συνολικά, τα συμβαλλόμενα κράτη στο παράρτημα I της σύμβασης-πλαισίου (ήτοι οι εκβιομηχανισμένες χώρες) δεσμεύονται συλλογικά να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, για μείωση των συνολικών εκπομπών των ανεπτυγμένων χωρών κατά 5 %, τουλάχιστον, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, την περίοδο 2008-2012. Το Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου περιέχει αριθμητικές δεσμεύσεις τις οποίες αναλαμβάνουν τα συμβαλλόμενα κράτη.

Τα κράτη που ήταν μέλη της ΕΕ πριν το 2004 οφείλουν συλλογικά να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8 % μεταξύ 2008 και 2012. Τα κράτη μέλη που προσχώρησαν στην ΕΕ μετά από την ημερομηνία αυτή δεσμεύονται να μειώσουν τις οικείες εκπομπές κατά 8 %, με εξαίρεση την Πολωνία και την Ουγγαρία (6 %), καθώς και την Μάλτα και την Κύπρο, οι οποίες δεν εμφανίζονται στον κατάλογο του παραρτήματος I της σύμβασης-πλαισίου.

Για την περίοδο που προηγείται του 2008, τα συμβαλλόμενα κράτη δεσμεύονται στην επίτευξη προόδου όσον αφορά την υλοποίηση των δεσμεύσεών τους το αργότερο το 2005 και στην ανά πάσα στιγμή προσκόμιση των σχετικών αποδείξεων.

Το έτος 1995 μπορεί να θεωρηθεί, από τα συμβαλλόμενα κράτη που το επιθυμούν, ως έτος αναφοράς για τις εκπομπές HFC, PFC και SF₆.

Για την επίτευξη των εν λόγω στόχων, το Πρωτόκολλο προτείνει μια σειρά μέσων:

- ενίσχυση ή θέσπιση εθνικών πολιτικών μείωσης των εκπομπών (αύξηση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας, προώθηση των αειφόρων μορφών γεωργίας, ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κ.ά.)·
- συνεργασία με τα άλλα συμβαλλόμενα μέρη (ανταλλαγή πείρας ή πληροφοριών, συντονισμός των εθνικών πολιτικών, μέσω αδειών εκπομπής, από κοινού εφαρμογής, και κατάλληλου μηχανισμού ανάπτυξης).

Το αργότερο ένα έτος πριν από την πρώτη περίοδο δέσμευσης, τα συμβαλλόμενα κράτη θεσπίζουν εθνικό σύστημα υπολογισμού των ανθρωπογενών εκπομπών, καθώς και της απορρόφησης, από τις «καταβόθρες», όλων των αερίων του θερμοκηπίου – όπως είναι τα δάση για τον άνθρακα - (που δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ).

Προβλέπεται έλεγχος των δεσμεύσεων το αργότερο μέχρι το 2005, για τη δεύτερη περίοδο των δεσμεύσεων.

Στις 31 Μαΐου 2002, η Ευρωπαϊκή Ένωση επικύρωσε το πρωτόκολλο του Κυότο. Το πρωτόκολλο ετέθη σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005, μετά την επικύρωσή του εκ μέρους της Ρωσίας. Αρκετές εκβιομηχανισμένες χώρες αρνήθηκαν να επικυρώσουν το πρωτόκολλο, μεταξύ των οποίων οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Αυστραλία.

6.2 MARPOL ΚΑΙ ΤΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI

Ειδικότερα σε παγκόσμιο επίπεδο, η ρύπανση του αέρα από τα πλοία ρυθμίζεται από τον **IMO (International Maritime Organization)** μέσω της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (**MARPOL: Marine Pollution International Convention for the Prevention of Pollution from Ships**) και το παράρτημα VI. Αναλυτικότερα:

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) είναι ένας οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών, ο οποίος έχει συσταθεί για την προώθηση της ασφάλειας στη θάλασσα. Ιδρύθηκε επίσημα με μια διεθνή διάσκεψη στη Γενεύη το 1948, και έγινε ενεργός το 1958, όταν η σύμβασή του τέθηκε σε ισχύ (το αρχικό του όνομα ήταν «Διακυβερνητικός Ναυτιλιακός Συμβουλευτικός Οργανισμός ή IMCO, αλλά το όνομα άλλαξε το 1982 σε IMO). Ο IMO σήμερα αριθμεί 167 κράτη μέλη και 3 συνεργαζόμενα μέλη.

Οι κανονισμοί για τη ρύπανση από πλοία του IMO περιέχονται στη **«Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία»**, που είναι γνωστή ως **MARPOL73/78**. Στις 27 Σεπτεμβρίου 1997, η Σύμβαση MARPOL τροποποιήθηκε από το **«Πρωτόκολλο του 1997»**, το οποίο περιλαμβάνει το παράρτημα VI με τίτλο «Κανονισμοί για την πρόληψη ρύπανσης του αέρα από πλοία». Το Παράρτημα VI της MARPOL περιορίζει τους κύριους ατμοσφαιρικούς ρύπους που περιέχονται στα καυσαέρια των πλοίων, SO_x και NO_x, και απαγορεύει τις σκόπιμες εκπομπές που καταστρέφουν το προστατευτικό στρώμα όζοντος της γήινης ατμόσφαιρας.

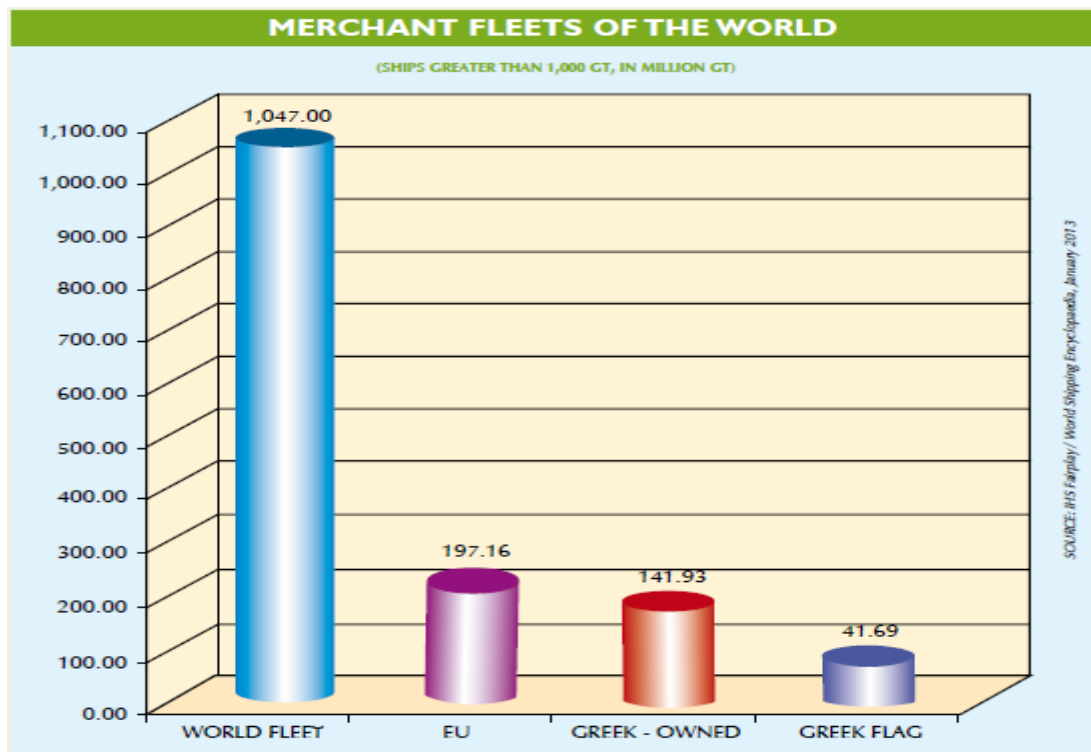
6.2.1 ΟΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ TIER I – II – III

Τα όρια εκπομπών του IMO συνήθως αναφέρονται ως κανόνες Tier I έως III. Οι κανόνες Tier I καθορίστηκαν στην έκδοση του παραρτήματος VI το 1997, ενώ τα πρότυπα Tier II και III εισήχθησαν στο παράρτημα VI με τροπολογίες που εγκρίθηκαν το 2008, ως εξής:

- Tier I

Το «πρωτόκολλο του 1997» της MARPOL, το οποίο περιλαμβάνει το παράρτημα VI, τίθεται σε ισχύ 12 μήνες μετά την αποδοχή από 15 κράτη μέλη με όχι λιγότερο από 50 % της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλιακής χωρητικότητας (merchant shipping tonnage). Στις 18 Μαΐου 2004, η Σαμόα κατατεθεί την επικύρωσή της ως 15ο μέλος (ακολουθώντας τις Μπαχάμες, το Μπαγκλαντές, Μπαρμπάντος, τη Δανία, τη Γερμανία, την **Ελλάδα**, τη Λιβερία, τις Νήσους Μάρσαλ, Νορβηγία, τον Παναμά, τη Σιγκαπούρη, την Ισπανία, τη Σουηδία, και το Βανουάτου). Την ημερομηνία αυτή, το παράρτημα VI κυρώθηκε από τα κράτη με 54,57 % της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλιακής χωρητικότητας.

Κατά συνέπεια, το παράρτημα VI τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005. Εφαρμόζεται αναδρομικά για τους νέους κινητήρες άνω των 130 kW σε πλοία με ημερομηνία κατασκευής από την 1η Ιανουαρίου 2000 ή τα οποία υποβάλλονται σε σημαντική μετασκευή μετά την ημερομηνία αυτή.



Εικόνα 24: Μέγεθος στόλου ελληνικής ιδιοκτησίας ή με ελληνική σημαία,

Ο κανονισμός εφαρμόζεται επίσης στις σταθερές και πλωτές εξέδρες και πλατφόρμες γεώτρησης (εκτός από τις εκπομπές που συνδέονται άμεσα με την εξερεύνηση ή / και τον έλεγχο των ορυκτών σε θαλάσσιο πυθμένα). Εν αναμονή της επικύρωσης του παραρτήματος VI, οι περισσότεροι κατασκευαστές κινητήρων πλοίων συμμορφώθηκαν με τα παραπάνω όρια από το 2000.

- Tier II - III

Οι τροπολογίες (Tier II - III) του παραρτήματος που εγκρίθηκαν τον Οκτώβριο του 2008 εισήγαγαν

- απαιτήσεις για νέα ποιότητα καυσίμων από τον Ιούλιο του 2010,
- κανόνες εκπομπών NO_x - Tier II & III - για τους νέους κινητήρες, και
- κανόνες εκπομπών NO_x - Tier I - για τους υφιστάμενους προ του 2000 κινητήρες.

Το αναθεωρημένο παράρτημα VI τίθεται σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2010. Μέχρι τον Οκτώβριο του 2008, το παράρτημα VI επικυρώθηκε από 53 χώρες (συμπεριλαμβανομένων και των Ηνωμένων Πολιτειών), που αντιπροσωπεύουν 81,88 % της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλιακής χωρητικότητας.

6.2.2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Δύο σελ με κανόνες εκπομπών και απαιτήσεις στην ποιότητα καυσίμων ορίζονται στο παράρτημα VI:

- παγκόσμιες απαιτήσεις και
- αυστηρότερες απαιτήσεις που ισχύουν για τα πλοία σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών (ECA). Σε μια περιοχή ελέγχου των εκπομπών μπορούν να

καθοριστούν όρια εκπομπών SO_x, PM, ή NO_x, ή και για τα τρία είδη εκπομπών από τα πλοία, με πρόταση Μέλους στο παράρτημα VI.

Οι υφιστάμενες περιοχές ελέγχου των εκπομπών περιλαμβάνουν:

- τη Βαλτική Θάλασσα (SO_x, εγκρίθηκαν: 1997/έναρξη ισχύος: 2005)
- τη Βόρεια Θάλασσα (SO_x, 2005/2006)
- την ECA Βορείου Αμερικής, που συμπεριλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των ακτών των ΗΠΑ και του Καναδά (NO_x και SO_x, 2010/2012).
- Την ECAΚαραϊβικής ΗΠΑ, συμπεριλαμβανομένου του Πουέρτο Ρίκο και τις Παρθένοι Νήσοι ΗΠΑ (NO_x και SO_x, 2011/2014).

6.2.3 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Οι τροπολογίες του 2011 στο **Παράρτημα VI της MARPOL** εισήγαγαν υποχρεωτικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (Green House Gases). Οι τροπολογίες προσέθεσαν ένα νέο κεφάλαιο στο παράρτημα VI, το κεφάλαιο 4 για τους «Κανονισμούς για την ενεργειακή απόδοση για τα πλοία».

6.2.4 ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NO_x

Οι οριακές τιμές εκπομπών NO_x που καθορίζονται για τους κινητήρες ντίζελ, ανάλογα με τη μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα (n , rpm), όπως φαίνεται στον Πίνακα 1 και παρουσιάζονται γραφικά στην Εικόνα 25. Τα Tier I και Tier II όρια είναι παγκόσμια, ενώ τα πρότυπα Tier III εφαρμόζονται μόνο σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών NO_x.

Tier	Date	NO _x Limit, g/kWh		
		$n < 130$	$130 \leq n < 2000$	$n \geq 2000$
Tier I	2000	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9.8
Tier II	2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7.7
Tier III	2016†	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1.96

† In NO_x Emission Control Areas (Tier II standards apply outside ECAs).

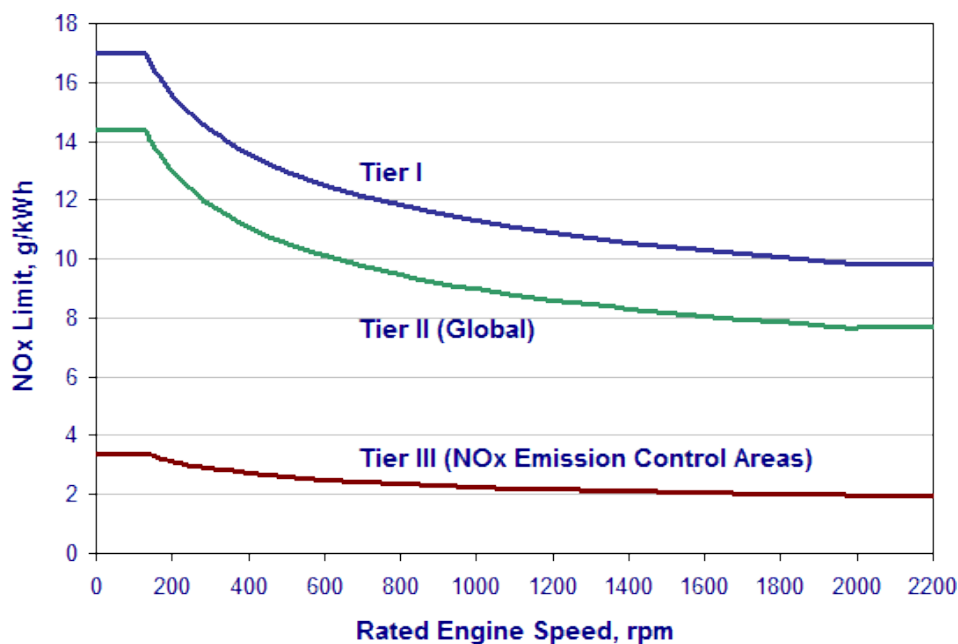
Πίνακας 1: MARPOL Annex VI Όρια εκπομπών NO_x.

Οι κανόνες Tier II αναμένεται να ικανοποιηθούν από τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας καύσης. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν από τους κατασκευαστές κινητήρων περιλαμβάνουν τον συγχρονισμό έγχυσης καυσίμου, την πίεση και την ταχύτητα (ρυθμός), την περιοχή ροής του καυσίμου από το ακροφύσιο, τον συγχρονισμό των βαλβίδων εξάτμισης, και τον όγκο συμπίεσης του κυλίνδρου.

Οι κανόνες Tier III αναμένεται να απαιτούν εξειδικευμένες τεχνολογίες ελέγχου των εκπομπών NO_x, όπως διάφορες μορφές της επαγωγής του νερού στη διαδικασία καύσης (με καύσιμο, αέρα σάρωσης ή στον κύλινδρο), επανακυκλοφορία καυσαερίων ή επιλεκτικής καταλυτικής αναγωγής.

Σύμφωνα με τις τροποποιήσεις του 2008 του παραρτήματος VI, οι κανόνες Tier I εφαρμόζονται στις υφιστάμενες μηχανές που τοποθετούνται σε πλοία που έχουν κατασκευαστεί μεταξύ 1ης Ιανουαρίου 1990 μέχρι 31 Δεκεμβρίου, 1999,

με μετατόπιση ≥ 90 λίτρα ανά κύλινδρο και ονομαστική ισχύ ≥ 5000 kW, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του εγκεκριμένου εξοπλισμού αναβάθμισης του κινητήρα.



Εικόνα 25: MARPOL Annex VI Όρια εκπομπών NO_x.

Εκπομπές των κινητήρων έχουν δοκιμαστεί σε διάφορους κύκλους ISO 8178 (E2, E3 κύκλοι για διάφορους τύπους μηχανών πρόωσης, D2 για βοηθητικούς κινητήρες σταθερής ταχύτητας, C1 για βοηθητικές μηχανές μεταβλητής ταχύτητας και φορτίου).

Η προσθήκη (**Not To Exceed**) δοκιμών «μη υπέρβασης» σύμφωνα με τους κανόνες Tier III συζητείται. Όρια NTE με πολλαπλασιαστή 1,5 θα ισχύουν για τις εκπομπές NO_x σε κάθε επιμέρους σημείο φόρτισης στον κύκλο E2/E3.

Οι κινητήρες ελέγχονται με τη βοήθεια καυσίμων ντίζελ υψηλής κλάσης διύλισης, παρόλο που στην πραγματικότητα χρησιμοποιούνται χαμηλότερης ποιότητας καύσιμα.

Περαιτέρω τεχνικές λεπτομέρειες σχετικά με τις εκπομπές NO_x, όπως μέθοδοι ελέγχου των εκπομπών, περιλαμβάνονται στο υποχρεωτικό «Τεχνικό Κώδικα NO_x».

6.2.5 ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO_x

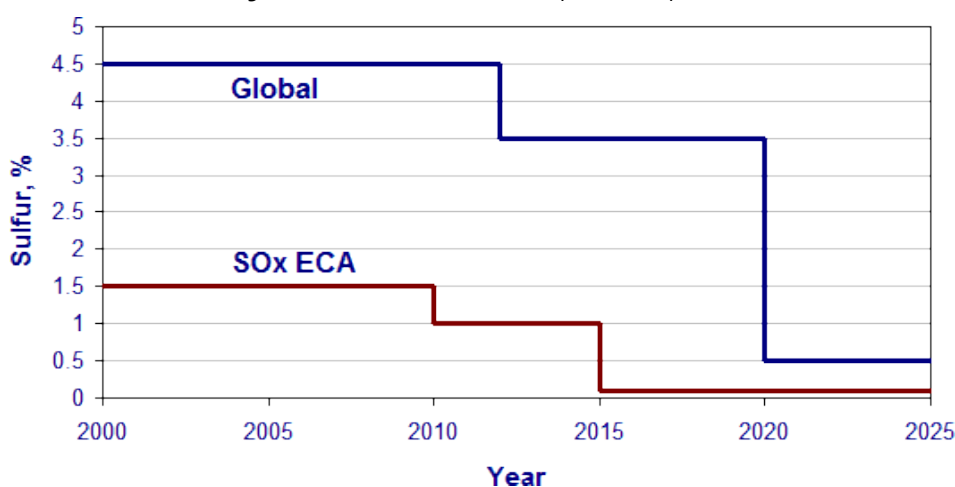
Οι κανονισμοί του παραρτήματος VI περιλαμβάνουν ανώτατα όρια όσον αφορά την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων, ως μέτρο για τον έλεγχο των εκπομπών SO_x και έμμεσα των εκπομπών σωματιδίων (δεν υπάρχουν σαφή όρια εκπομπών PM). Υπάρχουν ειδικές διατάξεις για την ποιότητα των καυσίμων στις περιοχές ελέγχου εκπομπών SO_x (SO_x ECA ή SECA). Τα όρια εκπομπών SO_x και οι ημερομηνίες εφαρμογής τους παρατίθενται στον Πίνακα 2 και απεικονίζονται στην Εικόνα 6-4.

Το μαζούτ (βαρύ πετρέλαιο) επιτρέπεται με την προϋπόθεση ότι πληροί το όριο εκπομπών SO_x που ισχύει (δηλαδή, δεν υπάρχει καμία εντολή να χρησιμοποιούνται αποσταγμένα καύσιμα).

Date	Sulfur Limit in Fuel (% m/m)	
	SO _x ECA	Global
2000	1.5%	4.5%
2010.07	1.0%	
2012		3.5%
2015	0.1%	
2020 ^a		0.5%

a – alternative date is 2025, to be decided by a review in 2018

Πίνακας 2: MARPOL Annex VI Όρια εκπομπών SO_x.



Εικόνα 26: MARPOL Annex VI Όρια εκπομπών SO_x.

Εναλλακτικά μέτρα επιτρέπονται (σε SO_x ECAs και σε παγκόσμιο επίπεδο) για τη μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου, όπως με τη χρήση απορρυπαντικών (scrubbers). Για παράδειγμα, αντί της χρησιμοποίησης του καυσίμων 1,5% περιεκτικότητας σε SECAs, τα πλοία μπορούν να υιοθετήσουν ένα σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων ή να χρησιμοποιήσουν οποιαδήποτε άλλη τεχνολογική μέθοδο για τον περιορισμό των εκπομπών SO_x σε ≤6 g/kWh

6.2.6 ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Το κεφάλαιο 4 του παραρτήματος VI της MARPOL, εισάγει δύο υποχρεωτικούς μηχανισμούς που προορίζονται να εξασφαλίσουν ένα πρότυπο ενεργειακής απόδοσης για τα πλοία:

- το Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI), για νέα πλοία, και
- το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίου (SEEMP) για όλα τα πλοία.

Ο EEDI είναι ένας μηχανισμός που απαιτεί ένα ορισμένο ελάχιστο όριο ενεργειακής απόδοσης σε νέα πλοία. Οι σχεδιαστές και κατασκευαστές πλοίων είναι ελεύθεροι να επιλέξουν τις τεχνολογίες που θα ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις EEDI σε ένα συγκεκριμένο σχεδιασμό του πλοίου.

Το SEEMP καθιερώνει ένα μηχανισμό για τους φορείς για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων.

Οι κανονισμοί ισχύουν για όλα τα πλοία πάνω από 400 τόνους ολικής χωρητικότητας και τίθεται σε ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2013. Περιθώρια ευελιξίας υπάρχουν στην αρχική περίοδο μέχρι έξι έτη και έξι μήνες μετά την έναρξη ισχύος, όπως στην περίπτωση νέων πλοίων που βρίσκονται ήδη υπό κατασκευή, στα οποία ο ΙΜΟ μπορεί να επιτρέψει να μη συμμορφωθούν με τον EEDI.

6.2.7 ΛΟΙΠΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

Το παράρτημα VI απαγορεύει τις σκόπιμες εκπομπές ενώσεων που καταστρέφουν το προστατευτικό στρώμα όζοντος της γήινης ατμόσφαιρας. Τέτοιες ενώσεις είναι οι χλωροφθοράνθρακες (halons και CFC). Νέες εγκαταστάσεις που περιέχουν ουσίες που καταστρέφουν το όζον απαγορεύονται σε όλα τα πλοία. Όμως, οι νέες εγκαταστάσεις που περιέχουν υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) επιτρέπονται μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2020.

Το παράρτημα VI απαγορεύει επίσης την καύση επί των πλοίων, ορισμένων προϊόντων, όπως είναι τα μολυσμένα υλικά συσκευασίας και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs).

6.2.8 ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ

Η συμμόρφωση με τις διατάξεις του παραρτήματος VI καθορίζεται από περιοδικούς ελέγχους και έρευνες. Κατά το πέρασμα των ερευνών, το πλοίο εκδίδει ένα «Διεθνές Πιστοποιητικό Πρόληψης της Ρύπανσης της ατμόσφαιρας», το οποίο ισχύει έως και 5 χρόνια. Σύμφωνα με το «Τεχνικό Κώδικα ΝΟx», ο φορέας εκμετάλλευσης του πλοίου (όχι ο κατασκευαστής του κινητήρα) είναι υπεύθυνος για την συμμόρφωση κατά τη χρήση.

6.3 Η ΔΡΑΣΗ ΤΗΣ Ε.Ε.

	Maximum fuel sulphur content (by mass) outside EU SECAs*	Maximum fuel sulphur content (by mass) inside EU SECAs*
a) All ships excluding b) and c) below	3.50%** from 18 June 2014 0.50% from 1 Jan 2020	1.00% until 31 Dec 2014 0.10% from 1 Jan 2015
b) Passenger ships on regular services to/from EC ports excluding c) below	1.50% until 1 Jan 2020 0.50% from 1 Jan 2020	Same as above
c) Ships at berth in EC ports	0.10%	0.10%

Πίνακας 3: Σύγκριση νομοθεσίας ΕΕ και ΙΜΟ για τις εκπομπές SO_x, Source: Lloyd's Register.

Τον Νοέμβριο του 2002, (μετά την οδηγία **1999/32/EU**) η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε μια στρατηγική για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από ποντοπόρα πλοία και αντίστοιχη πρόταση για τη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο των μαζούτ.

6.3.1 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΣΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Ως μέρος της στρατηγικής, η Επιτροπή δημοσίευσε πρόταση (COM/2002/0595) για τη μείωση της περιεκτικότητας των καυσίμων των πλοίων σε θείο. Η προκύπτουσα νομοθεσία (**οδηγία 2005/33/EU**) τέθηκε σε ισχύ τον Αύγουστο του 2005, και σε μεγάλο βαθμό ευθυγραμμίζεται με τη νομοθεσία του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) του 1997, και η οποία τέθηκε σε ισχύ το 2005.

Η οδηγία του 2005 θέτει ένα όριο **1,5 %** στην περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων για όλα τα πλοία εντός των Περιοχών Ελέγχου των Εκπομπών Θείου (SECA) (Βαλτική Θάλασσα και τη Βόρεια Θάλασσα, συμπεριλαμβανομένης της Μάγχης) και στα επιβατηγά πλοία σε όλες τις θαλάσσιες περιοχές της Ευρώπης. Επιπλέον, η οδηγία απαιτεί από όλα τα πλοία που διέρχονται από τα ευρωπαϊκά λιμάνια να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο **0,1 %** ή λιγότερο σε θέση αγκυροβολίας.

Τον Ιούλιο του 2011, η Επιτροπή υπέβαλε πρόταση για αναθεώρηση και ενίσχυση της οδηγίας του 2005 με την ενσωμάτωση των νέων κανόνων για το θείο όπως θεσπίστηκαν από τον IMO το 2008. Η αναθεωρημένη οδηγία για το θείο εκδόθηκε τον Οκτώβριο του 2012 (**οδηγία 2012/33/EU**).

Η ενσωμάτωση των διατάξεων του IMO στο δίκαιο της ΕΕ αποσκοπεί στην εξασφάλιση της ορθής και εναρμονισμένης εφαρμογής τους από όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ, και ταυτόχρονα η παρακολούθηση και επιβολή των διατάξεων στο πλαίσιο του καθεστώτος της ΕΕ στοχεύει επίσης στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των κανόνων του IMO.

Η αναθεωρημένη οδηγία (**οδηγία 2012/33/EU**) προβλέπει ότι το παγκόσμιο όριο της περιεκτικότητας σε θείο **0,50 %** θα εφαρμοστεί σε όλες τις θαλάσσιες περιοχές της ΕΕ μέχρι το 2020, και υιοθετεί το όριο του IMO για τις περιοχές ελέγχου των εκπομπών θείου (SECAs) σε **0,10 %** από το 2015.

Πολλές μελέτες για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Επιτροπής τα τελευταία χρόνια έδειξαν τα μεγάλα οφέλη του ορισμού περισσότερων ευρωπαϊκών θαλάσσιων περιοχών ως ΠΕΕΘ (SECAs), αλλά δεν έχουν γίνει ακόμη ενέργειες προς την κατεύθυνση αυτή.

6.3.2 ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΝΟ_x

Στη «Στρατηγική για τη μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών των ποντοπόρων πλοίων» το 2002 και στη «Θεματική στρατηγική για την ατμοσφαιρική ρύπανση» το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέφρασε την υποστήριξή του για την κοινοτική δράση για τη μείωση των εκπομπών ΝΟ_x από τα πλοία. Παρά το γεγονός ότι οι εκπομπές ΝΟ_x των πλοίων θα συνεχίσουν να αυξάνονται, ακόμη και με την πλήρη εφαρμογή των νέων (2008) κανόνων εκπομπών του IMO, προτάσεις για τη μείωση των εκπομπών ΝΟ_x από τα πλοία δεν έχουν ακόμη υποβληθεί από την Επιτροπή. Ενώ τμήμα ακτογραμμής πάνω από 200 ναυτικά μίλια (370 χιλιόμετρα), των Ηνωμένων Πολιτειών και του Καναδά έχουν χαρακτηριστεί ως μια συνδυασμένη Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών θείου και οξειδίων του αζώτου, δεν υπάρχουν τέτοιες περιοχές στην Ευρώπη.

Οι χώρες γύρω από τη Βαλτική Θάλασσα, καθώς και εκείνες γύρω από τη Βόρεια Θάλασσα έχουν διερευνήσει τα τελευταία χρόνια προσεκτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του να καθοριστούν αυτές οι δύο θαλάσσιες περιοχές, περιοχές ελέγχου NO_x. Οι αναλύσεις τους δείχνουν ότι τα οικονομικά οφέλη για την υγεία υπερβαίνουν τις εκτιμώμενες δαπάνες. Μέχρι στιγμής, ωστόσο, οι χώρες αυτές δεν έχουν υποβάλει προτάσεις για την ονομασία NO_x - ECA στον IMO.

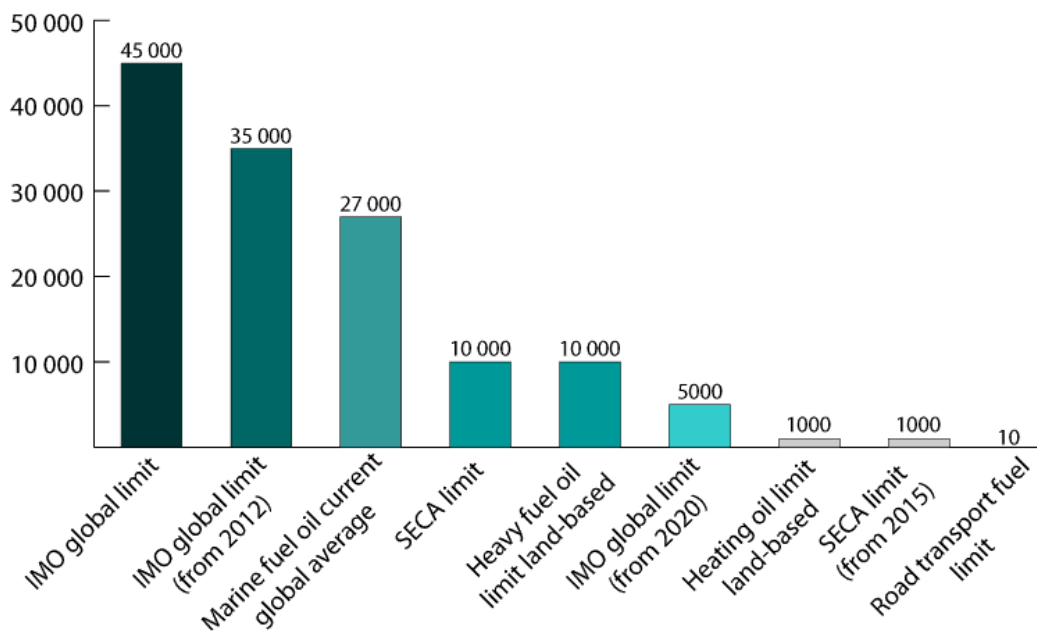
Γενικά δεν υπάρχει μέχρι σήμερα δεσμευτική νομοθεσία της ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών NO_x από τα πλοία.

6.3.3 ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΞΗΡΑ

Τον Μάιο του 2006, η Επιτροπή ενέκρινε τη σύσταση για την προώθηση της ηλεκτροδότησης από την ξηρά πλοίων αγκυροβολημένων σε λιμάνια της ΕΕ. Ηλεκτροδότηση από την ξηρά σημαίνει παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από το εθνικό δίκτυο, σε πλοία αγκυροβολημένα σε λιμάνια, αντί να παράγουν τα ίδια ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας τους δικούς τους κινητήρες ντίζελ. Αυτό εξαλείφει την τοπική ρύπανση και τις εκπομπές θορύβου από τους κινητήρες των πλοίων κατά την αγκυροβολία.

Date	EU	IMO Marpol Annex VI
1 st Jan 2010	SCMF- Vessels at Berth - 0.10 mass % S in all EU ports	Global Marine 4.50 mass % S
1 st July 2010		ECA's 1.00 mass % S (Emission Control Areas)
1 st Jan 2011	FQD – Inland waterways max 10ppm S	
1 st Jan 2012		Global Marine 3.50 mass % S
1 st Jan 2015		ECA's 0.10 mass % S (i.e. Gas Oil?)
1 st Jan 2020		All marine 0.50 mass % S (subject to review 2018 which could defer to 2025)

Πίνακας 4: Εξέλιξη του περιορισμού του θείου στα καύσιμα 2010-2020 (2025).



Εικόνα 27: Σύγκριση της επιτρεπόμενης περιεκτικότητας σε θείο των διαφόρων καυσίμων (ppm). Τα 45.000 ppm αντιστοιχούν σε 4,5% περιεκτικότητα σε θείο, ενώ τα 10 ppm των οδικών μεταφορών σε 0,00001%.

Συμπερασματικά, η πρόθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως αυτή φάνηκε στη «Στρατηγική για τη μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών των ποταπόρων πλοίων» και στη «Θεματική Στρατηγική για την ατμοσφαιρική ρύπανση» είναι να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO₂), οξειδίων του αζώτου (NO_x) και σωματιδίων (PM) από τα καυσαέρια των πλοίων για την πρόληψη της ανθρώπινης υγείας και την προστασία του περιβάλλοντος. Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στοχεύει στη σημαντική μείωση των πρόωρων θανάτων που προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση έως το 2020, και στην ταυτόχρονη άμβλυνση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως είναι η οξύνιση (acidification), ο ευτροφισμός (eutrophication) και οι απώλειες στη βιοποικιλότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

7.1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ

Στη συνέχεια περιγράφεται η αναλυτική μεθοδολογία εκτίμησης των εκπεμπόμενων ρύπων συναρτήσει των φάσεων λειτουργίας ενός πλοίου (η μεθοδολογία αυτή αναφέρεται ως «Tier 3» στον οδηγό δημιουργίας αρχείου καταγραφών ατμοσφαιρικών ρύπων EMEP / EEA).

Η μεθοδολογία αυτή πρέπει να εφαρμόζεται όταν είναι διαθέσιμα λεπτομερή δεδομένα των φάσεων λειτουργίας του πλοίου και λεπτομερή τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου, όπως είναι το μέγεθος και η τεχνολογία των κινητήρων, η εγκατεστημένη ισχύς, το χρησιμοποιούμενο είδος καυσίμων, οι ώρες σε κάθε δραστηριότητα.

Η παραπάνω μεθοδολογία υπολογίζει τις συνολικές εκπομπές σε ένα ταξίδι, αθροίζοντας τις επιμέρους εκπομπές από κάθε φάση λειτουργίας του πλοίου με την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Επλήρες ταξίδι} = \text{ΕΑγκυροβόλιο} + \text{Εελιγμοί} + \text{Επλεύση}$$

Ένα πλήρες αρχείο καταγραφών περιλαμβάνει το άθροισμα όλων των εκπομπών από όλα τα ταξίδια του συνόλου των πλοίων κατά τη διάρκεια του έτους.

Στην πράξη, μπορεί τα δεδομένα που συλλέγονται να αφορούν σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των ταξιδιών κάποιων πλοίων, κατά τη διάρκεια μιας αντιπροσωπευτικής περιόδου του έτους. Στην περίπτωση αυτή, προκειμένου να υπολογιστούν οι συνολικές εκπομπές, ανάγονται οι εκπομπές του δείγματος στο σύνολο των πλοίων που εξετάζονται για έναν ολόκληρο χρόνο.

Δύο διαφορετικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των εκπομπών: η μία λαμβάνει υπόψη της την κατανάλωση καυσίμων και η άλλη την εγκατεστημένη ισχύ.

Όταν η κατανάλωση καυσίμου για κάθε φάση λειτουργίας είναι γνωστή, τότε οι εκπομπές ενός ρύπου i μπορούν να υπολογιστούν για ένα ταξίδι από τη σχέση:

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

όπου:

E_{Tirp} = άθροισμα όλων των εκπομπών σε ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους),

FC = η κατανάλωση καυσίμου (σε τόνους),

EF = συντελεστής εκπομπών (kg/ τόνο),

i = ρύπος

j = τύπος του κινητήρα (χαμηλής, μεσαίας και υψηλής ταχύτητας ντιζελοκινητήρες, τουρμπίνες αεριοστροβίλων και ατμοστροβίλων).

m = τύπος καυσίμου (μαζούτ πλοίων, ντίζελ πλοίων/ πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων (MDO/MGO), βενζίνη),

p = φάση λειτουργίας του πλοίου (πλεύση-cruising, ελιγμοί-

maneuvering, στο αγκυροβόλιο-hotelling).

Απαιτούνται τα ακόλουθα βήματα για την εκτίμηση των εκπομπών μέσω της κατανάλωσης καυσίμου. Η παραπάνω διαδικασία εφαρμόζεται μόνο στις περιπτώσεις κατά τις οποίες διατίθενται λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση καυσίμου σε κάθε φάση λειτουργίας του πλοίου:

1. Καταγραφή της κατανάλωσης καυσίμου για κάθε επιμέρους δραστηριότητα του πλοίου, για κάθε τύπο κινητήρα και για κάθε είδος καυσίμων. Αυτό μπορεί να γίνει για ολόκληρο το έτος ή ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του έτους, για όλα τα πλοία ή για ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των πλοίων και για κάθε συνδυασμό κινητήρα / καυσίμου. Αυτή η επιλογή θα εξαρτηθεί από τους διαθέσιμους πόρους και την απαιτούμενη ακρίβεια της μελέτης.
2. Υπολογισμός των εκπομπών ανάλογα με την κατηγορία πλοίου και τον τύπο κινητήρα και καυσίμου πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση με τους αντίστοιχους για κάθε καύσιμο συντελεστές εκπομπών.

