

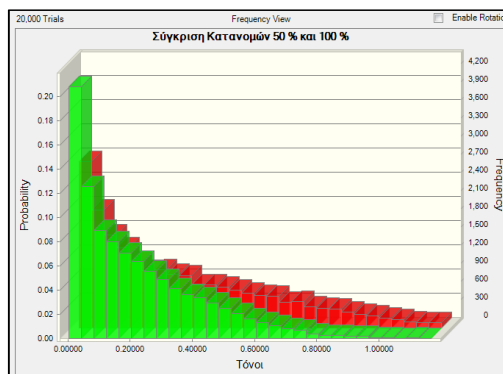
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χαράλαμπος Παναγάκης Παναγόπουλος

Επιβλέπων: Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π. Νικόλαος Π. Βεντικός

**«ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ:
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ»**



Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Ψαράυτης Ν. Χαρίλαος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Λυρίδης Β. Δημήτριος
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Νικόλαος Π. Βεντικός
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

Ευχαριστίες

Πρώτα από όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π. κ. Νικόλαο Π. Βεντίκο. Τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου, για την καθοδήγηση, για τις ώρες που αφιέρωσε (θυσιάζοντας ακόμα και τον προσωπικό του χρόνο) και για τις συμβουλές που μου έδωσε σε ακαδημαϊκό και όχι μόνο, επίπεδο. Η συνεργασία μαζί του, με έκανε να αφοσιωθώ ακόμα περισσότερο αυτό που αποφάσισα να σπουδάσω και μεταξύ άλλων, μου προσφέρθηκε η ευκαιρία να συμμετάσχω μαζί του σε δύο επιστημονικά συνέδρια.

Ακόμα, θα ήθελα να εκφράσω την βαθιά μου ευγνωμοσύνη στην οικογένεια μου, αλλά και στους ανθρώπους που έχω δίπλα μου, οι οποίοι με στήριζαν και με στηρίζουν σε κάθε στιγμή της ζωής μου. Χωρίς την αμέριστη συμπαράστασή τους, ότι έχω καταφέρει μέχρι τώρα, δεν θα είχε επιτευχθεί.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον συνάδελφο μου Σωτήραλη Παναγιώτη για τη βοήθεια του, η οποία ήταν καταλυτική για την πληρότητα της παρούσας διπλωματικής, καθώς και για την συμπαράσταση του όλα τα χρόνια των σπουδών μας. Ευχαριστώ ακόμα και τον συνάδελφο Βαλσάμη Ηλία, ο οποίος συνέβαλε σημαντικά με τις προσπάθειες του.

Καταλήγοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Λιμεναρχείο Θήρας και τους ανθρώπους του, για τις πολύ χρήσιμες πληροφορίες που μας διέθεσαν, την Ένωση Λεμβούχων Θήρας, που μας παρείχε πολύτιμα δεδομένα για την διενέργεια των υπολογισμών, καθώς και τους καπετάνιους των καϊκιών του νησιού, οι οποίοι μας έλυσαν κάθε απορία σχετικά με τις ιδιαιτερότητες του όρμου των Φηρών και του Αθηνιού, παραθέτοντας απλόχερα την προσωπική τους εμπειρία.

Περίληψη

Το περιβάλλον επιδρά σημαντικά στην ανθρώπινη υγεία και ο άνθρωπος με τη σειρά του επιδρά σημαντικά στο περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογικές δραστηριότητες επηρεάζουν όλο και περισσότερο την τύχη του πλανήτη. Η ατμοσφαιρική ρύπανση ευθύνεται για πολύ σημαντικές επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη, οι βιομηχανίες και οι διάφορες μεταφορικές δραστηριότητες θεωρούνται ως η κύρια αιτία πρόκλησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πιο συγκεκριμένα, το 30% του συνόλου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, το 70% του συνόλου των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, και το 10% του συνόλου των εκπομπών διοξειδίου του θείου προέρχονται από αέριες εκπομπές των μεταφορικών δραστηριοτήτων.

Οι αέριες εκπομπές των πλοίων αποτελούν ένα πολύ σημαντικό ποσοστό των εκπομπών που εκλύονται από τον άνθρωπο στη βιομηχανία και τις μεταφορές. Λόγω του μεγάλου κύκλου εργασιών της ναυτιλίας, η τελευταία θεωρείται ως ένας από τους πιο σημαντικούς συντελεστές στην παραγωγή ρύπων, όπως τα NO_x, SO₂ και PM. Παρόλα αυτά, το θαλάσσιο εμπόριο εξακολουθεί να αναγνωρίζεται ως ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους μεταφοράς. Έχει αποδειχτεί, η άμεση σχέση μεταξύ του βαθμού της ρύπανσης και της σοβαρότητα των αντίστοιχων επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου. Ως αποτέλεσμα, άρχισαν να εφαρμόζονται σημαντικές λύσεις για τη μείωση της ρύπανσης, επιτυγχάνοντας ιδιαίτερα σημαντικά αποτελέσματα. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), ακολουθεί μια πολύ αυστηρή πολιτική, σχετικά με τα συγκεκριμένα περιβαλλοντικά προβλήματα, έχοντας αποδείξει την στάση ευθύνης, που μπορεί να επιδείξει απέναντι σε ένα τόσο πολύπλευρο ζήτημα.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση της γενικής εικόνας που επικρατεί, σε σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση που προέρχεται από πλοία, στο νησί της Σαντορίνης. Πιο συγκεκριμένα, επιχειρείται ο υπολογισμός/προσομοίωση, με τον κατά το δυνατόν, ρεαλιστικότερο και πιο αξιόπιστο τρόπο, του ποσού των ατμοσφαιρικών εκπομπών που εκλύεται από τα πλοία της ακτοπλοΐας και τα κρουαζιερόπλοια που προσέγγισαν το νησί της Σαντορίνης το 2007. Ακολούθως, αναλύονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν και γίνονται μερικές χρήσιμες προτάσεις για τη μείωση των αέριων εκπομπών στο νησί. Ως αποτέλεσμα η συγκεκριμένη προσπάθεια απαιτεί την ολοκλήρωση μερικών πολύ σημαντικών βημάτων.

Το πρώτο βήμα στοχεύει στην κατανόηση του βαθμού της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων της ακτοπλοΐας σε σχέση με τις υψηλές απαιτήσεις που έχει θέσει ο IMO, για την ενεργειακή απόδοση των μελλοντικών πλοίων. Η διαδικασία πραγματοποιείται με τη χρήση του δείκτη EEDI (Energy Efficiency Design Index). Στο δεύτερο βήμα υπολογίζονται οι αέριες εκπομπές που προέρχονται από τα πλοία της ακτοπλοΐας (συμβατικά και ταχύπλοα) και τα κρουαζιερόπλοια, με τη χρήση

μεταβλητών όπως η ισχύς και τα φορτία των κύριων μηχανών, η ηλικία του πλοίου και άλλα.

Το τρίτο βήμα εξετάζει τις πιθανές εκπομπές που αναλογούν σε κάθε επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι εντός του όρμου της Σαντορίνης, για τρεις χαρακτηριστικούς μήνες στο νησί. Οι τρεις αυτοί μήνες για τα πλοία της ακτοπλοΐας είναι, ο Ιανουάριος, ο Ιούνιος και ο Αύγουστος, με τα κρουαζιερόπλοια να αντιπροσωπεύονται από τον Νοέμβριο, τον Μάιο και τον Ιούλιο. Το τέταρτο βήμα εστιάζει στην ανάλυση της μείωσης της αέριας ρύπανσης που θα επιτυγχάνονταν, από την κατασκευή ενός νέου, πλήρως εξοπλισμένου λιμένα, με στόχο τη μείωση των αέριων εκπομπών από πλοία. Αναλυτικότερα, το βήμα αυτό απεικονίζει τη σύγκριση μεταξύ του παλαιού λιμένα των Φηρών, και του νέου υποθετικού σύγχρονου λιμένα στην ίδια περιοχή, από άποψη αέριων εκπομπών.

Το τελευταίο βήμα της παρούσας μελέτης επικεντρώνεται στη σχέση μεταξύ των αέριων εκπομπών που προέρχονται από κρουαζιερόπλοια και του ποσοστού της μέγιστης ταχύτητας των πλοίων. Η διαδικασία πραγματοποιείται μέσα από μια προσομοίωση των αέριων εκπομπών, ανά προσέγγιση στον όρμο της Σαντορίνης, η οποία αποδίδει κατανομές πιθανοτήτων. Η εργασία κλείνει με ενδιαφέροντα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις παραπάνω διαδικασίες.

Η δομή της παρούσας διπλωματικής, έχει την ακόλουθη μορφή. Το πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιεί μια βιβλιογραφική επισκόπηση προηγούμενων προσπαθειών, για την απογραφή των αέριων εκπομπών από τα πλοία. Στη συνέχεια, το δεύτερο κεφάλαιο παραθέτει στον αναγνώστη, μερικές βασικές έννοιες, σχετικά με την κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας εργασίας θεμελιώνεται και με το τρίτο κεφάλαιο, το οποίο αναλύει τη συμμετοχή των θαλασσιών μεταφορών στις κλιματικές αλλαγές και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Το τέταρτο κεφάλαιο εισάγει τον αναγνώστη στην τοπική κλίμακα της μελέτης, με την εφαρμογή του δείκτη EEDI στα πλοία της ακτοπλοΐας και την περιγραφή του μοντέλου υπολογισμού των αέριων εκπομπών. Τα κεφάλαια 5 και 6, αποτυπώνουν και αναλύουν τα αποτελέσματα των υπολογισμών για τα πλοία της ακτοπλοΐας και τα κρουαζιερόπλοια. Το κεφάλαιο 7 κλείνει την παρούσα διπλωματική εργασία, με χρήσιμα συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική δουλειά.

Abstract

The environment affects human health, and humans in their turn may affect the environment; in that sense, over the last years technological activities have an increasing impact on the fate of the planet. Air pollution is a significant cause of harmful effect on the environment and human health worldwide. In most places throughout the world, industries and various modes of transports are considered to be the primary cause for air pollution. In fact, 30% of all carbon dioxide emissions, 70% of all carbon monoxide emissions, and 10% of all sulfur dioxide emissions come from transport discharges.

Air emissions produced by ships are a considerable portion of the total emissions produced by man driven industrial/transport activities. Due to the massive cycle of shipping, the maritime sector is one of the most important contributors to the production of pollutants such as NO_x SO₂, or PM, even though sea trade is perceived as one of the most efficient means of transport. There is evidence of relationship between the intensity of the pollution and the severity of the respective health effects. As a result, solutions to reduce the pollution have been instituted with significant results. The International Maritime Organization (IMO) intends to follow a very strict policy about this category of environmental issues and paints clearly the attentive behavior that the maritime world has to show regarding this multifaceted matter.

The target of this thesis is the drafting of the overall picture concerning air pollution from ships in the island of Santorini. More specifically, this thesis attempts to calculate/simulate, in a realistic and reliable way, the amount of air emissions produced by passenger and cruise vessels that approached the Greek island of Santorini during the year of 2007; and then, at analyzing the results and make some useful proposals for the reduction of air emissions around the island. Hence, the model requires the completion of some basic steps.

The objective of the first step is to understand the degree of the energy efficiency of the passenger ships approaching Santorini in comparison to the high standards to be set by IMO for energy efficiency of the future ships, by using the Energy Efficiency Design Index (EEDI). The second step estimates the emissions from passenger (both conventional and fast vessels) and cruise vessels using different variables such as the power and load(s) of the main engine(s), the age of the ship, etc.

The third step addresses the emission potential per passenger-mile in Santorini for three months; namely, January, June and August, for passenger vessels and November, May and July, for cruise vessels. The fourth step focuses at analyzing the outcome of a hypothetical new, fully equipped port, as a solution, among other objectives, for the reduction of air emissions from ships around Santorini. More specifically, this step depicts the comparison between the existing traditional port at Fira, and the new hypothetical modern port at Fira, from air emissions point of view.

The final step, of this thesis, focuses on the correlation between air emissions from cruise vessels and the percentage of their maximum speed; this is done through a well compiled simulation study that calculates theoretical distributions of air emissions produced by ships. The paper concludes with interesting insights from the aforementioned tasks.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	2
Περίληψη.....	3
Abstract.....	5
Κεφάλαιο 1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	22
Κεφάλαιο 2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ: ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	36
2.1 Εισαγωγή.....	37
2.2 Κλιματική Αλλαγή	40
2.2.1 Γενικά Στοιχεία	40
2.2.2 Πρωτόκολλο του Κιότο	42
2.2.3 Μηχανισμοί Έλεγχου των Εκπομπών.....	44
2.3 Επιπτώσεις και Δράσεις σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο	46
2.3.1 Κλιματική Αλλαγή & Εξελίξεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση	46
2.3.2 Ευρωπαϊκό Νομοθετικό Πλαίσιο για τις Αέριες Εκπομπές.....	48
2.4 Η Κλιματική Αλλαγή για την Ελλάδα	50
2.4.1 Γενική Εικόνα	50
2.4.2 Κλίμα και Ακραία Καιρικά Φαινόμενα στον Ελλαδικό Χώρο.....	53
2.4.3 Η Κλιματική Αλλαγή στον Ελλαδικό Χώρο.....	54
2.4.4 Αέριες Εκπομπές στη Σαντορίνη	57
2.4.5 Το Σύμφωνο των Δημάρχων.....	60
2.5 Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.....	62
2.5.1 Βασικά Χαρακτηριστικά.....	62
2.5.2 Κατάταξη των Αερίων του Θερμοκηπίου.....	64
2.5.3 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂): Συγκεντρώσεις και Προέλευση	65
2.5.4 Συμμετοχή του Μεθανίου (CH ₄) στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.....	68
2.5.5 Υποξείδιο του Αζώτου(N ₂ O) και Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)	69
2.5.6 Το Όζον (O ₃) ως Αέριο του Θερμοκηπίου.....	69
Κεφάλαιο 3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΑΙΑ: ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	72
3.1 Εισαγωγή.....	73
3.2 Δράσεις του IMO για τη Μείωση των Αέριων Εκπομπών από τα Πλοία	73
3.3 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂)	75
3.3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά του Διοξειδίου του Άνθρακα.....	75

3.3.2 Συμμετοχή της Ναυτιλίας στις Παγκόσμιες Εκπομπές CO ₂	77
3.4 Διοξείδιο του Θείου (SO₂)	79
3.4.1 Βασικά Στοιχεία του Διοξειδίου του Θείου	79
3.4.2 Το Διοξείδιο του Θείου ως Παράγωγο της Καύσης Ναυτιλιακών Καύσιμων	81
3.4.3 Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος και SO ₂	81
3.4.4 Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (ECAs)	83
3.4.5 Εκπομπές SO ₂ και η Πολιτεία της Καλιφόρνια	85
3.5 Οξείδια του Αζώτου (NO_x)	87
3.5.1 Γενικά Χαρακτηριστικά των Οξειδίων του Αζώτου.....	87
3.5.2 Εκπομπές NO _x από Ναυτικούς Κινητήρες.....	89
3.5.3 Προδιαγραφές Εκπομπών Οξειδίων του Αζώτου (NO _x)	91
3.6 Σωματίδια PM (Particulate Matters)	94
3.6.1 Γενικά Χαρακτηριστικά των PM	94
3.6.2 Black Carbon και οι Εκπομπές του από τα Πλοία	97
 Κεφάλαιο 4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ EEDI ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ ΤΗΣ ΑΚΤΟΠΛΟΙΑΣ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	101
4.1 Εισαγωγή.....	102
4.2 Δείκτης EEDI (Energy Efficiency Design Index)	102
4.2.1 Γενικά Στοιχεία και Ιστορικό του Δείκτη EEDI.....	102
4.2.2 Ο Δείκτης EEDI για την Παρούσα Μελέτη.....	104
4.2.3 Ανάλυση και Περιγραφή της Σχέσης που χρησιμοποιήθηκε για τον EEDI.....	104
4.2.4 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων της Εφαρμογής του Δείκτη EEDI ..	106
4.3 Περιγραφή της Διαδικασίας Υπολογισμού των Αέριων Εκπομπών από τα Πλοία	108
4.3.1 Συλλογή Στοιχείων σχετικά με την Κυκλοφορία των Πλοίων στη Σαντορίνη.....	108
4.3.2 Κατηγορίες Πλοίων και Συγκέντρωση των Απαραίτητων Πληροφοριών	109
4.3.3 Πορείες των Πλοίων στον Όρμο της Σαντορίνης	110
4.3.4 Λιμένες και Όρμοι Εντός της Περιοχής Μελέτης.....	112
4.3.5 Σχέση Υπολογισμού των Αέριων Εκπομπών (Αναλυτικό Μοντέλο)....	113
 Κεφάλαιο 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ ΤΗΣ ΑΚΤΟΠΛΟΙΑΣ.....	120
5.1 Εισαγωγή.....	121
5.2 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του Μοντέλου για Συμβατικά Πλοία....	122
5.2.1 Αέριες Εκπομπές ανα Πλοίο ανα Προσέγγιση	122
5.2.2 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα DWT.....	125

5.2.3 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα GT.....	127
5.2.4 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα kW Εγκατεστημένης Ισχύος	130
5.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Αναλυτικού Μοντέλου για Ταχύπλοα	
Πλοία	133
5.3.1 Αέριες Εκπομπές ανα Πλοίο ανα Προσέγγιση	133
5.3.2 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα DWT.....	136
5.3.3 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα GT.....	138
5.3.4 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα kW Εγκατεστημένης Ισχύος	141
5.4 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Μεταξύ Ταχύπλοων και Συμβατικών	
Πλοίων	144
5.4.1 Απόλυτη Σύγκριση Δεικτών (DWT, GT & Ισχύς)	144
5.4.2 Ποσοστιαία Σύγκριση των Δεικτών.....	146
5.5 Συνολικές Αέριες Εκπομπές και Δείκτες ανά Επιβάτη ανά Διανυόμενο	
Μίλι για Τρεις Χαρακτηριστικούς Μήνες στο Νησί	149
5.5.1 Εισαγωγή.....	149
5.5.2 Συνολικές Αέριες Εκπομπές τον Ιανουάριο (Χαμηλή Περίοδος) του 2007.....	149
5.5.3 Συνολικές Αέριες Εκπομπές τον Ιούνιο (Μέση Περίοδος) του 2007	153
5.5.4 Συνολικές Αέριες Εκπομπές τον Αύγουστο (Υψηλή Περίοδος) του 2007.....	156
5.5.5 Αέριες Εκπομπές ανά Επιβάτη ανά Διανυόμενο Μίλι.....	159
Κεφάλαιο 6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΑ	
ΠΛΟΙΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ & ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	163
6.1 Εισαγωγή	164
6.2 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του Μοντέλου για Κρουαζιερόπλοια	164
6.2.1 Ομάδες Κρουαζιερόπλοιων.....	164
6.2.2 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 1 ^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων.....	165
6.2.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 2 ^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων.....	167
6.2.4 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 3 ^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων.....	170
6.2.5 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 4 ^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων.....	172
6.2.6 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 5 ^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων.....	175
6.3 Συνολικές Αέριες Εκπομπές των Πλοίων Κρουαζιέρας και Δείκτες ανά	
Επιβάτη ανά Διανυόμενο Μίλι για Τρεις Χαρακτηριστικούς Μήνες στο	
Νησί	178
6.3.1 Γενικό Πλαίσιο και Σημασία Δεικτών	178
6.3.2 Αέριες Εκπομπές τον Νοέμβριο (Χαμηλός Αριθμός Προσεγγίσεων) του 2007	178
6.3.3 Αέριες Εκπομπές τον Μάιο (Μέσος Αριθμός Προσεγγίσεων) του 2007.....	181
6.3.4 Αέριες Εκπομπές τον Ιούλιο (Υψηλός Αριθμός Προσεγγίσεων) του 2007.....	184
6.3.5 Αέριες Εκπομπές ανά Επιβάτη ανά Διανυόμενο Μίλι.....	188

6.4 Επίδραση στη Μείωση των Αέριων Εκπομπών από την Υποθετική Περίπτωση Κατασκευής Νέου Λιμένα στα Φηρά (με Δυνατότητα Cold Ironing)	191
6.4.1 Υπάρχουσα Κατάσταση για Κρουαζιερόπλοια στον Όρμο των Φηρών	191
6.4.2 Γενικό Πλαίσιο της Πρότασης για Νέο Λειτουργικό Λιμένα	193
6.4.3 Συνολικές Μηνιαίες Εκπομπές Νοεμβρίου 2007 για την Υπάρχουσα Κατάσταση αλλά και για την Πρόταση του Νέου Λιμένα	193
6.4.4 Σύγκριση Συνολικών Μηνιαίων Εκπομπών Νοεμβρίου 2007, ανά Πλοίο για τις Δύο Καταστάσεις που Εξετάζονται	196
6.5 Στοχαστική Ανάλυση και Προσομοίωση των Αέριων Εκπομπών NO_x και PM από Κρουαζιερόπλοια	199
6.5.1 Επιλογή των Εκπομπών των Οξειδίων του Αζώτου και των Αιωρούμενων Σωματιδίων.....	199
6.5.2 Γενικά Στοιχεία για την Προσομοίωση και την Στοχαστική Ανάλυση.....	199
6.5.3 Απαιτούμενες Είσοδοι για την Ανάλυση	200
6.5.4 Ανάλυση της Διαδικασίας που Ακολουθήθηκε	202
6.5.5 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου «Monte Carlo» για τις Εκπομπές Οξειδίων του Αζώτου (NO _x).....	202
6.5.6 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου «Monte Carlo» για τις Εκπομπές Αιωρούμενων Σωματιδίων (PM)	207
Κεφάλαιο 7 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΟΥΛΕΙΑ	213
7.1 Γενικά Συμπεράσματα	214
7.2 Προτάσεις για Μελλοντική Δουλειά	216
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	219

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1- 1 Κατανομή του παγκόσμιου στόλου στη μελέτη των Endresen και Sorgard	24
Πίνακας 1- 2 Συνολική εικόνα των τύπων των κινητήρων για κάθε κατηγορία πλοίων της μελέτης των Corbett και Koehler	26
Πίνακας 1- 3 Συνολική ποσότητες αέριων εκπομπών και καυσίμου που καταναλώθηκε στη Βόρειο Αμερική για το έτος 2002 από την μελέτη των Wang, Corbett και Firestone	29
Πίνακας 1- 4 Συνολικές ποσότητες (κατώτατες, μέσες και ανώτατες) αέριων εκπομπών και καυσίμου που καταναλώθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο, το έτος 2000 από την μελέτη «Eyging V., et al., 2010»	33
Πίνακας 1- 5 Συνολικές ποσότητες (κατώτατες, μέσες και ανώτατες) αέριων εκπομπών και καυσίμου που καταναλώθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο, το έτος 2005 από την μελέτη «Eyging V., et al., 2010»	33
Πίνακας 2- 1 Σενάρια ενεργειακής ζήτησης και ανάπτυξης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Σαντορίνη.....	59
Πίνακας 2- 2 Γενικά χαρακτηριστικά των σημαντικότερων αερίων του θερμοκηπίου.....	65
Πίνακας 3- 1 Tiers I, II και III, για τον έλεγχο των εκπομπών των NO _x	92
Πίνακας 4- 1 Ειδικοί συντελεστές εκπομπών από τα πλοία για την Ελλάδα το έτος 2007 (Ex-tremis).....	117
Πίνακας 4- 2 Συντελεστές διόρθωσης αερίων εκπομπών σύμφωνα με την ηλικία της προωστηρίου εγκατάστασης του πλοίου.....	117
Πίνακας 4- 3 Συντελεστής διόρθωσης αερίων εκπομπών σύμφωνα με το επίπεδο φόρτισης της προωστηρίου εγκατάστασης του πλοίου	118