Στην περίπτωση που δεν είναι γνωστή η κατανάλωση καυσίμου για κάθε φάση, εφαρμόζεται η παρακάτω διαδικασία με βάση την εγκατεστημένη ισχύ και το χρόνο που δαπανάται στις διάφορες φάσεις λειτουργίας του πλοίου, προκειμένου να υπολογιστούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$E_{T_{i,p},i,j,m} = \sum_p \left[T_p \times \sum_e (P_e \times LF_e \times EF_{e,i,j,m,p}) \right]$$

όπου:

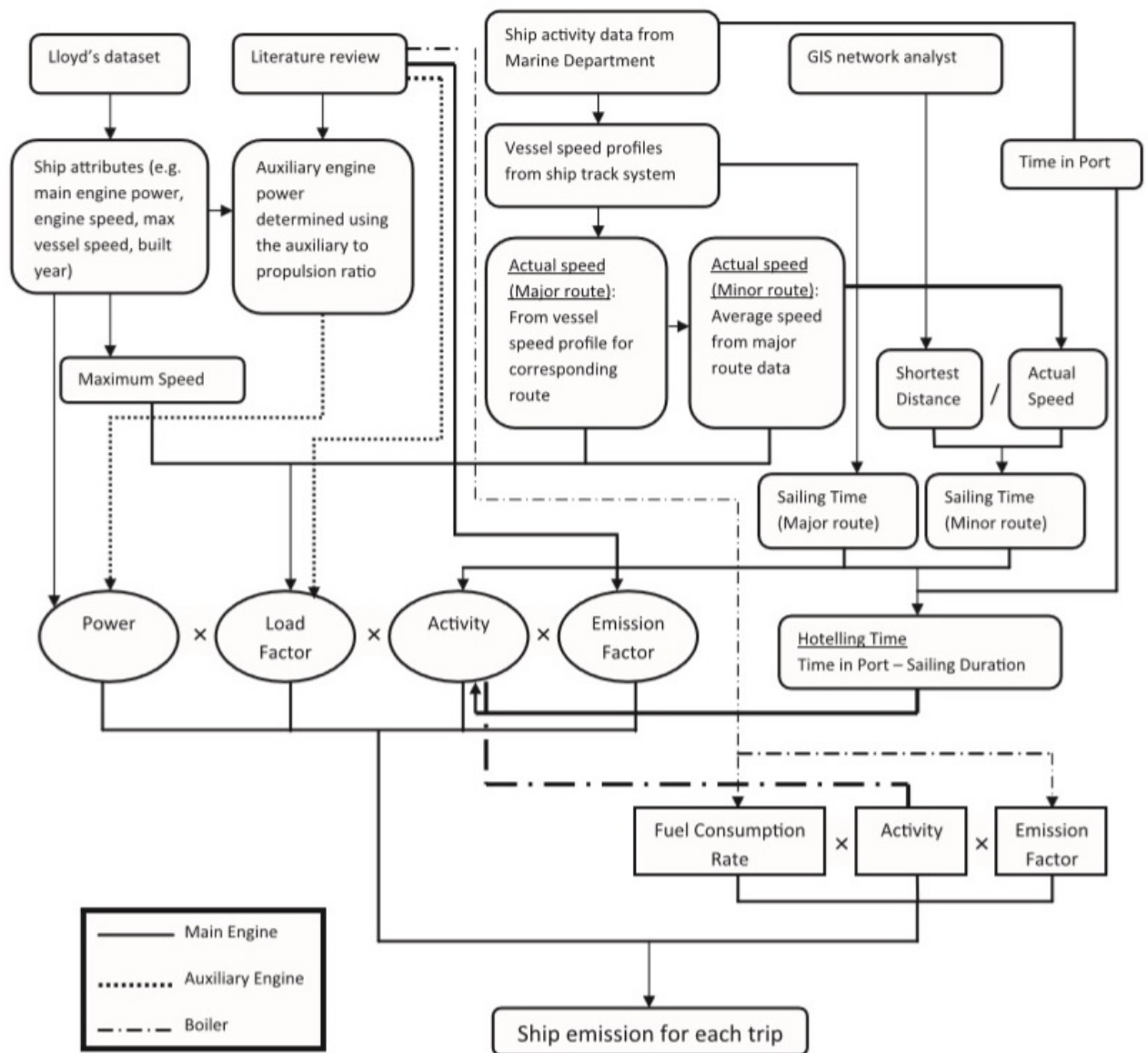
$E_{T_{i,p}}$	=	συνολικές εκπομπές σε ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους),
EF	=	συντελεστής εκπομπών (kg/kW),
LF	=	συντελεστής φορτίου του κινητήρα (%),
P	=	ονομαστική ισχύς κινητήρα (kW),
T	=	χρόνος (ώρες),
e	=	κατηγορία κινητήρα (κύριος, βοηθητικός),
i	=	ρύπος (NO_x , SO_x , PM),
j	=	τύπο του κινητήρα (χαμηλής, μέσης και υψηλής ταχύτητας ντιζελοκινητήρες, τουρμπίνες αεριοστροβίλων και ατμοστρόβιλος).
m	=	τύπος καυσίμου (μαζούτ πλοίων, ντίζελ πλοίων/πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων πετρέλαιο, βενζίνη),
p	=	φάση λειτουργίας του πλοίου (πλεύση-cruising, ελιγμοί-maneuvering, στο αγκυροβόλιο-hotelling)

Ο χρόνος πλεύσης, εάν είναι άγνωστος, μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$T_{\text{πλεύσης}} \text{ (hr)} = \text{Διανυόμενη Απόσταση (km)} / \text{Μέση Ταχύτητα Πλεύσης (km/hr)}$$

Τα ακόλουθα βήματα απαιτούνται για την εκτίμηση των εκπομπών μέσω της ισχύος του κινητήρα:

1. Καταγραφή των δεδομένων κίνησης του πλοίου: τόπος αναχώρησης, τόπος άφιξης, ώρα αναχώρησης και ώρα άφιξης για κάθε πλοίο. Αυτό μπορεί να γίνει για ολόκληρο το έτος ή ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του έτους ,για όλα τα πλοία ή για ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των πλοίων. Αυτή η επιλογή θα εξαρτηθεί από τη διαθέσιμη πληροφορία και την απαιτούμενη ακρίβεια της μελέτης.
2. Προσδιορισμός των ακριβών δρομολογίων και των αποστάσεων μεταξύ των λιμένων. Αυτό μπορεί να υπολογιστεί με χρήση κατάλληλων πινάκων ή από ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών GIS (Geographical Information System) αν διατίθεται.
3. Ταξινόμηση κάθε πλοίου ανά κατηγορία και τύπο κινητήρα/καυσίμου που χρησιμοποιεί και καταγραφή της εγκατεστημένης κύριας και βοηθητικής ισχύος του κινητήρα κάθε πλοίου. Μια βάση δεδομένων που παρέχει πληροφορίες για το μέγεθος και τον τύπο κινητήρα κάθε πλοίου είναι χρήσιμη. Ένα τέτοιο μητρώο του εθνικού στόλου θα πρέπει να είναι διαθέσιμο στις περισσότερες χώρες, αλλά συνήθως καλύπτει μόνο τα πλοία υπό την σημαία του ίδιου κράτους. Η βάση δεδομένων Lloyds παρέχει τις σχετικές πληροφορίες για όλα τα πλοία με μέγεθος μεγαλύτερο από 100 Gross Tonnage.
4. Προσδιορισμός του συνολικού χρόνου πλεύσης για κάθε κατηγορία πλοίου και συνδυασμό τύπου κινητήρα/καύσιμου, είτε με βάση την απόσταση και τη μέση ταχύτητα πλεύσης είτε με βάση την ώρα αναχώρησης και άφιξης. Η επιλογή πρέπει να βασίζεται στην αξιολόγηση της ποιότητας των δεδομένων.
5. Προσδιορισμός του συνολικού χρόνου στο αγκυροβόλιο και του χρόνου ελιγμών για κάθε κατηγορία πλοίων και συνδυασμό τύπου κινητήρα/καυσίμου με βάση τα δεδομένα από τις Λιμενικές Αρχές.
6. Υπολογισμός των εκπομπών για κάθε κατηγορία πλοίου και συνδυασμό τύπου κινητήρα/καυσίμου πολλαπλασιάζοντας το συνολικό χρόνο που δαπανάται σε κάθε φάση, όπως έχει προσδιοριστεί στα προηγούμενα βήματα 4 και 5 με βάση την εγκατεστημένη ισχύ των κύριων και βοηθητικών μηχανών, όπως αυτή καθορίστηκε στο βήμα 3, και με τους συντελεστές φορτίου της κάθε μηχανής (με % του χρόνου λειτουργίας)και με τους αντίστοιχους συντελεστές εκπομπών.



Εικόνα 28: Διάγραμμα μεθόδων υπολογισμού εκπομπών [27].

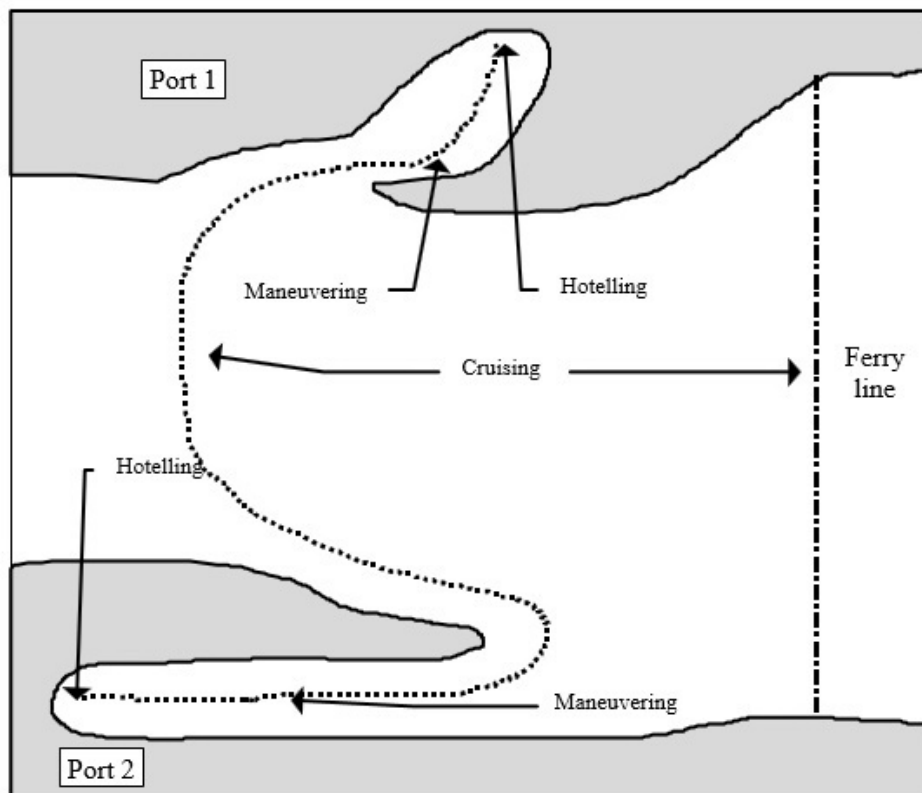
7.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Η εκτίμηση, βάσει δραστηριοτήτων, των εκπομπών των πλοίων περιλαμβάνει την εφαρμογή των συντελεστών εκπομπών σε κάθε δραστηριότητα του πλοίου. Ως συντελεστής εκπομπών σε κάθε δραστηριότητα ορίζεται μια αντιπροσωπευτική τιμή που επιχειρεί να συσχετίσει την εκπεμπόμενη ποσότητα με την λειτουργία των κινητήρων του πλοίου κατά τη διάρκεια της εν λόγω δραστηριότητας.

Για τις εκπομπές εντός λιμένας, καταρτίζεται για κάθε πλοίο μια ανάλυση των κινήσεων του ανάλογα με τον τύπο λειτουργίας (δηλαδή λειτουργία κατά την εκτέλεση ελιγμών ή λειτουργία σε θέση αγκυροβολίας), με έναν αντιπροσωπευτικό τύπο και μέγεθος κινητήρα εν λειτουργία για κάθε κίνηση εντός του λιμένα.

Επίσης, καταγράφεται ο συντελεστής φορτίου του κάθε κινητήρα, το είδος του καυσίμου που καταναλώνεται και το χρόνο που βρίσκεται το κάθε πλοίο σε κάθε φάση λειτουργίας.

Η λειτουργία εκτέλεσης ελιγμών (maneuvering) αναφέρεται στην κίνηση του πλοίου με χαμηλή ταχύτητα μεταξύ της εισόδου/εξόδου του λιμανιού και του σημείου όπου αγκυροβολεί το πλοίο, ενώ λειτουργία σε θέση αγκυροβολίας, αναφέρεται στην λειτουργία του πλοίου στη θέση στάσης του μέσα στο λιμάνι.



Εικόνα 29: Γραφική παράσταση των φάσεων λειτουργίας [28].

7.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΛΙΜΑΝΙΩΝ

Στην παρούσα εργασία εξετάσαμε τις εκπομπές από τα κρουαζιερόπλοια που φιλοξενήθηκαν σε τρία ελληνικά λιμάνια, του Πειραιά, του Ηρακλείου και της Σούδας κατά το έτος 2013.

Ο Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς (ΟΛΠ) παρείχε όλες τις πληροφορίες σχετικά με τον κατάπλου κάθε κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι του Πειραιά, συμπεριλαμβανομένης της ημερομηνίας άφιξης, το όνομα του σκάφους, καθώς και τη διάρκεια της παραμονής εντός του λιμένα (όπως προέκυψε από την ώρα άφιξης και αναχώρησης). Ανάλογες πληροφορίες για τα κρουαζιερόπλοια που κατέπλευσαν σε Ηράκλειο και Σούδα παρείχαν και τα αντίστοιχα Λιμεναρχεία.

Τα αρχεία κίνησης των κρουαζιερόπλοιων εντός του λιμένα του Πειραιά, του Ηρακλείου και της Σούδας καλύπτουν μια περίοδο δώδεκα μηνών, από την 1η Ιανουαρίου 2013 μέχρι την 31η Δεκεμβρίου του 2013. Τα δεδομένα αυτά

ταξινομήθηκαν και σε τριμηνιαία διαστήματα, προκειμένου να αναδειχθεί η διακύμανση των αποτελεσμάτων κατά τις τέσσερις εποχές του χρόνου.

Οι πίνακες 5, 6, 7 δείχνουν τον αριθμό των κρουαζιερόπλοιων που καταγράφηκαν και τον συνολικό αριθμό των αφίξεων (και αναχωρήσεων) στα τρία λιμάνια.

Κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Πειραιά το 2013

Εποχή	Κρουαζιερόπλοια	
	Πλήθος Πλοίων	Πλήθος Κλήσεων
Χειμώνας		13
Άνοιξη		159
Καλοκαίρι		267
Φθινόπωρο		272
Σύνολο	113	711

Πίνακας 5: Κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Πειραιά το 2013.

Κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2013

Εποχή	Κρουαζιερόπλοια	
	Πλήθος Πλοίων	Πλήθος Κλήσεων
Χειμώνας		7
Άνοιξη		40
Καλοκαίρι		60
Φθινόπωρο		65
Σύνολο	36	172

Πίνακας 6: Κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2013.

Κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι της Σούδας το 2013

Εποχή	Κρουαζιερόπλοια	
	Πλήθος Πλοίων	Πλήθος Κλήσεων
Χειμώνας		0
Άνοιξη		8
Καλοκαίρι		17
Φθινόπωρο		18
Σύνολο	7	43

Πίνακας 7: Κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι της Σούδας το 2013.

7.4 ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Χρησιμοποιήθηκαν οι κατάλογοι πλοίων Lloyd, ώστε με βάση το όνομα και τον τύπο του σκάφους, να ληφθούν στοιχεία για τους κύριους (ΜΕ) και βοηθητικούς (ΑΕ) κινητήρες για όλα τα κρουαζιερόπλοια που δραστηριοποιούνται στα λιμάνια που εξετάζονται.

Τα κρουαζιερόπλοια ανήκουν στα passenger τύπου πλοία. Άλλοι τύποι πλοίων των οποίων μετρώνται οι εκπομπές στα διάφορα αρχεία καταγραφών παγκοσμίως είναι- ανάλογα με το μέγεθος και τον σκοπό που εξυπηρετούν- σύμφωνα με σχετική έκθεση της Entec από το 2002 τα παρακάτω:

Code	Name
LG	Liquefied Gas
C	Chemical
O	Oil
OL	Other Liquid
BD	Bulk dry
BD/O	Bulk dry/oil
SDBD	Self-discharging bulkdry
OBD	Other bulk dry
GC	General cargo
PC	Passenger/general cargo
CO	Container
RC	Refrigerated cargo
RO	Roro cargo
PRC	Passenger/Roro cargo
PA	Passenger
ODC	Other dry cargo
FIC	Fish catching
OFI	Other fishing
OS	Offshore supply
OOF	Other offshore
RE	Research
TP	Towing/Pushing
DR	Dredging
OT	Other Activities

Πίνακας 8: Τύποι πλοίων.

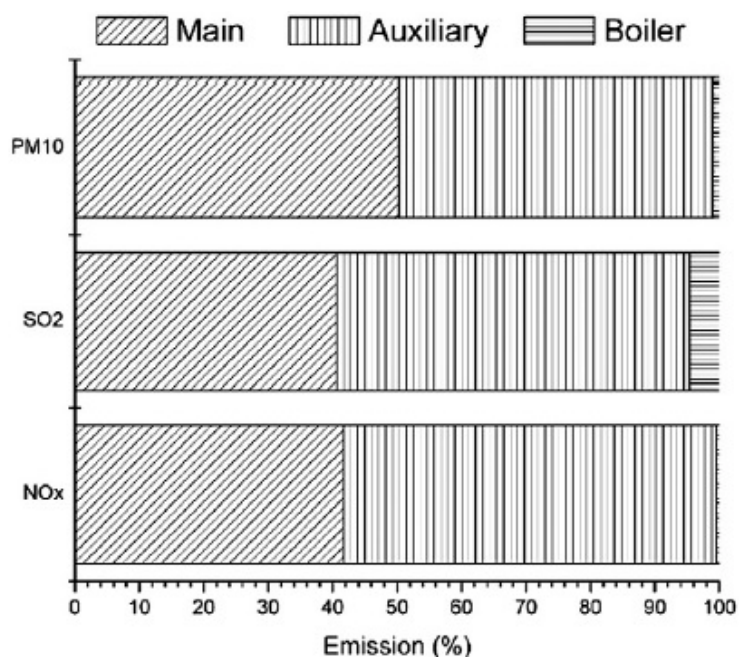
Στην περίπτωση ντίζελ-ηλεκτρικών κινητήρων κρουαζιερόπλοιων η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μοιράζεται μεταξύ της πρόωσης και βοηθητικών σκοπών, ανάλογα με τις απαιτήσεις. Οι τύποι κυρίων όσο και βοηθητικών κινητήρων που συναντούμε στα σύγχρονα πλοία είναι οι παρακάτω:

Code	Name
SSD	slow speed diesel / χαμηλής ταχύτητας ντίζελ
MSD	medium speed diesel / μεσαία ταχύτητας ντίζελ
HSD	high speed diesel / υψηλής ταχύτητας ντίζελ
GT	gas turbine / τουρμπίνα αεριοστροβίλων
ST	steam turbine / τουρμπίνα ατμοστροβίλων
PC	inboard diesel engines-pleasure craft / σκάφη αναψυχής

Πίνακας 9: Τύποι κινητήρων.

Ωστόσο, λόγω έλλειψης τεχνικών χαρακτηριστικών στη βάση δεδομένων σε ορισμένα πλοία, κυρίως όσον αφορά τους βοηθητικούς κινητήρες και όχι μόνο, έγιναν κάποιες παραδοχές.

1. Το σύνολο των κρουαζιερόπλοιων, υποστηρίζονται μηχανικά από ντίζελ ηλεκτρική διάταξη κινητήρων (2-χρονους και 4-χρονους). Οι κύριοι κινητήρες, δίνουν κίνηση στο πλοίο κατά τη πλεύση και κατά τους ελιγμούς και οι βοηθητικές παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για τις άλλες λειτουργίες του πλοίου. Κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο οι κύριοι κινητήρες παραμένουν σβηστοί.
2. Χρησιμοποιούνται μεσαίας ταχύτητας κύριοι κινητήρες (medium speed diesel engines) και υψηλής ταχύτητας βοηθητικοί κινητήρες (high speed diesel engines).
3. Οι κύριοι κινητήρες χρησιμοποιούν πετρέλαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, ενώ οι βοηθητικοί μείγμα ντίζελ και μαζούτ.
4. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η βάση δεδομένων δεν περιέχει στοιχεία για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών μηχανών, ούτε για τον αριθμό τους. Αυτό συμβαίνει, διότι βάση νομοθεσίας οι ίδιοι οι πλοιοκτήτες δεν υποχρεώνονται να παραχωρούν τα στοιχεία των βοηθητικών μηχανών.
5. Στη συγκεκριμένη υπολογιστική μέθοδο, όπου η βάση δεδομένων δεν περιείχε στοιχεία για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών μηχανών χρησιμοποιήθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών γεννητριών (auxiliary generators).
6. Όπου δεν υπήρχαν επαρκή δεδομένα ούτε για τις βοηθητικές γεννήτριες, η ισχύς των βοηθητικών μηχανών προσδιορίστηκε βάσει του λόγου επικουρικής ισχύος προς την ισχύ πρόωσης ο οποίος βρέθηκε ίσος με **0,278**, από τις πρόσφατες εκτιμήσεις βοηθητικής ισχύος των κινητήρων κρουαζιερόπλοιων που κατέπλευσαν στον Πειραιά, στο Ηράκλειο και στη Σούδα, καθώς και από μια σειρά από αδελφά πλοία τους.



Εικόνα 30: Σύγκριση εκπομπών κύριας, βοηθητικής μηχανής και λέβητα [27].

7.5 ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ



Εικόνα 31: Δεξαμενόπλοιο που φορτώνει πετρελαιικά καύσιμα (bunkering)

Όπως αναφέρθηκε από τους Trozzi και Vaccaro (1998), η παγκόσμια ζήτηση καυσίμων των πλοίων καλύπτεται κυρίως από προϊόντα πετρελαίου, τα κυριότερα εκ των οποίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Code	Name
BFO	Bunker Fuel Oil
MDO	Marine Diesel Oil
LSFO	Low Sulfur Fuel Oil
MGO	Marine Gas Oil
GF	Gasoline Fuel

Πίνακας 10: Κύριοι τύποι πετρελαιικών καυσίμων πλοίων.

Οι κύριοι τύποι καυσίμων που χρησιμοποιούνται είναι:

Bunker Πετρέλαιο Πλοίων (Bunker Fuel Oil - BFO): Με τον όρο αυτό εννοούμε το βαρύτερο καύσιμο του εμπορίου που μπορεί να ληφθεί από το αργό πετρέλαιο και είναι το κατεξοχήν καύσιμο που χρησιμοποιείται στα πλοία. Πήρε το όνομά του από τις δεξαμενές καυσίμων στα πλοία και στα λιμάνια που συνήθως αποθηκεύεται, οι οποίες την εποχή των ατμόπλοιων ήταν αποθήκες άνθρακα. Σε σύγκριση με άλλα προϊόντα πετρελαίου, αυτό το καύσιμο πλοίων είναι εξαιρετικά αργό και εξαιρετικά ρυπογόνο.



Εικόνα 32: Δείγμα υπολειμματικού καυσίμου πετρελαίου (*residual fuel oil*).

Αφότου το ακατέργαστο πετρέλαιο εξαχθεί από το έδαφος, μεταφέρεται σε διυλιστήρια, όπου υφίσταται μια διαδικασία που ονομάζεται κλασματική απόσταξη. Κατά τη διάρκεια της κλασματικής απόσταξης, το ακατέργαστο πετρέλαιο θερμαίνεται, προκαλώντας το διαχωρισμό διαφόρων κλασμάτων, καθώς αυτά έχουν διαφορετικά σημεία ζέσεως. Συνηθέστερα, η κλασματική απόσταξη πραγματοποιείται σε μία στήλη απόσταξης, από την οποία συλλέγονται τα διάφορα κλάσματα καθώς αυτά διαχωρίζονται. Κατά τη διάρκεια της κλασματικής απόσταξης, τα διυλιστήρια πετρελαίου μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν καταλύτες για να "σπάσουν" τις αλυσίδες υδρογονανθράκων στο αργό πετρέλαιο και να δημιουργήσουν ειδικά κλάσματα πετρελαίου.

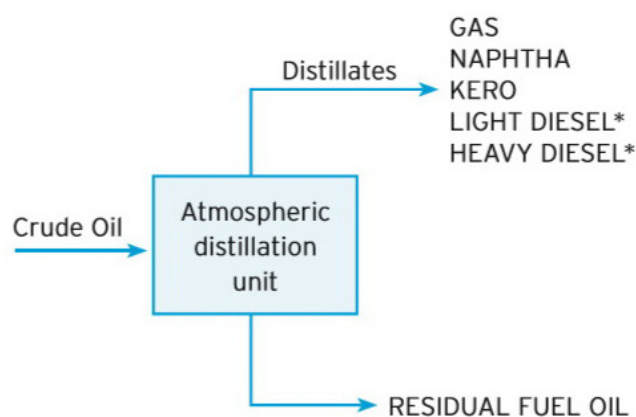
Κλάσματα όπως το προπάνιο, η νάφθα, η βενζίνη για τα αυτοκίνητα, καθώς και τα καύσιμα αεριωθουμένων οχημάτων αποτελούνται από μικρότερα, ελαφρύτερα μόρια και έχουν σχετικά χαμηλά σημεία ζέσεως. Έτσι αφαιρούνται κατά την έναρξη της διαδικασίας κλασματικής απόσταξης. Βαρύτερα προϊόντα πετρελαίου, όπως το ντίζελ και το πετρέλαιο λίπανσης είναι πολύ λιγότερο ασταθή και αφαιρούνται στην απόσταξη πιο αργά, ενώ το πετρέλαιο bunker (=ανθρακαποθήκη) βρίσκεται κυριολεκτικά στον πάτο του βαρελιού. Τα μόνα κλάσματα που είναι πιο «βαριά» από το καύσιμο bunker των πλοίων είναι η αιθάλη (*carbon black*) και τα ασφαλικά υπολείμματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την ασφαλτόστρωση δρόμων (άσφαλτος) και τη σφράγιση στεγών.

Οι αλυσίδες υδρογονανθράκων στο πετρέλαιο bunker είναι πολύ μεγάλες με αποτέλεσμα αυτό το καύσιμο είναι εξαιρετικά ιξώδες. Περιέχει, επίσης, σε μεγάλο βαθμό διάφορες ρυπαντικές ουσίες οι οποίες δεν μπορούν να αφαιρεθούν, έτσι όταν καίγεται, ρυπαίνει σημαντικά. Αυτό το «παχύ» καύσιμο είναι δύσκολο να το κάψουν οι περισσότεροι κινητήρες, δεδομένου ότι πρέπει να θερμαίνεται πριν να καεί. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο σε μεγάλες μηχανές, όπως εκείνες που διαθέτουν τα πλοία. Τα πλοία έχουν αρκετό χώρο

για να θερμάνουν τον συγκεκριμένο τύπο καυσίμου πριν την τροφοδοσία του στους κινητήρες και επιπλέον οι εξαιρετικά περίπλοκες μηχανές τους είναι ικανές να κάψουν ένα ευρύ φάσμα καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου και του χαμηλής ποιότητας πετρέλαιο bunker.

Αν τα πλοία έπρεπε να κάψουν τα ίδια καύσιμα με άλλα μέσα μεταφοράς τότε θα αυξάνονταν σημαντικά οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), αφού προκειμένου να παραχθεί το ευγενέστερο καύσιμο, οι διαδικασίες στα διυλιστήρια θα ήταν σημαντικά πιο ενεργοβόρες.

Marine Diesel Oil (MDO): Το πετρέλαιο ντίζελ πλοίων (απόσταγμα) είναι ένα μείγμα κηροζίνης, ελαφριών και βαρέων κλασμάτων πετρελαίου εσωτερικής καύσης στο οποίο προστίθεται μέχρι και 10-15 %, υπολειμματικό καύσιμο, δηλ. αργό πετρέλαιο.



* Diesel refers here to specific atmospheric distillation cuts, and is not related to an engine application.

Εικόνα 33: Διάγραμμα διυλιστηρίου απευθείας ατμοσφαιρικής απόσταξης αργού πετρελαίου και περαιτέρω εξευγενισμού αποσταγμάτων.

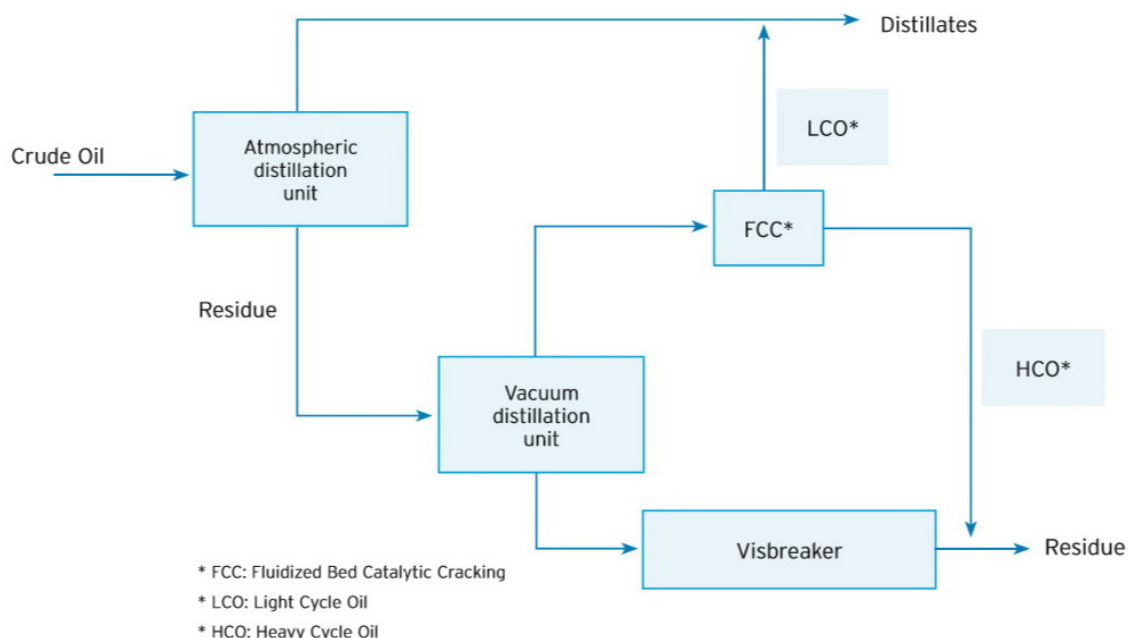
Low Sulfur Fuel Oil (LSFO): Το πετρέλαιο ντίζελ πλοίων (απόσταγμα) ορίζεται ως εξής, σύμφωνα με το ποσοστό του περιεχομένου του θείου:

Το απλό πετρέλαιο ντίζελ πλοίων (απόσταγμα): Το ποσοστό του περιεχομένου θείου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 3,5 %

Το πετρέλαιο ντίζελ πλοίων (απόσταγμα) χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο: Το ποσοστό του περιεχομένου θείου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1,0 – 1,5 %. Χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων πρέπει να χρησιμοποιείται σε περιοχή ελέγχου εκπομπών SO_x (ΠΕΕΘ - SECA). Οι τροπολογίες που εγκρίθηκαν από την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC), προβλέπουν ότι η περιεκτικότητα σε θείο όλων των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στη Βαλτική και τη Βόρεια Θάλασσα Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (ECA) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,0 %. Αυτές οι τροπολογίες είναι οι τελευταίες σε μια σειρά μειώσεων με την επόμενη μείωση στο 0,1 % για το 2015. Τα σκάφη θα πρέπει να λάβουν γνώση των απαιτήσεων των τροποποιήσεων αυτών και να διασφαλίσουν ότι έχουν επαρκή, κατάλληλα καύσιμα και διαθέσιμα εάν σκοπεύουν να δραστηριοποιηθούν σε αυτές τις περιοχές. Τα μέλη του πληρώματος θα πρέπει να είναι πλήρως εκπαιδευμένα και εξοικειωμένα με όλες τις σχετικές διαδικασίες της αλλαγής.

Marine Gas Oil (MGO): Το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων είναι ένα μείγμα αποσταγμένων καυσίμων, δηλαδή κηροζίνης, ελαφριών και βαρέων κλασμάτων πετρελαίου.

Example: Complex refinery with (fluid) catalytic cracking and visbreaking



Εικόνα 34: Διάγραμμα διυλιστηρίου (υγρής) καταλυτικής πυρόλυσης και ιξωδόλυσης.

Gasoline Fuel (GF): Η βενζίνη είναι ένα ελαφρύ υγρό, πτητικό και εύφλεκτο, που προέρχεται από την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου. Είναι υγρό άχρωμο ή ελαφρά χρωματισμένο, έχει χαρακτηριστική οσμή και αποστάζει μεταξύ 40° και 210° C. Χημικά είναι μίγμα τριών κυρίως κορεσμένων υδρογονανθράκων: εξανίου, επτανίου και οκτανίου. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο υλικό (βενζίνη αυτοκινήτων, αεροσκαφών, θαλασσίων σκαφών).



Εικόνα 35: Διάφορα είδη βενζίνης (βενζίνη = gasoline = petrol).

Όλα τα κρουαζιερόπλοια που κινούνται μηχανικά με κινητήρα ντίζελ μεσαίας ταχύτητας (MSD) χρησιμοποιούν καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο 1,5 % κατά βάρος (Low Sulfur Fuel oil) και όσα κινούνται με κινητήρα ντίζελ

υψηλής ταχύτητας (HSD) χρησιμοποιούν καύσιμα MDO1,0% κατά βάρος περιεκτικότητα σε θείο.

7.6 ΧΡΟΝΟΙ ΕΛΙΓΜΩΝ ΚΑΙ ΕΛΛΙΜΕΝΙΣΜΟΥ

Τα κρουαζιερόπλοια έχουν συγκεκριμένους προβλήτες αγκυροβολίας το καθένα, εντός του κάθε λιμένα. Η γνώση του προβλήτα αγκυροβολίας κάθε πλοίου, υπήρξε αναγκαία για τον υπολογισμό της απόστασης που διανύει το κάθε πλοίο από την είσοδο του λιμανιού μέχρι το σημείο αγκυροβολίας.

Ο χρόνος ελιγμών (maneuvering time) υπολογίζεται ως το άθροισμα του λόγου της απόστασης που διήνυσε το πλοίο μεταξύ του σημείου εισόδου/εξόδου στο λιμάνι και του σημείου αγκυροβολίας προς τη μέση ταχύτητα που αναπτύσσει το πλοίο μέσα στο λιμάνι (τα εισερχόμενα πλοία έχουν μια μέση ταχύτητα πέντε (5) κόμβων και τα εξερχόμενα οκτώ (8) κόμβων), συν - κατά μέσο όρο - 9 λεπτά ακόμα, 6 λεπτά που χρειάζεται το πλοίο για να δέσει και 3 λεπτά για να λύσει κάβους.

Οι χρόνοι ελιγμών που υπολογίζονται από τις μέσες τιμές ταχυτήτων εισερχόμενων και εξερχόμενων πλοίων και τους μέσους χρόνους πρόσδεσης/λύσης κάβων είναι πιο λειτουργικοί, δεδομένου ότι βρίσκονται κοντά στους πραγματικούς στις περισσότερες περιπτώσεις και επίσης αντισταθμίζουν ακραίες διακυμάνσεις.

Οι χρόνοι ελιγμών των κρουαζιερόπλοιων σε κάθε λιμάνι εκτιμήθηκαν με αυτόν τον τρόπο και οι σχετικές αποστάσεις που λήφθηκαν υπόψη φαίνονται στις Εικόνες 36, 40, 43.

Ο χρόνος σε θέση αγκυροβολίας (berthing time) είναι επίσης γνωστός ως χρόνος "φιλοξενίας" (hotelling time), δεδομένου ότι σε θέση αγκυροβολίας οι περισσότερες απαιτήσεις ισχύος σχετίζονται με τις ξενοδοχειακές υπηρεσίες που προσφέρει εκεί το πλοίο. Ο χρόνος σε θέση αγκυροβολίας αρχίζει όταν ένα πλοίο δένει στον προβλήτα και τελειώνει όταν αφήνει το αγκυροβόλιο.

Ο χρόνος σε θέση αγκυροβολίας για τα κρουαζιερόπλοια ήταν συγκεκριμένος για το καθένα (όπως δόθηκε από τον ΟΛΠ και τις λοιπές Λιμενικές Αρχές).

7.7 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Ο καθορισμός των παραγόντων φορτίου για κύριο (ME) και βοηθητικό (AE) κινητήρα κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων των πλοίων μέσα στο λιμάνι ενέχει μεγάλη αβεβαιότητα. Πρόσφατη έρευνα από De Meyer et al. (2008) [39] προτείνει συντελεστές φορτίου βοηθητικού κινητήρα επιβατηγών πλοίων και κρουαζιερόπλοιων κατά τη διάρκεια ελιγμών και σε θέση αγκυροβολίας, σημαντικά υψηλότερους από τους αντιστοίχους που προτείνονται για ENTEC από Whall et al. το 2002 [17]. Λόγω αυτού του ευρήματος, καθώς και λόγω της επίδρασης των τοπικών κλιματικών συνθηκών (εποχικότητα) στη ζήτηση επικουρικής ενέργειας, κρίθηκε αναγκαία η διεξαγωγή έρευνας, προκειμένου να καταλήξουμε σε μια πιο ρεαλιστική εικόνα σε σχέση με τον συντελεστή φορτίου του κινητήρα.

Διαπιστώθηκε ότι τα κρουαζιερόπλοια απαιτούν υψηλό φορτίο επικουρικού (auxiliary) κινητήρα κατά τη διάρκεια ελιγμών εντός λιμένα τόσο για την πρόωση (bow thruster operation) όσο και για να διατηρηθεί η παροχή

ηλεκτρικού ρεύματος για τις «ξενοδοχειακές» υπηρεσίες. Όσον αφορά την καλοκαιρινή λειτουργία των βοηθητικών κινητήρων σε θέση αγκυροβολίας, τα κρουαζιερόπλοια χρειάζονται υψηλή βοηθητική ισχύ, προκειμένου να καλύψουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τις «ξενοδοχειακές» υπηρεσίες καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής τους στο αγκυροβόλιο. Εκτός της καλοκαιρινής περιόδου, τα κρουαζιερόπλοια βρέθηκαν να χρησιμοποιούν σημαντικά χαμηλότερη ισχύ βοηθητικού κινητήρα, ιδιαίτερα σε θέση αγκυροβολίας. Το προτεινόμενο φορτίο κύριου και βοηθητικού κινητήρα πλοίων κρουαζιέρας για δραστηριότητες εντός του λιμένα, δηλαδή για ελιγμούς και για παραγωγή ενέργειας σε θέση αγκυροβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του υπόλοιπου του χρόνου, δείχνονται στον Πίνακα 11

Φάση Λειτουργίας	Θερινοί Συντελεστές Φορτίου Κινητήρα		Μη Θερινοί Συντελεστές Φορτίου Κινητήρα	
	Κύριος Κινητήρας	Βοηθητικός Κινητήρας	Κύριος Κινητήρας	Βοηθητικός Κινητήρας
Κίνηση και Ελιγμοί	0.20	0.75	0.20	0.60
Παραμονή στο Αγκυροβόλιο	0.00	0.60	0.00	0.30

Πίνακας 11: Συντελεστές φορτίου κινητήρων πλοίων.

7.8 ΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Η θεώρηση της λειτουργίας «μερικού φορτίου» των κύριων και βοηθητικών κινητήρων, οδήγησε στην εισαγωγή των διορθωτικών συντελεστών, σύμφωνα με εκτεταμένες έρευνες για τους συντελεστές εκπομπών, οι οποίες διεξήχθησαν αρχικά για λογαριασμό του ENTEC [30] και περιλαμβάνονται στην πρόσφατη, έκθεση σχετικά με το «Αρχείο καταγραφής εκπομπών πλοίων - Μεσόγειος θάλασσα» [18].

Τύπος κινητήρα/Τύπος καυσίμου	Συντελεστής αέριων εκπομπών /ρύπου			
	NO _x	SO ₂	PM	
Κύρια μηχανή	HSD/MDO	9.60	4.50	0.90
	MSD/LSFO	11.20	6.60	2.40
	GT/MDO	2.90	6.40	0.50
	ST/LSFO	1.70	9.60	2.40
Βοηθητική μηχανή	MSD/LSFO	14.70	6.50	0.80
	MSD/MDO	13.90	4.30	0.30
	GT/MDO	5.70	5.80	0.10
	ST/LSFO	2.10	8.70	0.10

Πίνακας 12: Συντελεστές εκπομπών πλοίων ανάλογα με το συνδυασμό τύπου κινητήρα – καυσίμου και αερίου ρύπου (μονάδες: gr/kWh).

Η προσέγγιση που υιοθετήθηκε ήταν να πολλαπλασιαστούν οι κύριοι παράγοντες εκπομπών του κινητήρα (που προέρχονται από μια σταθερή κατάσταση φόρτισης του κινητήρα στο 70 με 100 % της ισχύος του) με 0,8 για τα NO_x και με 3,0 για τα σωματίδια PM_{2.5} για όλους τους κινητήρες ντίζελ και τις τουρμπίνες ατμού. Για τις τουρμπίνες φυσικού αερίου, οι αντίστοιχοι διορθωτικοί συντελεστές ελήφθησαν 0,5 για τα NO_x και 5,0 για τα σωματίδια

PM_{2.5}. Επιπλέον, οι εκπομπές SO₂ θεωρήθηκε ότι αυξάνονται κατά 10 % για λειτουργία του κινητήρα σε χαμηλά επίπεδα φόρτισης.

Οι συντελεστές εκπομπών που αντιστοιχούν στη λειτουργία των κύριων και βοηθητικών κινητήρων με συγκεκριμένα καύσιμα, κατά τη διάρκεια ελιγμών σε λιμάνι και σε θέση αγκυροβολίας, φαίνονται στον Πίνακα 12.

7.9 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Οι γνώσεις σχετικά με επιπτώσεις εκπομπών των πλοίων είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο, καθώς απαιτείται λεπτομερέστερη έρευνα για επαρκή και ακριβή στοιχεία για τις επιπτώσεις και την εκτίμηση του κόστους τους. Μια «εξωτερική» επίπτωση προκύπτει όταν οι κοινωνικές ή οικονομικές δραστηριότητες μιας ομάδας ατόμων, έχουν αντίκτυπο στην άλλη ομάδα και όταν ο εν λόγω αντίκτυπος δεν αντισταθμίζεται, από την πρώτη ομάδα. Ως εκ τούτου, η αξιολόγηση των «εξωτερικών» επιπτώσεων είναι σημαντική προς την κατεύθυνση μιας πολιτικής «εσωτερίκευσης του κόστους» ή/και σε μια ανάλυση κόστους -οφέλους, όπου το κόστος της θέσπισης μέτρων για τη μείωση μιας ορισμένης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης συγκρίνεται με τα οφέλη αυτής της μείωσης.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη για το «εξωτερικό κόστος» των εκπομπών NO_x, SO₂, και PM_{2.5} βασίζονται στα πορίσματα των ερευνητικών ομάδων **ExternE (Externalities of Energy)** της Γενικής Διεύθυνσης Έρευνας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission's Direction General Research ExternE Project, 1999), όπως αυτά προσαρμόστηκαν από το τεχνολογικό ίδρυμα **NETCEN (National Environmental Technology Centre)** προκειμένου να διαμορφώσουν ένα απλό εργαλείο για την εκτίμηση του «εξωτερικού κόστους» της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (NETCEN, 2004).