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2- 1 Προβλεπόμενα πρότυπα αύξησης της μέσης θερμοκρασίας, με βάση τρία σενάρια εκπομπών (χαμηλής, μέσης και υψηλής ανάπτυξης).....	38
Σχήμα 2- 2 Κατανομή των πρωτογενών αέριων ρύπων που εκπέμπονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην ατμόσφαιρα.....	39
Σχήμα 2- 3 Κατανομή της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη τον Ιούλιο του 2008.....	41
Σχήμα 2- 4 Ποσοστιαία συμμετοχή χωρών στις Παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου το 1990.....	43
Σχήμα 2- 5 Ποσοστιαίες μεταβολές-στόχοι αέριων εκπομπών σε σχέση με το έτος βάσης.....	45
Σχήμα 2- 6 Αναλυτικές συνέπειες των κλιματικών αλλαγών στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	47
Σχήμα 2- 7 Ιστορικό και προβλέψεις για την αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας της Μεσογείου.....	52
Σχήμα 2- 8 Μεταβολές στην κατανομή των βροχοπτώσεων στην Ευρώπη μεταξύ 1961-2006 ...	54
Σχήμα 2- 9 Τάσεις μεταβολής της στάθμης της θάλασσας γύρω από την Ευρώπη και τη Βόρεια Αφρική.....	55
Σχήμα 2- 10 Εκπομπές CO ₂ από τις αερομεταφορές στα Ελληνικά αεροδρόμια για το έτος 2008.....	59
Σχήμα 2- 11 Ενεργειακό ισοζύγιο στην ατμόσφαιρα με ποσοστιαία διασπορά της ηλιακής ακτινοβολίας.....	63
Σχήμα 2- 12 Σύγκριση εκπομπών CO ₂ από την καύση ορυκτών καυσίμων με τα 6 σενάρια της IPCC.....	66
Σχήμα 2- 13 Επιμερισμός εκπομπών CO ₂ από τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες.....	67
Σχήμα 2- 14 Εκπομπές αερίων ανά τομέα στην Ευρώπη.....	68
Σχήμα 2- 15 Μεταβολές στις συγκεντρώσεις τροποσφαιρικού όζοντος στην Ευρώπη για τις περιόδους 1958-2001 και 1978-2001.....	70
Σχήμα 3- 1 Εποπτική περιγραφή του κύκλου του άνθρακα.....	76
Σχήμα 3- 2 Εκπομπές και καταναλώσεις από τις μεταφορές για το έτος 2000.....	77
Σχήμα 3- 3 Σύγκριση εκπομπών CO ₂ οδικών, εναέριων και θαλασσιών μεταφορών.....	78

Σχήμα 3- 4 Οφέλη στις εκπομπές SO ₂ , από τις προσπάθειες του ανθρώπου για τη μείωση τους αλλά και από τις νέες μορφές ενέργειας.....	80
Σχήμα 3- 5 Όρια περιεκτικότητας σε θείο από τους κανονισμούς για διάφορους τύπους καυσίμου	82
Σχήμα 3- 6 Υπάρχουσες και υπό μελέτη περιοχές ECA στον πλανήτη	84
Σχήμα 3- 7 Χάρτης της ζώνης των 24 μιλίων που υπόκεινται κάτω από τους κανονισμούς τη χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο της πολιτείας της Καλιφόρνια.....	86
Σχήμα 3- 8 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε τομέα στις εκπομπές NO _x	88
Σχήμα 3- 9 Επιτρεπόμενα όρια εκπομπών οξειδίων του άνθρακα για κάθε Tier (I, II και III) της MARPOL	93
Σχήμα 3- 10 Εκτιμώμενα χαμένα έτη ζωής (YOLL) εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε PM _{2.5} στην Ευρώπη με έτος αναφοράς το 2005.....	95
Σχήμα 3- 11 Ποσοστιαίες μεταβολές ανά τομέα στις εκπομπές PM ₁₀ στην Ευρώπη για την περίοδο 1990-2008	96
Σχήμα 3- 12 Σενάρια και πραγματικά στοιχεία εκπομπών black carbon, στην Αρκτική.....	99
Σχήμα 4- 1 Δείκτης EEDI για συμβατικά πλοία.....	106
Σχήμα 4- 2 Δείκτης EEDI για ταχύπλοα πλοία	107
Σχήμα 4- 3 Η περιοχή μελέτης και οι συνήθεις πορείες των πλοίων που προσεγγίζουν το νησί της Σαντορίνης	111
Σχήμα 4- 4 Ποσοστιαία σχέση της ονομαστικής ταχύτητας με την εγκατεστημένη ισχύ.....	115
Σχήμα 4- 5 Καμπύλες εξισώσεων των συντελεστών διόρθωσης των αερίων εκπομπών, σύμφωνα με το επίπεδο φόρτισης των κινητήρων του πλοίου	118
Σχήμα 5- 1 Εκπομπές CO ₂ συμβατικών πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	122
Σχήμα 5- 2 Εκπομπές NO _x συμβατικών πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	123
Σχήμα 5- 3 Εκπομπές SO ₂ συμβατικών πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	123
Σχήμα 5- 4 Εκπομπές PM συμβατικών πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	124
Σχήμα 5- 5 Εκπομπές CO ₂ (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.....	125
Σχήμα 5- 6 Εκπομπές NO _x (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία	126

Σχήμα 5- 7 Εκπομπές SO ₂ (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία	126
Σχήμα 5- 8 Εκπομπές PM (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.....	127
Σχήμα 5- 9 Εκπομπές CO ₂ (kg) / GT, ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.....	128
Σχήμα 5- 10 Εκπομπές NO _x (kg) / GT, ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία	128
Σχήμα 5- 11 Εκπομπές SO ₂ (kg) / GT, ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.....	129
Σχήμα 5- 12 Εκπομπές PM (kg) / GT, ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.....	129
Σχήμα 5- 13 Εκπομπές CO ₂ (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία	130
Σχήμα 5- 14 Εκπομπές NO _x (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία	131
Σχήμα 5- 15 Εκπομπές SO ₂ (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία	131
Σχήμα 5- 16 Εκπομπές PM (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία	132
Σχήμα 5- 17 Εκπομπές CO ₂ ταχύπλοων πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	133
Σχήμα 5- 18 Εκπομπές NO _x ταχύπλοων πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	134
Σχήμα 5- 19 Εκπομπές SO ₂ ταχύπλοων πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	134
Σχήμα 5- 20 Εκπομπές PM ταχύπλοων πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	135
Σχήμα 5- 21 Εκπομπές CO ₂ (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα πλοία	136
Σχήμα 5- 22 Εκπομπές NO _x (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα πλοία.....	137
Σχήμα 5- 23 Εκπομπές SO ₂ (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα πλοία.....	137
Σχήμα 5- 24 Εκπομπές PM (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα πλοία	138
Σχήμα 5- 25 Εκπομπές CO ₂ (kg) / GT, ανά προσέγγιση για ταχύπλοα	139
Σχήμα 5- 26 Εκπομπές NO _x (kg) / GT, ανά προσέγγιση για ταχύπλοα	139
Σχήμα 5- 27 Εκπομπές SO ₂ (kg) / GT, ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.....	140
Σχήμα 5- 28 Εκπομπές PM (kg) / GT, ανά προσέγγιση για ταχύπλοα	140
Σχήμα 5- 29 Εκπομπές CO ₂ (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.....	141

Σχήμα 5- 30 Εκπομπές NO _x (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα	142
Σχήμα 5- 31 Εκπομπές SO ₂ (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.....	142
Σχήμα 5- 32 Εκπομπές PM (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.....	143
Σχήμα 5- 33 Σύγκριση εκπομπών CO ₂ ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.....	144
Σχήμα 5- 34 Σύγκριση εκπομπών NO _x ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση	145
Σχήμα 5- 35 Σύγκριση εκπομπών SO ₂ ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση	145
Σχήμα 5- 36 Σύγκριση εκπομπών PM ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.....	146
Σχήμα 5- 37 Ποσοστιαία σύγκριση εκπομπών CO ₂ ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση ...	147
Σχήμα 5- 38 Ποσοστιαία σύγκριση εκπομπών NO _x ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση ...	147
Σχήμα 5- 39 Ποσοστιαία σύγκριση εκπομπών SO ₂ ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση....	148
Σχήμα 5- 40 Ποσοστιαία σύγκριση εκπομπών PM ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση	148
Σχήμα 5- 41 Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε πλοίο τον Ιανουάριο του 2007	150
Σχήμα 5- 42 Συνολικές εκπομπές αερίων από ακτοπλοϊκά τον Ιανουάριο του 2007	150
Σχήμα 5- 43 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO ₂ & SO ₂ τον Ιανουάριο του 2007	151
Σχήμα 5- 44 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO _x τον Ιανουάριο του 2007	152
Σχήμα 5- 45 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM τον Ιανουάριο του 2007	152
Σχήμα 5- 46 Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε πλοίο τον Ιούνιο του 2007.....	153
Σχήμα 5- 47 Συνολικές εκπομπές αερίων από ακτοπλοϊκά τον Ιούνιο του 2007.....	154
Σχήμα 5- 48 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO ₂ & SO ₂ τον Ιούνιο του 2007.....	154
Σχήμα 5- 49 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO _x τον Ιούνιο του 2007	155
Σχήμα 5- 50 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM τον Ιούνιο του 2007	155
Σχήμα 5- 51 Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε πλοίο τον Αύγουστο του 2007	156

Σχήμα 5- 52 Συνολικές εκπομπές αερίων από ακτοπλοϊκά τον Αύγουστο του 2007	157
Σχήμα 5- 53 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO ₂ & SO ₂ τον Αύγουστο του 2007	157
Σχήμα 5- 54 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO ₂ τον Αύγουστο του 2007	158
Σχήμα 5- 55 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM τον Αύγουστο του 2007	158
Σχήμα 5- 56 Εκπομπές CO ₂ (grams) ανά επιβάτη ανά διανυόμενο μίλι για τρεις σημαντικούς μήνες του 2007	159
Σχήμα 5- 57 Εκπομπές NO _x (grams) ανά επιβάτη ανά διανυόμενο μίλι για τρεις σημαντικούς μήνες του 2007	160
Σχήμα 5- 58 Εκπομπές SO ₂ (grams) ανά επιβάτη ανά διανυόμενο μίλι για τρεις σημαντικούς μήνες του 2007	160
Σχήμα 5- 59 Εκπομπές PM (grams) ανά επιβάτη ανά διανυόμενο μίλι για τρεις σημαντικούς μήνες του 2007.....	161
Σχήμα 6- 1 Εκπομπές CO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	165
Σχήμα 6- 2 Εκπομπές NO _x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	166
Σχήμα 6- 3 Εκπομπές SO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	166
Σχήμα 6- 4 Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	167
Σχήμα 6- 5 Εκπομπές CO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	168
Σχήμα 6- 6 Εκπομπές NO _x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	168
Σχήμα 6- 7 Εκπομπές SO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	169
Σχήμα 6- 8 Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	169
Σχήμα 6- 9 Εκπομπές CO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	170
Σχήμα 6- 10 Εκπομπές NO _x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	171
Σχήμα 6- 11 Εκπομπές SO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	171
Σχήμα 6- 12 Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	172
Σχήμα 6- 13 Εκπομπές CO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	173

Σχήμα 6- 14 Εκπομπές NO _x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	173
Σχήμα 6- 15 Εκπομπές SO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	174
Σχήμα 6- 16 Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	174
Σχήμα 6- 17 Εκπομπές CO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	175
Σχήμα 6- 18 Εκπομπές NO _x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	176
Σχήμα 6- 19 Εκπομπές SO ₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.....	176
Σχήμα 6- 20 Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης	177
Σχήμα 6- 21 Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε κρουαζιερόπλοιο, τον Νοέμβριο του 2007	179
Σχήμα 6- 22 Συνολικές εκπομπές αερίων από κρουαζιερόπλοια, τον Νοέμβριο του 2007.....	179
Σχήμα 6- 23 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO ₂ & SO ₂ , τον Νοέμβριο του 2007.....	180
Σχήμα 6- 24 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO _x , τον Νοέμβριο του 2007.....	180
Σχήμα 6- 25 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM, τον Νοέμβριο του 2007.....	181
Σχήμα 6- 26 Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε κρουαζιερόπλοιο, τον Μάιο του 2007	182
Σχήμα 6- 27 Συνολικές εκπομπές αερίων από κρουαζιερόπλοια, τον Μάιο του 2007	182
Σχήμα 6- 28 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO ₂ & SO ₂ , τον Μάιο του 2007	183
Σχήμα 6- 29 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO _x , τον Μάιο του 2007	183
Σχήμα 6- 30 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM, τον Μάιο του 2007	184
Σχήμα 6- 31 Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε κρουαζιερόπλοιο, τον Ιούλιο του 2007	185
Σχήμα 6- 32 Συνολικές εκπομπές αερίων από κρουαζιερόπλοια, τον Ιούλιο του 2007.....	185
Σχήμα 6- 33 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO ₂ & SO ₂ , τον Ιούλιο του 2007.....	186

Σχήμα 6- 34 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO _x , τον Ιούλιο του 2007	186
Σχήμα 6- 35 Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM, τον Ιούλιο του 2007	187
Σχήμα 6- 36 Εκπομπές CO ₂ (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι, τριών σημαντικών μηνών του 2007, για τα κρουαζιερόπλοια.....	188
Σχήμα 6- 37 Εκπομπές NO _x (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι, τριών σημαντικών μηνών του 2007, για τα κρουαζιερόπλοια.....	189
Σχήμα 6- 38 Εκπομπές SO ₂ (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι, τριών σημαντικών μηνών του 2007, για τα κρουαζιερόπλοια.....	189
Σχήμα 6- 39 Εκπομπές PM (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι, τριών σημαντικών μηνών του 2007, για τα κρουαζιερόπλοια.....	190
Σχήμα 6- 40 Συνολικές μηνιαίες εκπομπές CO ₂ Νοεμβρίου του 2007, για τις περιπτώσεις που εξετάζονται.....	194
Σχήμα 6- 41 Συνολικές μηνιαίες εκπομπές NO _x Νοεμβρίου του 2007, για τις περιπτώσεις που εξετάζονται.....	194
Σχήμα 6- 42 Συνολικές μηνιαίες εκπομπές SO ₂ Νοεμβρίου του 2007, για τις περιπτώσεις που εξετάζονται.....	195
Σχήμα 6- 43 Συνολικές μηνιαίες εκπομπές PM Νοεμβρίου του 2007, για τις περιπτώσεις που εξετάζονται.....	195
Σχήμα 6- 44 Σύγκριση συνολικών μηνιαίων εκπομπών CO ₂ , ανά πλοίο	196
Σχήμα 6- 45 Σύγκριση συνολικών μηνιαίων εκπομπών NO _x , ανά πλοίο.....	197
Σχήμα 6- 46 Σύγκριση συνολικών μηνιαίων εκπομπών SO ₂ , ανά πλοίο	197
Σχήμα 6- 47 Σύγκριση συνολικών μηνιαίων εκπομπών PM, ανά πλοίο	198
Σχήμα 6- 48 Κατανομή «Beta» για την συνολική εγκατεστημένη ισχύ των κρουαζιερόπλοιων	200
Σχήμα 6- 49 Κατανομή «Weibull», για την ονομαστική ταχύτητα των κρουαζιερόπλοιων	201
Σχήμα 6- 50 Κατανομή «Negative Binomial», για τον μέσο χρόνο παραμονής των κρουαζιερόπλοιων	201
Σχήμα 6- 51 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO _x , με 50 % της ονομαστικής ταχύτητας	203

Σχήμα 6- 52 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO _x , με 60 % της ονομαστικής ταχύτητας	203
Σχήμα 6- 53 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO _x , με 70 % της ονομαστικής ταχύτητας	204
Σχήμα 6- 54 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO _x , με 80 % της ονομαστικής ταχύτητας	204
Σχήμα 6- 55 Κατανομή «Beta», για τις εκπομπές NO _x , με 90 % της ονομαστικής ταχύτητας...	205
Σχήμα 6- 56 Κατανομή «Beta», για τις εκπομπές NO _x , με 93 % της ονομαστικής ταχύτητας...	205
Σχήμα 6- 57 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO _x , με 100 % της ονομαστικής ταχύτητας	206
Σχήμα 6- 58 Σύγκριση Κατανομών με 50 % και 100 % της ονομαστικής ταχύτητας, για τις εκπομπές NO _x	207
Σχήμα 6- 59 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 50 % της ονομαστικής ταχύτητας	208
Σχήμα 6- 60 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 60 % της ονομαστικής ταχύτητας	208
Σχήμα 6- 61 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 70 % της ονομαστικής ταχύτητας	209
Σχήμα 6- 62 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 80 % της ονομαστικής ταχύτητας	209
Σχήμα 6- 63 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 90 % της ονομαστικής ταχύτητας	210
Σχήμα 6- 64 Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 93 % της ονομαστικής ταχύτητας	210
Σχήμα 6- 65 Κατανομή «Beta», για τις εκπομπές PM, με 100 % της ονομαστικής ταχύτητας..	211
Σχήμα 6- 66 Σύγκριση Κατανομών, με 50 % και 100 % της ονομαστικής ταχύτητας, για τις εκπομπές PM	211

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 4- 1 Δορυφορική άποψη του όρμου του Αθηνιού	112
Εικόνα 4- 2 Γενική άποψη του παραδοσιακού λιμένα των Φηρών καθώς και των ναυδέτων που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από την ακτή.....	113
Εικόνα 6- 1 Πλοία κρουαζιέρας κατά την παραμονή τους στον όρμο των Φηρών, με ιδανικές καιρικές συνθήκες	192
Εικόνα 6- 2 Πλοίο κρουαζιέρας επιχειρώντας την διατήρηση της θέσης του στον όρμο των Φηρών, με έναν ελαφρύ Νοτιοδυτικό άνεμο	192

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Βιβλιογραφική Επισκόπηση Προηγούμενων Προσπαθειών για την Απογραφή των Αέριων Εκπομπών από τα Πλοία

Η ανάπτυξη μοντέλων και διαδικασιών που οδηγούν στην εκτίμηση της ποσότητας των αέριων εκπομπών από τα πλοία, δείχνει τον δρόμο για την εξασφάλιση ενός μέλλοντος με μία αποδοτική (ενεργειακά) ναυτιλία και ένα περιβάλλον επιβαρυνόμενο κατά το λιγότερο δυνατόν από τους αέριους ρύπους και τα αέρια του θερμοκηπίου, που προέρχονται από τα πλοία.

Στη συγκεκριμένη επιστημονική περιοχή, ένας από τους πρωτεργάτες και πρωτοπόρους θεωρείται ο J.J. Corbett ο οποίος έκανε έντονα αισθητή την παρουσία του στον χώρο με την μελέτη «Corbett J.J. and Fischbeck P.S., 1997» (1). Η συγκεκριμένη προσέγγιση ήταν από τις πρώτες που εφαρμόστηκε με γεωγραφικές παραμέτρους καλύπτοντας σε παγκόσμια κλίμακα τις αέριες εκπομπές από τα πλοία σε ολόκληρο τον πλανήτη. Τα στοιχεία για τις μέσες τιμές των συντελεστών αέριων εκπομπών (emission factors) είχαν ληφθεί από το Lloyd's Marine Exhaust Emissions Programme με τη βοήθεια της προγενέστερης μελέτης «Carlton J. S et al. 1995» (2).

Το αποτέλεσμα ήταν η απόδοση των συγκεντρώσεων των αερίων εκπομπών ανά τον κόσμο, με παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες και οι συνηθισμένες πλόες των εξεταζόμενων πλοίων, να λαμβάνονταν υπόψη αναλυτικά στον τελικό υπολογισμό. Σε επόμενες μελέτες του ίδιου ερευνητή (Corbett J.J) τα στοιχεία άρχισαν να πηγάζουν από κατασκευαστές και πραγματικά δεδομένα λειτουργίας.

Μια ξεχωριστή (ως προς το εύρος των αποτελεσμάτων της) μελέτη έκανε αισθητή την παρουσία της το 1999, δύο χρόνια μετά την δουλειά των Corbett και Fischbeck. Η τεχνική έκθεση «Endresen Ø. and Sørgard E., 1999» (την ίδια χρονιά με την «Endresen Ø., et al., 1999»), χαρακτηρίζονταν από την προσπάθεια παρουσίασης κάποιων μοντέλων τα οποία είχαν τη δυνατότητα να ποσοτικοποιήσουν όχι μόνο τις αέριες εκπομπές, αλλά και την τοξική μόλυνση που προκαλούνταν από τα διάφορα δραστικά συστήματα antifouling (υφαλοχρώματα που προστατεύουν την γάστρα του σκάφους από την ανάπτυξη μικροοργανισμών), που χρησιμοποιούν τα πλοία (3)(4). Το μοντέλο στη συγκεκριμένη εργασία είχε ως πρώτο βήμα, όπως και στις περισσότερες μελέτες, την κατηγοριοποίηση του παγκόσμιου στόλου ανάλογα με χαρακτηριστικά όπως ο τύπος του πλοίου, το μέγεθος και η εγκατεστημένη ισχύς.

Στη συνέχεια και με τη συμβολή συγκεκριμένων συντελεστών για την κάθε χημική ένωση, υπολογίζονταν εκπομπές όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, οι διάφορες πτητικές ενώσεις NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds), το μεθάνιο, τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του θείου και το υποξείδιο του αζώτου. Ακόμα δινόντουσαν και αποτελέσματα για τοξικές ενώσεις που προκαλούσαν τα υφαλοχρώματα και κατηγοριοποιούνταν με το όνομα του τριβουτυλοκασσιτέρου (TBT: Tributyltin). Είναι εύκολα κατανοητό ποσό περιέπλεκε τους υπολογισμούς η ανάγκη για ακριβή

γνώση της βρεχόμενης επιφάνειας της κάθε κατηγορίας πλοίου, η οποία ήταν απαραίτητη για τον υπολογισμό της επίδρασης των υφαλοχρωμάτων στο περιβάλλον.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της προσπάθειας των Edresen και Sørsgard, ήταν ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου παρέμεναν ακριβή όσο το πλήθος των πλοίων που εξετάζονταν ήταν αρκετά ευρύ και αφορούσε ολόκληρο τον παγκόσμιο στόλο, ή τμήμα αυτού. Σαν συνέπεια, σε οποιαδήποτε προσπάθεια για εφαρμογή του μοντέλου για ένα πλοίο, τα αποτελέσματα απέκλιναν σημαντικά από την πραγματικότητα. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα χρόνια που ακολούθησαν η εικόνα αυτή ανατράπηκε ολοκληρωτικά, με παραδείγματα όπως η μελέτη «Psaraftis H.N., Kontovas C.A., 2008». Η συγκεκριμένη μελέτη, κατάφερε μεταξύ άλλων, να παρουσιάσει ένα web-based tool, το οποίο ήταν ικανό να υπολογίσει αέριες εκπομπές CO₂, SO₂ και NO_x, (για πλοία διαφόρων κατηγοριών), μεμονωμένα, χωρίς δηλαδή να υπάρχει ανάγκη ομαδοποίησης (5). Αναλυτικότερα χαρακτηριστικά της μελέτης αυτής, παρουσιάζονται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Το 2002 μια αρκετά εκτεταμένη και αναλυτική μελέτη ήρθε στο προσκήνιο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μέσω της ENTEC UK Limited. Η μελέτη «European Commission and ENTEC UK Limited, 2002», είχε ως κύριο μέλημα να ποσοτικοποιήσει τις αέριες εκπομπές (CO₂, NO_x, SO₂ και HC) από τα πλοία που δραστηριοποιούνταν στις παρακάτω θαλάσσιες περιοχές (6):

- Βόρεια Θάλασσα
- Ιρλανδική Θάλασσα
- Αγγλικό Κανάλι
- Μαύρη Θάλασσα
- Μεσόγειος Θάλασσα

Εκτός από τις συγκεκριμένες περιοχές, μέσα στους υπολογισμούς της ENTEC, συμπεριλαμβάνονταν και οι εκπομπές (οι προαναφερθείσες μαζί με τα ΡΜ) που εκλύονταν εντός των λιμένων των παραπάνω περιοχών. Για να επιτευχτεί κάτι τέτοιο έπρεπε να γίνει ένας σχεδιασμός ο οποίος αφορούσε τον σαφή καθορισμό παραγόντων όπως οι πορείες των πλοίων, ο αρχικός και ο τελικός προορισμός ενός ταξιδιού (καθώς και ο έλεγχος για το κατά πόσο τα λιμάνια απόπλου και κατάπλου ήταν εντός της υπό μελέτη περιοχής). Στη συνέχεια, έπρεπε να εξαχθεί ένα συμπέρασμα αναφορικά με τα αποτελέσματα που επέφερε η θέσπιση των περιοχών

ελέγχου των εκπομπών από τα πλοία (ECAs: Emission Control Areas), σε σχέση με τις υπόλοιπες θαλάσσιες περιοχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ξεχωριστό σημείο στη μελέτη αυτή αποτέλεσε η επιλογή πλοίων μεγαλύτερων από 500 gross registered tons (επόμενες μελέτες καθιέρωσαν τους 100 ως ελάχιστη χωρητικότητα για την συμμετοχή ενός πλοίου στους υπολογισμούς). Ακόμα η ENTEC, προχώρησε στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων με την χρήση του συστήματος γεωγραφικής απεικόνισης των πληροφοριών (GIS: Geographic Information System). Το αποτέλεσμα ήταν να χωρισθεί ο χάρτης των θαλάσσιων περιοχών σε περιοχές (grid) 50 x 50 χλμ, δίνοντας έτσι μία καλύτερη εικόνα στον αναγνώστη σχετικά με τις περιοχές υψηλών συγκεντρώσεων των εκπομπών από τα πλοία.