Τα «εξωτερικά κόστη» περιλαμβάνουν τις οξείες και χρόνιες επιπτώσεις των εκπεμπόμενων PM_{2.5}, SO₂, NO_x, στην υγεία – δηλαδή ενδεχόμενη αύξηση της θνησιμότητας και των εμφανιζόμενων ασθενειών, τις επιπτώσεις του SO₂ (οξύτητας) στα υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτίρια και σε κατασκευές (εξαιρουμένων των μνημείων πολιτιστικής αξίας) και τις επιπτώσεις του NO_x στην αγροτική παραγωγή εύφορων και καλλιεργήσιμων εκτάσεων (δεν περιλαμβάνονται ζημιές σε οικοσυστήματα). (Τα «εξωτερικά κόστη» περιλαμβάνουν, επίσης, τις επιπτώσεις των VOC (Volatile Organic Compound) στην υγεία και στις αγροτικές εσοδείες.)

Σύμφωνα με το τεχνολογικό ίδρυμα NETCEN, όσον αφορά τις επιπτώσεις των εκπομπών από τη ναυτιλία, οι εξωτερικοί παράγοντες κόστους, καλύπτουν αφενός τις ζημιές που επιβάλλονται από τις εκπομπές εντός λιμανιού στην αστική περιοχή της πόλης όπου ανήκει το λιμάνι και αφετέρου καλύπτουν το αγροτικό εξωτερικό κόστος των εκπομπών για την εν λόγω χώρα.

Η τιμή αστικού (urban) εξωτερικού κόστους των εκπεμπόμενων NO_x (και VOC) είναι η ίδια με αυτήν του αγροτικού (rural) εξωτερικού κόστους, δεδομένου ότι οι επιπτώσεις των NO_x (και VOC) συνδέονται με το σχηματισμό δευτερογενών ρύπων στην ατμόσφαιρα, οι οποίοι χρειάζονται χρόνο για να παραχθούν και επομένως η τοπική διακύμανση της πυκνότητας του πληθυσμού έχει μικρή επίδραση στις επιπτώσεις.

Σύμφωνα με το τεχνολογικό ίδρυμα NETCEN και με την ειδική αναφορά του στην Ελλάδα, τα αγροτικά εξωτερικά κόστη των εκπομπών σε NO_x, SO₂ και PM_{2.5}, είναι **6.000, 4.100 και 7.800 € ανά εκπεμπόμενο τόνο**, αντίστοιχα.

	SO2	NOx	PM2.5	VOCs	Units:
Austria	7,200	6,800	14,000	1,400	€/tonne SO2
Belgium	7,900	4,700	22,000	3,000	€/tonne NO2
Denmark	3,300	3,300	5,400	7,200	€/tonne PM2.5
Finland	970	1,500	1,400	490	€/tonne VOC
France	7,400	8,200	15,000	2,000	
Germany	6,100	4,100	16,000	2,800	
Greece	4,100	6,000	7,800	930	
Ireland	2,600	2,800	4,100	1,300	
Italy	5,000	7,100	12,000	2,800	
Netherlands	7,000	4,000	18,000	2,400	
Portugal	3,000	4,100	5,800	1,500	
Spain	3,700	4,700	7,900	880	
Sweden	1,700	2,600	1,700	680	
UK	4,500	2,600	9,700	1,900	
EU-15 average	5,200	4,200	14,000	2,100	

Πίνακας 13: Οριακό εξωτερικό κόστος των εκπομπών στις αγροτικές περιοχές, σε τιμές του έτους 2000.

Επιπλέον, τα αναφερόμενα αστικά εξωτερικά κόστη των εκπομπών σε SO₂ και PM_{2.5} για πόλη με πληθυσμό 100.000 ατόμων είναι **6.000 και 33.000 € ανά εκπεμπόμενο τόνο**, αντίστοιχα.

Τα αστικά εξωτερικά κόστη των εκπομπών σε SO₂ και PM_{2.5} για μια πόλη με πληθυσμό μικρότερο των 100.000 ανθρώπων ή μέχρι 500.000 ανθρώπους οι τιμές εξωτερικού κόστους για κάθε ρύπο υπολογίζονται γραμμικά από τις τιμές για πόλη των 100.000 ανθρώπων.

Για πόλεις διαφορετικού μεγέθους υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας τους τόνους των εκπομπών με τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 14.

Αυτά τα αποτελέσματα είναι ανεξάρτητα από τη χώρα στην οποία βρίσκεται η πόλη.

Αφού υπολογιστούν τα κόστη για τις πόλεις, τα αγροτικά εξωτερικά κόστη των εκπομπών σε NO_x, SO₂ και PM_{2.5} σε εθνικό επίπεδο, θα πρέπει να προστεθούν στο λογαριασμό προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι επιπτώσεις μεγάλης εμβέλειας από τη μεταφορά των ρύπων.

	PM2.5	SO2	Units:
City of 100,000 people	33,000	6,000	€/tonne SO2 €/tonne PM2.5
Population	Factors	PM2.5	SO2
500,000 people		5	5
1,000,000 people		7.5	7.5
Several million people		15	15

Πίνακας 14: Οριακό εξωτερικό κόστος των εκπομπών στις πόλεις, σε τιμές του έτους 2000.

Ωστόσο, οι παραπάνω τιμές εξωτερικού κόστους αναφέρονται σε τιμές του 2000 και συνεπώς κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ο Ελληνικός Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (CPI), προκειμένου να επικαιροποιηθούν οι τιμές στον υπό εξέταση χρόνο.

Σύμφωνα με τις στατιστικές της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας, ο Ελληνικός Δείκτης Τιμών Καταναλωτή κατά το 2000 ανήλθε σε **75.604 (το έτος 2000 = 100) και το έτος 2013 ανήλθε σε 108.813**. Ως εκ τούτου, οι εξωτερικοί παράγοντες

κόστους των εκπομπών των πλοίων για τα λιμάνια του Πειραιά, του Ηρακλείου και της Σούδας το 2013 θα είναι περίπου **44% (108.813 / 75.604≈ 1.439)** υψηλότεροι από εκείνους του έτους 2000.



Πίνακας 15: Εξέλιξη ετήσιων μεταβολών Γενικού Δείκτη Τιμών Καταναλωτή
(Έτος βάσης : 2009=100,0)

Έτος	Σύγκριση δείκτη Δεκεμβρίου κάθε έτους με τον αντίστοιχο δείκτη του προηγούμενου έτους		Σύγκριση μέσου ετήσιου δείκτη κάθε έτους, με τον αντίστοιχο δείκτη του προηγούμενου έτους	
	Δείκτης Δεκ.	Μεταβολή %	Μέσος ετήσιος δείκτης	Μεταβολή %
1971	1.515	2.9	1.486	3.0
1972	1.615	6.6	1.550	4.3
1973	2.110	30.7	1.790	15.5
1974	2.394	13.5	2.271	26.9
1975	2.769	15.7	2.575	13.4
1976	3.094	11.7	2.918	13.3
1977	3.489	12.8	3.273	12.2
1978	3.891	11.5	3.683	12.5
1979	4.854	24.8	4.385	19.0
1980	6.127	26.2	5.476	24.9
1981	7.505	22.5	6.815	24.5
1982	8.935	19.0	8.255	21.1
1983	10.735	20.2	9.921	20.2
1984	12.673	18.0	11.752	18.5
1985	15.818	24.8	14.021	19.3
1986	18.508	17.0	17.248	23.0
1987	21.425	15.8	20.077	16.4
1988	24.418	14.0	22.791	13.5
1989	28.043	14.8	25.913	13.7
1990	34.460	22.9	31.209	20.4
1991	40.669	18.0	37.280	19.5
1992	46.526	14.4	43.199	15.9
1993	52.116	12.0	49.425	14.4
1994	57.675	10.7	54.799	10.9
1995	62.244	7.9	59.696	8.9
1996	66.782	7.3	64.587	8.2
1997	69.930	4.7	68.163	5.5
1998	72.636	3.9	71.412	4.8
1999	74.630	2.7	73.294	2.6
2000	77.544	3.9	75.604	3.2
2001	79.906	3.0	78.155	3.4
2002	82.612	3.4	80.991	3.6
2003	85.153	3.1	83.851	3.5
2004	87.786	3.1	86.282	2.9
2005	90.966	3.6	89.341	3.5
2006	93.612	2.9	92.196	3.2
2007	97.247	3.9	94.865	2.9
2008	99.159	2.0	98.804	4.2
2009	101.778	2.6	100.000	1.2
2010	107.044	5.2	104.713	4.7
2011	109.629	2.4	108.200	3.3
2012	110.510	0.8	109.824	1.5
2013	108.621	-1.7	108.813	-0.9

Έτσι, οι εξωτερικοί παράγοντες κόστους των εκπομπών των πλοίων σε NO_x, SO₂ και PM_{2.5} για τα λιμάνια του Πειραιά, του Ηρακλείου και της Σούδας το 2013 εκτιμήθηκαν ότι είναι αυτοί που φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 16.

Εξωτερικοί παράγοντες κόστους των εκπομπών των πλοίων σε ελληνικά λιμάνια για το έτος 2013 (€/τόνο)			
	SO₂	NO_x	PM_{2.5}
Τιμές αγροτικού εξωτερικού κόστους	5900	8635	11226
Τιμές αστικού εξωτερικού κόστους (ανεξαρτήτως πληθυσμού)		8635	
Τιμές αστικού εξωτερικού κόστους (για πόλη με πληθυσμό 100.000 ατόμων)	8635		47494

Πίνακας 16: Παράγοντες εξωτερικό κόστος των εκπομπών στην Ελλάδα, σε τιμές του έτους 2013.

Η Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης, στην Ελλάδα, σε συνεργασία με το Κέντρο Έρευνας της Διαχείρισης Ενέργειας του Πανεπιστημίου ESCP Europe Business School, έχουν υπολογίσει τα αναμενόμενα οικονομικά κόστη (λόγω των επιπτώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων), τα οποία θα καταβληθούν από τις τοπικές αρχές ή από τους πολίτες, οι οποίοι ζουν και εργάζονται στις περιοχές κοντά σε λιμάνια [2].

Συγκεκριμένα, η έρευνα επικεντρώθηκε στα εξωτερικά κόστη που προκαλεί η ατμοσφαιρική ρύπανση από τις εκπομπές των πλοίων εντός λιμένων (NO_x, SO_x και PM), κατά τη διάρκεια των εκεί πραγματοποιούμενων δραστηριοτήτων όπως είναι οι ελιγμοί, η παροχή υπηρεσιών φιλοξενίας και όλες οι δραστηριότητες κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο.

Τρεις διεθνώς αναγνωρισμένες μεθοδολογίες, η BETA, η CAFE CBA και η HEATCO χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του εξωτερικού κόστους που προκαλείται. Μέσα από αυτές τις μεθοδολογίες, λήφθηκαν υπόψη διάφοροι παράγοντες (π.χ. καιρικές συνθήκες ανά περίοδο του έτους, η πυκνότητα του πληθυσμού ανά χώρα, η διανομή και η προέλευση των ρύπων, κλπ) καθώς και ειδικοί παράγοντες στάθμισης για κάθε ρύπο ανά χώρα.

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα λιμάνια με αυξημένη εμπορική δραστηριότητα εμφανίζουν τα υψηλότερα εξωτερικά κόστη. Το λιμάνι της Αμβέρσας (Βέλγιο) είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση, καθώς το συνολικό εξωτερικό κόστος του κυμαίνεται από 475 έως 1.850 εκ. €, ανάλογα με την επιλεγμένη μεθοδολογία, ενώ για το Ρότερνταμ (το μεγαλύτερο λιμάνι της Ολλανδίας) το κόστος κυμαίνεται από 80 έως 215 εκ. €.

Για τον Πειραιά (το μεγαλύτερο επιβατικό λιμάνι στην ΕΕ) το ελάχιστο αναμενόμενο κόστος ήταν 3εκ. €, ενώ η μέγιστη τιμή, σύμφωνα με τη μεθοδολογία BETA, αυξήθηκε σε 33εκ. €. Η περίπτωση του Πειραιά παρουσιάζει μεγάλο κοινωνικό, περιβαλλοντικό και οικονομικό ενδιαφέρον, καθώς λόγω της υψηλής πυκνότητας του πληθυσμού (περίπου 16.000 πολίτες ανά km²) και της μεγάλης ποσότητας των εκπομπών στον αέρα, οι αναμενόμενες επιπτώσεις στην υγεία και το συνολικό κόστος ανά κάτοικο είναι εξαιρετικά υψηλά.

Οι περιπτώσεις λιγότερο «ενεργών» λιμανιών (όσον αφορά το εμπορικό φορτίο και τις κινήσεις των επιβατών) έχουν επίσης μελετηθεί. Η Κοπεγχάγη (Δανία) και το Άμπερντην (Σκωτία) είναι τέτοιες περιπτώσεις: οι συνολικές εξωτερικές δαπάνες έχουν εκτιμηθεί από 2-7 εκ. € για το πρώτο, ενώ για το λιμάνι του Άμπερντην από 2-4 εκ. €. Από όλα τα λιμάνια της ΕΕ που μελετήθηκαν, το

χαμηλότερο εξωτερικό κόστος εκτιμήθηκε στο λιμάνι της πόλης Κόγκε (Δανία), είναι μικρότερο από 300.000 € ετησίως.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει ήδη αναγνωρίσει τη σημασία των ανωτέρω, και αποσκοπεί στον καθορισμό υποχρεωτικής παρακολούθησης και καταγραφής των εκπομπών αέρα όλων των πλοίων που προσεγγίζουν τους λιμένες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επιπλέον, τα μέτρα προς την άμβλυνση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις πόλεις έως το 2030 έχουν εγκριθεί. Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν:

1. αναθεωρημένη οδηγία για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών, με αυστηρότερα όρια για τους κυριότερους ρύπους του αέρα,
2. νέο πρόγραμμα «Καθαρός Αέρας» για την Ευρώπη με πρόσθετα μέτρα για την επίτευξη των υφιστάμενων και των νέων στόχων για την ποιότητα του αέρα έως το 2030,
3. πρόταση νέας οδηγίας για τη μείωση της ρύπανσης του αέρα από τις εγκαταστάσεις μεσαίου μεγέθους καύσης (ενεργειακά φυτά, μεγάλα κτίρια, βιοτεχνίες).

Λόγω της προτεινόμενης νέας δέσμης πολιτικών για καθαρό αέρα, εκτιμάται ότι μέχρι το 2030 θα αποφευχθούν περίπου 58.000 πρόωροι θάνατοι, ενώ από τα οφέλη στην υγεία και μόνο θα εξοικονομηθούν 40-140 δις € εξωτερικού κόστους. Επίσης, θα παραχθούν περίπου 3 δις € άμεσων οφελών από την αύξηση της παραγωγικότητας του εργατικού δυναμικού. Το άμεσο κόστος των αναγκαίων μέτρων για τη μείωση της ρύπανσης του αέρα έως το 2030, υπολογίζεται σε 3,4 δις € ετησίως, ενώ το άμεσο κέρδος από τα οφέλη στην υγεία των ανθρώπων από την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων θα είναι περίπου 40 δις € ετησίως (δηλαδή σχεδόν 12 φορές υψηλότερο από το κόστος μείωσης της ρύπανσης).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8 ΜΕΛΕΤΗ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

8.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο της εργασίας, το πλοίο εισερχόμενο στο λιμάνι ελαττώνει πολύ την ταχύτητά του και στη συνέχεια με κατάλληλους ελιγμούς πλησιάζει αργά, σε μικρή απόσταση, τον κρηπιδότοιχο και λαμβάνει την προκαθορισμένη εκείνη θέση που θα σταθμεύσει. Ταυτόχρονα, γίνεται πρόσδεση των σχοινιών του πλοίου στις δέστρες του κρηπιδότοιχου, ώστε να πάρει τη τελική θέση του.

Στην Εικόνα 36, απεικονίζεται η αποβάθρα και οι βασικές κινήσεις που εκτελούνται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά, από τη στιγμή που εισέρχονται εντός του λιμένα έως τη στιγμή που εξέρχονται. Συγκεκριμένα, η κόκκινη ($D_{\text{κόκκινο}} = 2,2 \text{ km}$) και η κίτρινη ($D_{\text{κίτρινο}} = 1,4 \text{ km}$) πορεία που φαίνονται στην παρακάτω Εικόνα χρησιμοποιούνται εξίσου και σχεδόν αποκλειστικά από τα κρουαζιερόπλοια, ενώ η πράσινη σχεδόν ποτέ. Συνεπώς, στην επεξεργασία των δεδομένων θεωρήσαμε ως απόσταση το μέσο όρο των δύο κυρίως διαδρομών, της κόκκινης και της κίτρινης και προέκυψε μια μέση απόσταση $D_{\text{μέση}} = 1,8 \text{ km}$.

Σύμφωνα με την ανάλυση ευαισθησίας στην παράγραφο 12.4.1 του Παραρτήματος, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι λαμβάνοντας ως διανυόμενη απόσταση την μέση $= 1,8 \text{ km}$ δεν επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τα τελικά αποτελέσματα των εκπεμπόμενων ρύπων.



Εικόνα 36: Πορείες εντός του λιμένα του Πειραιά προς τα σημεία πρόσδεσης των κρουαζιερόπλοίων. $D_{\text{κόκκινο}} = 2,2 \text{ km}$, $D_{\text{κίτρινο}} = 1,4 \text{ km}$, $D_{\text{πράσινο}} = 1,0 \text{ km}$.

8.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Από την επεξεργασία των στοιχείων για την παρούσα εργασία, προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα κρουαζιερόπλοια που εκτελούν δρομολόγια από και προς το λιμάνι του Πειραιά, είναι σχεδόν όλα σύγχρονα και έχουν ισοδύναμα μηχανικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο, λόγω έλλειψης τεχνικών χαρακτηριστικών για κάποια κρουαζιερόπλοια στη βάση δεδομένων όσον αφορά τους βοηθητικούς κινητήρες, έγιναν κάποιες παραδοχές προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία υπολογισμού. Συγκεκριμένα, υποθέσαμε ότι:

- Το μεγαλύτερο ποσοστό των κρουαζιερόπλοιων, υποστηρίζονται μηχανικά από ντίζελ ηλεκτρική διάταξη κινητήρα (4-χρόνους). Οι κύριες μηχανές, δίνουν την κίνηση στο πλοίο κατά τη πλεύση και κατά τους ελιγμούς και οι βοηθητικές παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για τις λειτουργίες κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο.
- **Χρησιμοποιούνται μεσαίας ταχύτητας κύριοι κινητήρες (medium speed diesel engines- MSD) και υψηλής ταχύτητας βοηθητικοί κινητήρες (high speed diesel engines -HSD).**
- **Οι κύριοι κινητήρες χρησιμοποιούν καύσιμο χαμηλού θείου (LSFO), ενώ οι βοηθητικοί καύσιμο ντίζελ (MDO).**
- Σε κάποιες περιπτώσεις, η βάση δεδομένων δεν περιέχει επαρκή στοιχεία για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών μηχανών. Αυτό συμβαίνει, διότι με βάση τη νομοθεσία οι ίδιοι οι πλοιοκτήτες δεν υποχρεώνονται να παραχωρούν τα στοιχεία των βοηθητικών μηχανών. Στη συγκεκριμένη υπολογιστική μέθοδο, χρησιμοποιήθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά εφόσον ήταν διαθέσιμα
 - α)** των βοηθητικών μηχανών (auxiliary engines),
 - β)** όπου δεν ήταν καταχωρημένη η ισχύς των βοηθητικών μηχανών, χρησιμοποιήθηκε η ισχύς των βοηθητικών γεννητριών (auxiliary generators) και
 - γ)** όπου κανένα από τα παραπάνω στοιχεία δεν ήταν διαθέσιμο, χρησιμοποιήθηκε ο λόγος ισχύος της βοηθητικής προς την κύρια μηχανή, ο οποίος βάσει στατιστικών στοιχείων θεωρείται ίσος με **0,278**.
- Βάσει 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 1,80 km. (Στην αεροφωτογραφία φαίνονται 3 δυνατές διαδρομές χρωματισμένες με κόκκινο, κίτρινο και πράσινο, 2,2 km, 1,4 km και 1,0 km αντίστοιχα. Με βάση τις πληροφορίες από την λιμενική αρχή οι δύο προβλήτες με διαδρομές 1,4 km και 2,2 km, χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά και με ίδια συχνότητα χρήσης, ενώ η τρίτη χρησιμοποιείται πολύ σπάνια, σε πολύ μεγάλα κρουαζιερόπλοια που λόγω μεγέθους είναι πιο εύκολη η πρόσδεση τους στην συγκεκριμένη προβλήτα).
- Η ταχύτητα που εισέρχεται το κρουαζιερόπλοιο στο λιμάνι θεωρήθηκε ότι είναι 5 κόμβοι (9,26 km/h) και η ταχύτητα που εξέρχεται είναι 8 κόμβοι (14,82 km/h).
- Ο χρόνος ελιγμών (hr) υπολογίζεται ως ο λόγος της απόστασης που ταξίδεψε το κρουαζιερόπλοιο μεταξύ της θύρας εισόδου/εξόδου και του σημείου αγκυροβολίας προς τη μέση τιμή της ταχύτητας (εισερχόμενα με μια μέση ταχύτητα των 5 κόμβων και εξερχόμενα με 8 κόμβους), συν κατά μέσο όρο τα 6 min και 3 min, που απαιτούνται για τη φάση ελιγμών κατά την είσοδο και έξοδο, αντίστοιχα:

$$\begin{aligned}
 \text{Τελιγμών} &= D/V_{\text{actual,in}} + D/V_{\text{actual,out}} + T_{\text{maneuver to dock}} + T_{\text{maneuver to undock}} = \\
 &= 1,80(\text{km})/9,26(\text{km/h}) + 1,80(\text{km})/14,82(\text{km/h}) + 0,15(\text{hr}) = \\
 &= \mathbf{0,4658\text{hr}}
 \end{aligned}$$

όπου,

- $T_{\text{τελιγμών}}$ = ο χρόνος που δαπανάται κατά την εκτέλεση ελιγμών (h).
 D = η απόσταση που ταξίδεψε το κρουαζιερόπλοιο μεταξύ της θύρας εισόδου/εξόδου και του σημείου αγκυροβολίας
 $V_{\text{actual,in}}$ = η ταχύτητα που εισέρχεται το κρουαζιερόπλοιο στο λιμάνι
 $V_{\text{actual,out}}$ = η ταχύτητα που εξέρχεται
 $T_{\text{maneuvertodock}}$ = ο πρόσθετος χρόνος που απαιτείται για τη φάση ελιγμών κατά την είσοδο
 $T_{\text{maneuvertoundock}}$ = ο πρόσθετος χρόνος που απαιτείται για τη φάση ελιγμών κατά την έξοδο

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

8.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΠΕΙΡΑΙΑ

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν για τα κρουαζιερόπλοια στην υπολογιστική μέθοδο, ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων Sea-web.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα από τη βάση δεδομένων Sea-web.

The screenshot shows the 'Sea-web' website interface. The main content area is titled 'Ship Detail' and provides the following information:

- Shiptype:** Passenger/Cruise
- Gross:** 90,940
- Deadweight:** 11,763
- Year of Build:** 2002
- Status:** In Service/Commission
- Shipbuilder:** Atlantique Chs

CLASS

Class: Lloyd's Register (2002-05-11)
 LR Class: + 100 A1
 LR Survey Type: Continuous Survey Date: 2012-05
 Class Notation: passenger ship: *W/S: LIEP(R)
 LR Machinery Class: + LMC
 LR Machinery Notations: UMS (Unmanned Machinery Spaces)
 Fee Numeral: 11253 LR Hull Notes: 17BH WB36577

CLASS HISTORY

Date	Class	Status
2001-04-09	Lloyd's Register	(Contemplated)

CONSTRUCTION DETAIL

Statcode: A37A2PC; Standard design: Millennium Class; Hull Material: Higher tensile steel; Hull Connections: Welded; Decks: 6 decks plus 8 superstructure decks; Bulbous bow

DIMENSIONS

	294,000		262,930
Length Overall		Length (BP)	
Length (Reg)	0,000	Bulbous Bow	Yes
Breadth Extreme	37,400	Breadth Moulded	32,000
Draught	8,223	Depth	16,500
Height	62,368		
Displacement	44668	T/CM	0,0

TONNAGES

Tonnage Type	One tonnage, unspecified	Tonnage System	New System (International 1969)
Effective Date	2002-05	Effective Date	2002-05
Gross Tonnage (GT)	90,940	Net Tonnage (NT)	55,023
Deadweight (DWT)	11,753	Compensated Gross Tonnage (CGT)	0
Formula Deadweight	39,621	Light Displacement Tonnage (LDT)	0

MACHINERY OVERVIEW

1 diesel electric oil engine & 2 gas turb. & 1 steam turb. driving 2 generators each 25,000kW 11,000V a.c. 1 generator of 9,450kW 11,000V a.c. 1 generator of 3,000kW 11,000V a.c. connected to 2 electric motors of 119,500kW driving 2 Azimuth electric drive units at 150 rpm
 Total Power: Mcr 71,242kW (96,860hp)
 Service Speed: 24.00kts

PRIME MOVER DETAIL
Design: Paxman, Engine Builder: Paxman Diesels Ltd. - Colchester 1 x 18VP185, 4 Stroke, Single Acting, Vee 18 Cy, 185 x 196, Mcr: 3,500 kW (4,759 hp) at 1,800 rpm
Design: GE Marine, Engine Builder: GE Marine Engines - Cincinnati, Oh 2 x LM2500+, Mcr: 29,000 kW (39,428 hp) at 3,600 rpm
Design: GE Marine, Engine Builder: - Italy 1 x Unknown, Mcr: 9,742 kW (13,245 hp) at 1,800 rpm
AUXILIARY ENGINES
Design: Mitsubishi, Engine Builder: Mitsubishi 1 x S16R-MPTA, 4 Stroke 16Cy, 170 x 180, Mcr: 1312 kW
BOILERS
Boilers: 2 x Auxiliary boilers, 1 x Unknown type of boiler
AUXILIARY GENERATORS
Aux Generator: 1 x
BUNKERS
THRUSTERS
Thrusters: 3 Thwart, CP thruster (f) 2,350kW(3,195bhp)

© 2014 IHS Global Limited. IHS Global Limited assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or howsoever provided, unless that person has a contract with IHS Global Limited and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions set out in that contract.

Εικόνα 37: Παράδειγμα στοιχείων κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι του Πειραιά.

8.4 ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2013

Εφαρμόστηκε η μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών αέριων ρύπων NO_x, SO₂ και PM_{2.5} που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 7, για το λιμάνι του Πειραιά για το έτος 2013, υπολογίζοντας ξεχωριστά τις εκπομπές κάθε ρύπου κατά τη φάση των ελιγμών, αλλά και κατά τη φάση της παραμονής στο αγκυροβόλιο.

Το προτεινόμενο φορτίο κύριου και βοηθητικού κινητήρα πλοίων κρουαζιέρας για δραστηριότητες εντός του λιμένα, δηλαδή για ελιγμούς και για παραγωγή ενέργειας σε θέση αγκυροβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του υπόλοιπου χρόνου, δείχνονται στον Πίνακα 11.

Οι συντελεστές εκπομπών που αντιστοιχούν στη λειτουργία των κύριων και βοηθητικών κινητήρων με συγκεκριμένα καύσιμα, κατά τη διάρκεια ελιγμών σε λιμάνι και σε θέση αγκυροβολίας, φαίνονται στον Πίνακα 12.

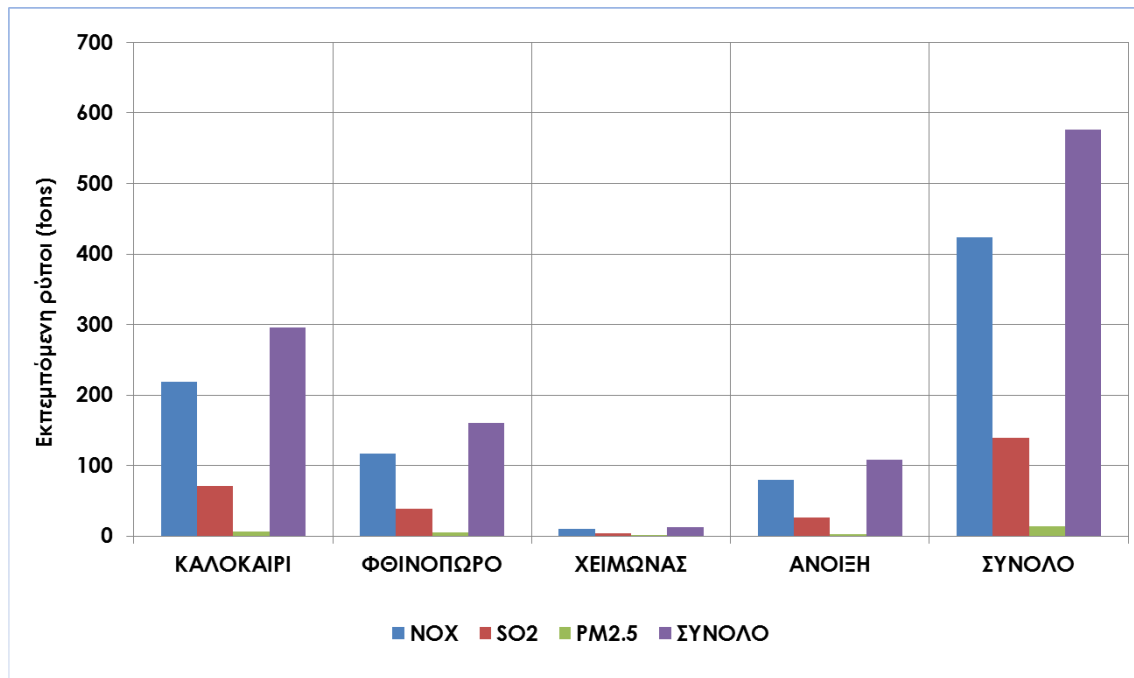
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την υπολογιστική μέθοδο:

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	218,588	116,532	9,523	79,232	423,875
	SO ₂	70,493	38,958	3,188	26,034	138,674
	PM _{2.5}	6,695	4,517	0,372	2,759	14,344
	Σύνολο	295,776	160,007	13,084	108,025	576,892

Πίνακας 17: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.

8.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Η εποχιακή διακύμανση των εκπομπών των πλοίων, σύμφωνα με το είδος του εκπεμπόμενου ρύπου παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε τα εξής:

- Οι εκπομπές NO_x – μετρούμενες σε τόνους εκπεμπόμενης μάζας - είναι κυρίαρχες κατά τη διάρκεια του έτους, ακολουθούν οι εκπομπές του SO₂ και τρίτες έρχονται οι εκπομπές των PM_{2.5}.
- Η εκπεμπόμενη μάζα SO₂ και PM_{2.5} ήταν σε όλες τις εποχές περίπου 33,5% και 3,5% αντίστοιχα των εκπομπών NO_x.
- Οι εκπομπές του συνόλου των ρύπων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ήταν σχεδόν διπλάσιες από τις αντίστοιχες εκπομπές το φθινόπωρο και τριπλάσιες από τις εκπομπές την άνοιξη, ενώ οι εκπομπές του χειμώνα ήταν περίπου το ένα εικοστό των αντίστοιχων καλοκαιρινών.
- Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η αυξημένη ζήτηση σε ναυτιλιακές υπηρεσίες (αυξημένη παράκτια κυκλοφορία εντός των λιμένων) οδηγεί αναπόφευκτα σε αυξημένη κυκλοφορία στην ξηρά και συχνά σε κυκλοφοριακή συμφόρηση. Οι εκπομπές καυσαερίων των διαφόρων οδικών οχημάτων (φορτηγών, λεωφορείων, ιδιωτικών αυτοκινήτων) που λειτουργούν μέσα, έξω και γύρω από το λιμάνι του Πειραιά προστίθενται στις εκπομπές καυσαερίων των πλοίων, μεγιστοποιώντας έτσι τη δυσμενή επίπτωση των εκπεμπόμενων ρύπων στον αέρα της πόλης.
- Η ευρεία εποχιακή διακύμανση των εκπομπών στο λιμάνι του Πειραιά οφείλεται αφενός στην αυξημένη κίνηση κατά τους θερινούς μήνες και αφετέρου και κυρίως στις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά την παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο αγκυροβόλιο, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη μέθοδο υπολογισμού των εκπομπών με τον συντελεστή φορτίου κινητήρα (κύριου και βοηθητικού). Οι συντελεστές φορτίου είναι αυξημένοι κατά τους θερινούς μήνες. Η ανάλυση ευαισθησίας των εκπομπών λόγω συντελεστή φορτίου (Load Factor) βρίσκεται στην παράγραφο 12.6.1 του Παραρτήματος.

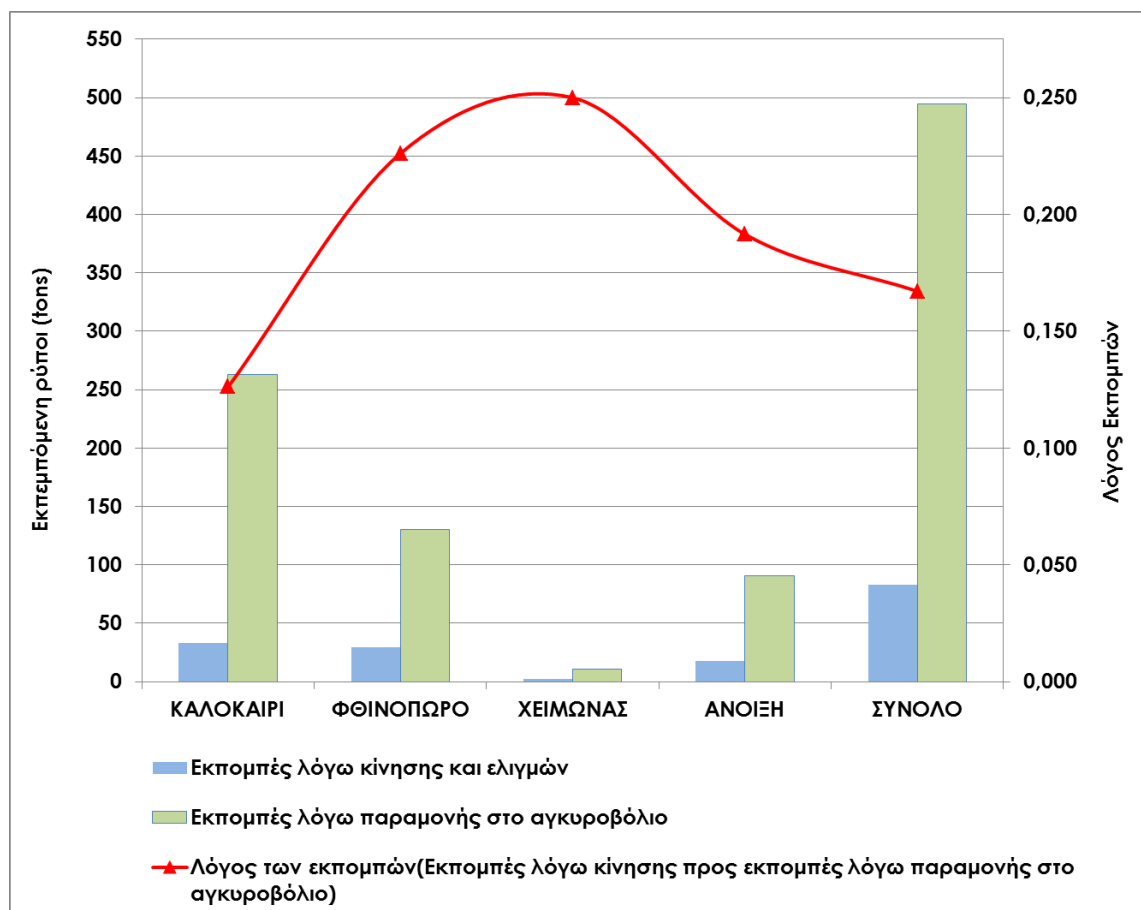
2. Η εποχιακή διακύμανση των εκπομπών των πλοίων από ελιγμούς και από την παραμονή στο αγκυροβόλιο, συνολικά για τους εκπεμπόμενους ρύπους NO_x, SO₂ και PM_{2.5}, παρουσιάζονται στον Πίνακα 18 και στο Διάγραμμα 2.

Κατανομή ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας						
NO _x + SO ₂ + PM _{2.5}		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	Εκπομπές λόγω κίνησης και ελιγμών	33,142	29,507	2,617	17,363	82,629
	Εκπομπές λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο	262,633	130,500	10,467	90,662	494,263
	Λόγος των εκπομπών(Εκπομπές λόγω κίνησης προς εκπομπές λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο)	0,126	0,226	0,250	0,192	0,167

Πίνακας 18: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.

Από το παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε τα εξής:

- Κατά τη διάρκεια του έτους, οι εκπομπές των πλοίων στο αγκυροβόλιο ήταν από 4 φορές υψηλότερες το χειμώνα έως 8 το καλοκαίρι, από εκείνες που παράγονται λόγω κίνησης και ελιγμών των πλοίων.
- Όπως ήταν αναμενόμενο, οι εκπομπές στο αγκυροβόλιο ήταν υψηλότερες το καλοκαίρι, όταν η ζήτηση ισχύος της βοηθητικής μηχανής για τις ξενοδοχειακές υπηρεσίες κορυφώνεται και ελαχιστοποιούνταν το χειμώνα.
- Ο λόγος εκπομπών λ = εκπομπές από κίνηση και ελιγμούς/εκπομπές από παραμονή στο αγκυροβόλιο, αυξάνεται το χειμώνα και μειώνεται το καλοκαίρι, παρόλο που η επισκεψιμότητα στο λιμάνι είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι (όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 3). Αυτό συμβαίνει διότι η αύξηση των εκπομπών από παραμονή στο αγκυροβόλιο είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των ελιγμών.

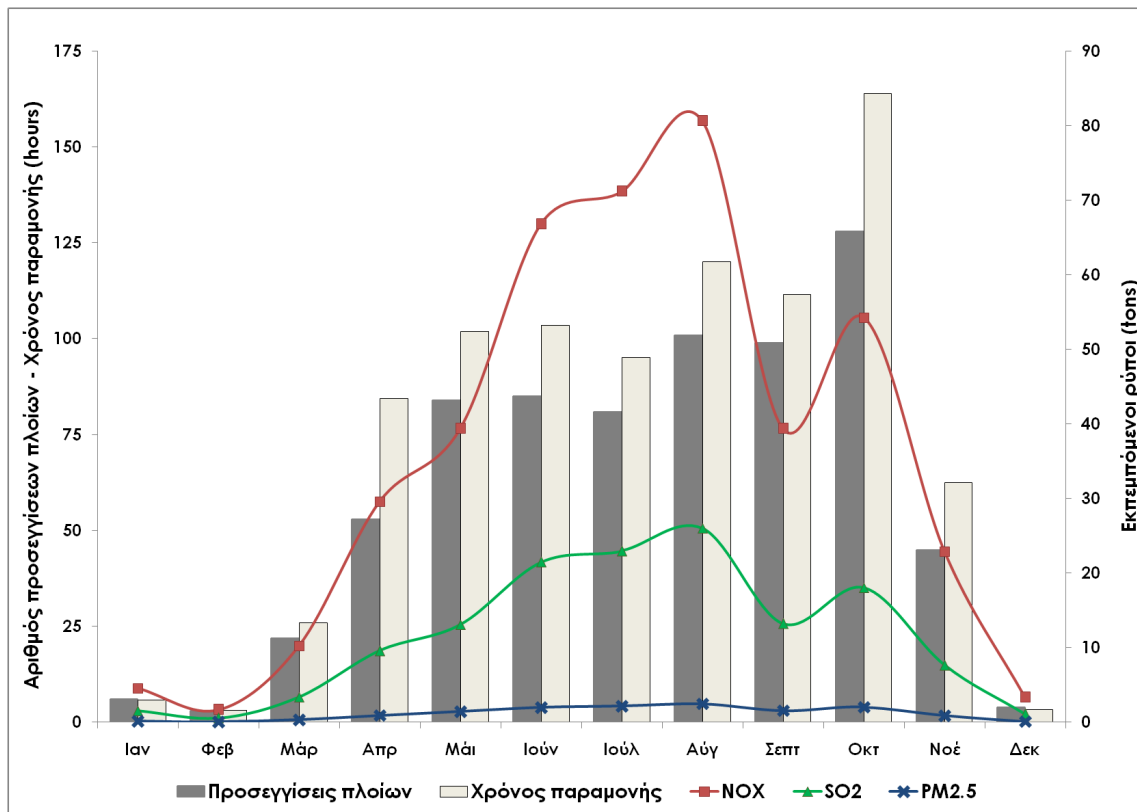


Διάγραμμα 2: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.