Πολύ σημαντική ήταν και η συνεισφορά της μελέτης «Endresen O. and Sorgard E. 2003» (7), η οποία έθεσε νέες βάσεις στο ζήτημα του υπολογισμού των αέριων εκπομπών από τα πλοία. Το μοντέλο της συγκεκριμένης μελέτης υπολόγιζε αρχικά την κατανάλωση καυσίμου και τα καυσαέρια από τις κύριες μηχανές συγκεκριμένων τύπων πλοίων. Το κρίσιμο σημείο της κατανάλωσης του καυσίμου υπολογίζονταν από τις ώρες που τα πλοία βρίσκονταν εν πλω, ή σε λιμάνι (σύμφωνα με αναλυτικά στατιστικά στοιχεία που λαμβάνονταν από διάφορους φορείς).

Πίνακας 1- 1

Κατανομή του παγκόσμιου στόλου στη μελέτη των Endresen και Sorgard.

Mode	Number of Vessels	Dwt, Millions	GT, Millions	Reference Year
Ocean-going merchant fleet ^a > 100 GT				
All vessels	87,546/84,264		558/508	1996/2000
Cargo fleet	46,205/45,097	792/740	529/482	1996/2000
Noncargo	41,341/39,167		29/26	1996/2000
Inland cargo fleet ^b (waterways)	79,844			1992
Navy fleet ^c				
All vessels ^d	19,646			1995
All vessel > 100 t standard displacement ^e	1338			1998

^aLR [1996, 2000].

^bOECD [1997] (push-towed vessels included).

^cAdcock and Stitt [1995] and Calhoun [1999].

^dIncludes 759 submarines.

^eIncludes 523 submarines.

Οι ώρες λειτουργίας υπολογίζονταν για κάθε κατηγορία σκάφους η οποία καθορίζονταν βάσει πολύ συγκεκριμένων παραγόντων. Τα κύρια χαρακτηριστικά που διέκριναν τα πλοία ήταν τα ακόλουθα:

- Τύπος Πλοίου,
- Μέγεθος Πλοίου (ανάλογα με GT ή DWT),

- Τύπος Προωστήριου Εγκατάστασης,
- Συνολική Ισχύς της Κύριας Μηχανής,
- Κατανομές Φορτίου της Κύριας Μηχανής και
- Κατανάλωση Καυσίμου Ανάλογα με τη Φόρτιση της Κύριας Μηχανής

Ύστερα από την εισαγωγή των παραπάνω στοιχείων, αλλά και μερικών ακόμη συμπληρωματικών (π.χ. emission factors), στη σχέση υπολογισμού των αέριων εκπομπών, εξάγονταν άμεσα αποτελέσματα για μια αρκετά εμπειριστατωμένη εκτίμηση των παγκόσμιων αέριων εκπομπών από τα πλοία (με GT μεγαλύτερο του 100) κατά τη λειτουργία τους. Η συγκεκριμένη μελέτη συγκρινόμενη με άλλες έρευνες που αφορούσαν τις παγκόσμιες αθροιστικές ανθρωπογενείς εκπομπές συγκεκριμένων αερίων, έδωσε μερικά πολύ χρήσιμα στοιχεία για τη ναυτιλία σε σχέση με το περιβάλλον.

Έτσι η ναυτιλία για το έτος 1996 παρήγαγε το 2 % των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών CO₂ (για το έτος 1990). Τα αντίστοιχα ποσοστά για τα NO_x και SO_x, ήταν 11 % και 4 %. Τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν αυτό που είχαν επισημάνει και άλλες παρόμοιες μελέτες στο παρελθόν, με το παγκόσμιο ενδιαφέρον να στρέφεται προς τα NO_x και το εντυπωσιακό ποσοστό της συμμετοχής τους. Μοναδικό ερωτηματικό στη σύγκριση αυτή που επιχείρησε ο Endresen με τους συνεργάτες του ήταν η έλλειψη στοιχείων για το πώς είχαν εξελιχθεί οι παγκόσμιες ανθρωπογενείς εκπομπές (CO₂, NO_x και SO_x), από το 1990 μέχρι και το 1996.

Ως συνέχεια της προσπάθειας «Corbett J.J. and Fischbeck P.S., 1997», θα μπορούσε να εκληφθεί η «Corbett, J. J. and Koehler, 2003» (8). Στα πλαίσια της μελέτης αυτής, πραγματοποιήθηκε αναλυτική αναθεώρηση των υπολογισθέντων από προηγούμενες εργασίες αέριων ρύπων, για όλα τα διεθνώς νηολογημένα Πλοία με GT μεγαλύτερο από 100. Οι υπολογισμοί απέκτησαν αναλυτικότερες σχέσεις και ήταν πια πλήρως ανεξάρτητες από τα διαθέσιμα στατιστικά μεγέθη των πωλήσεων καυσίμου ανά τον κόσμο.

Αξίζει να τονισθεί, ότι οι ιπποδυνάμεις των προωστήριων εγκαταστάσεων των πλοίων, δεν υπολογίζονταν προσεγγιστικά από το tonnage των σκαφών, αλλά λαμβάνονταν απευθείας οι πραγματικές τιμές. Ένας άλλος σημαντικός τομέας που καλύφθηκε ήταν η δραστηριότητα των πλοίων στις θάλασσες και τα λιμάνια ώστε σε συνδυασμό με τα άλλα μεγέθη να συμπληρώσουν τις σχέσεις που αποτελούσαν το μοντέλο υπολογισμού των αέριων ρύπων (και της κατανάλωσης καυσίμου) και να δώσουν ακριβή αποτελέσματα.

Ο παρακάτω πίνακας καταγράφει το σύνολο των τύπων των μηχανών των πλοίων, σε πλήρη αντιστοιχία με τις κατηγορίες των πλοίων πάνω στα οποία είναι εγκατεστημένες. Ακόμα δίνονται αναλυτικά τα ποσοστά των τύπων των μηχανών για κάθε κατηγορία πλοίου, οι ώρες λειτουργίας (κατά μέσο όρο), κάθε κατηγορίας καθώς και το μέσο ποσοστιαίο φορτίο (από το συνολικά εγκατεστημένο) που χρησιμοποιεί κάθε κατηγορία.

Πίνακας 1- 2

Συνολική εικόνα των τύπων των κινητήρων για κάθε κατηγορία πλοίων της μελέτης των Corbett και Koehler.

Ship Types	Installed Main Engines ^a	Average Operating Hours per Year	Average Engine Load, % of Installed Power
Bulk carriers, tankers	two-stroke: 91% four-stroke: 6%	6500	55% if low freight rates, 80% if normal freight rates
Large container vessels (>1500 TEU)	two-stroke: 100%	6700–7200	80%
Small container vessels (<1500 TEU)	two-stroke: 55% four-stroke: 45%	6300–6700	80%
Crude oil carriers	two-stroke: 80% four stroke: 19%	6700–7300	75%
Lift-on lift-off (LoLo)	two-stroke: 55% four stroke: 32%	6000	80%
Roll-on roll-off (RoRo)	two-stroke: 11% four stroke: 77%	6500–7000	80–85%
Passenger vessels	primarily four-stroke	4000	55%
Fishing vessels ^b	two-stroke: 3% four stroke: 69%	6000–7000	70%

^aOn the basis of installed power.

^bA number of fishing vessels are not powered by diesel engines, but by Otto cycle, spark-ignited engines.

Το μοντέλο των Corbett και Koehler, θα μπορούσε να χωρισθεί σε δύο βασικά μέρη (και κατά συνέπεια σε δύο σχέσεις-εξισώσεις), τα οποία μπορούν να εφαρμοσθούν ανεξάρτητα. Η πρώτη σχέση υπολόγιζε την κατανάλωση του καυσίμου του παγκόσμιου στόλου σε τόνους ανά έτος. Αναλυτικά η σχέση προέκυπτε από τον πολλαπλασιασμό των παρακάτω στοιχείων:

- P_{MW} : Εγκατεστημένη Ισχύς κάθε Υποκατηγορίας Πλοίων.
- $F_{\%MCR}$: Συντελεστής Φορτίου Βασισμένος στις Στατιστικές Υπηρεσιακές Ανάγκες Λειτουργίας κάθε Υποκατηγορίας.
- $T_{hrs/yr}$: Μέσος Χρόνος Λειτουργίας σε Ετήσια Βάση.
- $SFOC_{g/kWh}$: Ειδική Κατανάλωση Καυσίμου Βασισμένη στην Ισχύ της κάθε Υποκατηγορίας.

Τα χαρακτηριστικά αυτά πολλαπλασιάζονταν μεταξύ τους (και διαιρούνταν με το 1000 για λόγους συμβατότητας των μονάδων μέτρησης), εξάγοντας μια τελική τιμή (σε τόνους ανά έτος) κατανάλωσης καυσίμου για κάθε κατηγορία. Επόμενο βήμα ήταν απλά να προστεθούν οι τιμές όλων των κατηγοριών με σκοπό να εξαχθεί ένα αθροιστικό, απόλυτο μέγεθος για την κατανάλωση καυσίμου από τον παγκόσμιο στόλο.

Η δεύτερη σχέση της μελέτης των Corbett και Koehler, αφορούσε τον υπολογισμό των αέριων εκπομπών από τα πλοία σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα χαρακτηριστικά που ήταν απαραίτητα για την απόδοση ενός τελικού αποτελέσματος ήταν τα ίδια με αυτά της πρώτης σχέσης εκτός από την ειδική κατανάλωση καυσίμου ($SFOC_{g/kWh}$), την οποία αντικαθιστούσε ο όρος $E_{g/kWh}$, που αντικατοπτρίζει τον συντελεστή εκπομπών (για CO_2 , NO_x , SO_x , HC και PM), ο οποίος όπως και η ειδική κατανάλωση καυσίμου, ήταν βασισμένος, μεταξύ άλλων και στην ισχύ της προωστήριου εγκατάστασης της κάθε υποκατηγορίας.

Η μελέτη παρήγαγε αρκετά διαγράμματα και αποτελέσματα δίνοντας έτσι το κίνητρο σε αρκετούς ακόμα ερευνητές να εμβαθύνουν παραπάνω στο φλέγον ζήτημα της εκπομπής αερίων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, κατά τη λειτουργία τους. Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι οι αέριες εκπομπές (από τις κύριες και βοηθητικές μηχανές) από τα πλοία, είναι αρκετά αυξημένες ποσοτικά, σε σχέση με όσα πιστευόνταν πριν το 2003. Τα πλοία υπολογίστηκε ότι εκπέμπουν σχεδόν τις διπλάσιες ποσότητες οξειδίων του αζώτου από αυτές που είχαν υπολογισθεί σε προηγούμενες μελέτες.

Στα συμπεράσματα της τεχνικής έκθεσης ο συγγραφέας προτείνει την αύξηση της αυστηρότητας των μέτρων από τις εκάστοτε τοπικές αρχές (εθνικές στις περισσότερες περιπτώσεις), μιας και το γενικό πλαίσιο κανονισμών που είχε θεσπίσει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO: International Maritime Organization) μέχρι και το 2003, έμοιαζε αδύναμο να περιορίσει την αρνητική επίδραση της παγκόσμιας ναυτιλίας στο περιβάλλον. Έτσι κατά τον Corbett, έπρεπε να ισχυροποιηθεί έντονα η νομοθεσία που αφορούσε τις εγχώριες και διεθνείς καταναλώσεις ενέργειας από τα πλοία.

Το 2005, η μελέτη «Gerilla G.P., et al., 2005» παρουσίασε μια αναλυτική προσέγγιση των αέριων εκπομπών από τα μέσα μεταφοράς που συμμετέχουν στην μεταφορά ενός προϊόντος από το εργοστάσιο παραγωγής του, μέχρι και τον τελικό προορισμό του (9). Στην συγκεκριμένη τεχνική έκθεση υπολογίζονταν αναλυτικά το περιβαλλοντικό κόστος από αέριες εκπομπές, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, οι υδρογονάνθρακες, τα οξείδια του αζώτου, τα οξείδια του θείου, τα αιωρούμενα σωματίδια και το μονοξείδιο του άνθρακα.

Η μελέτη των Ιαπώνων ερευνητών βασίζονταν στην μέθοδο της Ανάλυσης (αποτίμησης) του Κύκλου Ζωής (LCA: Life Cycle Assessment). Το case study της

συγκεκριμένης τεχνικής έκθεσης ήταν η μεταφορά αυτοκινήτων από την Σουηδία στην Ιαπωνία. Η κύρια σχέση που υπολόγιζε τις αέριες εκπομπές από τα πλοία βασίζεται στον τύπο και την ισχύ των κινητήρων του πλοίου, στη μεταφορική ικανότητα καθώς και στην ταχύτητα του πλοίου. Πιο αναλυτικά οι μεταβλητές που εισάγονται στη σχέση που βασίστηκαν οι ερευνητές, είναι:

- Ο Συντελεστής Εκπομπών για κάθε Αέριο,
- Η Συνολική Ισχύς της Προωστήριου Εγκατάστασης,
- Η Ταχύτητα του Πλοίου,
- Η Συνολική Απόσταση που Διανύεται,
- Η Μεταφορική Ικανότητα του Πλοίου,
- Ο Συντελεστής Πληρότητας και
- Το Συνολικό Φορτίο

Το διαφορετικό που παρουσίασε η συγκεκριμένη τεχνική έκθεση ήταν ότι ξέφυγε από τις ευρείες (τις περισσότερες φορές παγκόσμιες) προσεγγίσεις που επιχειρούσαν προηγούμενες μελέτες και εστίασε σε μία συγκεκριμένη μεταφορική αλυσίδα ενός συγκεκριμένου προϊόντος. Έτσι στο κομμάτι που αφορούσε τη θαλάσσια μεταφορά, από το λιμάνι της Σουηδίας μέχρι το αντίστοιχο Ιαπωνικό λιμάνι, το πλοίο που βρίσκονταν υπό μελέτη, ήταν συγκεκριμένο, με καθορισμένη ολική ισχύ, υπηρεσιακή ταχύτητα και μεταφορική ικανότητα.

Τα συμπεράσματα της έρευνας έδειξαν τις δυνατότητες που παρέχει στους ερευνητές η μέθοδος LCA, η οποία χαρακτηρίζεται από μία πιο σφαιρική μελέτη των συνεπειών γύρω από τον κύκλο ζωής των προϊόντων. Ακόμα έγινε απόλυτα κατανοητό ότι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x), είναι τα κυρίαρχα αέρια (ποσοστιαία) που εκλύονται από τα πλοία (κάτι που είναι γνωστό μέσα και από τις θέσεις του IMO) και επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα του αέρα στην περιοχή που υπέρ-συγκεντρώνονται.

Το 2007, η μελέτη «Wang C., et al., 2007», εισήγαγε ένα νέο πλαίσιο υπολογισμών, χρησιμοποιώντας το δίκτυο των διαδρομών των πλοίων που δραστηριοποιούνταν στην Βόρειο Αμερική (10). Το πλαίσιο είχε την ονομασία «Ship Traffic Energy and Environment Model (STEEM)» και αναπτύχθηκε με σκοπό να ποσοτικοποιήσει και να απεικονίσει γεωγραφικά τις εκπομπές των πλοίων. Σε αυτό το

σημείο αξίζει να αναφερθεί η μέθοδος «International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set» (ICOADS), η οποία μαζί με την «Automated Mutual-Assistance Vessel Rescue» (AMVER) αποτελεί μια από τις ακριβέστερες μεθόδους καταγραφής της παγκόσμιας δραστηριότητας των πλοίων.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία που αναλύεται, ήταν κατά κύριο λόγο βασισμένη στο GIS το οποίο στηρίζονταν στις πραγματικές διαδρομές που ακολουθούσαν τα πλοία. Οι περιοχές που καλύφθηκαν από την μελέτη ήταν οι Η.Π.Α., το Μεξικό και ο Καναδάς. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά για τις παραπάνω περιοχές, την κατανάλωση καυσίμου και τις αέριες εκπομπές CO₂, CO, NO_x, SO₂, HC και PM από τα πλοία που δραστηριοποιήθηκαν εντός αυτών.

Συνολική ποσότητες αέριων εκπομπών και καυσίμου που καταναλώθηκε στη Βόρειο

Πίνακας 1- 3

Αμερική για το έτος 2002 από την μελέτη των Wang, Corbett και Firestone.

Summary of 2002 Emissions and Fuel Use for North America (metric tonnes/yr) ^a							
	NO _x as NO ₂	SO ₂	CO ₂	HC	PM	CO	fuel use
United States EEZ ^b							
West Coast	135 000	80 200	4 817 000	4 470	11 300	10 500	1 480 000
East Coast	255 000	151 000	9 095 000	8 440	21 300	19 900	2 800 000
Gulf Coast	174 000	103 000	6 201 000	5 750	14 500	13 600	1 910 000
Great Lakes	16 200	9 620	578 000	540	1 350	1 260	178 000
Alaska	63 300	37 600	2 260 000	2 100	5 300	4 940	697 000
Hawaii	20 500	12 200	732 400	680	1 720	1 600	226 000
Canada EEZ ^{b,c}							
West Coast	21 900	13 000	781 000	720	1 830	1 700	241 000
East Coast	96 200	57 200	3 440 000	3 190	8 050	7 500	1 060 000
Great Lakes	10 100	5 980	359 000	330	840	800	111 000
Mexico EEZ ^b							
West Coast	99 400	59 100	3 550 000	3 290	8 320	7 800	1 090 000
Gulf Coast	107 000	63 700	3 827 000	3 550	8 970	8 000	1 180 000
total coastal regions	998 000	593 000	35 640 000	33 100	83 500	77 900	10 980 000
noncoastal regions ^d	1 740 000	1 040 000	62 200 000	57 700	146 000	136 000	19 170 000
total in domain	2 740 000	1 630 000	97 800 000	90 800	229 000	214 000	30 160 000

^a Values are rounded to three significant figures for presentation; sums may vary as a result of rounding. ^b National estimates of EEZ boundaries are approximate, using an ArcGIS buffer of 200 nautical miles and informal divisions between nations. ^c Western Canada summaries include emissions in the northwestern part of the domain; eastern Canada summaries include emissions in the northeastern part of the domain. ^d Noncoastal regions are areas in the domain not within the EEZ of Canada, the United States, or Mexico.

Μεγάλο πλεονέκτημα της εργασίας που εκπόνησαν ο Wang με τους συνεργάτες του, είναι οι συγκρίσεις που έκαναν ανάμεσα στα αποτελέσματά τους και άλλες εργασίες που μελετούσαν περισσότερο τοπικά (ακόμα και σε επίπεδο Λιμένα) τις αέριες εκπομπές των πλοίων. Οι συγκρίσεις αυτές έδωσαν πολλά χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία απεικονίστηκαν μέσω αναλυτικών διαγραμμάτων που εμφάνιζαν με αρκετή λεπτομέρεια τις διαφορές που μπορεί να προκύψουν ανάμεσα σε δύο μοντέλα καταγραφής των εκπομπών με διαφορετικό τρόπο προσέγγισης (στην συγκεκριμένη περίπτωση, η διαφορά της κλίμακας).

Ένα χρόνο αργότερα, το 2008, η μελέτη «Psaraftis H.N., Kontovas C.A., 2008» (κομμάτι του έργου της οποίας έχει αναφερθεί και παραπάνω), παρουσίασε ένα web-based tool, το οποίο ήταν ικανό να υπολογίσει τις αέριες εκπομπές από τα πλοία (CO₂, SO₂ και NO_x), για συγκεκριμένες κατηγορίες πλοίων και για διάφορα σενάρια λειτουργίας (5). Το συγκεκριμένο υπολογιστικό tool, αποτελούσε το

ανάλογο (για τη ναυτιλία) των αντίστοιχων tool, που χρησιμοποιούν μεγάλες αεροπορικές εταιρείες στους διαδικτυακούς τόπους τους και αποτελούσε πρωτοποριακό βήμα για την ναυτιλία.

Σε δεύτερο επίπεδο παρουσιάστηκαν στατιστικά αποτελέσματα για τις εκπομπές CO₂ με στοιχεία που είχαν βασισθεί στον παγκόσμιο στόλο. Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, υπήρξε μεγάλη ποικιλομορφία στα μεγέθη, αλλά και τους τύπους των πλοίων που μελετήθηκαν. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Εργαστήριο Θαλασσιών Μεταφορών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου εκπόνησε την ανωτέρω μελέτη εκ μέρους του Ναυτικού Επιμελητηρίου Ελλάδος.

Εστιάζοντας κάποιος στον αλγόριθμο που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των αέριων εκπομπών από τα πλοία θα παρατηρούσε ότι διαδικασία βασίζονταν στο μοντέλο ενός πλοίου το οποίο έχει συγκεκριμένο φορτίο και αποπλέει από ένα γνωστό λιμάνι προς ένα άλλο γνωστό λιμάνι, με καθορισμένη ταχύτητα (για έμφορτο πλοίο) και συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ των λιμένων. Αναπόσπαστο κομμάτι των υπολογισμών ήταν οι χρόνοι φορτοεκφόρτωσης, καθώς και η επιστροφή του πλοίου (το οποίο βρίσκεται πλέον σε κατάσταση ερματισμού) στο αρχικό λιμάνι με αντίστοιχα προσαρμοσμένη ταχύτητα. Πιο αναλυτικά οι μεταβλητές που εισάγονται στον αλγόριθμο που βασίστηκαν οι ερευνητές, ήταν:

- Το Φορτίο του Πλοίου (Payload),
- Η Απόσταση που Χώριζε τους Λιμένες,
- Η Ταχύτητα του Έμφορτου Πλοίου,
- Η Ταχύτητα του Πλοίου σε Κατάσταση Ερματισμού,
- Ο Χρόνος Φόρτωσης στο Λιμάνι Απόπλου,
- Ο Χρόνος Φόρτωσης στο Λιμάνι Κατάπλου,
- Η Κατανάλωση Καυσίμου στο Λιμάνι Απόπλου,
- Η Κατανάλωση Καυσίμου στο Λιμάνι Κατάπλου,
- Η Κατανάλωση Καυσίμου για Έμφορτο Πλοίο και
- Η Κατανάλωση Καυσίμου του Πλοίου σε Κατάσταση Ερματισμού

Όπως γίνεται φανερό και από το πλήθος των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν, ένα αναλυτικό μοντέλο, όπως αυτό που εκπόνησε η μελέτη που αναλύεται, απαιτεί αρκετά λεπτομερή εξέταση των παραγόντων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις αέριες εκπομπές από τα πλοία. Οι περισσότερες μελέτες που αναπτύχθηκαν σε προηγούμενα σημεία του κεφαλαίου προσέγγιζαν το ζήτημα του υπολογισμού των εκπομπών χρησιμοποιώντας στατιστικά στοιχεία (π.χ. ώρες λειτουργίας, καταναλώσεις, φορτίο κύριας μηχανής), λειτουργώντας ευεργετικά ως προς την σφαιρικότητα των αποτελεσμάτων, αλλά κάνοντας υποχωρήσεις σε επίπεδο μεμονωμένης μελέτης ενός πλοίου (και του αντίστοιχου δρομολογίου του).