3. Η κατανομή εκπομπών των κρουαζιερόπλοιων σε τόνους ανά ρύπο και ανά μήνα - συνολικά από κίνηση και ελιγμούς εντός του λιμένα και από την παραμονή στο αγκυροβόλιο, συνολικά για τους εκπεμπόμενους ρύπους NO_x , SO_2 και $PM_{2.5}$, παρουσιάζονται στον Πίνακα 19 και στο Διάγραμμα 3.

	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.
Προσ/σεις πλοίων	6	3	22	53	84	85	81	101	99	128	45	4
Χρόνος Παρ/νής	57,00	30,50	258,48	843,33	1019,5	1035,0	952,00	1200,0	1115,0	1639,73	625,00	33,00
NO_x	4,561	1,652	10,259	29,584	39,389	66,808	71,175	80,604	39,366	54,265	22,901	3,310
SO_2	1,526	0,556	3,363	9,585	13,086	21,499	22,973	26,020	13,239	18,061	7,658	1,107
$PM_{2.5}$	0,177	0,067	0,352	0,937	1,470	2,015	2,194	2,487	1,580	2,048	0,889	0,128

Πίνακας 19: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.



Διάγραμμα 3: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.

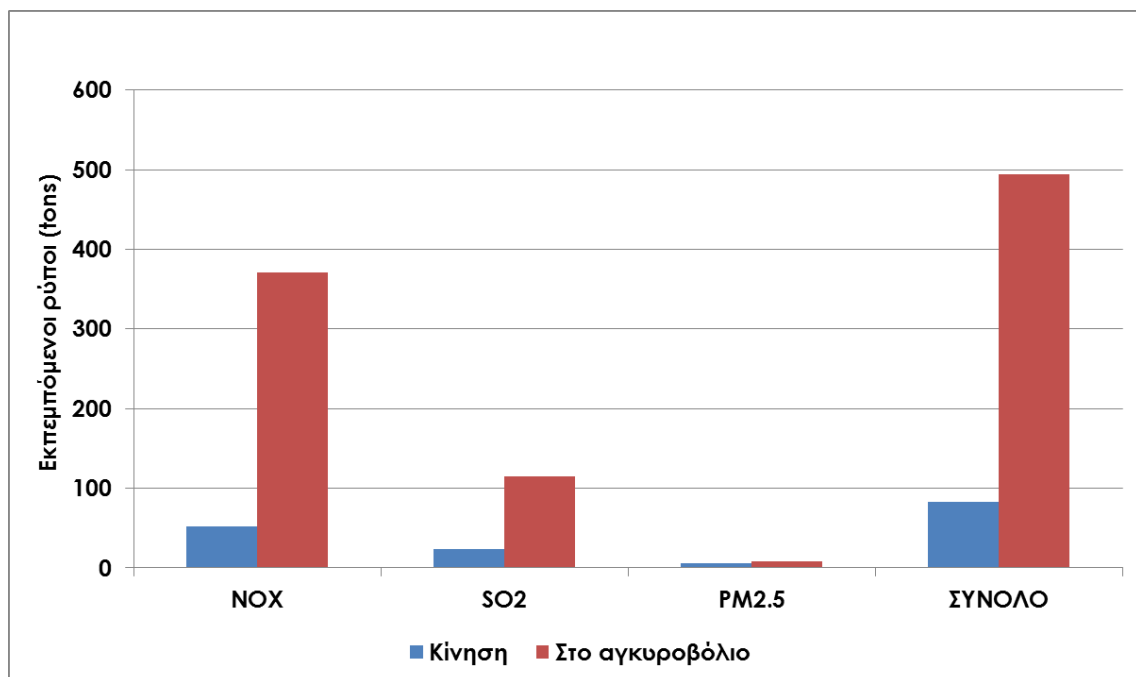
Από τον Πίνακα 19 και το παρακάτω Διάγραμμα 3 παρατηρούμε τα εξής:

- Κατά τη διάρκεια του έτους, οι προσεγγίσεις στο λιμάνι του Πειραιά και ο χρόνος παραμονής των κρουαζιερόπλοιων λαμβάνουν τις μικρότερες τιμές τους κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, αυξάνονται σταδιακά την άνοιξη και λαμβάνουν τις μεγαλύτερες τιμές τους, κατά τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες με αποκορύφωμα τον Οκτώβριο.
- Κατά τους θερινούς μήνες - όπως ήταν αναμενόμενο - οι εκπομπές κάθε ρύπου είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες όλης της υπόλοιπης χρονιάς. Ιδιαίτερως τον Αύγουστο σημειώνουν τις υψηλότερες τιμές. Αυτό οφείλεται αφενός στην αυξημένη κίνηση κατά τους θερινούς μήνες και αφετέρου και κυριότερα στις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά την παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο αγκυροβόλιο, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη μέθοδο υπολογισμού των εκπομπών με τον συντελεστή φορτίου κινητήρα (κύριου και βοηθητικού). Οι συντελεστές φορτίου είναι αυξημένοι κατά τους θερινούς μήνες.
- Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι τον Οκτώβριο παρόλο που έχουμε την υψηλότερη επισκεψιμότητα στο λιμάνι, οι τιμές των εκπομπών είναι κατά πολύ μικρότερες από αυτές του Αυγούστου. Αυτό καταδεικνύει ότι ο Load Factor είναι εξαιρετικά σημαντικός κατά τον υπολογισμό των εκπομπών.
- Γνωρίζουμε ότι ο συντελεστής φορτίου αλλάζει κατά τους θερινούς μήνες. Παρατηρούμε λοιπόν ότι μεταξύ του Μαΐου και του Ιουνίου ενώ οι προσεγγίσεις και οι χρόνοι παραμονής είναι σχεδόν ίσοι, η αύξηση των εκπομπών και ιδιαίτερα του NOx είναι πολύ μεγάλη. Αντίστοιχο φαινόμενο παρατηρούμε και με τις εκπομπές κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο, οπότε το Σεπτέμβριο οι εκπομπές μειώνονται σημαντικά λόγω της μείωσης του συντελεστή φορτίου.

- Στο Διάγραμμα 3 οι ώρες παραμονής έχουν απεικονιστεί διαιρεμένες δια του 10.
 - Οι τιμές που απεικονίζουν τις εκπεμπόμενες ποσότητες ρύπων - NO_x, SO₂ και PM_{2.5}- δεν αποτελούν τιμές κάποιας συνάρτησης. Έχουν ενωθεί με μια καμπύλη για να παρουσιαστεί η τάση διακύμανσης του κάθε ρύπου χρονικά.
4. Στην παράγραφο αυτή μπορούμε να δούμε τους εκπεμπόμενους ρύπους ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Πειραιά.

Εκπομπές ανά ρύπο κατά την διάρκεια των διαφορετικών φάσεων λειτουργίας για ολόκληρο το 2013				
		Κίνηση/Ελιγμοί	Στο αγκυροβόλιο	Κίνηση+Αγκυροβόλιο
Εκπεμπόμενοι ρύποι (tons)	NO _x	52,509	371,365	423,875
	SO ₂	23,791	114,883	138,674
	PM _{2.5}	6,328	8,015	14,344
	Σύνολο	82,629	494,263	576,892

Πίνακας 20: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013.



Διάγραμμα 4: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Πειραιά.

Από τον Πίνακα 20 και το παρακάτω Διάγραμμα 4 παρατηρούμε τα εξής:

- Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές NO_x είναι τριπλάσιες από τις αντίστοιχες SO₂ και τριακονταπλάσιες από τις εκπομπές PM_{2.5}, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 20.

- Οι ετήσιες εκπομπές NO_x λόγω κίνησης και ελιγμών είναι διπλάσιες από τις αντίστοιχες SO₂ και οκταπλάσιες από τις εκπομπές PM_{2.5}.
- Οι ετήσιες εκπομπές NO_x λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο είναι επίσης τριπλάσιες από τις αντίστοιχες SO₂ και 46 φορές περισσότερες από τις εκπομπές PM_{2.5}.
- Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές από παραμονή στο αγκυροβόλιο από όλους τους ρύπους μαζί - NO_x, SO₂, PM_{2.5} – είναι πενταπλάσιες από τις αντίστοιχες εκπομπές λόγω κίνησης και ελιγμών. Αυτό συμβαίνει διότι κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο οι βοηθητικές μηχανές λειτουργούν διαρκώς για να καλύψουν τις ξενοδοχειακές ανάγκες, καταναλώνοντας πετρέλαιο ντίζελ (Marine Diesel Oil), το οποίο δεν είναι φιλικό προς το περιβάλλον.

5. Στην παράγραφο αυτή μπορούμε να δούμε την ποσοστιαία συμβολή των εκπεμπόμενων -εντός του λιμένος του Πειραιά- ρύπων, ανά είδος για το 2013, σε σχέση με τις εκπομπές από μεταφορές στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών, στην Ελλάδα και στη Μεσόγειο θάλασσα.

Εκπεμπόμενος ρύπος	Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά		
	ΕΠΑ (από μεταφορές)	Ελλάδα (από μεταφορές)	Μεσόγειος Θάλασσα (εκπομπές από ναυτιλία)
NO _x	1,5%	0,42%	0,30‰
SO ₂	11,0%	0,55%	0,16‰
PM _{2.5}	2,1%	-	0,15‰

Πίνακας 21: Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά το 2013.

- Σύμφωνα με την ετήσια απογραφή της Ελλάδας, η οποία υποβλήθηκε στα πλαίσια της σύμβασης και του πρωτόκολλου του Κυότο για τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, για τα έτη 1990 έως 2012 (ΥΠ.ΠΕΡΙΒ, 2014 – UNFCCC Inventory), η εθνική μας απογραφή εκπομπών NO_x και SO₂ από τις μεταφορές για το 2012, αναφέρθηκε να είναι 101.020 και 25.360 τόνους, αντίστοιχα.

Ως εκ τούτου, η ναυτιλιακή δραστηριότητα των κρουαζιερόπλοιων στο επιβατικό λιμάνι του Πειραιά συμβάλλει το 2013 μόνο με **0,42%** και **0,55%** στην εθνική μας απογραφή εκπομπών NO_x και SO₂ από μεταφορές, αντίστοιχα.

Η υψηλή συμβολή των εκπομπών SO₂ αντανακλά την υψηλή περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων των πλοίων (σε αντιδιαστολή με την σημαντικά χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο του ντίζελ αυτοκινήτων). Σε αυτό το πλαίσιο, καθίσταται προφανής η δυνατότητα βελτιώσεων με τη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων των πλοίων εντός του λιμένα. Επιπλέον, η μείωση του θείου έχει το πρόσθετο έμμεσο όφελος της μείωσης του σχηματισμού δευτερογενών PM και επομένως εξασθενεί την επιζήμια επιρροή τους στην ανθρώπινη υγεία.

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY
(Sheet 1 of 2)

Inventory 2012
Submission 2014 v2.1
GREECE

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂
	(Gg)						
Total Energy	85,011.50	81.15	1.75	256.50	395.84	84.49	240.82
A. Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	85,002.75	8.38	1.75	255.92	395.53	53.91	230.29
1. Energy Industries	54,507.26	0.74	0.57	118.25	45.50	5.49	189.34
a. Public Electricity and Heat Production	50,902.15	0.58	0.54	112.60	44.92	4.99	170.58
b. Petroleum Refining	3,559.71	0.16	0.03	5.57	0.57	0.50	18.76
c. Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	45.40	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	NO
2. Manufacturing Industries and Construction	5,496.40	0.32	0.10	16.28	7.88	3.33	10.62
a. Iron and Steel	197.06	0.00	0.00	0.34	0.06	0.02	0.24
b. Non-Ferrous Metals	529.30	0.01	0.01	1.66	0.23	0.14	4.59
c. Chemicals	748.07	0.01	0.01	0.12	0.03	0.01	0.01
d. Pulp, Paper and Print	118.37	0.00	0.00	0.17	0.03	0.02	0.43
e. Food Processing, Beverages and Tobacco	506.49	0.22	0.04	1.87	4.40	2.80	1.12
f. Other (as specified in table 1.A(a) sheet 2)	3,397.10	0.08	0.04	12.11	3.13	0.34	4.21
Other non-specified	3,397.10	0.08	0.04	12.11	3.13	0.34	4.21
3. Transport	15,838.48	2.87	0.64	101.02	261.85	36.96	25.36
a. Civil Aviation	489.75	0.01	0.02	1.77	1.28	0.30	0.15
b. Road Transportation	13,594.88	2.73	0.33	68.10	256.39	35.28	0.09
c. Railways	78.75	0.00	0.03	0.99	0.27	0.12	0.50
d. Navigation	1,663.95	0.13	0.26	30.15	3.91	1.27	24.62
e. Other Transportation (as specified in table 1.A(a) sheet 3)	11.15	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	NA_NO
Other non-specified	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Pipeline transport	11.15	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	NA

Πίνακας 22: Εθνική μας απογραφή εκπομπών NO_x και SO₂ από τις μεταφορές για το 2012.

- Όσον αφορά τις εκπομπές NO_x, SO₂ και PM_{2.5} εντός της Ευρύτερης Περιοχής της Αθήνας (GAA=ΕΠΑ) από όλες τις πηγές (συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων μεταφορών), τα επίπεδα εκπομπών το 2003 εκτιμήθηκαν σε 28.178, 1.267 και 675 τόνους, αντίστοιχα [34]. Σε αυτή τη βάση, οι εκπομπές NO_x, SO₂ και PM_{2.5} που οφείλονται σε κρουαζιερόπλοια εντός του λιμανιού του Πειραιά αποτελούν το **1,5%**, **11%** και **2,1%** των συνολικών εκπομπών στα πλαίσια της ΕΠΑ. Αυτό το αποτέλεσμα, καταδεικνύει τη σημασία των εκπομπών SO₂ από τη ναυτιλία και τονίζει την ανάγκη για έλεγχο της περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων των πλοίων.
 - Τέλος, όσον αφορά την καταγραφή των εκπομπών από τη ναυτιλία στη Μεσόγειο Θάλασσα, οι εκπομπές NO_x, SO₂ και PM_{2.5} για το 2005 ήταν 1.448, 862 και 98 χιλιάδες τόνους, αντίστοιχα [18]. Επομένως, οι εκπομπές NO_x, SO₂ και PM_{2.5} που οφείλονται στις δραστηριότητες κρουαζιερόπλοιων στο επιβατικό λιμάνι του Πειραιά αποτελούν **0,3%**, **0,16%** και **0,15%** του συνόλου των εκπομπών στη Μεσόγειο από τη ναυτιλία.
 - Οι ανωτέρω συγκρίσεις εκπομπών παρουσιάζονται στον Πίνακα 21.
6. Στην παράγραφο αυτή εξετάζουμε το εξωτερικό κόστος των εκπομπών των αέριων ρύπων NO_x, SO₂, PM_{2.5} από το λιμάνι του Πειραιά. Στην πόλη του Πειραιά, με πληθυσμό περίπου **163.688 άτομα** (απογραφή 2011), τα επικαιροποιημένα αστικά κόστη των **SO₂** και **PM_{2.5}** που φαίνονται στον Πίνακα 16 να είναι για πόλη με πληθυσμό **100.000 ατόμων** αντίστοιχα **8.635€/τόνο** και **47.494€/τόνο** αυξάνονται γραμμικά (x1,64) σε **14.162** και **77.890 € ανά εκπεμπόμενο τόνο**, αντίστοιχα. Το αστικό εξωτερικό κόστος των εκπομπών σε **NO_x** είναι ίδιο με το υπαίθριο και ανεξάρτητο πληθυσμού, άρα επικαιροποιημένο είναι ίσο **8.635 €** ανά εκπεμπόμενο τόνο. Προσθέτοντας τις τιμές του υπαίθριου εξωτερικού κόστους για την Ελλάδα και του αστικού κόστους για τον Πειραιά, οι εξωτερικοί παράγοντες κόστους των εκπομπών των πλοίων σε SO₂, NO_x και PM_{2.5} στο λιμάνι του

Πειραιά γίνονται αντίστοιχα **20.062, 17.270** και **89.116 € ανά εκπεμπόμενο τόνο**, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 23.

Εξωτερικοί παράγοντες κόστους των εκπομπών των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά για το έτος 2013 (€/ τόνο)			
	SO ₂	NO _x	PM _{2.5}
Τιμές αγροτικού εξωτερικού κόστους	5900	8635	11226
Τιμές αστικού εξωτερικού κόστους (ανεξαρτήτως πληθυσμού)		8635	
Τιμές αστικού εξωτερικού κόστους (για τον Πειραιά με πληθυσμό 164.000 ατόμων)	14162		77890
Σύνολο	20062	17270	89116

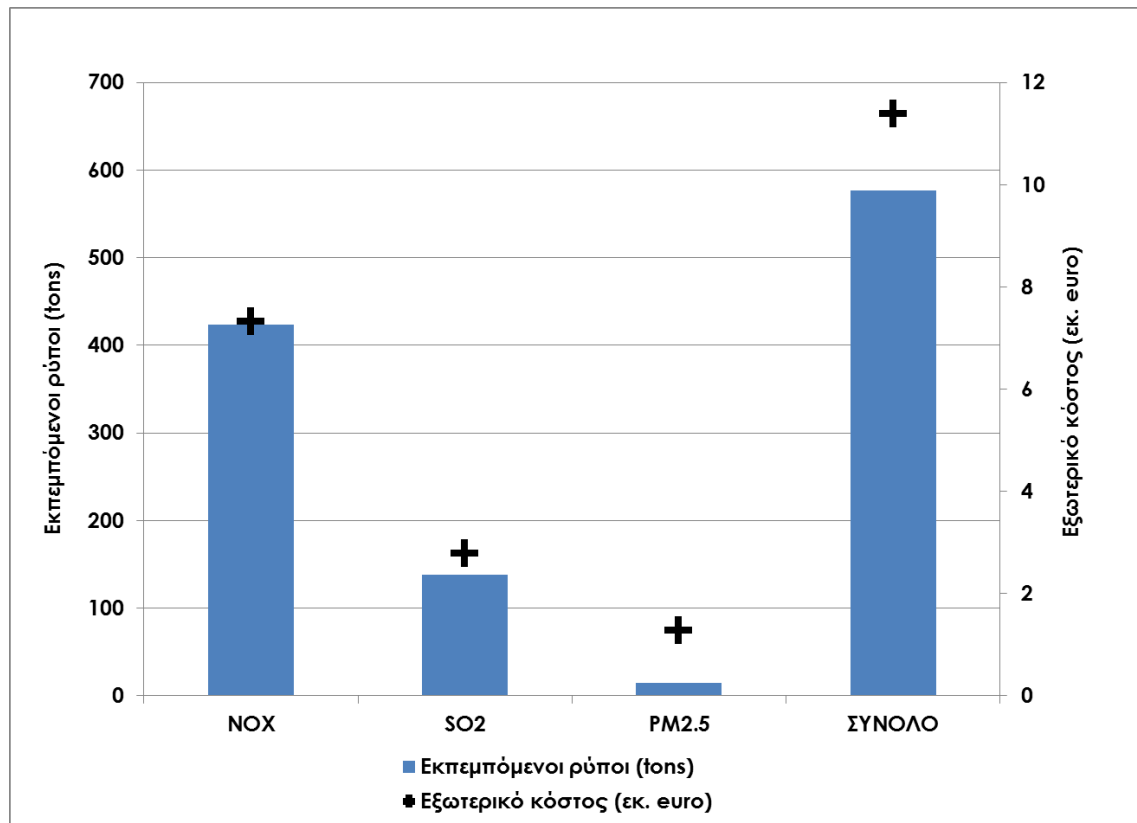
Πίνακας 23: Παράγοντες εξωτερικού κόστους των εκπομπών στην πόλη του Πειραιά, σε τιμές του έτους 2013.

Εκπομπές ρύπων από την ναυτιλία και το εξωτερικό τους κόστος				
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο		Εκπεμπόμενοι ρύποι (tons)	Εξωτερικό κόστος (εκ. euro)	Εξωτερικό κόστος (euro/ton)
	NO _x	423,875	7,320316	17270
	SO ₂	138,674	2,782069	20062
	PM _{2.5}	14,344	1,278240	89116
	ΣΥΝΟΛΟ	576,892	11,380626	

Πίνακας 24: Παράγοντες εξωτερικού κόστους και συνολικό κόστος σε εκ. € των εκπομπών στην πόλη του Πειραιά, σε τιμές του έτους 2013.

Από τον Πίνακα 24 και το παρακάτω Διάγραμμα 5 παρατηρούμε τα εξής:

- Τα εξωτερικά κόστη που συνδέονται με τις ζημιές που επιβάλλουν οι εκπομπές των κρουαζιερόπλοιων κυρίως στην ανθρώπινη υγεία και στο δομημένο περιβάλλον γύρω από το επιβατικό λιμάνι του Πειραιά βρέθηκαν να είναι αρκετά σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, το συνολικό εξωτερικό κόστος αποτιμήθηκε σε σχεδόν 11,4 εκατομμύρια €, ενώ η συνεισφορά του κάθε ρύπου ήταν περίπου 7,3, 2,8 και 1,3 εκατομμύρια € για το NO_x, SO₂ και PM_{2.5}, αντίστοιχα.
- Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η βλαβερή επίδραση των εκπομπών PM_{2.5} είναι πολύ μεγάλη, δεδομένου ότι παρά το χαμηλό επίπεδο των εκπομπών τους παρουσιάζουν σημαντικά εξωτερικά κόστη. Αυτά τα κόστη είναι υψηλά, επειδή συνδέονται κυρίως με πνευμονικές χρόνιες και θανατηφόρες ασθένειες. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί ότι η σημερινή νομοθεσία του IMO (International Maritime Organization) και της ΕΕ δεν έχει καμία ειδική διάταξη για περιοριστικά πρόστιμα για ρύπανση από PM (δηλαδή PM_{2.5}), που προκαλείται από τα πλοία.



Διάγραμμα 5: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και αντίστοιχο εξωτερικό κόστος για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Πειραιά.

7. Βάσει της ετήσιας καταγραφής του ΟΛΠ της επιβατικής κυκλοφορίας στα κρουαζιερόπλοια, ο συνολικός αριθμός επιβατών ήταν το 2013 **1.302.581 άτομα** (Ένωση Λιμένων Ελλάδος).

- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά προσέγγιση πλοίου στον Πειραιά το 2013 είναι:

$$576,892 \text{ tons} / 711 \text{ προσεγγίσεις} = 0,811 \text{ tons} / \text{προσέγγιση}$$

- Ο λόγος των ωρών παραμονής των πλοίων στο αγκυροβόλιο ανά προσέγγιση πλοίου είναι το 2013:

$$8.808,549 \text{ hr} / 711 \text{ προσεγγίσεις} = 12,40 \text{ hr} / \text{προσέγγιση}$$

- Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά προσέγγιση πλοίου στον Πειραιά το 2013 είναι:

$$423,875 \text{ tons} / 711 \text{ προσεγγίσεις} = 0,596 \text{ tons} / \text{προσέγγιση}$$

- Ο λόγος των εκπομπών SO₂ ανά προσέγγιση πλοίου στον Πειραιά το 2013 είναι:

$$138,674 \text{ tons} / 711 \text{ προσεγγίσεις} = 0,195 \text{ tons} / \text{προσέγγιση}$$

- Ο λόγος των εκπομπών PM_{2.5} ανά προσέγγιση πλοίου στον Πειραιά το 2013 είναι:

$$14,344 \text{ tons} / 711 \text{ προσεγγίσεις} = 0,020 \text{ tons} / \text{προσέγγιση}$$

- Ο λόγος των επιβατών ανά προσέγγιση πλοίου είναι το 2013:

- 1.302.581 επιβάτες / 711 προσεγγίσεις = 1.832,04 επιβάτες / προσέγγιση
- Το εξωτερικό κόστος ανά επιβάτη βρέθηκε να είναι κατά μέσο όρο περίπου:
11,4 εκατομμύρια € / 1.302.581 επιβάτες = 8,75 € / επιβάτη
 - Υποθέτοντας μια μέση τιμή των ναύλων 1000€ / επιβάτη κρουαζιέρας, η «εσωτερική» του εξωτερικού κόστους της ρύπανσης του αέρα που παράγεται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά, θα οδηγήσει σε μια μέση αύξηση των τιμών κατά 8,75 %.
 - Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά επιβάτη πλοίου είναι το 2013:
576.892 kg / 1.302.581 = 0,443kg / επιβάτη
 - Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά κάτοικο Πειραιά είναι το 2013:
576.892 kg / 163.688 = 3,52 kg / κάτοικο
 - Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά κάτοικο Πειραιά είναι το 2013:
423.875 kg / 163.688 = 2,58 kg / κάτοικο
 - Ο λόγος των εκπομπών SO₂ ανά κάτοικο Πειραιά είναι το 2013:
138.674 kg / 163.688 = 0,85 kg / κάτοικο
 - Ο λόγος των εκπομπών PM_{2.5} ανά κάτοικο Πειραιά είναι το 2013:
14.344 kg / 163.688 = 0,087 kg / κάτοικο
8. Συγκρίνοντας τα παραπάνω αποτελέσματα με αυτά που είχαν προκύψει στη δημοσίευση Τζαννάτου, σχετικά με τις εκπομπές των επιβατικών πλοίων και κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Πειραιά το 2009 (Ernestos Tzannatos, "Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus – Greece", 15 October 2009), καταλήγουμε στα παρακάτω:
- Από τον Πίνακα 25 και την Εικόνα 38: «Κατανομή των εκπομπών ανά εποχή και ανά τομέα ναυτιλίας (ακτοπλοϊκά – κρουαζιερόπλοια)», συνολικά όλοι οι ρύποι από κρουαζιερόπλοια μετρήθηκαν σε **830 τόνους (NO_x, SO₂ και PM_{2.5}) για 902 προσεγγίσεις, 124 πλοίων, αντί για 576,892 τόνους (NO_x, SO₂ και PM_{2.5}) για 711 προσεγγίσεις, 113 πλοίων το 2013.**

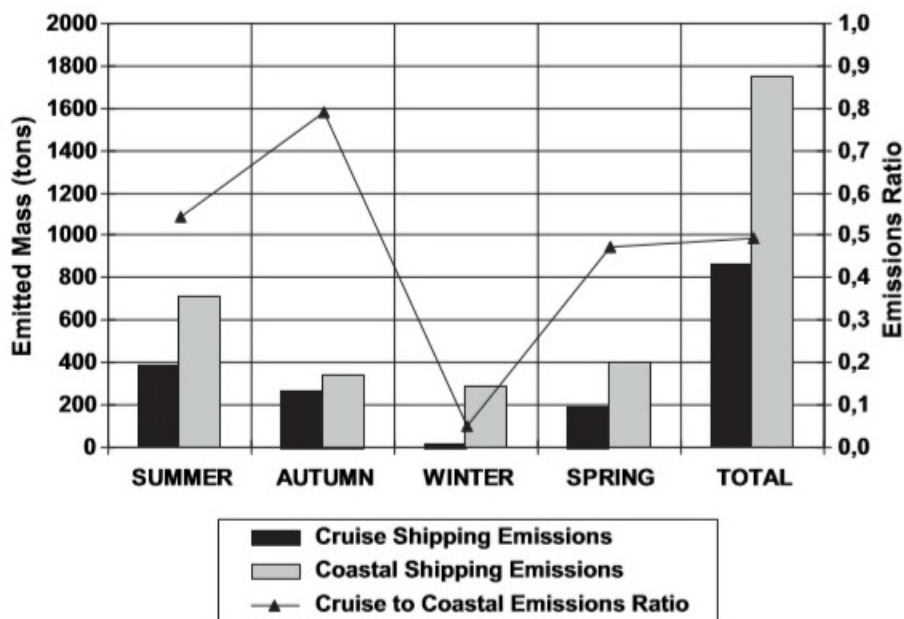
Ship traffic statistics at the passenger port of Piraeus (1/6/08–31/5/09).

PERIOD ^a	Coastal passenger ships ^b		Cruise ships	
	Number of ships	Number of departures	Number of ships	Number of calls
Winter	59	1970	124	10
Spring		1918		206
Summer		3545		356
Autumn		2153		330
TOTAL	59	9586	124	902

^a Winter = December–January–February, Spring = March–April–May, Summer = June–July–August, Autumn = September–October–November.

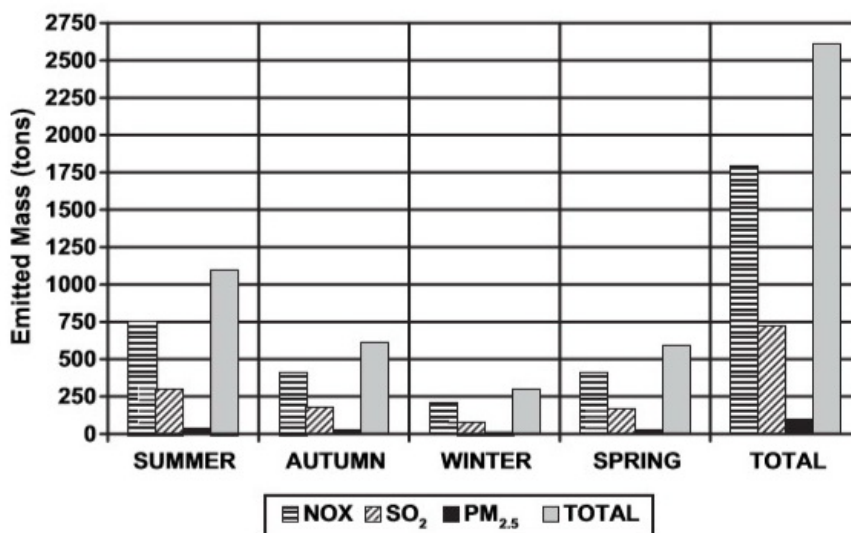
^b Ro-Pax and all passenger vessels (hydrofoils, monohulls, catamaran).

Πίνακας 25: Στατιστικά κίνησης πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά (1/6/08 – 31/5/09).



Εικόνα 38: Κατανομή εκπομπών στο λιμάνι του Πειραιά (1/6/08 – 31/5/09) ανά εποχή και ανά είδος ναυτιλίας.

- Από την Εικόνα 39: «Κατανομή των εκπομπών ανά εποχή και ανά είδος ρύπου» της ίδιας δημοσίευσης, οι εκπομπές κάθε ρύπου ξεχωριστά υπολογίστηκαν για το 2009 σε:
 $\text{NO}_x = 570 \text{ τόνους} > 423,875 \text{ τόνους το 2013}$
 $\text{SO}_2 = 230 \text{ τόνους} > 138,674 \text{ τόνους το 2013}$
 $\text{PM}_{2.5} = 30 \text{ τόνους} > 14,344 \text{ τόνους το 2013}$



Εικόνα 39: Κατανομή εκπομπών στο λιμάνι του Πειραιά (1/6/08 – 31/5/09) ανά εποχή και ανά είδος ρύπου.

- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά προσέγγιση πλοίου στον Πειραιά το 2009 είναι:
 $830 \text{ tons} / 902 \text{ προσεγγίσεις} = 0,92 \text{ tons} / \text{προσέγγιση} > 0,811 \text{ tons} / \text{προσέγγιση το 2013}$
- Ο λόγος των ωρών παραμονής των πλοίων στο αγκυροβόλιο ανά προσέγγιση πλοίου είναι το 2009:

10,4 hr / προσέγγιση [29] < 12,40 hr / προσέγγιση το 2013

- Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά προσέγγιση πλοίου στον Πειραιά το 2009 είναι:

$570 \text{ tons} / 902 \text{ προσεγγίσεις} = 0,63 \text{ tons} / \text{προσέγγιση} > 0,596 \text{ tons} / \text{προσέγγιση το 2013}$

- Ο λόγος των εκπομπών SO₂ ανά προσέγγιση πλοίου στον Πειραιά το 2009 είναι:

$230 \text{ tons} / 902 \text{ προσεγγίσεις} = 0,26 \text{ tons} / \text{προσέγγιση} > 0,195 \text{ tons} / \text{προσέγγιση το 2013}$

- Ο λόγος των εκπομπών PM_{2.5} ανά προσέγγιση πλοίου στον Πειραιά το 2009 είναι:

$30 \text{ tons} / 902 \text{ προσεγγίσεις} = 0,033 \text{ tons} / \text{προσέγγιση} > 0,020 \text{ tons} / \text{προσέγγιση το 2013}$

- Ο λόγος των επιβατών ανά προσέγγιση πλοίου είναι το 2009:

$1,6 \text{ εκ. επιβάτες} / 902 \text{ προσεγγίσεις} = 1.773,84 \text{ επιβάτες} / \text{προσέγγιση} < 1.832,04 \text{ επιβάτες} / \text{προσέγγιση το 2013}$

Άρα για τη μετακίνηση περισσότερων ατόμων εκτέμφθηκαν λιγότεροι ρύποι.

- Το εξωτερικό κόστος ανά επιβάτη βρέθηκε να είναι κατά μέσο όρο περίπου:

$16,7 \text{ εκατομμύρια } \text{€} / 1,6 \text{ εκ. επιβάτες} = 10,44 \text{ €} / \text{επιβάτη} > 8,75 \text{ €} / \text{επιβάτη το 2013}$

- Υποθέτοντας μια μέση τιμή των ναύλων 1000€ / επιβάτη κρουαζιέρας, η «εσωτερική» του εξωτερικού κόστους της ρύπανσης του αέρα που παράχθηκε από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά το 2009, θα οδηγούσε σε μια μέση αύξηση των τιμών κατά 1,0 % > 8,75 % το 2013.

- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά επιβάτη πλοίου είναι το 2009:

$830.000 \text{ kg} / 1,6 \text{ εκ. επιβάτες} = 0,519 \text{ kg} / \text{επιβάτη} > 0,443 \text{ kg} / \text{επιβάτη το 2013}$

- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά κάτοικο Πειραιά είναι το 2009 (οι κάτοικοι το 2009 ήταν 175.697):

$830.000 \text{ kg} / 175.697 = 4,72 \text{ kg} / \text{κάτοικο} > 3,52 \text{ kg} / \text{κάτοικο το 2013}$

- Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά κάτοικο Πειραιά είναι το 2009:

$570.000 \text{ kg} / 175.697 = 3,24 \text{ kg} / \text{κάτοικο} > 2,58 \text{ kg} / \text{κάτοικο το 2013}$

- Ο λόγος των εκπομπών SO₂ ανά κάτοικο Πειραιά είναι το 2009:

$230.000 \text{ kg} / 175.697 = 1,31 \text{ kg} / \text{κάτοικο} > 0,85 \text{ kg} / \text{κάτοικο το 2013}$

- Ο λόγος των εκπομπών PM_{2.5} ανά κάτοικο Πειραιά είναι το 2009:

$30.000 \text{ kg} / 175.697 = 0,17 \text{ kg} / \text{κάτοικο} > 0,087 \text{ kg} / \text{κάτοικο το 2013}$

- Η συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά το 2009 σύμφωνα και με τη δημοσίευση Τζαννάτου, φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα:

Εκπεμπόμενος ρύπος	Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά το 2009		
	ΕΠΑ (από μεταφορές)	Ελλάδα (από μεταφορές)	Μεσόγειος Θάλασσα (εκπομπές από ναυτιλία)
NO_x	2,02%	0,56%	0,40‰
SO₂	18,15%	0,91%	0,27‰
PM_{2.5}	4,44%	-	0,31‰

Πίνακας 26: Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά το 2009.

- Οι δείκτες κατά το έτος 2013 δείχνουν ότι η επιβάρυνση στο περιβάλλον λόγω της κρουαζιέρας ήταν μικρότερη από το 2009 και ότι η κρουαζιέρα λειτούργησε πιο αποτελεσματικά το 2013.
9. Σύγκριση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα από τα λιμάνια του Ηρακλείου και της Σούδας ευρίσκεται στο συγκεντρωτικό Πίνακα 41, καθώς και περαιτέρω σχολιασμός και συμπεράσματα στην Παράγραφο 10.7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

9 ΜΕΛΕΤΗ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

9.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ

Στην Εικόνα 40, 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 κίτρινη ($D_{\text{κίτρινο}} = 1,7 \text{ km}$) πορεία που φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα είναι αυτή που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά από τα κρουαζιερόπλοια, ενώ η κόκκινη ($D_{\text{κόκκινο}} = 1,5 \text{ km}$) χρησιμοποιείται εξαιρετικά σπάνια. Συνεπώς, στην επεξεργασία των δεδομένων θεωρήσαμε ως απόσταση την κίτρινη διαδρομή $D_{\text{κίτρινο}} = 1,7 \text{ km}$.

Σύμφωνα με την ανάλυση ευαισθησίας της παραγράφου 12.4.2 του Παραρτήματος, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι λαμβάνοντας ως διανυόμενη απόσταση την κίτρινη $D_{\text{κίτρινο}} = 1,7 \text{ km}$ δεν επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τα τελικά αποτελέσματα των εκπεμπόμενων ρύπων.



Εικόνα 40: Πορείες εντός του λιμένα του Ηρακλείου προς τα σημεία πρόσδεσης των κρουαζιερόπλοιων. $D_{\text{κόκκινο}} = 1,5 \text{ km}$, $D_{\text{κίτρινο}} = 1,7 \text{ km}$.

9.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ.

Από την επεξεργασία των στοιχείων για την παρούσα εργασία, προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα κρουαζιερόπλοια που εκτελούν δρομολόγια από και προς το λιμάνι του Ηρακλείου, είναι σχεδόν όλα σύγχρονα και έχουν ισοδύναμα μηχανικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο, λόγω έλλειψης τεχνικών χαρακτηριστικών

για κάποια κρουαζιερόπλοια στη βάση δεδομένων όσον αφορά τους βοηθητικούς κινητήρες, έγιναν κάποιες παραδοχές προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία υπολογισμού. Συγκεκριμένα, υποθέσαμε ότι:

- Το μεγαλύτερο ποσοστό των κρουαζιερόπλοιων, υποστηρίζονται μηχανικά από ντίζελ ηλεκτρική διάταξη κινητήρα (4-χρόνους). Οι κύριες μηχανές, δίνουν την κίνηση στο πλοίο κατά τη πλεύση και κατά τους ελιγμούς και οι βοηθητικές παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για τις λειτουργίες κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο.
- **Χρησιμοποιούνται μεσαίας ταχύτητας κύριοι κινητήρες (medium speed diesel engines- MSD) και υψηλής ταχύτητας βοηθητικοί κινητήρες (high speed diesel engines -HSD).**
- **Οι κύριοι κινητήρες χρησιμοποιούν καύσιμο χαμηλού θείου (LSFO), ενώ οι βοηθητικοί καύσιμο ντίζελ (MDO).**
- Σε κάποιες περιπτώσεις, η βάση δεδομένων δεν περιέχει επαρκή στοιχεία για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών μηχανών. Αυτό συμβαίνει, διότι με βάση τη νομοθεσία, οι ίδιοι οι πλοιοκτήτες δεν υποχρεώνονται να παραχωρούν τα στοιχεία των βοηθητικών μηχανών. Στη συγκεκριμένη υπολογιστική μέθοδο, χρησιμοποιήθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά, εφόσον ήταν διαθέσιμα
 - α)** των βοηθητικών μηχανών (auxiliary engines),
 - β)** όπου δεν ήταν καταχωρημένη η ισχύς των βοηθητικών μηχανών, χρησιμοποιήθηκε η ισχύς των βοηθητικών γεννητριών (auxiliary generators) και
 - γ)** όπου κανένα από τα παραπάνω στοιχεία δεν ήταν διαθέσιμο, χρησιμοποιήθηκε ο λόγος ισχύος της βοηθητικής προς την κύρια μηχανή, ο οποίος βάσει στατιστικών στοιχείων θεωρείται ίσος με 0,278.
- Βάσει 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. (Στην αεροφωτογραφία φαίνονται 2 δυνατές διαδρομές χρωματισμένες με κόκκινο, κίτρινο, 1,7 km, 1,5 km αντίστοιχα. Με βάση τις πληροφορίες από την λιμενική αρχή το σημείο πρόσδεσης με διαδρομή 1,7 km χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά.
- Η ταχύτητα που εισέρχεται το κρουαζιερόπλοιο στο λιμάνι θεωρήθηκε ότι είναι 5 κόμβοι (9,26 km/h) και η ταχύτητα που εξέρχεται είναι 8 κόμβοι (14,82 km/h).

Ο χρόνος ελιγμών (hr) υπολογίζεται ως ο λόγος της απόστασης που ταξίδεψε το κρουαζιερόπλοιο μεταξύ της θύρας εισόδου/εξόδου και του σημείου αγκυροβολίας προς τη μέση τιμή της ταχύτητας (εισερχόμενα με μια μέση ταχύτητα των 5 κόμβων και εξερχόμενα με 8 κόμβους), συν κατά μέσο όρο τα 6 min και 3 min, που απαιτούνται για τη φάση ελιγμών κατά την είσοδο και έξοδο, αντίστοιχα:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{ελιγμών}} &= D/V_{\text{actual,in}} + D/V_{\text{actual,out}} + T_{\text{maneuver to dock}} + T_{\text{maneuver to undock}} = \\
 &= 1,70(\text{km})/9,26(\text{km/h}) + 1,70(\text{km})/14,82(\text{km/h}) + 0,15(\text{hr}) = \\
 &= \mathbf{0,4483\text{hr}}
 \end{aligned}$$

όπου,

- $T_{\text{ελιγμών}}$ = ο χρόνος που δαπανάται κατά την εκτέλεση ελιγμών (h).
 D = η απόσταση που ταξίδεψε το κρουαζιερόπλοιο μεταξύ της θύρας εισόδου/εξόδου και του σημείου αγκυροβολίας
 $V_{\text{actual,in}}$ = η ταχύτητα που εισέρχεται το κρουαζιερόπλοιο στο λιμάνι
 $V_{\text{actual,out}}$ = η ταχύτητα που εξέρχεται
 $T_{\text{maneuvtodock}}$ = ο πρόσθετος χρόνος που απαιτείται για τη φάση ελιγμών κατά την είσοδο
 $T_{\text{maneuvtoundock}}$ = ο πρόσθετος χρόνος που απαιτείται για τη φάση ελιγμών κατά την έξοδο

- Κατά την διάρκεια του ελλιμενισμού τα πλοία δεν σβήνουν καθόλου τις βοηθητικές μηχανές τους, οι οποίες είναι συνεχώς σε λειτουργία.

9.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

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

Sea-web Quick Search

Export Data Reports Connection 1 of 1

Ship Detail

Shiptype: **Passenger/Cruise**
 Gross: **12,094**
 Deadweight: **4,174**
 Year of Build: **1973**
 Status: **In Service/Commission**
 Shipbuilder: **Galati**

CLASS
 Class: Lloyd's Register (1988-05-31)
 LR Class: 100 A1
 LR Survey Type: Special Survey Date: 2013-05
 Class Notation: passenger ship - for service in summer and tropical zones only
 LR Machinery Class: L/MC
 Fee Numerat: 3412 LR Hull Notes: 7BH WB1088T

Date	Class	Status
1989-00-00	American Bureau of Shipping	(Disclassified)
1989-04-00	Lloyd's Register	(Transferred)
1973-00-00	American Bureau of Shipping	In Class

CONSTRUCTION DETAIL
 StatcodeS:A37A2PC; Hull Material:Steel; Hull Connections:Welded; Decks:2 dka; Bulbous bow

DIMENSIONS		DIMENSIONS	
Length Overall	140.500	Length (BP)	111.500
Length (Reg)	0.000	Bulbous Bow	Yes
Breadth Extreme	0.000	Breadth Moulded	20.800
Draught	6.679	Depth	9.900
Height	0.000		
Displacement	0	T/CM	0.0

TONNAGES		TONNAGES	
Tonnage Type	One tonnage, unspecified	Tonnage System	New System (International 1969)
Effective Date	1973-08	Effective Date	1968-00
Gross Tonnage (GT)	12,094	Net Tonnage (NT)	4,777
Deadweight (DWT)	4,174	Compensated Gross Tonnage (CGT)	0
Formula Deadweight	10,034	Light Displacement Tonnage (LDT)	0

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

PRIME MOVER DETAIL
 Design: Piastick; Engine Builder: Crossley Premier Engines Ltd. - Manchester
 2 x 14PC2V-400 4 Stroke, Single Acting, Vee
 14 Cy, 400 x 450, Mcr: 5,149 kW (7,001 hp) at 500 rpm

AUXILIARY ENGINES
Design: Bw, Engine Builder: Litostraj 3 x Unknown, 4 Stroke 7Cy, 225 x 300, Mcr: 600 kW
Design: Man, Engine Builder: Manbw Diesel 1 x Unknown, 4 Stroke 8Cy, 128 x 150, Mcr: 195 kW
Design: Volvo, Engine Builder: Volvo 1 x D18C-A MG, 4 Stroke 8Cy, 144 x 165, Mcr: 450 kW
BOILERS
Boilers: 2 x Auxiliary boilers
AUXILIARY GENERATORS
Aux Generators: 3 x 600kW 440V 60Hz a.c., 1 x 440V 60Hz a.c.
BUNKERS
FuelCapacity - Yes, But Type Not Known: 1,178 tonnes
THRUSTERS
Thrusters: 1 Thwart, CP thruster (f)

© 2014 IHS Global Limited. IHS Global Limited assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or howsoever provided, unless that person has a contract with IHS Global Limited and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions set out in that contract.

Εικόνα 41: Παράδειγμα στοιχείων κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι του Ηρακλείου.

9.4 ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2013

Εφαρμόστηκε η μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών αέριων ρύπων NO_x, SO₂ και PM_{2.5} που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 8, για το λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2013, υπολογίζοντας ξεχωριστά τις εκπομπές κάθε ρύπου κατά τη φάση των ελιγμών αλλά και της παραμονής στο αγκυροβόλιο.

Το προτεινόμενο φορτίο κύριου και βοηθητικού κινητήρα πλοίων κρουαζιέρας για δραστηριότητες εντός του λιμένα, δηλαδή για ελιγμούς και για παραγωγή ενέργειας σε θέση αγκυροβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του υπόλοιπου του χρόνου, δείχνονται στον Πίνακα 11.

Οι συντελεστές εκπομπών που αντιστοιχούν στη λειτουργία των κύριων και βοηθητικών κινητήρων με συγκεκριμένα καύσιμα, κατά τη διάρκεια ελιγμών σε λιμάνι και σε θέση αγκυροβολίας, φαίνονται στον Πίνακα 12.

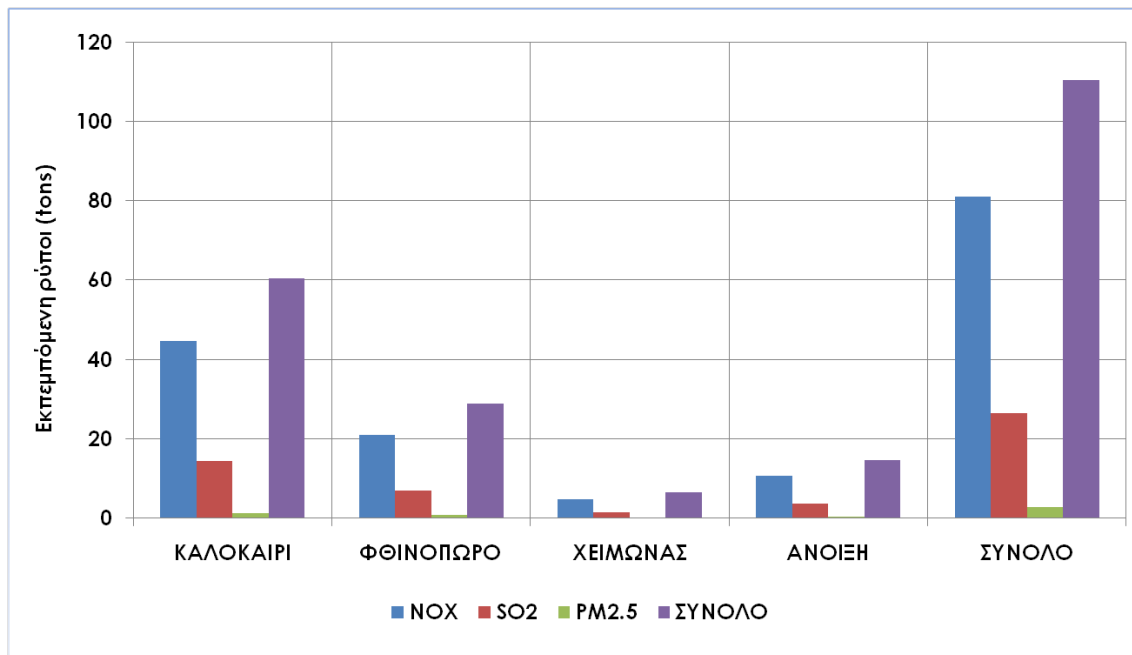
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την υπολογιστική μέθοδο:

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	44,752	20,936	4,711	10,637	81,036
	SO ₂	14,320	7,046	1,580	3,595	26,541
	PM _{2.5}	1,293	0,844	0,186	0,439	2,762
	Σύνολο	60,365	28,825	6,477	14,672	110,339

Πίνακας 27: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.

9.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Η εποχιακή διακύμανση των εκπομπών των πλοίων, σύμφωνα με το είδος του εκπεμπόμενου ρύπου παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 6.

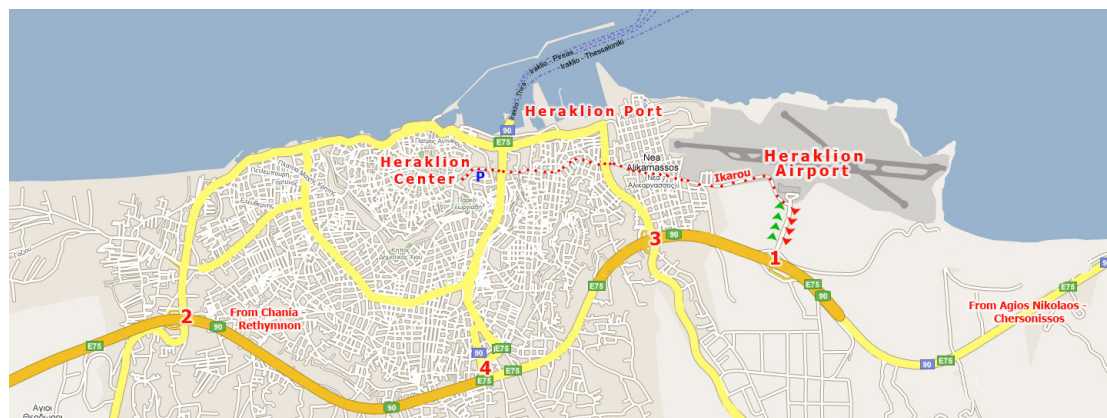


Διάγραμμα 6: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.

Από το παραπάνω Διάγραμμα 6 παρατηρούμε τα εξής:

- Οι εκπομπές NO_x – μετρούμενες σε τόνους εκπεμπόμενης μάζας - είναι κυρίαρχες κατά τη διάρκεια του έτους, ακολουθούν οι εκπομπές του SO₂ και τρίτες έρχονται οι εκπομπές των PM_{2.5}.
- Η εκπεμπόμενη μάζα SO₂ και PM_{2.5} ήταν σε όλες τις εποχές περίπου 33,3% και 3,8% αντίστοιχα των εκπομπών NO_x.
- Οι εκπομπές του συνόλου των ρύπων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ήταν σχεδόν διπλάσιες από τις αντίστοιχες εκπομπές το φθινόπωρο και τετραπλάσιες από τις εκπομπές την άνοιξη, ενώ οι εκπομπές του χειμώνα ήταν περίπου το ένα δέκατο των αντίστοιχων καλοκαιρινών.
- Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η αυξημένη ζήτηση σε ναυτιλιακές υπηρεσίες (αυξημένη παράκτια κυκλοφορία εντός των λιμένων) οδηγεί αναπόφευκτα σε αυξημένη κυκλοφορία στην ξηρά και συχνά σε κυκλοφοριακή συμφόρηση. Οι εκπομπές καυσαερίων των διαφόρων οδικών οχημάτων (φορτηγών, λεωφορείων, ιδιωτικών αυτοκινήτων) που λειτουργούν μέσα, έξω και γύρω από το λιμάνι του Ηρακλείου προστίθενται στις εκπομπές καυσαερίων των πλοίων, μεγιστοποιώντας έτσι τη δυσμενή επίπτωση των εκπεμπόμενων ρύπων στον αέρα της πόλης.
- Επίσης, στις εκπομπές καυσαερίων των πλοίων και των αυτοκινήτων, προστίθενται οι εκπομπές από τις αεροπορικές μεταφορές, επιβαρύνοντας την ατμόσφαιρα της πόλης του Ηρακλείου, καθώς το αεροδρόμιο βρίσκεται σε κοντινή απόσταση, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 42.
- Η ευρεία εποχιακή διακύμανση των εκπομπών στο λιμάνι του Ηρακλείου οφείλεται αφενός στην αυξημένη κίνηση κατά τους θερινούς μήνες και αφετέρου και κυρίτερα στις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά την παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο αγκυροβόλιο, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη μέθοδο υπολογισμού των εκπομπών με τον συντελεστή φορτίου κινητήρα (κύριου και βοηθητικού). Οι συντελεστές φορτίου είναι αυξημένοι κατά τους θερινούς μήνες. Η ανάλυση

ευαισθησίας των εκπομπών λόγω συντελεστή φορτίου (Load Factor) βρίσκεται στην παράγραφο 12.6.2 του Παραρτήματος.



Εικόνα 42: Λιμένας Ηρακλείου σε μικρή απόσταση από το αεροδρόμιο.

2. Η εποχιακή διακύμανση των εκπομπών των πλοίων από ελιγμούς και από την παραμονή στο αγκυροβόλιο, συνολικά για τους εκπεμπόμενους ρύπους NO_x, SO₂ και PM_{2.5}, παρουσιάζονται στον Πίνακα 28 και στο Διάγραμμα 7.

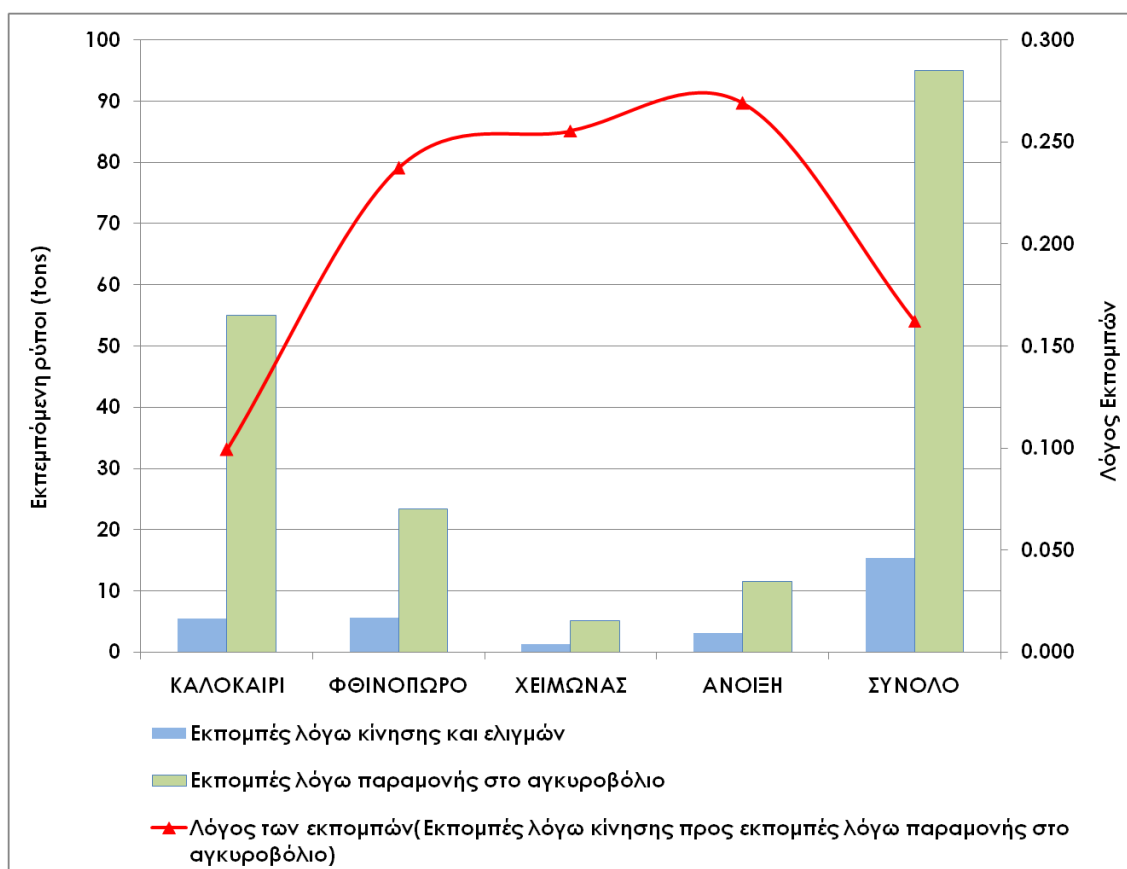
Κατανομή ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας						
		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
NO _x + SO ₂ + PM _{2.5}	Εκπομπές λόγω κίνησης και ελιγμών	5,447	5,526	1,317	3,110	15,400
	Εκπομπές λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο	54,919	23,299	5,159	11,562	94,939
	Λόγος των εκπομπών(Εκπομπές λόγω κίνησης προς εκπομπές λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο)	0,099	0,237	0,255	0,269	0,162

Πίνακας 28: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.

Από το παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε τα εξής:

- Κατά τη διάρκεια του έτους, οι εκπομπές των πλοίων στο αγκυροβόλιο ήταν από 4 φορές υψηλότερες το φθινόπωρο, το χειμώνα και την άνοιξη, έως 8 το καλοκαίρι, από εκείνες που παράγονται λόγω κίνησης και ελιγμών των πλοίων.
- Όπως ήταν αναμενόμενο, οι εκπομπές στο αγκυροβόλιο ήταν υψηλότερες το καλοκαίρι, όταν η ζήτηση ισχύος της βοηθητικής μηχανής για τις ξενοδοχειακές υπηρεσίες κορυφώνεται και ελαχιστοποιούνται το χειμώνα.
- Ο λόγος εκπομπών λ = εκπομπές από κίνηση και ελιγμούς / εκπομπές από παραμονή στο αγκυροβόλιο, αυξάνεται το φθινόπωρο, το χειμώνα και την άνοιξη και μειώνεται το καλοκαίρι, παρόλο που η επισκεψιμότητα στο λιμάνι είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι (όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 8). Αυτό

συμβαίνει διότι η αύξηση των εκπομπών από παραμονή στο αγκυροβόλιο είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των ελιγμών.

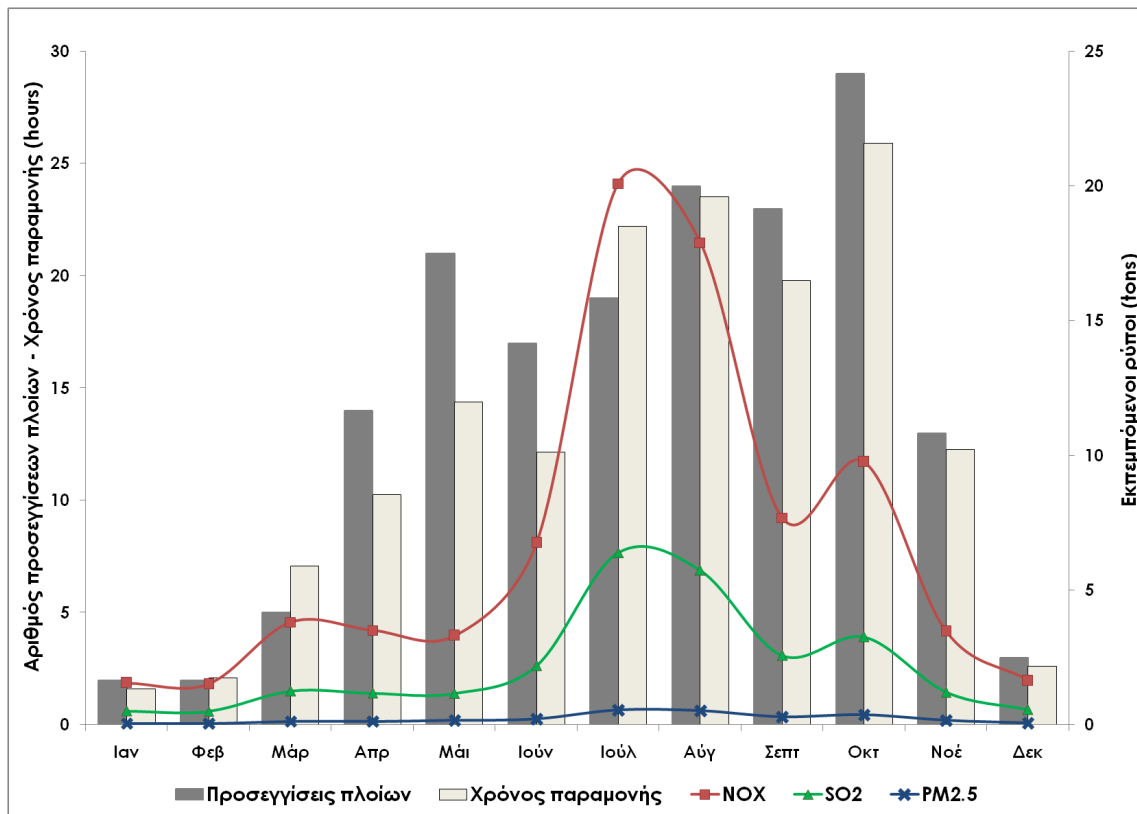


Διάγραμμα 7: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.

3. Η κατανομή εκπομπών των κρουαζιερόπλοιων σε τόνους ανά ρύπο και ανά μήνα - συνολικά από κίνηση και ελιγμούς εντός του λιμένα και από την παραμονή στο αγκυροβόλιο, συνολικά για τους εκπεμπόμενους ρύπους NO_x , SO_2 και $PM_{2.5}$, παρουσιάζονται στον Πίνακα 29 και στο Διάγραμμα 8.

	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.
Προσ/σεις πλοίων	2	2	5	14	21	17	19	24	23	29	13	3
Χρόνος Παρ/νής	16,0	21,0	71,0	103,0	144,0	121,0	222,0	235,0	198,0	259,0	123,0	26,0
NO_x	1,553	1,516	3,813	3,513	3,311	6,761	20,092	17,898	7,692	9,766	3,478	1,642
SO_2	0,519	0,499	1,255	1,175	1,166	2,193	6,391	5,736	2,572	3,263	1,210	0,562
$PM_{2.5}$	0,060	0,054	0,134	0,136	0,169	0,216	0,554	0,523	0,299	0,377	0,168	0,073

Πίνακας 29: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013



Διάγραμμα 8: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.

Από τον Πίνακα 29 και το παρακάτω Διάγραμμα 8 παρατηρούμε τα εξής:

- Κατά τη διάρκεια του έτους, οι προσεγγίσεις στο λιμάνι του Ηρακλείου και ο χρόνος παραμονής των κρουαζιερόπλοιων λαμβάνουν τις μικρότερες τιμές τους κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, αυξάνονται σταδιακά την άνοιξη και λαμβάνουν τις μεγαλύτερες τιμές τους, κατά τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες με αποκορύφωμα τον Οκτώβριο.
- Κατά τους θερινούς μήνες - όπως ήταν αναμενόμενο - οι εκπομπές κάθε ρύπου είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες όλης της υπόλοιπης χρονιάς. Ιδιαίτερως τον Ιούλιο σημειώνουν τις υψηλότερες τιμές. Αυτό οφείλεται αφενός στην αυξημένη κίνηση κατά τους θερινούς μήνες και αφετέρου και κυριότερα στις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά την παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο αγκυροβόλιο, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη μέθοδο υπολογισμού των εκπομπών με τον συντελεστή φορτίου κινητήρα (κύριου και βοηθητικού). Οι συντελεστές φορτίου είναι αυξημένοι κατά τους θερινούς μήνες.
- Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι τον Οκτώβριο παρόλο που έχουμε την υψηλότερη επισκεψιμότητα στο λιμάνι, οι τιμές των εκπομπών είναι κατά πολύ μικρότερες από αυτές του Ιουλίου. Αυτό καταδεικνύει ότι ο Load Factor είναι εξαιρετικά σημαντικός κατά τον υπολογισμό των εκπομπών.
- Γνωρίζουμε ότι ο συντελεστής φορτίου αλλάζει κατά τους θερινούς μήνες. Παρατηρούμε λοιπόν ότι μεταξύ του Μαΐου και του Ιουνίου ενώ οι προσεγγίσεις και οι χρόνοι παραμονής μειώνονται και λίγο τον Ιούνιο, η αύξηση των εκπομπών και ιδιαίτερα του NO_x είναι πολύ μεγάλη. Αντίστοιχο φαινόμενο παρατηρούμε και με τις εκπομπές κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο, οπότε - ενώ οι προσεγγίσεις και οι χρόνοι παραμονής είναι

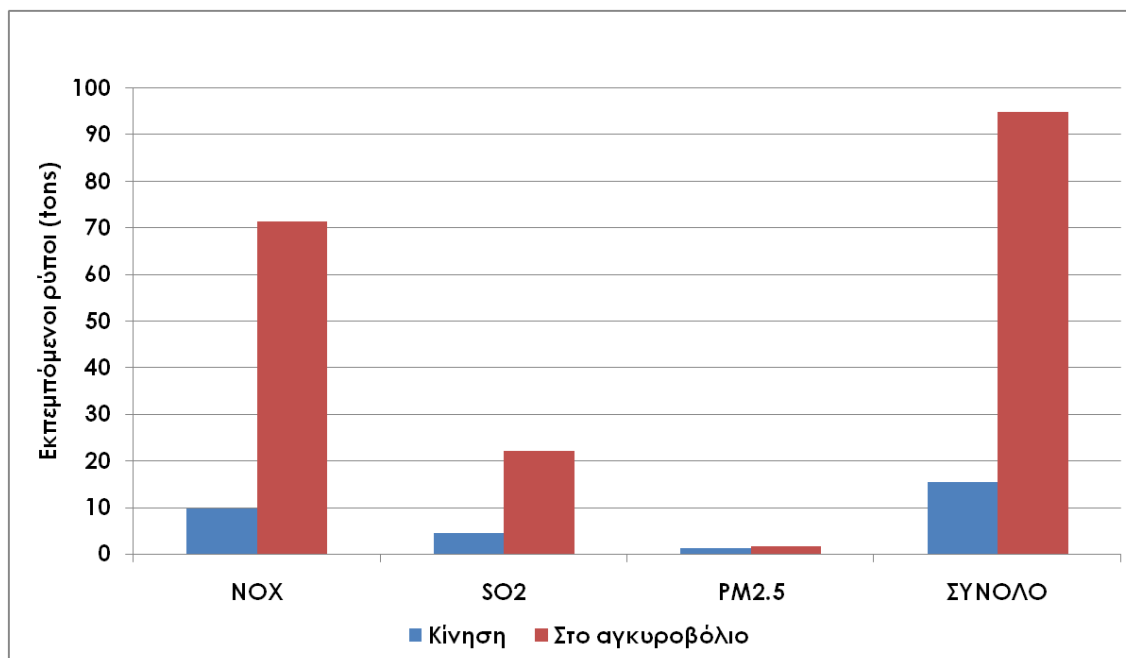
σχεδόν ίσοι - το Σεπτέμβριο οι εκπομπές μειώνονται σημαντικά λόγω της μείωσης του συντελεστή φορτίου.

- Στο Διάγραμμα 8 οι ώρες παραμονής έχουν απεικονιστεί διαιρεμένες δια του 10.
- Οι τιμές που απεικονίζουν τις εκπεμπόμενες ποσότητες ρύπων - NO_x, SO₂ και PM_{2.5}- δεν αποτελούν τιμές κάποιας συνάρτησης. Έχουν ενωθεί με μια καμπύλη για να παρουσιαστεί η τάση διακύμανσης του κάθε ρύπου χρονικά.

4. Στην παράγραφο αυτή μπορούμε να δούμε τους εκπεμπόμενους ρύπους ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Ηρακλείου.

Εκπομπές ανά ρύπο κατά την διάρκεια των διαφορετικών φάσεων λειτουργίας για ολόκληρο το 2013				
		Κίνηση/Ελιγμοί	Στο αγκυροβόλιο	Κίνηση+Αγκυροβόλιο
Εκπεμπόμενοι ρύποι (tons)	NO _x	9,703	71,333	81,036
	SO ₂	4,474	22,067	26,541
	PM _{2.5}	1,223	1,540	2,762
	Σύνολο	15,400	94,939	110,339

Πίνακας 30: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013.



Διάγραμμα 9: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Ηρακλείου.

Από τον Πίνακα 30 και το παρακάτω Διάγραμμα 9 παρατηρούμε τα εξής:

- Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές NO_x είναι τριπλάσιες από τις αντίστοιχες SO₂ και τριακονταπλάσιες από τις εκπομπές PM_{2.5}, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 30.
 - Οι ετήσιες εκπομπές NO_x λόγω κίνησης και ελιγμών είναι διπλάσιες από τις αντίστοιχες SO₂ και οκταπλάσιες από τις εκπομπές PM_{2.5}.
 - Οι ετήσιες εκπομπές NO_x λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο είναι επίσης τριπλάσιες από τις αντίστοιχες SO₂ και 46 φορές περισσότερες από τις εκπομπές PM_{2.5}.
 - Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές από παραμονή στο αγκυροβόλιο από όλους τους ρύπους μαζί -NO_x, SO₂, PM_{2.5}- είναι εξαπλάσιες από τις αντίστοιχες εκπομπές λόγω κίνησης και ελιγμών. Αυτό συμβαίνει διότι κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο οι βοηθητικές μηχανές λειτουργούν διαρκώς για να καλύψουν τις ξενοδοχειακές ανάγκες, καταναλώνοντας πετρέλαιο ντίζελ (Marine Diesel Oil), το οποίο δεν είναι φιλικό προς το περιβάλλον.
5. Στην παράγραφο αυτή μπορούμε να δούμε την ποσοστιαία συμβολή των εκπεμπόμενων -εντός του λιμένος του Ηρακλείου- ρύπων, ανά είδος για το 2013, σε σχέση με τις εκπομπές από μεταφορές στην Ελλάδα και στη Μεσόγειο θάλασσα.

Εκπεμπόμενος ρύπος	Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Ηρακλείου	
	Ελλάδα (από μεταφορές)	Μεσόγειος Θάλασσα (εκπομπές από ναυτιλία)
NO _x	0,8‰	0,06‰
SO ₂	1,05‰	0,03‰
PM _{2.5}	-	0,028‰

Πίνακας 31: Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2013

- Σύμφωνα με την ετήσια απογραφή της Ελλάδας, η οποία υποβλήθηκε στα πλαίσια της σύμβασης και του πρωτοκόλλου του Κυότο για τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, για τα έτη 1990 έως 2012 (ΥΠ.ΠΕΡΙΒ, 2014 – UNFCCC Inventory), η εθνική μας απογραφή εκπομπών NO_x και SO₂ από τις μεταφορές για το 2012, αναφέρθηκε να είναι 101.020 και 25.360 τόνους, αντίστοιχα. Ως εκ τούτου, η ναυτιλιακή δραστηριότητα των κρουαζιερόπλοιων στο επιβατικό λιμάνι του Ηρακλείου συμβάλλει το 2013 μόνο με **0,80‰** και **1,05‰** στην εθνική μας απογραφή εκπομπών NO_x και SO₂ από μεταφορές, αντίστοιχα. Η υψηλή συμβολή των εκπομπών SO₂ αντανάκλα την υψηλή περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων των πλοίων (σε αντιδιαστολή με την σημαντικά χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο του ντίζελ αυτοκινήτων). Σε αυτό το πλαίσιο, καθίσταται προφανής η δυνατότητα βελτιώσεων με τη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων των πλοίων εντός του λιμένα. Επιπλέον, η μείωση του θείου έχει το πρόσθετο έμμεσο όφελος της μείωσης

του σχηματισμού δευτερογενών PM και επομένως εξασθενεί την επιζήμια επιρροή τους στην ανθρώπινη υγεία.

- Τέλος, όσον αφορά την καταγραφή των εκπομπών από τη ναυτιλία στη Μεσόγειο Θάλασσα, οι εκπομπές NO_x, SO₂ και PM_{2.5} για το 2005 ήταν 1.448, 862 και 98 χιλιάδες τόνους, αντίστοιχα [18]. Επομένως, οι εκπομπές NO_x, SO₂ και PM_{2.5} που οφείλονται στις δραστηριότητες κρουαζιερόπλοιων στο επιβατικό λιμάνι του Ηρακλείου αποτελούν **0,06%ο**, **0,03%ο** και **0,028%ο** του συνόλου των εκπομπών στη Μεσόγειο από τη ναυτιλία.
- Οι ανωτέρω συγκρίσεις εκπομπών παρουσιάζονται στον Πίνακα 31.

6. Στην παράγραφο αυτή εξετάζουμε το εξωτερικό κόστος των εκπομπών των αέριων ρύπων NO_x, SO₂, PM_{2.5} από το λιμάνι του Ηρακλείου.

Στην πόλη του Ηρακλείου, με πληθυσμό περίπου **173.993 άτομα** (απογραφή 2011), τα επικαιροποιημένα αστικά κόστη των **SO₂** και **PM_{2.5}** που φαίνονται στον Πίνακα 16 να είναι για πόλη με πληθυσμό 100.000 ατόμων αντίστοιχα **8.635€/τόνο** και **47.494€/τόνο** αυξάνονται γραμμικά (x1,74) σε **15.025 και 82.640 € ανά εκπεμπόμενο τόνο**, αντίστοιχα.

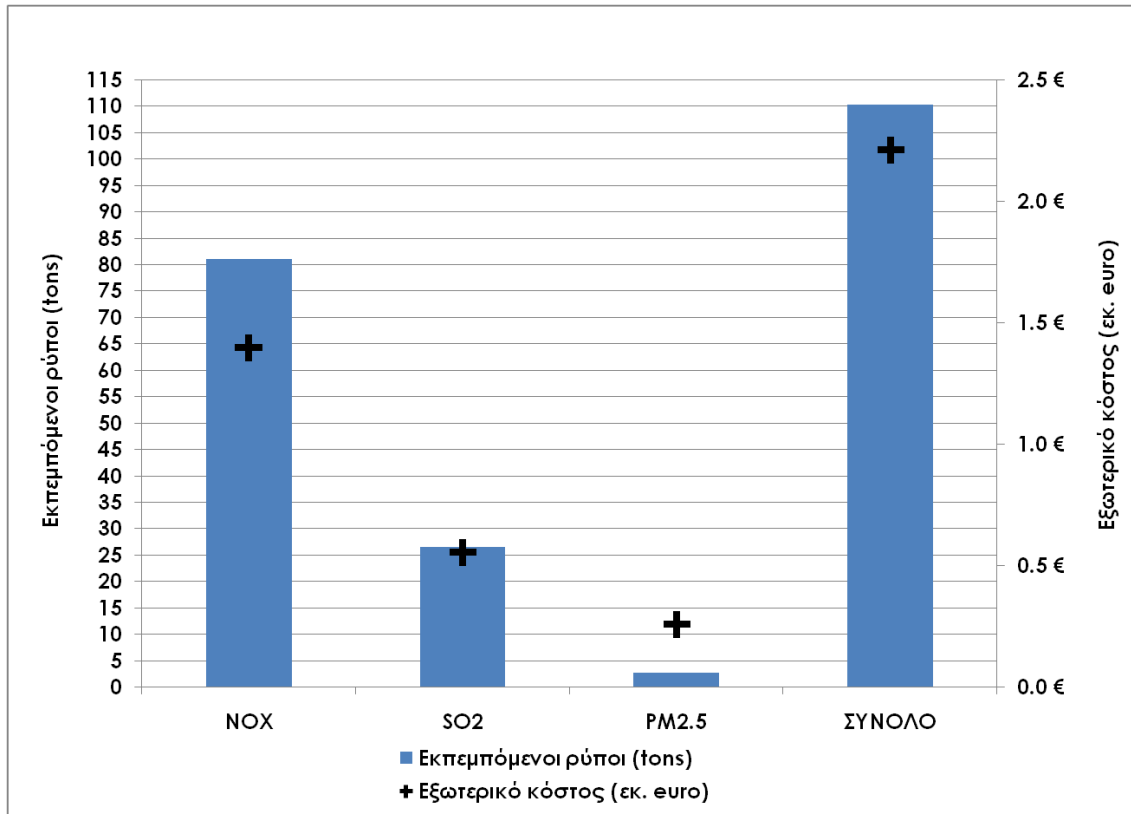
Το αστικό εξωτερικό κόστος των εκπομπών σε **NO_x** είναι ίδιο με το υπαίθριο και ανεξάρτητο πληθυσμού, άρα επικαιροποιημένο είναι ίσο **8.635 €** ανά εκπεμπόμενο τόνο. Προσθέτοντας τις τιμές του υπαίθριου εξωτερικού κόστους για την Ελλάδα και του αστικού κόστους για τον Ηρακλείου, οι εξωτερικοί παράγοντες κόστους των εκπομπών των πλοίων σε **SO₂**, **NO_x** και **PM_{2.5}** στο λιμάνι του Ηρακλείου γίνονται αντίστοιχα **20.925, 17.270 και 93.866 € ανά εκπεμπόμενο τόνο**, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 32.

Εξωτερικοί παράγοντες κόστους των εκπομπών των πλοίων στο λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2013 (€/τόνο)			
	SO ₂	NO _x	PM _{2.5}
Τιμές αγροτικού εξωτερικού κόστους	5900	8635	11226
Τιμές αστικού εξωτερικού κόστους (ανεξαρτήτως πληθυσμού)		8635	
Τιμές αστικού εξωτερικού κόστους (για το Ηράκλειο με πληθυσμό 173.993 ατόμων)	15025		82640
Σύνολο	20925	17270	93866

Πίνακας 32: Παράγοντες εξωτερικού κόστους των εκπομπών στην πόλη του Ηρακλείου, σε τιμές του έτους 2013.

Εκπομπές ρύπων από την ναυτιλία και το εξωτερικό τους κόστος				
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο		Εκπεμπόμενοι ρύποι (tons)	Εξωτερικό κόστος (εκ. euro)	Εξωτερικό κόστος (euro/ton)
	NO _x	81,036	1,399486	17270
	SO ₂	26,541	0,555366	20925
	PM _{2.5}	2,762	0,259299	93866
	ΣΥΝΟΛΟ	110,339	2,214151	

Πίνακας 33: Παράγοντες εξωτερικού κόστους και συνολικό κόστος σε εκ. € των εκπομπών στην πόλη του Ηρακλείου, σε τιμές του έτους 2013.



Διάγραμμα 10: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και αντίστοιχο εξωτερικό κόστος για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι του Ηρακλείου.

Από τον Πίνακα 33 και το παραπάνω Διάγραμμα 10 παρατηρούμε τα εξής:

- Τα εξωτερικά κόστη που συνδέονται με τις ζημιές που επιβάλλουν οι εκπομπές των κρουαζιερόπλοιων κυρίως στην ανθρώπινη υγεία και στο δομημένο περιβάλλον γύρω από το επιβατικό λιμάνι του Ηρακλείου βρέθηκαν να είναι αρκετά σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, το συνολικό εξωτερικό κόστος αποτιμήθηκε σε σχεδόν **2,22 εκατομμύρια €**, ενώ η συνεισφορά του κάθε ρύπου ήταν περίπου **1,4**, **0,56** και **0,26 εκατομμύρια €** για τα **NO_x**, **SO₂** και **PM_{2.5}**, αντίστοιχα.
- Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η βλαβερή επίδραση των εκπομπών PM_{2.5} είναι πολύ μεγάλη, δεδομένου ότι παρά το χαμηλό επίπεδο των εκπομπών τους παρουσιάζουν σημαντικά εξωτερικά κόστη. Αυτά τα κόστη είναι υψηλά, επειδή συνδέονται κυρίως με πνευμονικές χρόνιες και θανατηφόρες ασθένειες. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί ότι η σημερινή νομοθεσία του IMO (International Maritime Organization) και της ΕΕ δεν έχει καμία ειδική διάταξη για περιοριστικά πρόστιμα για ρύπανση από PM (δηλαδή PM_{2.5}), που προκαλείται από τα πλοία.

7. Βάσει της ετήσιας καταγραφής του ΕΛΙΜΕ της επιβατικής κυκλοφορίας στα κρουαζιερόπλοια, ο συνολικός αριθμός επιβατών το 2013 στο Ηράκλειο είναι **270.020**, οι προσεγγίσεις είναι **172**, ο συνολικός αριθμός των πλοίων που κατέπλευσαν **36** και οι συνολικές ώρες στο αγκυροβόλιο **1.538,26 hr**.

- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμάνι Ηρακλείου το 2013 είναι:

$$110,339 \text{ tons} / 172 \text{ προσεγγίσεις} = 0,642 \text{ tons} / \text{προσέγγιση}$$

- Ο λόγος των ωρών παραμονής των πλοίων στο αγκυροβόλιο ανά προσέγγιση πλοίου είναι στο λιμένα Ηρακλείου το 2013:
1.538,26 hr / 172 προσεγγίσεις = 8,94 hr / προσέγγιση
 - Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Ηρακλείου το 2013 είναι:
81,036 tons / 172 προσεγγίσεις = 0,470 tons / προσέγγιση
 - Ο λόγος των εκπομπών SO₂ ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Ηρακλείου το 2013 είναι:
26,541 tons / 172 προσεγγίσεις = 0,154 tons / προσέγγιση
 - Ο λόγος των εκπομπών PM_{2.5} ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Ηρακλείου το 2013 είναι:
2,762 tons / 172 προσεγγίσεις = 0,016 tons / προσέγγιση
 - Ο λόγος των επιβατών ανά προσέγγιση πλοίου είναι στο λιμένα Ηρακλείου το 2013:
270.020 επιβάτες / 172 προσεγγίσεις = 1.569,88 επιβάτες / προσέγγιση
 - Το εξωτερικό κόστος ανά επιβάτη βρέθηκε να είναι κατά μέσο όρο περίπου:
2,22 εκατομμύρια € / 270.020 επιβάτες = 8,22 € / επιβάτη.
 - Υποθέτοντας μια μέση τιμή των ναύλων 1000€ / επιβάτη κρουαζιέρας, η «εσωτερική» του εξωτερικού κόστους της ρύπανσης του αέρα που παράγεται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Ηρακλείου, θα οδηγήσει σε μια μέση αύξηση των τιμών κατά 8,22 %.
 - Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά επιβάτη πλοίου είναι στο λιμένα Ηρακλείου το 2013:
110.339 kg / 270.020 = 0,409 kg / επιβάτη
 - Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά κάτοικο Ηρακλείου είναι το 2013:
110.339 kg / 173.993 = 0,634 kg / κάτοικο
 - Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά κάτοικο Ηρακλείου είναι το 2013:
81.036 kg / 173.993 = 0,466 kg / κάτοικο
 - Ο λόγος των εκπομπών SO₂ ανά κάτοικο Ηρακλείου είναι το 2013:
26.541 kg / 173.993 = 0,153 kg / κάτοικο
 - Ο λόγος των εκπομπών PM_{2.5} ανά κάτοικο Ηρακλείου είναι το 2013:
2.762 kg / 173.993 = 0,016 kg / κάτοικο
8. Συγκρίνοντας τα παραπάνω αποτελέσματα με αυτά που είχαν προκύψει στη διπλωματική εργασία της φοιτήτριας Καλλιόπης Πιτσιρίκου, σχετικά με τις εκπομπές των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2012, καταλήγουμε στα παρακάτω:
- Συνολικά οι ρύποι από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2012 μετρήθηκαν σε **68,73 τόνους (NO_x, SO₂ και PM_{2.5}) για 104 προσεγγίσεις, 794,79 hr συνολικό χρόνο παραμονής και 19 πλοία, αντί για**

110,339 τόνους (NO_x, SO₂ και PM_{2.5}) για 172 προσεγγίσεις, 1.538,26 hr συνολικό χρόνο παραμονής και 36 πλοία το 2013.

Οι εκπομπές κάθε ρύπου το 2012 ξεχωριστά ανήλθαν σε:

NO_x = 50,90 τόνους, ενώ το 2013 ανήλθαν σε 81,04 τόνους

SO₂ = 16,38 τόνους, ενώ το 2013 ανήλθαν σε 26,54 τόνους

PM_{2.5} = 1,46 τόνους, ενώ το 2013 ανήλθαν σε 2,76 τόνους

- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Ηρακλείου το 2012 ήταν:

68,73 tons / 104 προσεγγίσεις = 0,661 tons / προσέγγιση > 0,642 tons / προσέγγιση το 2013

- Ο λόγος των ωρών παραμονής των πλοίων στο αγκυροβόλιο ανά προσέγγιση πλοίου ήταν στο λιμένα Ηρακλείου το 2012:

794,79 hr / 104 προσεγγίσεις = 7,64 hr / προσέγγιση < 8,94 hr / προσέγγιση το 2013

- Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Ηρακλείου το 2012 ήταν:

50,90 tons / 104 προσεγγίσεις = 0,489 tons / προσέγγιση > 0,470 tons / προσέγγιση το 2013

- Ο λόγος των εκπομπών SO₂ ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Ηρακλείου το 2012 ήταν:

16,38 tons / 104 προσεγγίσεις = 0,158 tons / προσέγγιση > 0,154 tons / προσέγγιση το 2013

- Ο λόγος των εκπομπών PM_{2.5} ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Ηρακλείου το 2012 ήταν

1,46 tons / 104 προσεγγίσεις = 0,014 tons / προσέγγιση < 0,016 tons / προσέγγιση το 2013

- Ο λόγος των επιβατών ανά προσέγγιση πλοίου ήταν στο λιμένα Ηρακλείου το 2012 (αριθμός επιβατών από ΕΛΙΜΕ):

- 186.683 επιβάτες / 104 προσεγγίσεις = 1795,03 επιβάτες / προσέγγιση > 1.569,88 επιβάτες / προσέγγιση το 2013

- Το εξωτερικό κόστος ανά επιβάτη βρέθηκε ότι ήταν κατά μέσο όρο περίπου:

1,37 εκατομμύρια € / 186.683 επιβάτες = 7,33 € / επιβάτη < 8,22 € / επιβάτη το 2013

- Υποθέτοντας μια μέση τιμή των ναύλων 1000€ / επιβάτη κρουαζιέρας, η «εσωτερίκευση» του εξωτερικού κόστους της ρύπανσης του αέρα που παράχθηκε από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2012, θα οδηγούσε σε μια μέση αύξηση των τιμών κατά 7,33% < 8,22 % το 2013

- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά επιβάτη πλοίου ήταν στο λιμένα Ηρακλείου το 2012:

68.730 kg / 186.683 επιβάτες = 0,368 kg / επιβάτη < 0,409 kg / επιβάτη το 2013

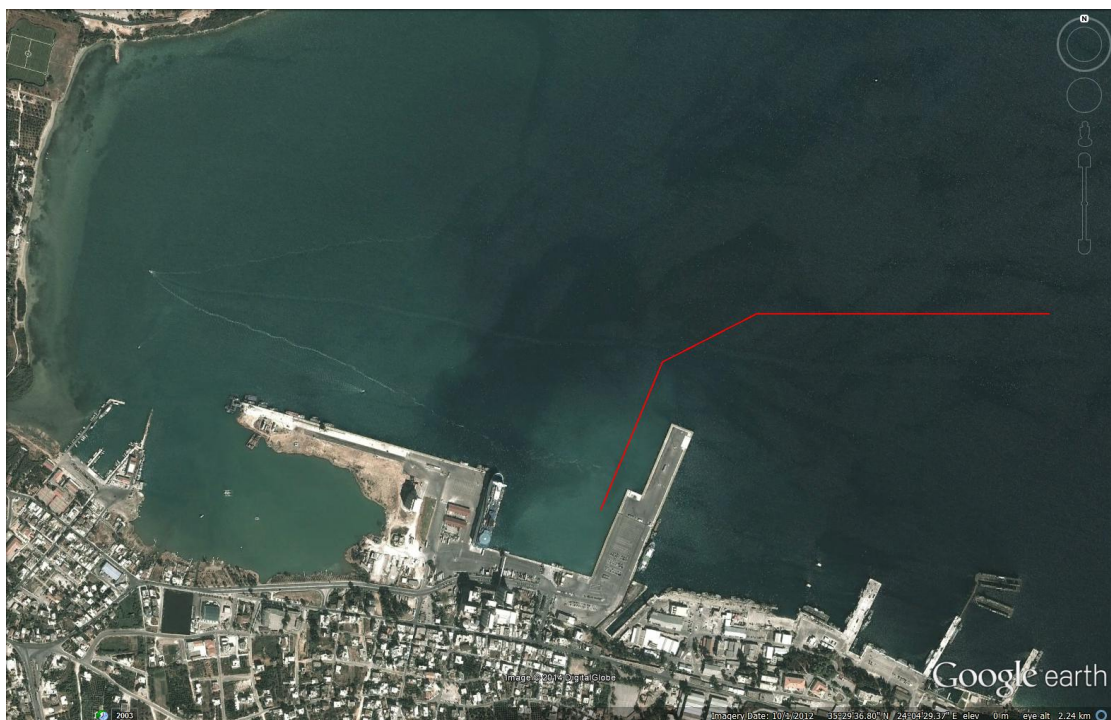
- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά κάτοικο Ηρακλείου το 2012 - διαιρώντας με τον αριθμό των κατοίκων, που είναι 173.993 σύμφωνα με απογραφή του 2011, έχουμε:
 $68.730 \text{ kg} / 173.993 = 0,395 \text{ kg} / \text{κάτοικο} < 0,634 \text{ kg} / \text{κάτοικο}$ το 2013
 - Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά κάτοικο Ηρακλείου το 2012 ήταν:
 $50.900 \text{ kg} / 173.993 = 0,290 \text{ kg} / \text{κάτοικο} < 0,466 \text{ kg} / \text{κάτοικο}$ το 2013
 - Ο λόγος των εκπομπών SO_2 ανά κάτοικο Ηρακλείου το 2012 ήταν:
 $16.380 \text{ kg} / 173.993 = 0,094 \text{ kg} / \text{κάτοικο} < 0,153 \text{ kg} / \text{κάτοικο}$ το 2013
 - Ο λόγος των εκπομπών $\text{PM}_{2.5}$ ανά κάτοικο Ηρακλείου το 2012 ήταν:
 $1.460 \text{ kg} / 173.993 = 0,008 \text{ kg} / \text{κάτοικο} < 0,016 \text{ kg} / \text{κάτοικο}$ το 2013
 - Οι δείκτες κατά το έτος 2012 δείχνουν ότι η επιβάρυνση στο περιβάλλον λόγω της κρουαζιέρας ήταν μικρότερη από το 2013.
9. Σύγκριση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα από τα λιμάνια του Πειραιά και της Σούδας ευρίσκεται στο συγκεντρωτικό Πίνακα 41, καθώς και περαιτέρω σχολιασμός και συμπεράσματα στην Παράγραφο 10.7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

10 ΜΕΛΕΤΗ ΛΙΜΕΝΑ ΣΟΥΔΑΣ ΧΑΝΙΩΝ

10.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ

Στην Εικόνα 43, απεικονίζεται η αποβάθρα και οι βασικές κινήσεις που εκτελούνται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμένα της Σούδας Χανίων, από τη στιγμή που εισέρχονται εντός του λιμένα έως τη στιγμή που εξέρχονται. Συγκεκριμένα, η πορεία που φαίνεται στην παρακάτω δορυφορική φωτογραφία με την κόκκινη γραμμή έχει συνολικό μήκος $D = 1,3 \text{ km}$ και χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τα κρουαζιερόπλοια.



Εικόνα 43: Πορεία εντός του λιμένα της Σούδας Χανίων προς τα σημεία πρόσδεσης των κρουαζιερόπλοίων. $D_{\text{κόκκινο}} = 1,3 \text{ km}$.

10.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Από την επεξεργασία των στοιχείων για την παρούσα εργασία, προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα κρουαζιερόπλοια που εκτελούν δρομολόγια από και προς το λιμάνι της Σούδας Χανίων, είναι σχεδόν όλα σύγχρονα και έχουν ισοδύναμα μηχανικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο, λόγω έλλειψης τεχνικών χαρακτηριστικών για κάποια κρουαζιερόπλοια στη βάση δεδομένων όσον αφορά τους βοηθητικούς κινητήρες, έγιναν κάποιες παραδοχές προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία υπολογισμού.

Συγκεκριμένα, ισχύουν οι ίδιες παραδοχές που εφαρμόστηκαν στη μελέτη εκπομπών των λιμένων του Πειραιά και του Ηρακλείου και αναφέρονται στην αντίστοιχη παράγραφο των κεφαλαίων 8 και 9.

Θεωρήθηκε ότι η απόσταση που διανύει το κρουαζιερόπλοιο από το νοητό σημείο που εισέρχεται στο λιμάνι μέχρι το σημείο που θα αγκυροβολήσει είναι 1,30 km. (Στην αεροφωτογραφία φαίνεται η δυνατή διαδρομή χρωματισμένη με κόκκινο).

Ο χρόνος ελιγμών (hr) υπολογίστηκε:

$$\begin{aligned} \text{Τελιγμών} &= D/v_{\text{actual,in}} + D/v_{\text{actual,out}} + T_{\text{maneuver to dock}} + T_{\text{maneuver to undock}} = \\ &= 1,30(\text{km})/9,26(\text{km/h}) + 1,30(\text{km})/14,82(\text{km/h}) + 0,15(\text{hr}) = \\ &= \mathbf{0,3781\text{hr}} \end{aligned}$$

10.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΟΥΔΑΣ

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

Sea-web Quick Search

Tool Tip Utilising Sea-web's Reports Function (pdf)

Export Data Reports Correction 1 of 1

Ship Detail

Shiptype	Passenger/Cruise
Gross	44,656
Deadweight	4,661
Year of Build	1984
Status	In Service/Commission
Shipbuilder	Wartsila Ab - Helsinki

CONSTRUCTION OVERVIEW

Shiptype	Passenger/Cruise	Built	1984	GT	44,656	Deadweight	4,661
----------	------------------	-------	------	----	--------	------------	-------

SHIP BUILDER

1984-10 Oy Wartsila Ab - Helsinki Yard/hull No.: 464

STATUS

Date	Status
2008-03-12	In Service/Commission
2008-03-11	In Casualty Or Repairing
2001-04-30	In Service/Commission
2001-04-23	In Casualty Or Repairing
1984-10-30	In Service/Commission
1984-02-17	Launched
1982-10-11	Keel Laid

CONSTRUCTION DETAIL

Statcode5:A37A2PC; Hull Material:Higher tensile steel; Hull Connections:Welded; Decks:4 dks, 5th dk fwd & aft of Mch. space; Bulbous bow

SERVICE CONSTRAINTS			
Trading, Commercial; Sea, Unspecified			
ALTERATIONS & CONVERSIONS			
DIMENSIONS			
Length Overall	230.610	Length (BP)	193.170
Length (Reg)	0.000	Bulbous Bow	Yes
Breadth Extreme	32.210	Breadth Moulded	29.200
Draught	7.600	Depth	19.330
Height	55.000		
Displacement	24841	T/CM	46.7
TONNAGES			
Tonnage Type	One tonnage, unspecified	Tonnage System	New System (International 1969)
Effective Date	1995-00	Effective Date	1995-00
Gross Tonnage (GT)	44,656	Net Tonnage (NT)	19,772
Deadweight (DWT)	4,661	Compensated Gross Tonnage (CGT)	0
Formula Deadweight	48,137	Light Displacement Tonnage (LDT)	0
ARRANGEMENT			
SISTER SHIPS			
SUPPLEMENTARY FEATURES			
ShipRight SERS pt higher tensile steel			
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			
AUXILIARY ENGINES			
Design: Cummins, Engine Builder: Cummins 1 x VT-1710M, 4 Stroke 12Cy. 140 x 152, Mcr: 515 kW			
Design: Wartsila, Engine Builder: Wartsila2 2 x 6R22, 4 Stroke 6Cy. 220 x 240, Mcr: 950 kW			
BOILERS			
Boilers: 4 x Exhaust gas eEconomisers, 2 x Auxiliary boilers			
AUXILIARY GENERATORS			
Aux Generator: 4 x 6,000kW 6,600V , 2 x 908kW 450V 60Hz a.c.			
BUNKERS			
Fuel:Capacity - Distillate Fuel: 214 tonnes, Residual Fuel: 1,964 tonnes. Consumption (total): 110.00 tonnes per day			
THRUSTERS			
Thrusters: 2 Thwart. CP thruster (f) 750kW(1,020bhp)			

© 2013 IHS Global Limited. IHS Global Limited assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or howsoever provided, unless that person has a contract with IHS Global Limited and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions set out in that contract.

Εικόνα 44: Παράδειγμα στοιχείων κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι της Σούδας.

10.4 ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΣΟΥΔΑΣ ΧΑΝΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2013

Εφαρμόστηκε η μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών αέριων ρύπων NO_x, SO₂ και PM_{2.5} που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 8, για το λιμάνι της Σούδας Χανίων για το έτος 2013, υπολογίζοντας ξεχωριστά τις εκπομπές κάθε ρύπου κατά τη φάση των ελιγμών αλλά και της παραμονής στο αγκυροβόλιο.

Το προτεινόμενο φορτίο κύριου και βοηθητικού κινητήρα πλοίων κρουαζιέρας για δραστηριότητες εντός του λιμένα, δηλαδή για ελιγμούς και για παραγωγή ενέργειας σε θέση αγκυροβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του υπόλοιπου του χρόνου, δείχνονται στον Πίνακα 11.

Οι συντελεστές εκπομπών που αντιστοιχούν στη λειτουργία των κύριων και βοηθητικών κινητήρων με συγκεκριμένα καύσιμα, κατά τη διάρκεια ελιγμών σε λιμάνι και σε θέση αγκυροβολίας, φαίνονται στον Πίνακα 12.

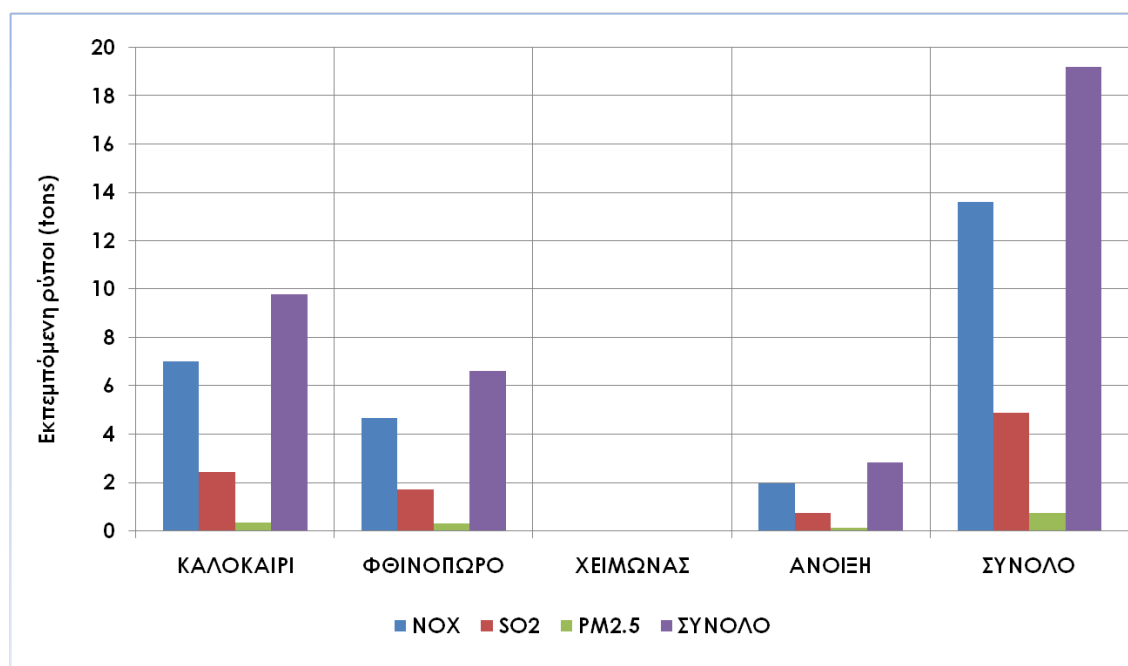
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την υπολογιστική μέθοδο:

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	6,996	4,645	0	1,955	13,596
	SO ₂	2,433	1,699	0	0,730	4,863
	PM _{2.5}	0,336	0,281	0	0,129	0,746
	Σύνολο	9,765	6,625	0	2,814	19,205

Πίνακας 34: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.

10.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Η εποχιακή διακύμανση των εκπομπών των πλοίων, σύμφωνα με το είδος του εκπεμπόμενου ρύπου παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 11.



Διάγραμμα 11: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.

Από το παραπάνω Διάγραμμα 11 παρατηρούμε τα εξής:

- Το χειμώνα δεν έχουμε προσεγγίσεις κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι της Σούδας και κατά συνέπεια οι αντίστοιχες εκπομπές είναι μηδενικές.
- Οι εκπομπές NO_x – μετρούμενες σε τόνους εκπεμπόμενης μάζας - είναι κυρίαρχες κατά τη διάρκεια του έτους, ακολουθούν οι εκπομπές του SO₂ και τρίτες έρχονται οι εκπομπές των PM_{2.5}.
- Η εκπεμπόμενη μάζα SO₂ και PM_{2.5} ήταν σε όλες τις εποχές περίπου 36,0% και 6,0% αντίστοιχα των εκπομπών NO_x.
- Οι εκπομπές του συνόλου των ρύπων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ήταν οι υψηλότερες από όλες τις άλλες εποχές. Το φθινόπωρο οι

αντίστοιχες εκπομπές έπεσαν στο 70% περίπου των καλοκαιρινών, το χειμώνα μηδενίστηκαν και την άνοιξη ανήλθαν στο 30% των καλοκαιρινών επιπέδων.

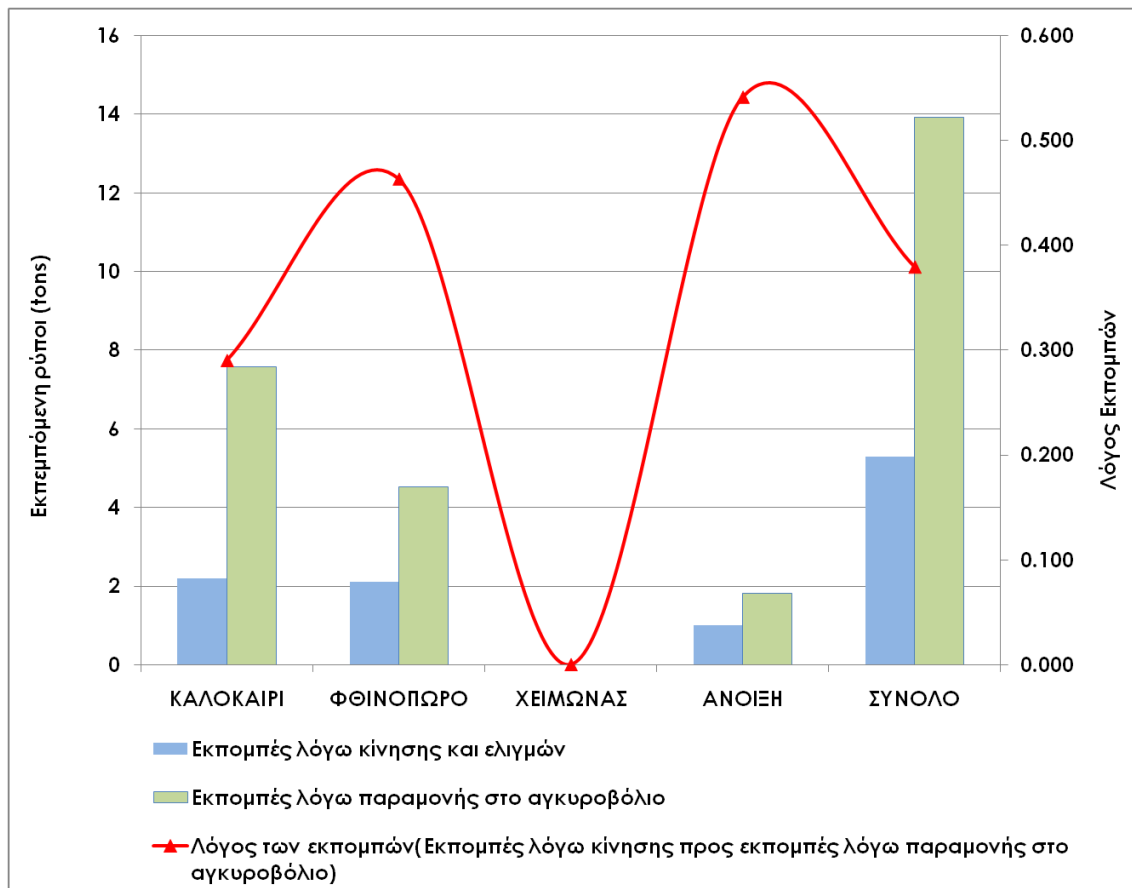
- Η ευρεία εποχιακή διακύμανση των εκπομπών στο λιμάνι της Σούδας οφείλεται αφενός στην αυξημένη κίνηση κατά τους θερινούς μήνες και αφετέρου και κυρίως στις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά την παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο αγκυροβόλιο, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη μέθοδο υπολογισμού των εκπομπών με τον συντελεστή φορτίου κινητήρα (κύριου και βοηθητικού).
2. Η εποχιακή διακύμανση των εκπομπών των πλοίων από ελιγμούς και από την παραμονή στο αγκυροβόλιο, συνολικά για τους εκπεμπόμενους ρύπους NO_x, SO₂ και PM_{2.5}, παρουσιάζονται στον Πίνακα 35 και στο Διάγραμμα 12.

Κατανομή ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας						
		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
NO _x + SO ₂ + PM _{2.5}	Εκπομπές λόγω κίνησης και ελιγμών	2,196	2,097	0	0,988	5,281
	Εκπομπές λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο	7,570	4,528	0	1,826	13,924
	Λόγος των εκπομπών(Εκπομπές λόγω κίνησης προς εκπομπές λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο)	0,290	0,463	0	0,541	0,379

Πίνακας 35: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.

Από το παρακάτω Διάγραμμα 12 παρατηρούμε τα εξής:

- Κατά τη διάρκεια του έτους, οι εκπομπές των πλοίων στο αγκυροβόλιο ήταν 3,5 φορές υψηλότερες το καλοκαίρι, από εκείνες που παράγονται λόγω κίνησης και ελιγμών των πλοίων και διπλάσιες το φθινόπωρο και την άνοιξη.
- Όπως ήταν αναμενόμενο, οι εκπομπές στο αγκυροβόλιο ήταν υψηλότερες το καλοκαίρι, όταν η ζήτηση ισχύος της βοηθητικής μηχανής για τις ξενοδοχειακές υπηρεσίες κορυφώνεται.
- Ο λόγος εκπομπών λ = εκπομπές από κίνηση και ελιγμούς / εκπομπές από παραμονή στο αγκυροβόλιο, αυξάνεται τους μη καλοκαιρινούς μήνες και μειώνεται το καλοκαίρι, παρόλο που η επισκεψιμότητα στο λιμάνι είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι (όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 13). Αυτό συμβαίνει διότι η αύξηση των εκπομπών από παραμονή στο αγκυροβόλιο είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των ελιγμών.



Διάγραμμα 12: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.

3. Η κατανομή εκπομπών των κρουαζιερόπλοιων σε τόνους ανά ρύπο και ανά μήνα - συνολικά από κίνηση και ελιγμούς εντός του λιμένα και από την παραμονή στο αγκυροβόλιο - , συνολικά για τους εκπεμπόμενους ρύπους NO_x , SO_2 και $PM_{2.5}$, παρουσιάζονται στον Πίνακα 34 και στο Διάγραμμα 13.

	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.
Προσ/σεις πλοίων	0	0	0	1.000	7.000	6.000	5.000	6.000	5.000	9.000	4.000	0
Χρόνος Παρ/νής	0	0	0	8.000	54.000	47.000	37.000	48.000	43.000	78.000	39.000	0
NO_x	0	0	0	0.173	1.782	2.860	1.384	2.753	1.359	2.663	0.624	0
SO_2	0	0	0	0.071	0.659	0.975	0.502	0.956	0.503	0.960	0.236	0
$PM_{2.5}$	0	0	0	0.016	0.113	0.124	0.081	0.131	0.086	0.152	0.043	0

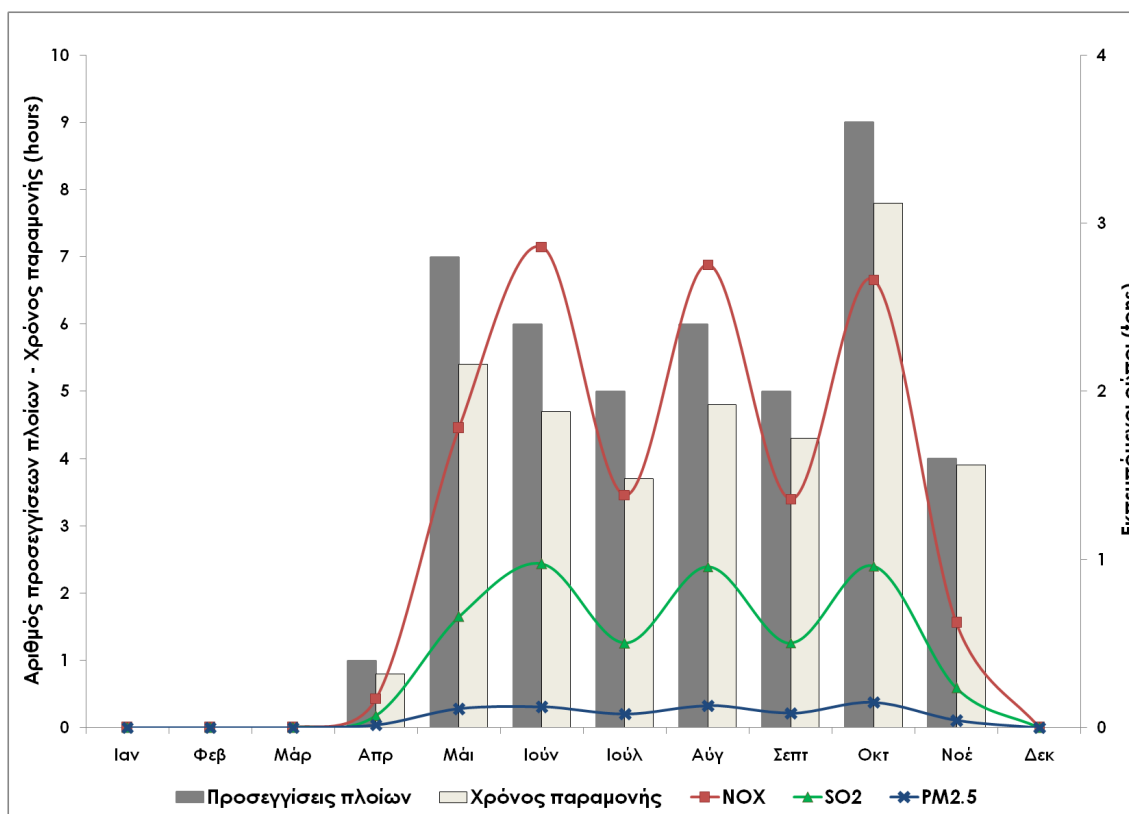
Πίνακας 36: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013

Από τον Πίνακα 36 και το παρακάτω Διάγραμμα 13 παρατηρούμε τα εξής:

- Κατά τη διάρκεια του έτους, οι προσεγγίσεις στο λιμάνι της Σούδας και ο χρόνος παραμονής των κρουαζιερόπλοιων μηδενίζονται από το Δεκέμβριο μέχρι το Μάρτιο, αυξάνονται σταδιακά την άνοιξη, παραμένοντας σε

υψηλά επίπεδα κατά τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες με αποκορύφωμα τον Οκτώβριο. Λόγω του μειωμένου αριθμού προσεγγίσεων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παρατηρούμε διακυμάνσεις των επιπέδων των εκπομπών ακόμα και μέσα στην ίδια εποχή γεγονός που δεν φανερώνει κάποια εποχιακή τάση. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι εκπομπές του Οκτωβρίου είναι περίπου ίσες με τις τιμές του Μαΐου και του Αυγούστου.

- Κατά τους θερινούς μήνες - όπως ήταν αναμενόμενο - οι εκπομπές κάθε ρύπου είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες όλης της υπόλοιπης χρονιάς. Ιδιαίτερως τον Ιούνιο σημειώνουν τις υψηλότερες τιμές. Αυτό οφείλεται αφενός στην αυξημένη κίνηση κατά τους θερινούς μήνες και αφετέρου και κυριότερα στις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά την παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο αγκυροβόλιο, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη μέθοδο υπολογισμού των εκπομπών με τον συντελεστή φορτίου κινητήρα (κύριου και βοηθητικού). Οι συντελεστές φορτίου είναι αυξημένοι κατά τους θερινούς μήνες.
- Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι τον Οκτώβριο παρόλο που έχουμε την υψηλότερη επισκεψιμότητα στο λιμάνι και τον υψηλότερο χρόνο παραμονής, οι τιμές των εκπομπών είναι σχεδόν ίσες με αυτές του Ιουνίου και του Αυγούστου. Αυτό καταδεικνύει ότι ο Load Factor είναι εξαιρετικά σημαντικός κατά τον υπολογισμό των εκπομπών.
- Γνωρίζουμε ότι ο συντελεστής φορτίου αλλάζει κατά τους θερινούς μήνες. Παρατηρούμε λοιπόν ότι μεταξύ του Μαΐου και του Ιουνίου ενώ οι προσεγγίσεις και οι χρόνοι παραμονής είναι σχεδόν ίσοι, η αύξηση των εκπομπών και ιδιαίτερα του NO_x είναι πολύ μεγάλη. Αντίστοιχο φαινόμενο παρατηρούμε και με τις εκπομπές κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο, οπότε το Σεπτέμβριο οι εκπομπές μειώνονται σημαντικά λόγω της μείωσης του συντελεστή φορτίου.
- Στο Διάγραμμα 13 οι ώρες παραμονής έχουν απεικονιστεί διαιρεμένες δια του 10. Οι τιμές που απεικονίζουν τις εκπεμπόμενες ποσότητες ρύπων - NO_x , SO_2 και $\text{PM}_{2.5}$ - δεν αποτελούν τιμές κάποιας συνάρτησης. Έχουν ενωθεί με μια καμπύλη για να παρουσιαστεί η τάση διακύμανσης του κάθε ρύπου χρονικά.

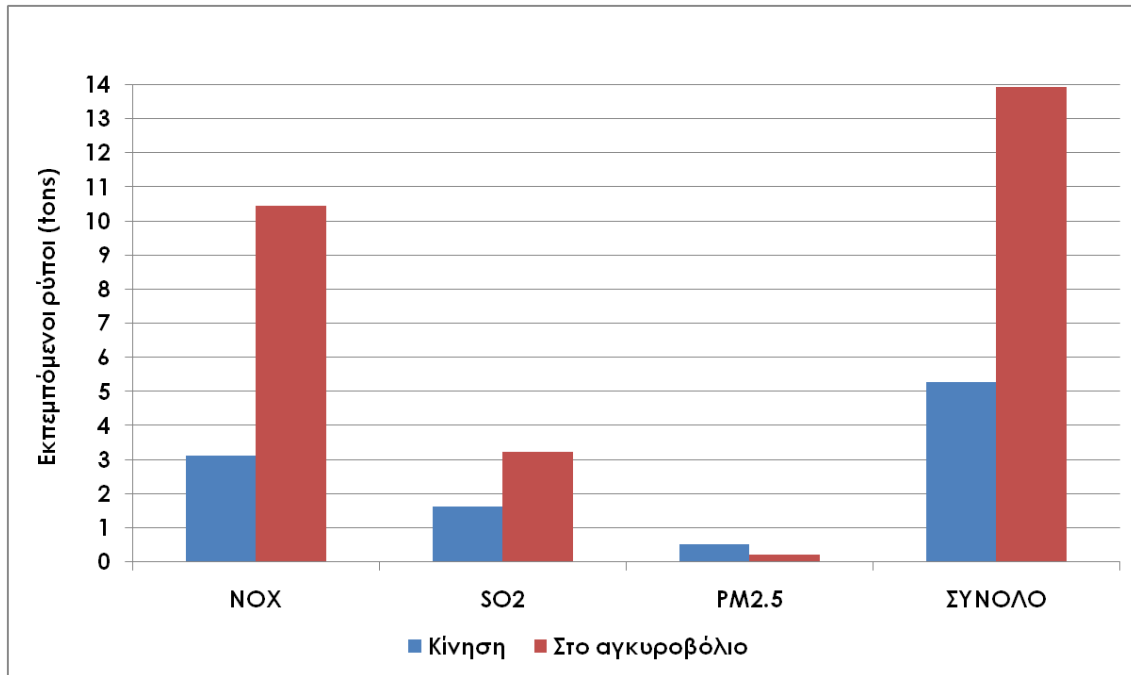


Διάγραμμα 13: Αριθμός κλήσεων και κατανομή εκπομπών σε τόνους ανά είδος και ανά μήνα στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.

4. Στην παράγραφο αυτή μπορούμε να δούμε τους εκπεμπόμενους ρύπους ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι της Σούδας.

Εκπομπές ανά ρύπο κατά την διάρκεια των διαφορετικών φάσεων λειτουργίας για ολόκληρο το 2013				
		Κίνηση/Ελιγμοί	Στο αγκυροβόλιο	Κίνηση+Αγκυροβόλιο
Εκπεμπόμενοι ρύποι (tons)	NO _x	3,135	10,461	13,596
	SO ₂	1,627	3,236	4,863
	PM _{2.5}	0,520	0,226	0,746
	Σύνολο	5,281	13,924	19,205

Πίνακας 37: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά φάση λειτουργίας στο λιμάνι της Σούδας Χανίων κατά το έτος 2013.



Διάγραμμα 14: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι της Σούδας Χανίων.

Από τον Πίνακα 37 και το παραπάνω Διάγραμμα 14 παρατηρούμε τα εξής:

- Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές NO_x είναι τριπλάσιες από τις αντίστοιχες SO₂ και εικοσαπλάσιες από τις εκπομπές PM_{2.5}, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 37.
 - Οι ετήσιες εκπομπές NO_x λόγω κίνησης και ελιγμών είναι διπλάσιες από τις αντίστοιχες SO₂ και εξαπλάσιες από τις εκπομπές PM_{2.5}.
 - Οι ετήσιες εκπομπές NO_x λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο είναι επίσης τριπλάσιες από τις αντίστοιχες SO₂ και 46 φορές περισσότερες από τις εκπομπές PM_{2.5}.
 - Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές από παραμονή στο αγκυροβόλιο από όλους τους ρύπους μαζί -NO_x, SO₂, PM_{2.5}- είναι διπλάσιες από τις αντίστοιχες εκπομπές λόγω κίνησης και ελιγμών. Αυτό συμβαίνει διότι κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο οι βοηθητικές μηχανές λειτουργούν διαρκώς για να καλύψουν τις ξενοδοχειακές ανάγκες, καταναλώνοντας πετρέλαιο ντίζελ (Marine Diesel Oil), το οποίο δεν είναι φιλικό προς το περιβάλλον.
5. Στην παράγραφο αυτή μπορούμε να δούμε την ποσοστιαία συμβολή των εκπεμπόμενων -εντός του λιμένος της Σούδας- ρύπων, ανά είδος για το 2013, σε σχέση με τις εκπομπές από μεταφορές στην Ελλάδα και στη Μεσόγειο θάλασσα.

Εκπεμπόμενος ρύπος	Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι της Σούδας	
	Ελλάδα (από μεταφορές)	Μεσόγειος Θάλασσα (εκπομπές από ναυτιλία)
NO _x	0,14‰	0,01‰
SO ₂	0,20‰	0,006‰
PM _{2.5}	-	0,008‰

Πίνακας 38: Συμβολή των εκπεμπόμενων ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι της Σούδας Χανίων το 2013

- Σύμφωνα με την ετήσια απογραφή της Ελλάδας, η οποία υποβλήθηκε στα πλαίσια της σύμβασης και του πρωτόκολλου του Κυότο για τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, για τα έτη 1990 έως 2012 (ΥΠ.ΠΕΡΙΒ, 2014 – UNFCCC Inventory), η εθνική μας απογραφή εκπομπών NO_x και SO₂ από τις μεταφορές για το 2012, αναφέρθηκε να είναι 101.020 και 25.360 τόνους, αντίστοιχα.

Ως εκ τούτου, η ναυτιλιακή δραστηριότητα των κρουαζιερόπλοιων στο επιβατικό λιμάνι της Σούδας συμβάλλει το 2013 μόνο με **0,14‰** και **0,20‰** στην εθνική μας απογραφή εκπομπών NO_x και SO₂ από μεταφορές, αντίστοιχα.

- Τέλος, όσον αφορά την καταγραφή των εκπομπών από τη ναυτιλία στη Μεσόγειο Θάλασσα, οι εκπομπές NO_x, SO₂ και PM_{2.5} για το 2005 ήταν 1.448, 862 και 98 χιλιάδες τόνους, αντίστοιχα [18]. Επομένως, οι εκπομπές NO_x, SO₂ και PM_{2.5} που οφείλονται στις δραστηριότητες κρουαζιερόπλοιων στο επιβατικό λιμάνι του της Σούδας αποτελούν **0,01‰**, **0,006‰** και **0,008‰** του συνόλου των εκπομπών στη Μεσόγειο από τη ναυτιλία.
Οι ανωτέρω συγκρίσεις εκπομπών παρουσιάζονται στον Πίνακα 38.

6. Στην παράγραφο αυτή εξετάζουμε το εξωτερικό κόστος των εκπομπών των αέριων ρύπων NO_x, SO₂, PM_{2.5} από το λιμάνι της Σούδας.

Στην πόλη των Χανίων, με πληθυσμό περίπου **108.642 άτομα** (απογραφή 2011), τα επικαιροποιημένα αστικά κόστη των **SO₂** και **PM_{2.5}** που φαίνονται στον Πίνακα 16 να είναι για πόλη με πληθυσμό 100.000 ατόμων αντίστοιχα **8.635€/τόνο** και **47.494€/τόνο** αυξάνονται γραμμικά (x1,09) σε **9.412** και **51.768 € ανά εκπεμπόμενο τόνο**, αντίστοιχα.

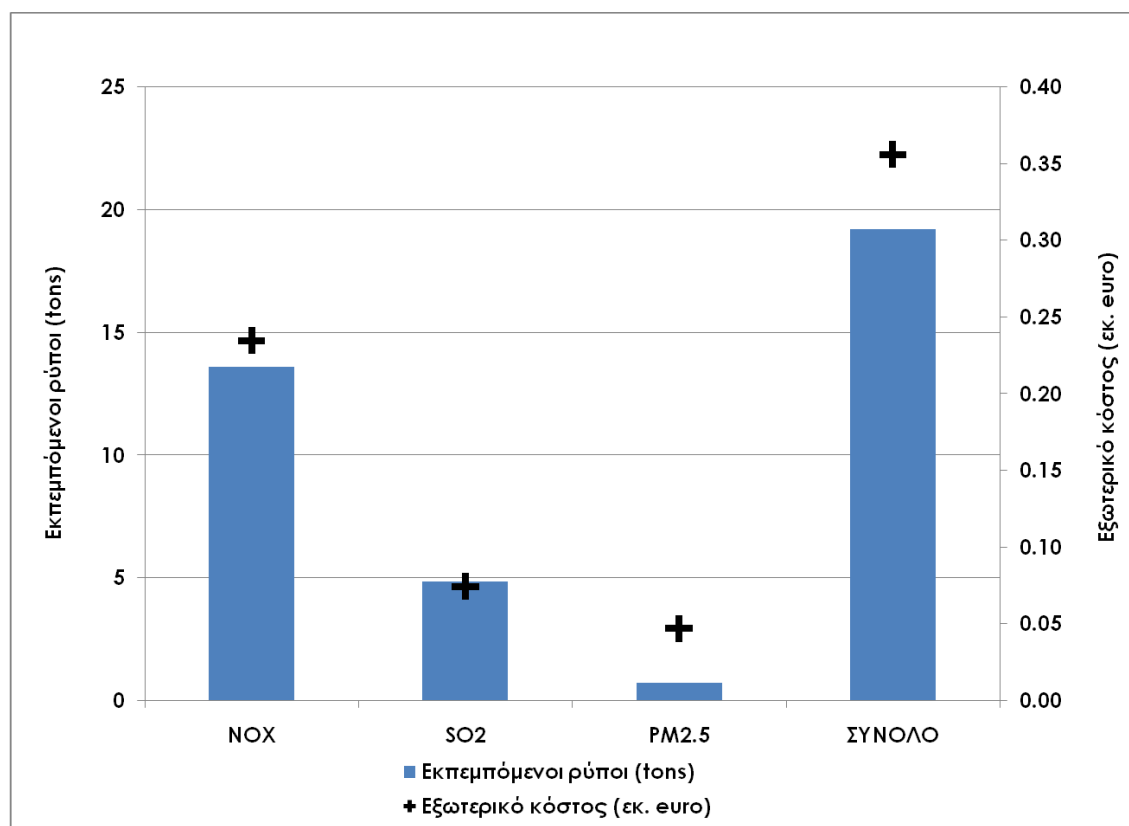
Το αστικό εξωτερικό κόστος των εκπομπών σε **NO_x** είναι ίδιο με το υπαίθριο, άρα επικαιροποιημένο είναι ίσο **8.635 €** ανά εκπεμπόμενο τόνο. Προσθέτοντας τις τιμές του υπαίθριου εξωτερικού κόστους για την Ελλάδα και του αστικού κόστους για τη Σούδα, οι εξωτερικοί παράγοντες κόστους των εκπομπών των πλοίων σε SO₂, NO_x και PM_{2.5} στο λιμάνι της Σούδας γίνονται αντίστοιχα **15.312**, **17.270** και **62.994€ ανά εκπεμπόμενο τόνο**, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 39.

Εξωτερικοί παράγοντες κόστους των εκπομπών των πλοίων στο λιμάνι της Σούδας για το έτος 2013 (€/τόνο)			
	SO ₂	NO _x	PM _{2.5}
Τιμές αγροτικού εξωτερικού κόστους	5.900	8.635	11.226
Τιμές αστικού εξωτερικού κόστους (ανεξαρτήτως πληθυσμού)	-	8.635	-
Τιμές αστικού εξωτερικού κόστους (για τη Σούδα με πληθυσμό 108.642 ατόμων)	9.412	-	51.768
Σύνολο	15.312	17.270	62.994

Πίνακας 39: Παράγοντες εξωτερικού κόστους των εκπομπών στην πόλη της Σούδας Χανίων σε τιμές του έτους 2013.

Εκπομπές ρύπων από την ναυτιλία και το εξωτερικό τους κόστος				
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο ακυροβόλιο		Εκπεμπόμενοι ρύποι (tons)	Εξωτερικό κόστος (εκ. ευρο)	Εξωτερικό κόστος (ευρο/ton)
	NO _x	13,596	0,234804	17.270
	SO ₂	4,863	0,074460	15.312
	PM _{2.5}	0,746	0,046971	62.994
	ΣΥΝΟΛΟ	19,205	0,356235	

Πίνακας 40: Παράγοντες εξωτερικού κόστους και συνολικό κόστος σε εκ. € των εκπομπών στην πόλη της Σούδας Χανίων, σε τιμές του έτους 2013.



Διάγραμμα 15: Εκπεμπόμενοι ρύποι ανά είδος και ανά φάση λειτουργίας για ολόκληρο το 2013 στο λιμάνι της Σούδας Χανίων.

Από τον Πίνακα 40 και το παραπάνω Διάγραμμα 15 παρατηρούμε τα εξής:

- Τα εξωτερικά κόστη που συνδέονται με τις ζημιές που επιβάλλουν οι εκπομπές των κρουαζιερόπλοιων κυρίως στην ανθρώπινη υγεία και στο δομημένο περιβάλλον γύρω από το επιβατικό λιμάνι της Σούδας βρέθηκαν να είναι αρκετά σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, το συνολικό εξωτερικό κόστος αποτιμήθηκε σε σχεδόν **0,36 εκατομμύρια €**, ενώ η συνεισφορά του κάθε ρύπου ήταν περίπου **0,235**, **0,074** και **0,047 εκατομμύρια €** για το **NO_x**, **SO₂** και **PM_{2.5}**, αντίστοιχα.
 - Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η βλαβερή επίδραση των εκπομπών PM_{2.5} είναι πολύ μεγάλη, δεδομένου ότι παρά το χαμηλό επίπεδο των εκπομπών τους παρουσιάζουν σημαντικά εξωτερικά κόστη. Αυτά τα κόστη είναι υψηλά, επειδή συνδέονται κυρίως με πνευμονικές χρόνιες και θανατηφόρες ασθένειες. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί ότι η σημερινή νομοθεσία του IMO (International Maritime Organization) και της ΕΕ δεν έχει καμία ειδική διάταξη για περιοριστικά πρόστιμα για ρύπανση από PM (δηλαδή PM_{2.5}), που προκαλείται από τα πλοία.
- 7. Βάσει της ετήσιας καταγραφής του ΕΛΙΜΕ της επιβατικής κυκλοφορίας στα κρουαζιερόπλοια του λιμένα Σούδας Χανίων για το 2013, ο συνολικός αριθμός επιβατών ήταν 124.205, οι προσεγγίσεις είναι 43, ο συνολικός αριθμός των πλοίων που κατέπλευσαν 7 και οι συνολικές ώρες στο αγκυροβόλιο 354 hr.**
- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Σούδας Χανίων το 2013 είναι:
 $19,205 \text{ tons} / 43 \text{ προσεγγίσεις} = 0,447 \text{ tons} / \text{προσέγγιση}$
 - Ο λόγος των ωρών παραμονής των πλοίων στο αγκυροβόλιο ανά προσέγγιση πλοίου είναι το 2013:
 $354 \text{ hr} / 43 \text{ προσεγγίσεις} = 8,23 \text{ hr} / \text{προσέγγιση}$
 - Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Σούδας Χανίων το 2013 είναι:
 $13,596 \text{ tons} / 43 \text{ προσεγγίσεις} = 0,316 \text{ tons} / \text{προσέγγιση}$
 - Ο λόγος των εκπομπών SO₂ ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Σούδας Χανίων το 2013 είναι:
 $4,863 \text{ tons} / 43 \text{ προσεγγίσεις} = 0,113 \text{ tons} / \text{προσέγγιση}$
 - Ο λόγος των εκπομπών PM_{2.5} ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Σούδας Χανίων το 2013 είναι:
 $0,746 \text{ tons} / 43 \text{ προσεγγίσεις} = 0,017 \text{ tons} / \text{προσέγγιση}$
 - Ο λόγος των επιβατών ανά προσέγγιση πλοίου στο λιμένα Σούδας Χανίων είναι το 2013:
 $124.205 \text{ επιβάτες} / 43 \text{ προσεγγίσεις} = 2.888,49 \text{ επιβάτες} / \text{προσέγγιση}$
 - Το εξωτερικό κόστος ανά επιβάτη στο λιμένα Σούδας Χανίων είναι το 2013 βρέθηκε να είναι κατά μέσο όρο περίπου:
 $0,36 \text{ εκατομμύρια €} / 124.205 \text{ επιβάτες} = 2,90 \text{ €} / \text{επιβάτη}$.
 - Υποθέτοντας μια μέση τιμή των ναύλων 1000€ / επιβάτη κρουαζιέρας, η «εσωτερίκευση» του εξωτερικού κόστους της ρύπανσης του αέρα που

παράγεται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμένα Σούδας Χανίων είναι το 2013:, θα οδηγήσει σε μια μέση αύξηση των τιμών κατά 2,90 %.

- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά επιβάτη πλοίου είναι στο λιμένα Σούδας Χανίων είναι το 2013:

$$19.205 \text{ kg} / 124.205 = 0,155 \text{ kg} / \text{επιβάτη}$$

- Ο λόγος των συνολικών εκπομπών ανά κάτοικο στο λιμένα Σούδας Χανίων είναι το 2013:

$$19.205 \text{ kg} / 108.642 = 0,177 \text{ kg} / \text{κάτοικο}$$

- Ο λόγος των εκπομπών NO_x ανά κάτοικο στο λιμένα Σούδας Χανίων είναι το 2013:

$$13.596 \text{ kg} / 108.642 = 0,125 \text{ kg} / \text{κάτοικο}$$

- Ο λόγος των εκπομπών SO₂ ανά κάτοικο στο λιμένα Σούδας Χανίων είναι το 2013:

$$4.863 \text{ kg} / 108.642 = 0,045 \text{ kg} / \text{κάτοικο}$$

- Ο λόγος των εκπομπών PM_{2.5} ανά κάτοικο στο λιμένα Σούδας Χανίων είναι το 2013:

$$746 \text{ kg} / 108.642 = 0,007 \text{ kg} / \text{κάτοικο}$$

8. Σύγκριση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα από τα λιμάνια του Πειραιά και της Σούδας ευρίσκεται στο συγκεντρωτικό Πίνακα 41, καθώς και περαιτέρω σχολιασμός και συμπεράσματα στην Παράγραφο 10.7

10.6 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ

Συγκριτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων Εκπομπών Λιμένων					
	Πειραιάς 2013	Ηράκλειο 2013	Χανιά 2013	Πειραιάς 2009	Ηράκλειο 2012
Συνολικές Εκπομπές (tons)	576,892	110,339	19,205	830	68,730
Εκπομπές NO _x (tons)	423,875	81,036	13,596	570	50,90
Εκπομπές SO ₂ (tons)	138,674	26,541	4,863	230	16,38
Εκπομπές PM _{2.5} (tons)	14,344	2,762	0,746	30	1,46
Αριθμός Κατοίκων (απογραφή 2011)	164.000	173.993	108.642	175.697	175.993
Προσεγγίσεις	711	172	43	902	104
Ώρες στο Αγκυροβόλιο (hr)	8.808,549	1.538,26	354,00	-	794,79
Συνολικές Εκπομπές (tons)/ Προσέγγιση	0,811	0,642	0,447	0,92	0,661
Ώρες στο Αγκυροβόλιο (hr)/ Προσέγγιση	12,40	8,94	8,23	10,40	7,64
Εκπομπές NO _x (tons)/ Προσέγγιση	0,596	0,470	0,316	0,63	0,489
Εκπομπές SO ₂ (tons)/ Προσέγγιση	0,195	0,154	0,113	0,26	0,158
Εκπομπές PM _{2.5} (tons)/ Προσέγγιση	0,020	0,016	0,017	0,033	0,014
Επιβάτες/ Προσέγγιση	1.832,04	1.569,88	2.888,49	1.773,84	1795,03
Εξωτερικό Κόστος (€)/ Επιβάτη	8,75	8,22	2,90	10,44	7,33
Μέση Αύξηση των Τιμών Ναύλων	8,75%ο	8,22%ο	2,90%ο	10,44%ο	7,33%
Συνολικές Εκπομπές (kg)/ Επιβάτη	0,443	0,409	0,155	0,519	0,368
Συνολικές Εκπομπές (kg)/ Κάτοικο	3,52	0,634	0,177	4,72	0,395
Εκπομπές NO _x (kg)/ Κάτοικο	2,58	0,466	0,125	3,24	0,290
Εκπομπές SO ₂ (kg)/ Κάτοικο	0,85	0,153	0,045	1,31	0,094
Εκπομπές PM _{2.5} (kg)/ Κάτοικο	0,087	0,016	0,007	0,17	0,008
Συμβολή NO _x ΕΠΑ	1,5%			2,02%	
Συμβολή SO ₂ ΕΠΑ	11,0%			18,15%	
Συμβολή PM _{2.5} ΕΠΑ	2,1%			4,44%	
Συμβολή NO _x Ελλάδα	0,42%	0,8%	0,14%	0,56%	0,5%ο
Συμβολή SO ₂ Ελλάδα	0,55%	1,05%	0,20	0,91%	0,65%ο
Συμβολή NO _x Μεσόγειος	0,3%ο	0,06%ο	0,01%ο	0,40%ο	0,035%ο
Συμβολή SO ₂ Μεσόγειος	0,16%ο	0,03%ο	0,006%ο	0,27%ο	0,019%ο
Συμβολή PM _{2.5} Μεσόγειος	0,15%ο	0,028%ο	0,008%ο	0,31%ο	0,015%ο

Πίνακας 41: Συγκεντρωτικός Συγκριτικός Πίνακας

10.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνολικά, σε λιμάνια - πόλεις όπως ο Πειραιάς, το Ηράκλειο και η Σούδα η ανάγκη να εισήχθη αυστηρός έλεγχος των εκπομπών που παράγονται από τα πλοία, πέρα από εκείνον που υπαγορεύεται από η ισχύουσα οδηγία 2005/33/EU και 2012/33/EU καθίσταται απολύτως αναγκαία.

Όσον αφορά την αξιοπιστία της απογραφής εκπομπών και της εκτίμησης εξωτερικότητων, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η δραστηριότητα των πλοίων σε λιμάνι, η χρήση του κινητήρα (φορτίο και καύσιμα), οι συντελεστές εκπομπών και οι εξωτερικοί παράγοντες κόστους βασίζονται σε πολυάριθμες υποθέσεις που γίνονται μέσω άλλων ερευνητών, καθώς και από τον υποφαινόμενο συγγραφέα. Οι υποθέσεις αυτές χαρακτηρίζονται σίγουρα από σημαντική αβεβαιότητα και ως εκ τούτου μπορούν να επηρεάσουν την αξιοπιστία των υπολογιζόμενων εκπομπών και των εξωτερικότητων. Ειδικά, όσον αφορά την εκτίμηση εξωτερικότητας, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η υποτίμηση είναι πολύ πιθανή, δεδομένου ότι στον πληθυσμό που εκτίθεται καθημερινά στους παραγόμενους από τα πλοία ρύπους πρέπει να περιλαμβάνονται καθημερινά οι επισκέπτες και οι εργαζόμενοι. Κάτι τέτοιο δημιουργεί σημαντικά υψηλότερο αριθμό επηρεαζόμενων ατόμων (σχεδόν διπλάσιο) από εκείνον που αντιστοιχεί στους κατοίκους του Πειραιά.

Επιπλέον, αν και οι εφαρμοζόμενοι παράγοντες εξωτερικού κόστους χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές ερευνητικές μελέτες, αναγνωρίζεται ότι υπάρχει επαρκές περιθώριο για βελτίωση μέσω της διεύρυνσης του εύρους των ζημιών που προκύπτουν και την λεπτομερέστερη αξιολόγηση του αντίκτυπού τους. Ειδικότερα, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η εφαρμοζόμενοι εξωτερικοί παράγοντες δεν περιλαμβάνουν τα μνημεία της πολιτιστικής αξίας (όπως είναι οι αρχαιότητες), για τα οποία η περιφέρεια της Αττικής (Πειραιάς και Αθήνα) δείχνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αειφορία τους.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι εκτός από την ανάπτυξη βελτιωμένων και τυποποιημένων μεθόδων, πιο ακριβή στοιχεία (πλοίων και δραστηριότητας μηχανών, συντελεστών εκπομπών και εξωτερικών παραγόντων κόστους), προκειμένου να βελτιωθεί η παρακολούθηση και ο έλεγχος των απογραφών των εκπομπών και ο έλεγχος του εξωτερικού κόστους προς την αποτελεσματική χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής όσον αφορά τη διεθνή, ευρωπαϊκή και εθνική ναυτιλία.

Επίσης, σε ένα λιμάνι - πόλης όπως το Ηράκλειο στις εκπομπές καυσαερίων των πλοίων και των αυτοκινήτων, προστίθενται οι εκπομπές από τις αεροπορικές μεταφορές, επιβαρύνοντας την ατμόσφαιρα της πόλης του Ηρακλείου, καθώς το αεροδρόμιο βρίσκεται σε κοντινή απόσταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

11 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΛΙΜΕΝΕΣ

Υπάρχουν πολλές τεχνικά και οικονομικά εφικτές προτάσεις για τη μείωση των εκπομπών από τη ναυτιλία εντός των λιμένων και συγκεκριμένα από τα κρουαζιερόπλοια.

Οι τεχνικές αυτές είναι συνήθως και οικονομικά συμφέρουσες σε σύγκριση με το προκαλούμενο εξωτερικό και εσωτερικό κόστος των παραγόμενων από τα πλοία εκπομπών.

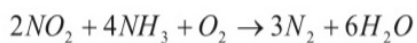
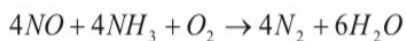
Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε τις παρακάτω τεχνικές λύσεις:

1. **Εσωτερικές μετατροπές βελτίωσης κινητήρα.** Οι κατασκευαστές κινητήρων χρησιμοποιούν κάποιες από τις παρακάτω αναφερόμενες μεθόδους ή συνδυασμό αυτών, προκείμενου να ελαχιστοποιήσουν τις ρυπογόνους εκπομπές καυσαερίων και να συμμορφωθούν με τις τελευταίες απαιτήσεις της νομοθεσίας του ΙΜΟ και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με συνδυασμό των παρακάτω μεθόδων μπορεί να επιτευχθεί 20 – 40% μείωση των εκπομπών NO_x:
 - **Μείωση της θερμοκρασίας και πίεσης κορυφής στον κύλινδρο του κινητήρα,** οπότε μειώνονται οι εκπομπές NO_x.
 - **Βελτιστοποίηση της ανάφλεξης.** Επιβραδύνοντας τη στιγμή ψεκασμού του καυσίμου, μειώνονται οι εκπομπές NO_x.
 - **Βελτιστοποίηση ψεκασμού καυσίμου.** Η πιο κοινή μέθοδος για τη ρύθμιση του ψεκασμού καυσίμου είναι η αλλαγή των συμβατικών βαλβίδων καυσίμου με βαλβίδες ολίσθησης χαμηλού NO_x. Με τις βαλβίδες ολίσθησης οι εκπομπές NO_x μειώνονται κατά 20%.
 - **Τεχνολογία common rail.** Είναι μια προηγμένη τεχνολογία ψεκασμού καυσίμου, η οποία στοχεύει σε μεγαλύτερη έλεγχο του ψεκασμού καυσίμου για τη βελτίωση των εκπομπών – κυρίως NO_x - και τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης του κινητήρα.
 - **Ο κύκλος Miller.** Ο κύκλος Miller είναι εξέλιξη του κύκλου του Otto Τα αλλαγμένα χαρακτηριστικά από το συμβατικό κινητήρα είναι η χαμηλότερη αναλογία συμπίεσης, η υψηλή πίεση τούρμπο, ο μεταβλητός συγχρονισμός των βαλβίδων εισαγωγής και ψύξης του αέρα. Με την τεχνολογία αυτή περικόπτονται οι εκπομπές NO_x και την ίδια στιγμή η κατανάλωση καυσίμου διατηρείται ανεπηρέαστη ή και ελαφρώς μειωμένη.
2. **Τροποποιήσεις της λειτουργίας του κινητήρα.** Για να επιτευχθούν μεγαλύτερες μειώσεις των εκπομπών NO_x από εκείνες που επιτυγχάνονται με τις εσωτερικές μετατροπές του κινητήρα, απαιτούνται και τροποποιήσεις της λειτουργίας του. Τροποποιήσεις της λειτουργίας του κινητήρα σημαίνουν την εισαγωγή νέων ουσιών κατά τη διαδικασία της καύσης. Οι ουσίες αυτές περιλαμβάνουν νερό, ουρία ή ανακυκλωμένα καυσαέρια:
 - **Ψεκασμός νερού.** Η προσθήκη του νερού στη διαδικασία καύσης είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για τη μείωση του NO_x, καθώς το νερό μειώνει τις μέγιστες θερμοκρασίες στο θάλαμο καύσης και επομένως μειώνεται ο σχηματισμός NO_x.

- **Επιλεκτική μη καταλυτική αναγωγή.** Στην επιλεκτική μη καταλυτική αναγωγή (Selective Non Catalytic Reduction) ένας αναγωγικός παράγοντας - αμμωνία NH_3 , ή ουρία $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ - εγχέεται μέσα στο θάλαμο καύσης του κινητήρα και αντιδρά με τα οξείδια του αζώτου που σχηματίζονται κατά την καύση, μετατρέποντάς τους σε άζωτο και νερό.
- **Επανακυκλοφορία καυσαερίων.** Στο σύστημα επανακυκλοφορίας καυσαερίων (Exhaust Gas Recirculation), ένα μέρος των καυσαερίων οδηγείται μέσω ενός φίλτρου, ψύχεται και καταλήγει αέρα του κινητήρα για να επαναχρησιμοποιηθεί. Αυτό θα αλλάξει τις φυσικές ιδιότητες του αέρα στον υπερσυμπιεστή, ώστε να έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα. Έτσι μειώνονται οι μέγιστες θερμοκρασίες και ως εκ τούτου μειώνεται και ο σχηματισμός NO_x κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καύσης.

3. Τεχνολογίες επεξεργασίας καυσαερίων Οι τεχνολογίες αυτές είναι συστήματα που απομακρύνουν τους ρύπους από τα καυσαέρια που βγαίνουν από τον κινητήρα. Τα συστήματα αυτά δεν έχουν καμία παρεμβολή στη λειτουργία του κινητήρα και στο σχηματισμό των εκπομπών.

- **Φιλτράρισμα με θαλασινό νερό.** Το φιλτράρισμα με θαλασινό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μειωθεί η συγκέντρωση του SO_2 στα καυσαέρια. Η μέθοδος βασίζεται στην παρουσία των αλκαλικών ενώσεων (HCO_3 και SO_4) στο θαλασινό νερό. Οι αλκαλικές ενώσεις εξουδετερώνουν τα οξείδια του θείου στο δοχείο φίλτρου και αυτά μεταφέρονται πλέον στο νερό με τη μορφή θειικών ιόντων.
- **Επιλεκτική καταλυτική αναγωγή.** Η επιλεκτική καταλυτική αναγωγή (Selective Catalytic Reduction) είναι μια τεχνική για την απομάκρυνση των οξειδίων του αζώτου από την εξάτμιση καυσαερίων. Αυτό γίνεται με ψεκασμό υδατικής ουρίας ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) ή αμμωνίας (NH_3) ως αναγωγικού μέσου, εντός των καυσαερίων σε μία θερμοκρασία $290 - 350 \text{ }^\circ\text{C}$ και καθώς τα καυσαέρια οδηγούνται μέσω ενός καταλυτικού μετατροπέα. Εκεί η αμμωνία αντιδρά με τα οξείδια του αζώτου και σχηματίζονται άζωτο και νερό. Οι αντιδράσεις είναι οι εξής:



- **Τα φίλτρα σωματιδίων.** Τα σωματίδια μπορούν να αφαιρεθούν από τα καυσαέρια με στροβιλισμό, ηλεκτροστατικά φίλτρα και σακούλες φίλτρου. Ο στροβιλισμός αφαιρεί τα σωματίδια χρησιμοποιώντας τη φυγόκεντρο δύναμη, τα ηλεκτροστατικά φίλτρα χρησιμοποιούν τον ηλεκτρομαγνητισμό και στο σύστημα σακούλας - φίλτρου τα σωματίδια παγιδεύονται στις σακούλες. Αυτές οι μέθοδοι έχουν δοκιμαστεί και στη βιομηχανία. Ωστόσο, καμία από αυτές τις μεθόδους δεν έχει δοκιμαστεί στη ναυτιλία και έτσι δεν είναι γνωστή η αποτελεσματικότητά τους. Επίσης, το κόστος της επένδυσης είναι άγνωστο.
- **Αντιδραστήρια οξειδωσης.** Στη μέθοδο οξειδωσης τα CO και HC στα καυσαέρια οξειδώνονται σε CO_2 και H_2O σε έναν αντιδραστήρα οξειδωσης. Αυτός ο αντιδραστήρας μπορεί να εγκατασταθεί σε συνδυασμό με μία μονάδα SCR. Το δυναμικό μείωσης του αντιδραστήρα οξειδωσης είναι 70%

για τις εκπομπές HC και 90-95% για τις εκπομπές CO. Επίσης, οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων μπορούν να μειωθούν με καταλύτη οξειδωσης.

- 4. Καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.** Οι εκπομπές SO₂ από τα πλοία είναι ανάλογες της περιεκτικότητας σε θείο του καυσίμου που χρησιμοποιούν. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο ο ευκολότερος και φθηνότερος τρόπος για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου, είναι η χρήση καυσίμων με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο. Χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο BFO θεωρείται υψηλότερης ποιότητας, λόγω του ότι προκαλεί μικρότερη φθορά στα μηχανικά μέρη και απαιτείται λιγότερο λάδι λίπανσης και συντήρησης. Αυτό κάνει τον κινητήρα να δουλεύει πιο ομαλά και μειώνει τον κίνδυνο των λειτουργικών προβλημάτων. Επιπλέον, η χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο μειώνει τις εκπομπές σωματιδίων PM. Η μετάβαση στο καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο δεν απαιτεί οποιοσδήποτε τροποποιήσεις του κινητήρα.

Τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο είναι ακριβότερα και κατά συνέπεια αυξάνουν σημαντικά το συνολικό κόστος λειτουργίας του πλοίου. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι να καλυφθεί η αυξανόμενη ζήτηση του BFO χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Η φθηνότερη επιλογή είναι η εκ νέου ανάμειξη, η οποία θα μπορούσε να διαθέσει στην ΕΕ περίπου πέντε εκατομμύρια τόνους BFO με περιεκτικότητα σε θείο 1,5% ή λιγότερο. Το επιπλέον κόστος αυτής της επιλογής είναι 10-16 € ανά τόνο.

Ωστόσο, δεν είναι πιθανό ότι σημαντικές ποσότητες BFO με λιγότερο από 0,5% σε θείο θα μπορούσαν να διατεθούν με αυτή τη μέθοδο.

Η δεύτερη επιλογή είναι η επεξεργασία των χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο αργού πετρελαίου. Το εκτιμώμενο κόστος αυτής της μεθόδου θα ήταν 40-45 € ανά τόνο.

Η πιο ακριβή επιλογή είναι η αποθείωση του BFO. Αυτή η μέθοδος απαιτεί νέες επενδύσεις στο διυλιστήριο αποθείωσης και η εκτιμώμενη τιμή θα είναι 50-90 € ανά τόνο.

Με βάση τους κανονισμούς του IMO η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο θα πρέπει να μειωθεί σε 0.5% το 2020.

- 5. Φυσικό αέριο.** Το πετρέλαιο ντίζελ είναι το πιο κοινό καύσιμο στις μηχανές εσωτερικής καύσης και θα διατηρήσει τη θέση του, τουλάχιστον στο εγγύς μέλλον. Η ΕΕ έχει θέσει ως στόχο την αντικατάσταση του 20% των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές με εναλλακτικά καύσιμα μέχρι το 2020. Τα καύσιμα που θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν το πετρέλαιο είναι κατά κύριο λόγο τα βιοκαύσιμα, το φυσικό αέριο και το υδρογόνο. Επειδή τα αποθέματα αργού πετρελαίου εξακολουθούν να είναι μεγάλα και η αλλαγή των υποδομών είναι δαπανηρή, η αντικατάσταση του καυσίμου ντίζελ κατά πάσα πιθανότητα θα είναι αργή.

Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο. Η περιεκτικότητα σε μεθάνιο είναι συνήθως 80-98%. Καίγεται βραδέως με χαμηλή θερμοκρασία φλόγας. Η καύση φυσικού αερίου στους κινητήρες ντίζελ παράγει πολύ χαμηλά επίπεδα των εκπομπών σωματιδίων PM και CO. Δεν έχει επίδραση στο επίπεδο των εκπομπών HC.

Η χρήση φυσικού αερίου μειώνει τις εκπομπές CO₂ πάνω από 20% σε ένα κινητήρα εσωτερικής καύσης, εξαλείφει τις εκπομπές SO_x και αιωρούμενων σωματιδίων PM και μειώνει σημαντικά τις εκπομπές NO_x.

6. Κυψέλες καυσίμων (Marine Fuel Cells). Μια κυψέλη καυσίμου μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια απ' ευθείας, μέσω ηλεκτροχημικών αντιδράσεων. Η διαδικασία απαιτεί την παροχή ενός κατάλληλου καυσίμου, όπως LNG, ανανεώσιμα βιοκαύσιμα, ή υδρογόνο, και ένα κατάλληλο οξειδωτικό όπως αέρα (οξυγόνο). Οι εκπομπές CO₂ από τις κυψέλες καυσίμων είναι σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες των καυσίμων ντίζελ, και δεν εκπέμπονται SO_x ή σωματίδια PM, ενώ και οι εκπομπές NO_x είναι αμελητέες.

Ωστόσο, σημαντικά εμπόδια που σχετίζονται με την εμπορική χρήση των κυψελών καυσίμου στα πλοία μένει να ξεπεραστούν. Επί του παρόντος, οι κυψέλες καυσίμου θα πρέπει να λειτουργούν σε αρκετά σταθερά φορτία, με πολύ αργές αλλαγές φορτίου, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερθέρμανση.

Περαιτέρω εμπόδια είναι το σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, καθώς και η απαίτηση για την εξειδίκευση του πληρώματος.

Επιπλέον, το αρχικό κόστος επένδυσης είναι 2-3 φορές υψηλότερο από εκείνο του ανάλογων κινητήρων ντίζελ.

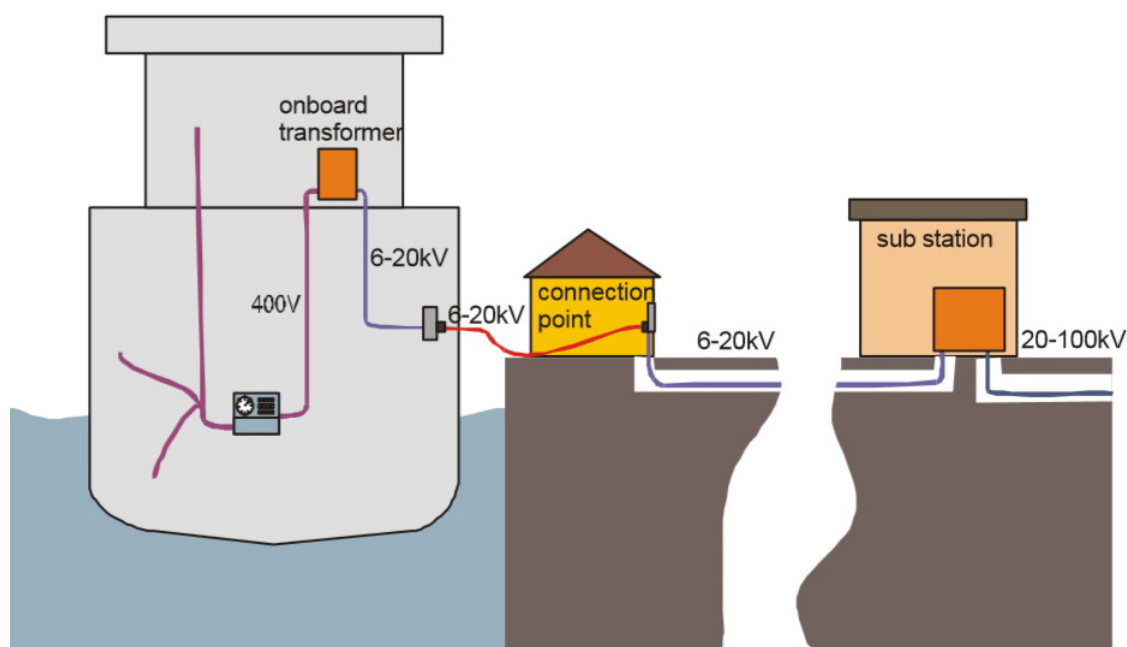
Μακροπρόθεσμα, οι κυψέλες καυσίμου θα μπορούσαν να γίνουν μέρος μιας υβριδικής λύσης παροχής ενέργειας για τα πλοία.



Εικόνα 45: Εγκατάσταση εξοπλισμού κυψελών καυσίμου

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

8. **Περιορισμός της ταχύτητας** των πλοίων στις θαλάσσιες οδούς γύρω και εντός των λιμανιών.
9. **Η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της λειτουργίας των νέων πλοίων** και η καλή συντήρηση των υπαρχόντων.
10. **Φωτισμός υψηλής απόδοσης.** Χρησιμοποιώντας φωτισμό χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλής εκπομπής θερμότητας και παράλληλα βελτιστοποιώντας το σχεδιασμό του φωτισμού όπου είναι δυνατόν, μειώνεται η ζήτηση για ηλεκτρισμό και κλιματισμό. Αυτό το μέτρο οδηγεί σε χαμηλότερο φορτίο των ξενοδοχειακών παροχών και επομένως σε μειωμένες ανάγκες σε ενέργεια.
11. **Η ηλιακή ενέργεια.** Ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα μπορεί να παραχθεί με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών εγκατεστημένων στο κατάστρωμα. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συνδυαστεί με συμβατικούς κινητήρες για τη μεγιστοποίηση της επίδοσης ως υβριδική λύση.



Εικόνα 46: Τυπική διάταξη εγκατάστασης ηλεκτροδότησης από την ξηρά

12. **Ηλεκτροδότηση από την ξηρά.** Τα πλοία στο αγκυροβόλιο χρησιμοποιούν τις βοηθητικές μηχανές τους για την παροχή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας επί του σκάφους. Οι κινητήρες αυτοί χρησιμοποιούν καύσιμο υψηλής ή χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο δημιουργώντας εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων. Η εναλλακτική λύση στη λειτουργία των βοηθητικών κινητήρων στο λιμάνι είναι η χρήση της ηλεκτροδότησης από την ξηρά. Ωστόσο, αυτό απαιτεί επενδύσεις και μερικές τροποποιήσεις που πρέπει να γίνουν στους λιμένες και επί των πλοίων. Σύμφωνα με μελέτες σχετικά με το κόστος της ηλεκτροδότησης από την ξηρά, βρέθηκε ότι είναι δύο έως τέσσερις φορές πιο ακριβή από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επί του σκάφους με συμβατικούς κινητήρες, λαμβάνοντας όμως μόνο τις άμεσες δαπάνες υπόψη. Ωστόσο,

όταν αξιολογήθηκαν και οι εξωτερικές δαπάνες, η χρήση της ηλεκτροδότησης από την ξηρά κατέληξε να είναι η φθηνότερη επιλογή.

Ως συμπέρασμα από την ανάλυση προκύπτει ότι για τα σκάφη της υψηλής κατανάλωσης ισχύος στις προβλήτες – όπως είναι τα κρουαζιερόπλοια - θα είναι οικονομικά αποδοτικό να χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά και, επίσης, θα μειώσει τις εκπομπές τους σημαντικά.

Υπάρχουν ήδη πολλές καλές εμπειρίες από τη χρήση της ακτής ηλεκτροδότησης από την ξηρά, όπως είναι για παράδειγμα, τα λιμάνια του Γκέτεμποργκ, του Ζέεμπρυκε, του Σηάτλ και του Λος Άντζελες.

Προς το παρόν, η χρήση της ηλεκτροδότησης από την ξηρά είναι πιθανώς φθηνότερη από ό, τι η χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, λόγω της υψηλής τιμής αυτού του τύπου πετρελαίου.

Αν τα πλοία ελάμβαναν απαλλαγή από φόρους χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά, η μέθοδος αυτή θα ήταν ακόμη πιο ελκυστική οικονομικά.

Η ΕΕ έχει ήδη δημοσιεύσει στην οδηγία 2012/33/EU σύσταση που απευθύνεται στις κυβερνήσεις και τα λιμάνια για την προώθηση της ηλεκτροδότησης από την ξηρά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

12 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

12.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

Ο Πειραιάς (Αρχαία Ελληνικά: Πειραιεύς) είναι πόλη της Περιφέρειας Αττικής και διαθέτει το σημαντικότερο λιμένα της Ελλάδας και της ανατολικής Μεσογείου με γεωγραφικές συντεταγμένες:

Γεωγραφικό μήκος:	23° 38' A
Γεωγραφικό πλάτος:	37° 56' B
Υψόμετρο:	0



Εικόνα 47: Το λιμάνι και η πόλη του Πειραιά

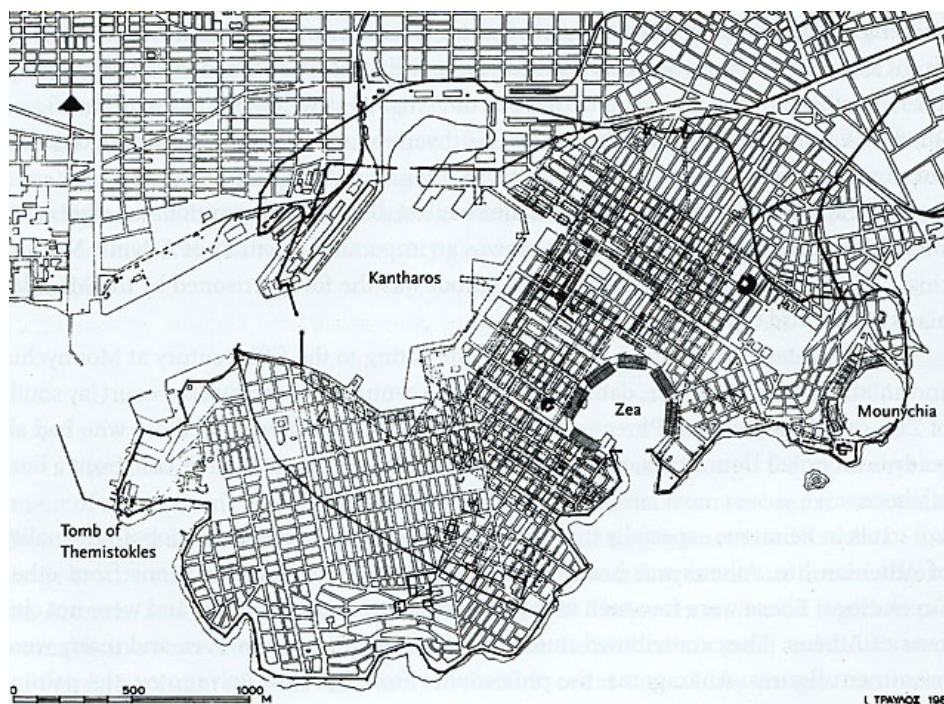
Ο ευρύτερος Πειραιάς αποτελεί το τρίτο μεγαλύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Ελλάδας (μετά την ευρύτερη Αθήνα και την ευρύτερη Θεσσαλονίκη) και συμπεριλαμβάνει το Δήμο Πειραιώς, ο οποίος σύμφωνα **με την απογραφή του 2011 έχει έκταση 10,9 τ.χμ. και πληθυσμό 163.688 κατοίκους**, κάτι που τον καθιστά τον πέμπτο μεγαλύτερο σε πληθυσμό δήμο της χώρας μετά τις συγχωνεύσεις που προκάλεσε το Πρόγραμμα Καλλικράτης.

Η περιφερειακή ενότητα Πειραιώς αποτελείται από τον ομώνυμο δήμο και ακόμα τέσσερις δήμους (Δήμος Νίκαιας - Αγίου Ιωάννη Ρέντη, Δήμος Κορυδαλλού, Δήμος Κερατσινίου - Δραπετσώνας, Δήμος Περάματος), **με συνολικό πληθυσμό 448.997 κατοίκους και έκταση 50,4 τ.χμ.**, και καταλαμβάνει το νοτιοδυτικό τμήμα της περιφέρειας πρωτεύουσας. Το κέντρο του Πειραιά απέχει περίπου 10 χιλιόμετρα από το κέντρο της Αθήνας, της οποίας αποτελεί ιστορικό επίγειο.

Ο Πειραιάς στη σύγχρονη εποχή είναι το σημαντικότερο βιομηχανικό κέντρο της χώρας και το μεγαλύτερο εμπορικό κέντρο της ελληνικής οικονομίας, ενώ διαθέτει το μεγαλύτερο (σε επιβατική κίνηση) λιμένα της Ευρώπης, συνδέοντας ακτοπλοϊκά την πρωτεύουσα με τα νησιά του Αιγαίου και αποτελώντας ένα σημαντικό προσορισμό για κρουαζιερόπλοια εντός της Μεσογείου.

Το λιμάνι του Πειραιά διαθέτει επίσης πολύ καλή οδική σύνδεση με

- ✓ την Αθήνα και όλα τα προάστια της Αττικής
- ✓ το αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος
- ✓ την Εθνική οδό Αθηνών – Θεσσαλονίκης, την Εθνική οδό Αθηνών – Πατρών και την Ιώνια οδό.



Εικόνα 48: Ο αρχαίος Πειραιάς

Πειραιεύς σημαίνει ο πορθμεύς (πειραιόω = περνώ αντίκρυ), δηλαδή αυτός που αναλαμβάνει διαπόρθμευση από τη Φαληρική ακτή στην απέναντι όχθη της νήσου του Πειραιά. Διαθέτει άρτιο πολεοδομικό της σχεδιασμό με βάση το σύστημα που εφάρμοσε ο Ιππόδαμος ο Μιλήσιος στον σχεδιασμό του αρχαίου Πειραιά, που αποτελεί πρότυπο πολεοδομικού σχεδιασμού μέχρι και σήμερα.

Στο κέντρο περίπου της ελληνικής επικράτειας, στον κόλπο του Σαρωνικού στο Αιγαίο, ο Πειραιάς είναι ένα από τις μεγαλύτερους εμπορευματικούς και επιβατικούς λιμένες στην Ευρώπη. **Η επιβατική κίνηση του λιμανιού του Πειραιά είναι η υψηλότερη στην Ευρώπη και η τρίτη στον κόσμο, εξυπηρετώντας περίπου 20 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως.**

Το αμιγώς εμπορικό τμήμα του λιμένα του Πειραιά – προβλήτες φορτοεκφόρτωσης φορτηγών πλοίων - δεν είναι μέσα στην πόλη. Το τμήμα του λιμένα όπου προσορμίζουν και αγκυροβολούν τα επιβατηγά πλοία - δηλαδή τα πλοία ακτοπλοϊκών γραμμών και τα κρουαζιερόπλοια – είναι γνωστό και ως κεντρικό λιμάνι και είναι αναπόσπαστο κομμάτι της πόλης του Πειραιά.

Ο Πειραιάς είναι **ο τρίτος πιο πυκνοκατοικημένος δήμος στην Ελλάδα** και ο δεύτερος στην περιφέρεια της Αττικής, μετά το δήμο της Αθήνας (με πληθυσμό 164.000 άτομα -μετά την απογραφή του 2011- και καταλαμβάνει έκταση 11 km²). Παρουσιάζει μια **πυκνότητα πληθυσμού 14.900 κατοίκων ανά km²**, ενώ για παράδειγμα οι πόλεις λιμάνια της Σγκαπούρης, του Ρότερνταμ και του

Αμβούργου αριθμούν 8.350, 2.500 και 2.300 άτομα ανά km², αντίστοιχα. Ως μία τόσο πυκνοκατοικημένη περιοχή καθίσταται πρωταρχικού ενδιαφέροντος για τη μελέτη επιπτώσεων των εκπομπών των πλοίων στο ανθρώπινο και δομημένο περιβάλλον, πόσο μάλλον εάν λάβει κανείς υπόψη ότι η αστική περιοχή εκτείνεται πέρα από το διοικητικά όρια της πόλης συμπεριλαμβάνοντας τους προαστιακούς δήμους.

Ο Πειραιάς είναι μια πόλη με μεγάλη εμπορική και επιχειρηματική δραστηριότητα, ειδικά στη βιομηχανία και στις υπηρεσίες της ναυτιλίας, τα οποία προσελκύουν περίπου **350.000 υπαλλήλους και επισκέπτες ανά ημέρα**. Αυτή η ανθρώπινη παρουσία είναι ο υποδοχέας των εκπομπών που παράγονται από τις **περισσότερες από 10.000 κλήσεις των παράκτιων επιβατηγών πλοίων και των κρουαζιερόπλοιων, στο λιμάνι επιβατών του Πειραιά κάθε χρόνο**.

12.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Τα βασικά λιμάνια που εξυπηρετούν ακτοπλοϊκά την Κρήτη είναι κατά σειρά μεγέθους τα εξής:

1. **Ηράκλειο**
2. **Σούδα – Χανιά**
3. **Ρέθυμνο**
4. **Σητεία**
5. **Άγιος Νικόλαος**
6. **Κίσσαμος**

Τα παραπάνω λιμάνια συνδέουν την Κρήτη με τις ακόλουθες γεωγραφικές περιφέρειες της χώρας:

7. **Αττικής**
8. **Πελοποννήσου**
9. **Κυκλάδων**
10. **Δωδεκανήσου**
11. **Μαγνησίας**
12. **Μακεδονίας**

Πρέπει να σημειωθεί ότι με βάση την κατάταξη των λιμένων, τα λιμάνια της Σούδας, Ηρακλείου και Ρεθύμνου έχουν χαρακτηριστεί ως λιμένες εθνικής σημασίας (ΛΕΣ), ενώ τα λιμάνια Σητείας και Κισσάμου ως μείζονος ενδιαφέροντος (ΛΜΕ).

Το λιμάνι του Ηρακλείου αποτελεί το μεγαλύτερο της Κρήτης με γεωγραφικές συντεταγμένες:

Γεωγραφικό μήκος:	35° 21' B
Γεωγραφικό πλάτος:	25° 09' A
Υψόμετρο:	0

Από πλευράς ακτοπλοΐας είναι το βασικό λιμάνι επικοινωνίας με τον Πειραιά. Αυτό οφείλεται στην γεωγραφική του θέση, στο γεγονός δηλαδή ότι είναι στο

κέντρο της Κρήτης, καθώς και στο ότι είναι η πρωτεύουσα του νησιού και ως εκ τούτου έχει τον μεγαλύτερο πληθυσμό. Το λιμάνι παρέχει σχεδόν όλες τις δυνατότητες, καθώς βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την πόλη.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται όλα τα βασικά χαρακτηριστικά του:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΛΙΜΕΝΑ	ΝΗΣΟΣ ΚΡΗΤΗ (Φ35 21'00'' Λ25 - 09' -00'')
ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΛΙΜΕΝΙΚΗ ΑΡΧΗ	Ε/Γ-Ο/Γ, Φ/Γ, Δ/Ξ, Ε/Γ Α/Ψ, Α/Κ, Τ/Ρ, Θ/Γ
ΤΥΠΟΣ ΛΙΜΕΝΑ	ρεύμα, νερό, πετρέλαιο. Υπάρχει δυνατότητα επίσκεψης μικροσκοπών μέχρι 15μ.
ΠΑΡΕΧΟΜΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	Προσθήκη Α και Β'
ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΚΤΟΠΛΟΙΚΗ ΜΕ ΆΛΛΑ ΛΙΜΑΝΙΑ	Παντός είδους εμπορεύματα
ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΛΙΜΕΝΑ	900,000 επιβάτες και 250,000 περίπου οχήματα

Εικόνα 49: Βασικά χαρακτηριστικά λιμένα Ηρακλείου

Το λιμάνι του Ηρακλείου βρίσκεται σε σπουδαία γεωπολιτική θέση : στο κέντρο της Ανατολικής Μεσογείου, στη τομή των διεθνών ναυτιλιακών γραμμών Γιβραλτάρ - Σουέζ και Μαύρη Θάλασσα.



Εικόνα 50: Λιμένας Ηρακλείου

Το συγκριτικό πλεονέκτημα της γεωγραφικής θέσης του ενδυναμώνεται με την ύπαρξη και λειτουργία της «Ελεύθερης Ζώνης», σημαντικού παράγοντα για την ανάπτυξη σύγχρονου διαμετακομιστικού - μεταφορτωτικού κέντρου. Η λειτουργία του επιβατικού λιμένα προσδίδει ζωή και κίνηση στο λιμάνι, στην πόλη του Ηρακλείου και στον Νομό γενικότερα. Για την τακτική γραμμή προς το λιμάνι του Πειραιά αναχωρούν καθημερινά τουλάχιστον δυο πλοία, ενώ υπάρχει σύνδεση με πολλά λιμάνια του Αιγαίου και με το Λιμάνι της Θεσσαλονίκης. Το Επιβατικό Λιμάνι του Ηρακλείου θεωρείται το τρίτο σε διακίνηση επιβατών στην Ελλάδα. **Εξυπηρετεί ετησίως περίπου 2,0 εκ. επιβάτες και 310.000 οχήματα** (ΕΙΧ και Φ/Γ) και διαθέτει δύο επιβατικούς σταθμούς, ο δεύτερος και νεότερος είναι εμβαδού 2.500 m² με σύγχρονες εγκαταστάσεις και υπηρεσίες. Το Λιμάνι λειτουργεί, τα τελευταία χρόνια, ως βάση (base port) σε

συνεργασία με το αεροδρόμιο του Ηρακλείου «Νίκος Καζαντζάκης» και είναι το μοναδικό λιμάνι στην Ελλάδα που σε συνεργασία με τις αρχές του αεροδρομίου κάνει το Check-in, Check-out των επιβατών στον Νέο Επιβατικό Σταθμό, προσφέροντας την δυνατότητα στους διερχόμενους επιβάτες να αξιοποιήσουν τον ενδιάμεσο χρόνο μέχρι την αναχώρησή τους από το αεροδρόμιο.

Η διακίνηση εμπορευμάτων συμπληρώνει τη διακίνηση επιβατών στο λιμάνι και από κοινού προσδιορίζουν τα κύρια χαρακτηριστικά του ως επιβατικό και εμπορικό λιμάνι. Με βάση τα τελευταία στοιχεία, στο λιμάνι Ηρακλείου η διακίνηση εμπορευμάτων αυξάνεται σταθερά. Ο βασικός ρόλος του Λιμένα Ηρακλείου είναι η εξυπηρέτηση των αναγκών σε μεταφορές αγαθών της ενδοχώρας της Κρήτης, όμως τα τελευταία χρόνια η έχουν γίνει προσπάθειες για προσέλκυση μεταφορτωτικής κίνησης εμπορευματοκιβωτίων και απόκτησης μεριδίου της αγοράς της νότιου- ανατολικής Μεσογείου. Το εμπορευματικό Λιμάνι του Ηρακλείου είναι το μεγαλύτερο της Νότιας Ελλάδος και κατατάσσεται στην **3^η θέση στην Ελληνική κλίμακα, μετά τα Λιμάνια του Πειραιά και της Θεσσαλονίκης.**



Εικόνα 51: Ενετικός λιμενοβραχίονας Ηρακλείου

Οι Ενετοί μετέφεραν το λιμάνι Ηρακλείου στην σημερινή θέση όπου αξιοποιώντας μια σειρά υφάλων 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 επέκτασής του λιμανιού με την επέκταση του προσήνεμου μόλου και την κατασκευή νέου υπήνεμου Μόλου.

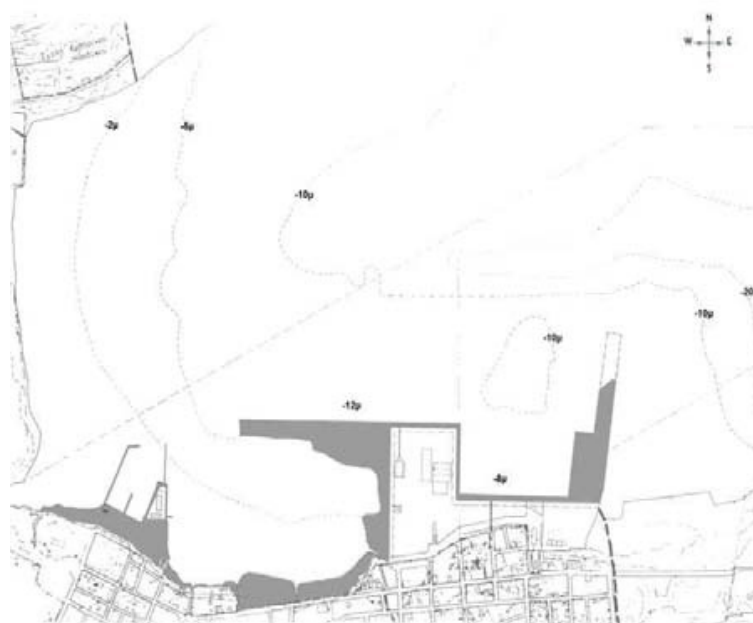
Παράλληλα, προχώρησε και η κατασκευή λιμενικών έργων και οι εκβαθύνσεις του λιμανιού για να αποκτήσει βάθη ικανά για την εξυπηρέτηση των σύγχρονων σκαφών.

Το λιμάνι του Ηρακλείου στοχεύει 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 και να διαμορφωθούν οι κατάλληλες συνθήκες, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα «Πράσινο λιμάνι», με χαμηλότερα ποσοστά εκπομπών αερίων, λιγότερο επιβλαβές ως προς τους κατοίκους του Ηρακλείου.

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 **173.993 κατοίκους** και αποτελεί μία από τις πιο πυκνοκατοικημένες πόλεις της Ελλάδας με **έκταση 120 τ.χμ.** Ο πληθυσμός αυτός αντιστοιχεί στο 54,38% του πληθυσμού του Νομού Ηρακλείου, στο 26,46% της Περιφέρειας Κρήτης και στο 1,45% της χώρας.

12.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΙΜΕΝΑ ΣΟΥΔΑΣ

Το λιμάνι της Σούδας βρίσκεται στα νότια της μεγάλης χερσονήσου του Ακρωτηρίου. Εξυπηρετεί κατά κανόνα τον νομό Χανίων. Στην πόλη των Χανίων δεν υπάρχει ακτοπλοϊκό λιμάνι με αποτέλεσμα η κίνηση των επιβατών να γίνεται από το λιμάνι της Σούδας.



Εικόνα 52: Χάρτης λιμένα Σούδας Χανίων

Επίσης χρησιμοποιείται ευρύτατα για στρατιωτικούς και εμπορικούς σκοπούς. Εξαιτίας του έντονου στρατιωτικού χαρακτήρα η περιοχή γύρω από το λιμάνι

δεν παρέχει όλες τις εξυπηρετήσεις. Για τον σκοπό αυτό, αναγκαία είναι η μετάβαση στην πόλη των Χανίων η οποία απέχει περίπου 10 λεπτά οδικώς.

Ο πίνακας με τα βασικά χαρακτηριστικά του λιμένα έχει ως εξής:

ΘΕΣΗ	$\Phi=35^{\circ} 29',5$ $\Lambda=24^{\circ} 04',7$ 35° 29',5 N 24° 04',7 E
ΤΥΠΟΣ ΛΙΜΕΝΑ	Ε/Γ,Φ/Γ,Ο/Γ, Τ/Ρ, Ναυταθλητικά, κλπ.
ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ	Νερό, Ηλεκτρικό Ρεύμα, Καύσιμα με φορητά μέσα, Υπαίθριοι αποθηκευτικοί χώροι, Ζυγοπλάστιγγα, Τελωνείο, Λιμεναρχείο, εργάτες φορτοεκφόρτωσης, Πλοηγός
ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΣΟΥΔΑΣ (300 μ. από Λιμάνι)	Οργανωμένη αγορά, Ναυτιλιακά γραφεία, Ενοικιάσεις αυτοκινήτων, Ιατρεία, Αστυνομία, Τράπεζα, Ξενοδοχεία, Ταχυδρομείο, Εστιατόρια, Καφετέριες, Λεωφορεία, Πυροσβεστική στα 7 χλμ, 2 Νοσοκομεία σε ακτίνα 4 χιλιομέτρων
ΕΙΔΟΣ ΔΙΑΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ, ΦΟΡΤΙΩΝ Κ.Α.Π.	ελαιόλαδο, πορτοκάλια, σιτηρά, ζωοτροφές, τσιμέντα, σίδηρα, κλπ.
ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΛΙΜΕΝΑ	ακτοπλοϊκά: 3 θέσεις με βάθος λιμεν. , 8 εμπορικά: 1 θέση σε 8μ. 3 θέσεις σε 10 μ. Με το έργο που προβλέπονται στο ΙΙΙ Κ.Π.Σ. θα δημιουργηθούν: 1) στο Επιβατικό Λιμάνι δύο θέσεις πρόσδεσης με βάθος λιμενολ. 10μ. (η μια υψίσταται με 8μ. βάθος και 2) στο Εμπορικό οι δυο θέσεις με βάθος λιμεν. 10μ. θα διατεθούν μετά τα έργα λιμενολ. 12μ.
ΕΙΔΟΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ	Λάδι, Εσπεριδοειδή, Δομικά Υλικά, Σιτηρά, Γεωργικά Εφόδια
ΑΚΤΟΠΛΟΪΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ	Πειραιά καθημερινά
ΓΕΡΑΝΟΙ	Ένας 25Τόνοι τηλεσκοπικός. Ένας μέχρι 65 τόνους με γάντζο και αρπάγη, επίσης για container, για χύδην φορτίο.
ΖΥΓΟΠΛΑΣΤΙΓΓΑ	Ζυγίζει φορτηγά μέχρι 80 τόνους

Εικόνα 53: Βασικά χαρακτηριστικά λιμένα Σούδας

Τα Χανιά είναι παραλιακή πόλη της βορειοδυτικής Κρήτης, ένας από τους σημαντικότερους λιμένες της, και πρωτεύουσα του νομού Χανίων. Καταλαμβάνει έκταση περίπου 13 τ. χμ. και, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, έχει πληθυσμό 55.838 κατοίκων, ενώ μετά τη συνένωση των Καποδιστριακών Δήμων Σούδας, Κεραμειών, Ελ. Βενιζέλου, Θερίσου, Ν. Κυδωνίας με τον Δήμο Χανίων, αυτός αριθμεί πλέον των 108.642 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2011.



Εικόνα 54: Λιμένας Σούδας Χανίων

Αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη του νησιού μετά το Ηράκλειο. Υπήρξε σημαντική μινωική πόλη και έχει ταυτισθεί με την αρχαία Κυδωνία.

12.4 ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ

12.4.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

Η κόκκινη ($D_{\text{κόκκινο}} = 2,2 \text{ km}$) και η κίτρινη ($D_{\text{κίτρινο}} = 1,4 \text{ km}$) πορεία που φαίνονται στην Εικόνα 36 χρησιμοποιούνται εξίσου και σχεδόν αποκλειστικά από τα κρουαζιερόπλοια, ενώ η πράσινη ($D_{\text{πράσινο}} = 1,0 \text{ km}$) σχεδόν ποτέ. Συνεπώς, στην επεξεργασία των δεδομένων θεωρήσαμε ως απόσταση το μέσο όρο των δύο κυρίως διαδρομών, της κόκκινης και της κίτρινης και προέκυψε μια μέση απόσταση $D_{\text{μέση}} = 1,8 \text{ km}$.

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου για $D_{\text{κόκκινο}} = 2,2 \text{ km}$						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO_x	221,790	119,316	9,773	80,907	431,786
	SO_2	71,917	40,258	3,302	26,781	142,258
	$\text{PM}_{2.5}$	7,062	4,879	0,403	2,953	15,297
	Σύνολο	300,769	164,453	13,478	110,641	589,341

Πίνακας 42: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για $D_{\text{κόκκινο}} = 2,2 \text{ km}$

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου για $D_{\text{κίτρινο}} = 1,4 \text{ km}$						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO_x	215,385	113,747	9,273	77,558	415,963
	SO_2	69,069	37,659	3,075	25,286	135,089
	$\text{PM}_{2.5}$	6,328	4,156	0,342	2,565	13,390
	Σύνολο	290,782	155,561	12,690	105,409	564,442

Πίνακας 43: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για $D_{\text{κίτρινο}} = 1,4 \text{ km}$

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου για $D_{\text{πράσινο}} = 1,0 \text{ km}$						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO_x	212,182	110,963	9,024	75,884	408,052
	SO_2	67,646	36,359	2,961	24,539	131,505
	$\text{PM}_{2.5}$	5,961	3,794	0,311	2,370	12,437
	Σύνολο	285,789	151,116	12,296	102,793	551,993

Πίνακας 44: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για $D_{\text{πράσινο}} = 1,0 \text{ km}$

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου για $D_{μέση} = 1,8 \text{ km}$						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	218,588	116,532	9,523	79,232	423,875
	SO ₂	70,493	38,958	3,188	26,034	138,674
	PM _{2.5}	6,695	4,517	0,372	2,759	14,344
	Σύνολο	295,776	160,007	13,084	108,025	576,892

Πίνακας 45: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για $D_{μέση} = 1,8 \text{ km}$

12.4.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Η κίτρινη ($D_{κίτρινο} = 1,7 \text{ km}$) πορεία που φαίνεται στην Εικόνα 40 είναι αυτή που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά από τα κρουαζιερόπλοια, ενώ η κόκκινη ($D_{κόκκινο} = 1,5 \text{ km}$) χρησιμοποιείται εξαιρετικά σπάνια. Συνεπώς, στην επεξεργασία των δεδομένων θεωρήσαμε ως απόσταση την κίτρινη διαδρομή $D_{κίτρινο} = 1,7 \text{ km}$.

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου για $D_{κίτρινο} = 1,7 \text{ km}$						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	44,752	20,936	4,711	10,637	81,036
	SO ₂	14,320	7,046	1,580	3,595	26,541
	PM _{2.5}	1,293	0,844	0,186	0,439	2,762
	Σύνολο	60,365	28,825	6,477	14,672	110,339

Πίνακας 46: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013 για $D_{κίτρινο} = 1,7 \text{ km}$

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου για $D_{κόκκινο} = 1,5 \text{ km}$						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	44,479	20,667	4,645	10,484	80,276
	SO ₂	14,198	6,918	1,550	3,524	26,191
	PM _{2.5}	1,262	0,807	0,178	0,420	2,667
	Σύνολο	59,939	28,393	6,374	14,428	109,133

Πίνακας 47: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013 για $D_{κόκκινο} = 1,5 \text{ km}$

12.5 ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΤΥΠΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΙΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ (ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ EMISSION FACTOR)

Όπως έχει αναφερθεί, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μελέτη εκπομπών για το έτος 2013 στους λιμένες Πειραιά, Ηρακλείου και Σούδας στην παρούσα εργασία, έγιναν οι εξής παραδοχές, μεταξύ άλλων:

- Χρησιμοποιούνται μεσαίας ταχύτητας κύριοι κινητήρες (medium speed diesel engines- MSD) και υψηλής ταχύτητας βοηθητικοί κινητήρες (high speed diesel engines -HSD).
- Οι κύριοι κινητήρες χρησιμοποιούν καύσιμο χαμηλού θείου (LSFO), ενώ οι βοηθητικοί καύσιμο ντίζελ (MDO).

Στην παράγραφο αυτή του παραρτήματος υποθέτουμε ότι οι βοηθητικοί κινητήρες είναι μεσαίας ταχύτητας (medium speed diesel engines- MSD) και χρησιμοποιούν καύσιμο βαρύ πετρέλαιο (BFO – Bunker Fuel Oil. Ο συγκεκριμένος συνδυασμός τύπου μηχανής και καυσίμου έχει τους υψηλότερους συντελεστές εκπομπών (Emission Factors) για τους ρύπους που εξετάζουμε:

Τύπος κινητήρα/Τύπος καυσίμου		Συντελεστής αέριων εκπομπών /ρύπο		
Βοηθητική μηχανή	MSD/BFO	14.70	6.50	0.80

12.5.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

Συνοπτικά τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα:

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	230,578	122,640	10,022	83,479	446,719
	SO ₂	103,466	55,757	4,559	37,713	201,495
	PM _{2.5}	14,189	8,335	0,684	5,413	28,621
	Σύνολο	348,232	186,733	15,264	126,605	676,835

Πίνακας 48: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 για αυξημένα EF βοηθητικών κινητήρων.

Παρατηρούμε ότι οι συνολικές εκπομπές αυξάνονται από **576,892 tons** σε **676,835 tons**, δηλαδή κατά 17,3%. Μάλιστα, αναλογικά με τις αφίξεις του 2013 (711) σε σχέση με του Τζαννάτου το 2012 (902) ($711/902 = 0,79$), ο λόγος των εκπομπών από κρουαζιερόπλοια είναι πολύ κοντά ($676,835/830,0 = 0,81$).

12.5.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Αντίστοιχα τα αποτελέσματα είναι:

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	47,230	22,024	4,957	11,186	85,397
	SO ₂	21,134	10,038	2,256	5,107	38,534
	PM _{2.5}	2,842	1,524	0,340	0,783	5,488
	Σύνολο	71,206	33,585	7,553	17,076	129,419

Πίνακας 49: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013 για αυξημένα EF βοηθητικών κινητήρων.

Παρατηρούμε ότι οι συνολικές εκπομπές αυξάνονται από **110,339 tons** σε **129,419 tons**, δηλαδή κατά 17,3%.

12.5.3 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΣΟΥΔΑΣ

Αντίστοιχα τα αποτελέσματα είναι:

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	7,343	4,859	0,000	2,042	14,243
	SO ₂	3,388	2,286	0,000	0,969	6,643
	PM _{2.5}	0,553	0,414	0,000	0,183	1,150
	Σύνολο	11,285	7,559	0,000	3,193	22,037

Πίνακας 50: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Σούδας κατά το έτος 2013 για αυξημένα EF βοηθητικών κινητήρων.

Παρατηρούμε ότι οι συνολικές εκπομπές αυξάνονται από **19,205 tons** σε **22,037 tons**, δηλαδή κατά 14,7%.

12.6 ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ LOAD FACTOR

Όπως έχει αναφερθεί, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μελέτη εκπομπών για το έτος 2013 στους λιμένες Πειραιά, Ηρακλείου και Σούδας στην παρούσα εργασία, έγινε η εξής παραδοχή, μεταξύ άλλων:

- Εφαρμόστηκαν οι αυξημένοι, θερινοί συντελεστές φορτίου κινητήρα κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο.

Στην παράγραφο αυτή του παραρτήματος υποθέτουμε αφενός ότι ισχύουν και για τους 12 μήνες του χρόνου οι αυξημένοι, θερινοί συντελεστές φορτίου κινητήρα και αφετέρου οι χαμηλότεροι, χειμερινοί συντελεστές φορτίου. Έτσι βλέπουμε τη διακύμανση των συνολικών εκπομπών για τους ρύπους που εξετάζουμε και παρατηρούμε τον σημαντικό ρόλο του συντελεστή φορτίου:

12.6.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

Συνοπτικά τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακες:

1. LF ίσος με LF θερινής περιόδου κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο και με LF χειμερινής κατά τους υπόλοιπους

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	218,588	116,532	9,523	79,232	423,875
	SO ₂	70,493	38,958	3,188	26,034	138,674
	PM _{2.5}	6,695	4,517	0,372	2,759	14,344
	Σύνολο	295,776	160,007	13,084	108,025	576,892

Πίνακας 51: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013

2. LF ίσος με LF χειμερινής περιόδου όλο το χρόνο

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	117,723	116,532	9,523	79,232	323,010
	SO ₂	39,290	38,958	3,188	26,034	107,471
	PM _{2.5}	4,518	4,517	0,372	2,759	12,167
	Σύνολο	161,532	160,007	13,084	108,025	442,648

Πίνακας 52: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 - LF ίσος με LF χειμερινής περιόδου όλο το χρόνο

3. LF ίσος με LF θερινής περιόδου όλο το χρόνο

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	218,588	216,605	17,586	148,769	601,549
	SO ₂	70,493	69,916	5,683	47,545	193,637
	PM _{2.5}	6,695	6,677	0,546	4,259	18,178
	Σύνολο	295,776	293,199	23,815	200,574	813,364

Πίνακας 53: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Πειραιά κατά το έτος 2013 - LF ίσος με LF θερινής περιόδου όλο το χρόνο

Παρατηρούμε ότι οι συνολικές εκπομπές με τους χειμερινούς συντελεστές φορτίου μειώνονται από **576,892 tons** σε **442,648 tons**, δηλαδή κατά 23,3% ενώ με ους θερινούς αυξάνονται σε **813,364 tons**, δηλαδή κατά 41,0%.

12.6.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Αντίστοιχα τα αποτελέσματα είναι:

- i. LF ίσος με LF θερινής περιόδου κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο και με LF χειμερινής κατά τους υπόλοιπους

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	44,752	20,936	4,711	10,637	81,036
	SO ₂	14,320	7,046	1,580	3,595	26,541
	PM _{2.5}	1,293	0,844	0,186	0,439	2,762
	Σύνολο	60,365	28,825	6,477	14,672	110,339

Πίνακας 54: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013

- ii. LF ίσος με LF χειμερινής περιόδου όλο το χρόνο

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	23,763	20,936	4,711	10,637	60,046
	SO ₂	7,827	7,046	1,580	3,595	20,048
	PM _{2.5}	0,840	0,844	0,186	0,439	2,309
	Σύνολο	32,430	28,825	6,477	14,672	82,403

Πίνακας 55: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013- LF ίσος με LF χειμερινής περιόδου όλο το χρόνο

- iii. LF ίσος με LF θερινής περιόδου όλο το χρόνο

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	44,752	38,791	8,686	19,539	111,769
	SO ₂	14,320	12,569	2,810	6,349	36,048
	PM _{2.5}	1,293	1,229	0,272	0,632	3,426
	Σύνολο	60,365	52,589	11,768	26,520	151,243

Πίνακας 56: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2013- LF ίσος με LF θερινής περιόδου όλο το χρόνο

Παρατηρούμε ότι οι συνολικές εκπομπές με τους χειμερινούς συντελεστές φορτίου μειώνονται από **110,339 tons** σε **82,403 tons**, δηλαδή κατά 25,3% ενώ με ους θερινούς αυξάνονται σε **151,243 tons**, δηλαδή κατά 37,1%.

12.6.3 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΣΟΥΔΑΣ

Αντίστοιχα τα αποτελέσματα είναι:

- i. LF ίσος με LF θερινής περιόδου κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο και με LF χειμερινής κατά τους υπόλοιπους

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	6,996	4,645	0	1,955	13,596
	SO ₂	2,433	1,699	0	0,730	4,863
	PM _{2.5}	0,336	0,281	0	0,129	0,746
	Σύνολο	9,765	6,625	0	2,814	19,205

Πίνακας 57: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Σούδας κατά το έτος 2013

- ii. LF ίσος με LF χειμερινής περιόδου όλο το χρόνο

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	4,083	4,645	0	1,955	10,683
	SO ₂	1,532	1,699	0	0,730	3,962
	PM _{2.5}	0,273	0,281	0	0,129	0,683
	Σύνολο	5,888	6,625	0	2,814	15,327

Πίνακας 58: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Σούδας κατά το έτος 2013- LF ίσος με LF χειμερινής περιόδου όλο το χρόνο

- iii. LF ίσος με LF θερινής περιόδου όλο το χρόνο

Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου						
Ρύποι λόγω κίνησης + ρύποι λόγω παραμονής στο αγκυροβόλιο (tons)		Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
	NO _x	6,996	8,124	0	3,360	18,480
	SO ₂	2,433	2,775	0	1,165	6,374
	PM _{2.5}	0,336	0,356	0	0,159	0,851
	Σύνολο	9,765	11,255	0	4,685	25,705

Πίνακας 59: Κατανομή των αέριων ρύπων ανά εποχή και ανά είδος ρύπου στο λιμάνι του Σούδας κατά το έτος 2013- LF ίσος με LF θερινής περιόδου όλο το χρόνο

Παρατηρούμε ότι οι συνολικές εκπομπές με τους χειμερινούς συντελεστές φορτίου μειώνονται από **19,205 tons** σε **15,327 tons**, δηλαδή κατά 20,2% ενώ με τους θερινούς αυξάνονται σε **25,705 tons**, δηλαδή κατά 33,8%.

12.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΦΙΞΕΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΙΜΕ

ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΙ	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΦΙΞΕΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ 2012			
	2010	2012	ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΑΦΙΞΕΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ	
	Αριθμός επιβατών κρουαζιέρας	Αριθμός επιβατών κρουαζιέρας	Αριθμός επιβατών κρουαζιέρας 2010-2012	Αριθμός επιβατών κρουαζιέρας % 2010-2012
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	1.864.657	2.066.925	202.268	10,85
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ	775.512	838.875	63.363	8,17
ΜΥΚΟΝΟΣ	663.371	657.511	-5.860	-0,88
ΠΑΤΜΟΣ	151.864	110.678	-41.186	-27,12
ΚΕΡΚΥΡΑ	569.400	624.179	54.779	9,62
ΚΑΤΑΚΟΛΟ	763.861	749.892	-13.969	-1,83
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	305.000	185.683	-119.317	-39,12
ΧΑΝΙΑ	11.509	129.087	117.578	1.021,62
ΒΟΛΟΣ	21.455	11.926	-9.529	-44,41
ΚΩΣ	26.252	41.171	14.919	56,83
ΜΗΛΟΣ	8.023	6.272	-1.751	-21,82
ΛΑΥΡΙΟ	17.221	17.339	118	0,69
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	16.029	8.014	-8.015	-50,00
ΚΑΒΑΛΑ	2.358	4.323	1.965	83,33
ΠΑΤΡΑ	1.059	374	-685	-64,68
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	123	1827	1.704	1.385,37
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	0	0	0	0

Πίνακας 60: Στατιστικά στοιχεία αφίξεων κρουαζιέρας από τον ΕΛΙΜΕ για το 2012

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

13 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. "TA NEA.gr", 19/06/2012, Άρθρο: «Έλληνες χτίζουν ηλεκτρικό πλοίο. Θα κινείται με φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες χωρίς θερμική καύση».
2. Dr. SPIROS PAPAETHIMIOU, Dr. KOSTAS ANDRIKOPOULOS, ALEXANDRA MARAGKOIANNI, Research Centre for Energy Management, "Assessment of external social cost due to air emissions in European ports", 22/04/2014.
3. V. EYRING, H. W. KOHLER, J. VAN AARDENNE AND A. LAUER, "Emissions from international shipping: 1. The last 50 years", Published 15 September 2005, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 110, D17305, doi: 10.1029/2004JD005619, 2005.
4. SCHROOTEN, L; DE VLIEGER, INA; INT PANIS, LUC; CHIFFI, COSIMO; PASTORI, ENRICO, "Emissions of maritime transport: a reference system". Science of the Total Environment 408: 318–323, doi:10.1016/j.scitotenv.2009.07.03710.1186/1476-069X-9-64, 2009.
5. VIDAL, JOHN, "Health risks of shipping pollution have been underestimated". The Guardian. Retrieved 2009-07-03.
6. ΕΛΕΥΘΕΡΟΤΥΠΙΑ, Σάββατο 3 Μαΐου 2014, Άρθρο: «Οι φτωχοί συγγενείς της κρουαζιέρας».
7. CARLO TROZZI, Techne Consulting srl. "Emission estimate methodology for maritime navigation"
8. <http://phys.org/news>, 8 Νοεμβρίου του 2010, Άρθρο: «Το 6% λύση: Πώς οι επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέσω του καλύτερου σχεδιασμού»
9. ENVIRONMENTAL NEWS NETWORK, January 04, 2012
10. A. MIOLA, V. PACCAGNAN, I MANNINO, A. MASARUTTO, A. PERUJO, M. TURVANI, "External costs of Transportation Case Study: Maritime Transport" JRC Scientific and Technical Reports, European Commission 2009, Institute for Environment and Sustainability
11. ELLYCIA HARROULD-KOLIEB, JACQUELINE SAVITZ, "Shipping solutions: technological and operational methods available to reduce CO₂, OCEANA, October 2010.-Οκτώβριος 2010, Άρθρο: «Λύσεις για τη ναυτιλία: Τεχνολογικές και υπηρεσιακές μέθοδοι μείωσης του CO₂»
12. BUHAUG, O., CORBETT, J.J., ENDRESEN, O., EYRING, V., FABER, J., HANAYAMA, S., LEE, D.S., LEE, D., LINDSTAD, H., MARKOWSKA, A.Z., MJEDE, A. NELISSEN, D., NILSEN, J., PALSSON, C., WINEBRAKE, J.J. WU, W.Q., YOSHIDA, K., 2009. Second Imo GHG Study. International Maritime Organization (IMO), London. UK
13. PSARAFTIS, H.N., KONTOVAS, C.A., 2009. CO₂ emission statistics for the world commercial fleet. WMU Journal of maritime Affairs 8, 1-25
14. TRT, 2007. Transport e Territorio Srl. Authors SILVI MAFFII (project Leader), ANDREAS MOLOCCHI and COSIMO CHIFFI. External Costs of Maritime Transport, Policy Department Structural and Cohesion Policies, Directorate General Internal Policies of the Union. European Parliament, Brussels
15. MARINE CLIMATE CHANGE IMPACTS PARTNERSHIP: SCIENCE REVIEW 2013: 263-270 Published online 28 November 2013 doi:10.14465/2013.arc28.263-270 Impacts of climate change on ports and shipping, Paul Wright, Marine Institute, Plymouth University, Plymouth, PL4 8AA, UK
16. DALSOREN, S. B., EIDE, M. S., ENDRESEN, O., MJELDE, A., GRAVIR, G. and ISAKSEN, I. S. A., 2009, Update on emissions and environmental impacts

- from the international fleet of ships: the contribution from major ship types and ports. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9, 2171–2194.
17. WHALL, C., COOPER, D., ARCHER, K., TWIGGER, L., THURSTON, N., OCKWELL, D., MCINTYRE, A. and RITCHIE, A., 2002, Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European community, Final Report 0617702121, Entec UK Limited, Norwich, UK.
 18. WHALL, C., STAVRAKAKI, A., RITCHIE, A., GREEN, C., SHIALIS, T., MINCHIN, W., W., COHEN, A., STOKES, R., 2007, Concawe. Ship Emissions Inventory-Mediterranean Sea, Final Report, April 2007, Entec UK Limited, 47pp., 2007, 7160
 19. ERNESTOS TZANNATOS, "Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus – Greece", 15 October 2009
 20. EUROPEAN FEDERATION FOR TRANSPORT AND ENVIRONMENT, "Towards a strong and reliable ship emissions monitoring system", December 10, 2012. <http://www.transportenvironment.org/publications/towards-strong-and-reliable-ship-emissions-monitoring-system>
 21. CARBON FOOTPRINTING FOR PORTS, Guidance Document, June 2010, Prepared by: Carbon Footprint Working Group, World Ports Climate Initiative, Port of Los Angeles, Lead Port.
 22. AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, Copyright 2007, JAMES CORBETT of University of Delaware and JAMES WINEBRAKE, chair of science, technology and public policy in RIT's College of Liberal Arts
 23. WORLD SHIPPING ENCYCLOPEDIA, January 2013
 24. ΟΔΗΓΙΑ 1999/32/EU
 25. ΟΔΗΓΙΑ 2005/32/EU
 26. ΟΔΗΓΙΑ 2012/32/EU
 27. JAMES J. CORBETT, Estimation of exhaust emission from ocean-going vessels in Hong Kong, , 2012
 28. TROZZI & VACCARO (1998) 1 & 2, Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships,
 29. ERNESTOS TZANNATOS (2010): Cost assessment of ship emission reduction methods at berth: the case of the Port of Piraeus, Greece, *Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research*, 37:4, 427-445
 30. COOPER, D. 2002. Representative emission factors for use in Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community (ENV.C.1/ETU/2001/0090), Prepared by IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd for Entec UK Limited, Norwich, UK.
 31. DIRECTIVE 2001/80/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants. <http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/stationary/lcp.htm>
 32. EUROPEAN COMMISSION. DGXII (JOULE Programme). Externalities of Energy, ExternE Project, Report Number 7, Methodology: Update 1998. 1999. Holland, M.R. and Forster, D. (eds.).
 33. NETCEN. Benefits Table Database: Estimates of the marginal external costs of air pollution in Europe. BeTa version E1.02a. 2004. Created for European Commission DG Environment by Netcen.
 34. MOUSSIOPOULOS, N. and DOUROS, J. 2004, Air4EU city assessment for Athens, Air4EU Project. www.air4eu.nl/Word/CA_Athens.doc

35. DNV, 2010. "Assessment of measures to reduce future CO₂ emissions from shipping", Research and Innovation, Position Paper 05.
36. ICCT, 2011. "Reducing Greenhouse Gas Emissions from Ships – Cost Effectiveness of Available Options", White Paper Number 11, July 2011.
37. FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE, WAHLSTROM J., KARVOSENOVA N. and PORVARI P. "Ship Emissions and Technical Emission Reduction Potential in the Northern Baltic Sea", Reports of Finnish Environment Institute, August 2006.
38. ΥΠΕΚΑ 2014, Annual Inventory Submission under the Convention and the Kyoto Protocol for Greenhouse and Other Gases for the Years 1990 – 2012. United Nations Framework Convention on Climate Change, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα
http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php
39. DE MEYER, P., MAES, F., VOLCKAER, A., 2008. Emissions from International shipping in the Belgian Part of the North Sea and the Belgian Seaports. Atmospheric Environment 42, 196-206.