Το δεύτερο μέρος της μελέτης ακολουθεί παρόμοια λογική με αυτή του αλγόριθμου που περιγράφηκε, με μερικές βασικές διαφορές. Οι διαφορές συνοψίζονται στην έλλειψη μερικών παραγόντων όπως ο χρόνος φόρτωσης στο λιμάνι απόπλου και κατάπλου (με τις αντίστοιχες καταναλώσεις) και στην αντικατάσταση τους από ποσοστιαίες προσεγγίσεις των ημερών (σε ετήσια βάση) όπου το πλοίο βρισκόταν σε πλεύση ή σε λιμένα. Από τα στατιστικά αυτά αποτελέσματα προέκυψαν πληθώρα αναλυτικών διαγραμμάτων που συνέδεαν μεταξύ άλλων, τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (π.χ. ποσοστιαία συμμετοχή και συνολικές ποσότητες), με τις διάφορες κατηγορίες πλοίων του παγκόσμιου στόλου.

Στα συμπεράσματα της μελέτης των συγγραφέων ήταν η παρατήρηση της βελτίωσης της ακρίβειας των αποτελεσμάτων της μελέτης, εξαιτίας των πραγματικών στοιχείων που συλλέχθηκαν από την ναυτιλία (π.χ. πραγματικά στοιχεία ναυτιλιακών εταιρειών για τον στόλο τους). Τα στοιχεία αυτά έδωσαν μία παραπάνω ώθηση στο αντικείμενο της μελέτης των αέριων ρύπων, ώστε να ξεφύγει από το κλασσικό μοντέλο των μελετών των προηγούμενων ετών. Συμπληρωματικά, τα αποτελέσματα της τεχνικής έκθεσης (ιδιαίτερα στο κομμάτι που αφορά την στατιστική ανάλυση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα), είχαν άμεση σχέση με την προσπάθεια του IMO, να καθορίσει μια πολιτική περιορισμού των αέριων εκπομπών από τα πλοία.

Τον Δεκέμβριο του 2010 στο Atmospheric Environment (το οποίο φιλοξενεί ερευνητική δραστηριότητα σε σχέση με την αέρια μόλυνση του περιβάλλοντος) δημοσιεύτηκε η μελέτη «Eyring V., et al., 2010» (11). Η τεχνική αυτή έκθεση είχε ως στόχο την ποσοτικοποίηση της επίδρασης που έχουν τα πλοία (μέσω των αέριων εκπομπών τους) στην ατμόσφαιρα και γενικότερα το κλίμα, με τη γνώση που υπήρχε μέχρι και εκείνη τη χρονική περίοδο. Και μόνο από αυτή την πρόταση γίνεται σαφές ότι πρόκειται για μια μεγάλης κλίμακας μελέτη των αέριων εκπομπών των πλοίων.

Στην πραγματικότητα η τεχνική αυτή έκθεση πραγματοποιήθηκε από αρκετούς ερευνητές, οι οποίοι προέρχονταν από πανεπιστήμια, οργανισμούς, νηογνώμονες και διάφορους άλλους φορείς. Πρώτο βήμα της μελέτης ήταν να παρουσιαστεί μια συνολική εικόνα για τις προσπάθειες όλων των τελευταίων ετών πάνω στον υπολογισμό των αέριων εκπομπών από τα πλοία. Η συγκέντρωση αυτή

των αποτελεσμάτων περιελάμβανε αποτελέσματα από τις ακόλουθες μελέτες (κάποιες από τις οποίες έχουν περιγραφεί παραπάνω):

- «Corbett J.J. and Koehler H.W., 2003» (8)
- «Endresen O., et al., 2003» (7)
- «Corbett J.J. and Koehler H.W., 2004» (16)
- «Eyring, V., et al., 2005» (13)
- «Endresen O., et al., 2007» (14)
- «Fearnleys, 2007» (15)
- «Buhaug et al., 2008» (12)

Η συγγραφική ομάδα της τεχνικής έκθεσης προχώρησε σε μία επιλογή τιμών και αποτελεσμάτων από κάθε μία από τις παραπάνω μελέτες, παρουσιάζοντας έτσι τα κατώτερα όρια των τιμών, τις μέσες τιμές και τα ανώτερα όρια. Στους πίνακες που παραθέτει η συγγραφική ομάδα, παρουσιάζονται οι τιμές (που αφορούν τον παγκόσμιο στόλο) για την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές, διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), οξειδίων του αζώτου (NO_x), οξειδίων του θείου (SO_x), υδρογονανθράκων (HC), αιωρούμενων σωματιδίων (PM) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Ακόμα δίνονται και μερικές συμπληρωματικές τιμές για εκπομπές που δεν αφορούν το σύνολο του παγκόσμιου στόλου όπως το μεθάνιο (CH₄), το black carbon (BC) και άλλα.

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν και αφορούν τα έτη 2000 (Πίνακας 1-4) και 2005 (Πίνακας 1-5):

Πίνακας 1- 4

Συνολικές ποσότητες (κατώτατες, μέσες και ανώτατες) αέριων εκπομπών και καυσίμου που καταναλώθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο, το έτος 2000 από την μελέτη «Eyring V., et al., 2010».

Year	Unit	2000 mean ^a	2000 lower bound ^b	2000 upper bound ^b
Registered fleet fuel use ^d	[Mt]	250	120	370
Registered fleet CO ₂	[Tg(CO ₂)/a]	780	560	1360
Registered fleet NO _x	[Tg(N)/a]	5.4	3.0	10.4
Registered fleet SO _x	[Tg(S)/a]	5.5	3.2	9.8
Registered fleet PM	[Tg PM/a]	1.4	0.4	3.4
Registered fleet CO	[Tg PM/a]	1.18	1.06	1.35
NMVOCE ^{e,f}	[Tg NMVOC/a]	1.14	0.37	1.78
CH ₄ ^{e,f}	[Tg CH ₄ /a]	0.14	0.05	0.23
BC	[Tg BC/a]	0.13	0.05	0.28
POM	[Tg POM/a]	0.14	0.12	0.82
Refrigerants	[Tg/a]	0.003	0.001	0.016

Η πρώτη στήλη του πίνακα καταγράφει τα ονόματα των αέριων εκπομπών (αλλά και της κατανάλωσης καυσίμου), με τη δεύτερη στήλη να απεικονίζει τις μονάδες. Οι υπόλοιπες τρεις στήλες κατά σειρά δίνουν τη μέση τιμή, το κατώτατο όριο και την ανώτατη τιμή, αντίστοιχα. Οι σημειώσεις που παρουσιάζονται με μορφή εκθέτη αφορούν τις μελέτες από τις οποίες συλλέχθηκαν (κάθε στοιχείο προέκυψε από μια, ή συνδυασμό περισσότερων μελετών) τα στοιχεία που παρουσιάζονται, κάτι που βρίσκεται εκτός του ενδιαφέροντος της παρούσας βιβλιογραφικής επισκόπησης.

Πίνακας 1- 5

Συνολικές ποσότητες (κατώτατες, μέσες και ανώτατες) αέριων εκπομπών και καυσίμου που καταναλώθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο, το έτος 2005 από την μελέτη «Eyring V., et al., 2010».

Year	Unit	2005 mean ^c	2005 lower bound ^c	2005 upper bound ^c
Registered fleet fuel use ^d	[Mt]	300	150	450
Registered fleet CO ₂	[Tg(CO ₂)/a]	960	450	1660
Registered fleet NO _x	[Tg(N)/a]	6.6	3.7	12.7
Registered fleet SO _x	[Tg(S)/a]	6.7	3.9	12.0
Registered fleet PM	[Tg PM/a]	1.8	0.5	4.1
Registered fleet CO	[Tg PM/a]	1.44	1.30	1.66
NMVOCE ^{e,f}	[Tg NMVOC/a]	1.32	0.46	2.18
CH ₄ ^{e,f}	[Tg CH ₄ /a]	0.17	0.06	0.28
BC	[Tg BC/a]	0.16	0.06	0.34
POM	[Tg POM/a]	0.17	0.15	1.00
Refrigerants	[Tg/a]	0.004	0.002	0.020

Σε επόμενο στάδιο όλη η γνώση των εμπλεκόμενων ερευνητών πάνω στο ζήτημα της αέριας επιβάρυνσης της ναυτιλίας συγκεντρώνονταν ώστε να εξαχθεί μια εκτίμηση για την επίδραση της επιβάρυνσης αυτής στην ατμοσφαιρική σύσταση, την ποιότητα του αέρα, τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία. Ύστερα από την εκτίμηση των συνεπειών από τις αέριας εκπομπές των πλοίων, εξετάζονταν η

αποδοτικότητα των πολιτικών στρατηγικών για την αντιμετώπιση του ζητήματος, καθώς και των διαθέσιμων τεχνολογικών μέσων για περιορισμό των αέριων ρύπων και των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από τη θαλάσσια δραστηριότητα.

Το 2011 (που είναι και το έτος υποβολής της παρούσας εργασίας) η μελέτη «Jalkanen J. P., et al., 2011», παρουσίασε μία απογραφή των αέριων εκπομπών από τα πλοία βασισμένη εξ' ολοκλήρου στις παρατηρήσεις από το σύστημα AIS (Automatic Identification System), το οποίο είναι εγκατεστημένο στα πλοία (17). Το συγκεκριμένο σύστημα είναι ικανό να αποδώσει την ακριβή θέση ενός πλοίου αλλά και την πορεία του (και πληθώρα περαιτέρω πληροφοριών), μέχρι το σημείο που βρίσκεται, με απόκλιση μόνο μερικών μέτρων. Η χρήση του AIS, βοήθησε τους συγγραφείς να αποφύγουν τις δυσκολίες της αβεβαιότητας που έχουν άλλες μέθοδοι καταγραφής των κινήσεων των πλοίων. Έτσι, με τα λεπτομερή στοιχεία του AIS, δεν χρειάστηκε να υπολογιστούν προσεγγίστεκα οι ώρες που το πλοίο ήταν στο λιμάνι ή σε κίνηση.

Σημαντικό στοιχείο της συγκεκριμένης μελέτης είναι ότι βασίζεται σε τεχνικά στοιχεία που αντιπροσωπεύουν τα ίδια τα πλοία. Επίσης, με την ακριβή τοποθεσία να είναι γνωστή, η συγγραφική ομάδα προχωράει στην είσοδο της μεταβλητής της κατάστασης της θάλασσας στην εξίσωση. Αναλυτικά το μοντέλο υπολογισμού των αέριων εκπομπών χρησιμοποιεί στοιχεία όπως οι διαδρομές των πλοίων, η ταχύτητα, το φορτίο της προωστήριου εγκατάστασης, η περιεκτικότητα σε θείο, ο καιρός, η αντίσταση της γάστρας του πλοίου και άλλα.

Μια εποπτική περιγραφή του μοντέλου θα έδειχνε ότι η διαδικασία ξεκινά με τη συλλογή στοιχείων των πλοίων (π.χ. τύπος πλοίου, έλικες, κινητήρες, τύπος καυσίμου), συνεχίζει με τη συλλογή στοιχείων για την θέση, την πορεία τους, τον καιρό και την ταχύτητα, ώστε με τη βοήθεια των χαρακτηριστικών του πλοίου να εξαχθούν συμπεράσματα για χαρακτηριστικά όπως η αντίσταση του πλοίου. Στη συνέχεια συνδυάζονται, η αντίσταση με την ταχύτητα και την εγκατεστημένη ισχύ ώστε να υπολογισθεί το επίπεδο φόρτισης των κυρίων μηχανών.

Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να εξαχθούν άμεσα οι καταναλώσεις καυσίμου και οι εκλύσεις αέριων εκπομπών με την μελέτη να εστιάζει στο μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM). Τα συμπεράσματα της τεχνικής μελέτης του Jalkanen και των συνεργατών του καταλήγουν στο γεγονός ότι βασική πρόκληση (και δυσκολία), για τη διεξαγωγή μιας αναλυτικής προσέγγισης των αέριων ρύπων από τα πλοία, έγκειται στην ακριβή συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων. Όπως έχουν τονίσει και άλλοι ερευνητές που ασχολούνται με το ίδιο αντικείμενο, στην πλειονότητά τους, τα μοντέλα αποδεικνύονται επαρκή όταν υπάρχουν πλήρη και λεπτομερή στοιχεία.

Αναμφισβήτητα, όλες οι προαναφερθείσες προσπάθειες, καθώς και πολλές άλλες που δημοσιεύτηκαν και συνεχίζουν να δημοσιεύονται κατά καιρούς,

συμβάλλουν σημαντικά στην κατανόηση, την ποσοτικοποίηση και τελικά τον περιορισμό του προβλήματος των αέριων εκπομπών από τα πλοία. Στην πραγματικότητα όλες οι μελέτες από διάφορους ερευνητές μπορούν να δράσουν συμβουλευτικά (κατά κύριο λόγο), στην θεμελίωση του νομοθετικού πλαισίου που απαιτείται για τον έλεγχο των εκπομπών της ναυτιλίας.

Τον ρόλο του ηγέτη στη δημιουργία κανονισμών και θεσμικών πλαισίων έχει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO: International Maritime Organization). Ο IMO, με συνεχείς συναντήσεις και συνεδριάσεις, έχει καταφέρει να παρακολουθεί από κοντά, όλες τις εξελίξεις που αφορούν τους αέριους ρύπους και τα αέρια του θερμοκηπίου που προέρχονται από τη ναυτιλία. Όπως αναφέρεται αναλυτικά και σε επόμενα κεφάλαια ο IMO εκφράζει τις αποφάσεις και τα μέτρα που θεσμοθετεί, μέσα από την Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC: Marine Environment Protection Committee).

Κάθε ενδιαφερόμενος, θεσμοθετημένος φορέας, που σχετίζεται με τον ναυτιλιακό τομέα, παρουσιάζει ερευνητικό έργο υψηλής ποιότητας και δύναται να συμβάλει στην δημιουργία δίκαιων κανονισμών και πλαισίων που διέπουν τη ναυτιλία είναι ευπρόσδεκτος να υποβάλλει την έρευνα-πρόταση του στην MEPC. Όπως είναι κατανοητό το ερευνητικό έργο που επαφίεται αυτής της διαδικασίας είναι πολύ εκτεταμένο και συμβάλει απεριόριστα στην προστασία του περιβάλλοντος από τις αέριες εκπομπές των πλοίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ: ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

2.1 Εισαγωγή

Το ζήτημα των ατμοσφαιρικών εκπομπών που παράγονται στον πλανήτη καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους, προκαλούν την ιδιαίτερη προσοχή της παγκόσμιας περιβαλλοντικής κοινότητας. Οι κλιματικές αλλαγές που μέρα με τη μέρα κάνουν την εμφάνισή τους σε όλο και περισσότερα μέρη του πλανήτη, οφείλονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σημαντικό ρόλο στην κατανόηση του ζητήματος της κλιματικής αλλαγής διαδραματίζει η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC). Η IPCC ιδρύθηκε το 1988 από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα του ΟΗΕ, με σκοπό να αξιολογήσει κατάλληλα τις κοινωνικο-οικονομικές πληροφορίες και τις επιστημονικές, τεχνικές που σχετίζονται με την κατανόηση του κινδύνου λόγω των κλιματικών αλλαγών που προκλήθηκαν από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

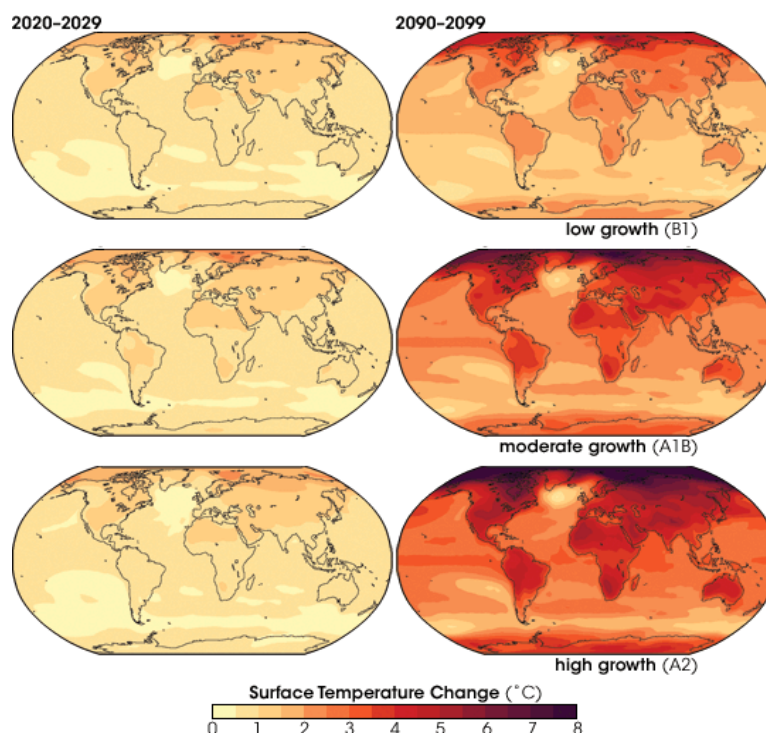
Η τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής, σχετικά με τη μεταβολή του κλίματος, ήρθε το 2007 να χαρακτηρίσει επίσημα τα αέρια του θερμοκηπίου, ως βασικούς συντελεστές της συνεχόμενης αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, η οποία μαζί με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, εξαρτώνται από την συγκέντρωση του CO₂ και άλλων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (1).

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, κυρίως μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων, άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου, ιδιαίτερα από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα και μετά, αύξησαν της συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστά ικανά να αρχίσουν να επηρεάζουν τον πλανήτη σε παγκόσμια κλίμακα. Χαρακτηριστικό είναι ότι η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα αυξήθηκε από τα 280 στα 350 ppmv (μέρη ανά εκατομμύριο κατ' όγκο), κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής εποχής. Στη Μεσόγειο όπου βρίσκεται στο κέντρο ενδιαφέροντος της παρούσας μελέτης (μελέτη στο νησί της Σαντορίνης), τα αποτελέσματα από έρευνες τα προηγούμενα 40 χρόνια, έδειξαν ότι πέρα από την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, έχουν αυξηθεί και οι εμφανίσεις ακραίων υψηλών θερμοκρασιών, με τις ακραίες χαμηλές να σπανίζουν όλο και περισσότερο.

Η αμεσότητα του προβλήματος μπορεί να φανεί με τη βοήθεια των σεναρίων της Διακυβερνητικής Επιτροπής. Η IPCC, σε μία προσπάθεια της να καταγράψει την σοβαρότητα της κατάστασης και την άμεση επίπτωσή της στον άνθρωπο, δημιούργησε τρία πολύ σημαντικά σενάρια για να φθάσει σε μία συνολική και αναλυτική περιγραφή μιας πιθανής μελλοντικής κατάστασης. Τα σενάρια αυτά είναι εφικτό να κατασκευαστούν βάσει των παγκόσμιων μοντέλων κλίματος (GCMs). Τα συγκεκριμένα μοντέλα απεικονίζουν με μαθηματικό τρόπο τις κλιματικές αλλαγές, οι οποίες βασίζονται στους νόμους της φυσικής που τα διέπουν. Οι αλλαγές στο κλίμα βασίζονται σε υποθέσεις για πιθανές μεταβολές στις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου.

Το σενάριο εκπομπών A1B (που αποτελεί ένα μέσο σενάριο), ύστερα από 21 εφαρμογές προσομοίωσε την ετήσια μέση αύξηση της θερμοκρασίας από το 1980-1999 ως το 2080-2099, με εκτίμηση από 2.2 °C μέχρι και 5.1 °C. Αντίστοιχα υπάρχουν και τα σενάρια B1 και A2, με το πρώτο να πραγματοποιεί μία συντηρητική πρόβλεψη για την αύξηση της θερμοκρασίας και το δεύτερο να παρουσιάζει το

δυσμενέστερο σενάριο. Στο παρακάτω σχήμα γίνονται άμεσα αντιληπτά τα αποτελέσματα των τριών σεναρίων σε παγκόσμια κλίμακα (2).



Σχήμα 2- 1

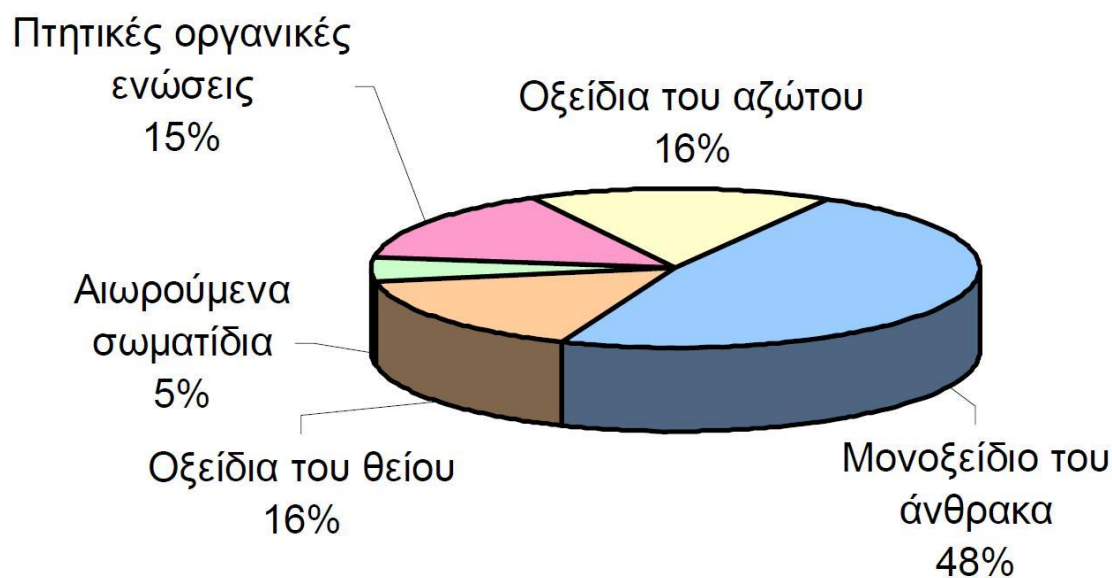
Προβλεπόμενα πρότυπα αύξησης της μέσης θερμοκρασίας, με βάση τρία σεναρία εκπομπών (χαμηλής, μέσης και υψηλής ανάπτυξης).

Μερικά ακόμα χρήσιμα συμπεράσματα από την έκθεση αξιολόγησης που πραγματοποίησε η IPCC, αφορούν σημαντικά ζητήματα όπως οι βροχοπτώσεις, η ξηρασία και οι περίοδοι με αυξημένες θερμοκρασίες. Πιο συγκεκριμένα, είναι πιθανή η συνολική μείωση των βροχοπτώσεων στο μεγαλύτερο μέρος της Μεσογείου, ενώ οι ημέρες βροχής προβλέπεται να εμφανίζονται αρκετά μειωμένες τις επόμενες δεκαετίες. Οι περίοδοι θερινής ξηρασίας μοιάζουν να αυξάνονται με το πέρασμα των χρόνων, επιβαρύνοντας ακόμα περισσότερο τις χώρες της βόρειας Αφρικής και της Νότιας Ευρώπης που πρόσκεινται στη Μεσόγειο. Συμπληρωματικά η IPCC, προβλέπει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας θα συμβαίνει κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, με ότι αυτό συνεπάγεται για περιοχές που η θερμοκρασία (το καλοκαίρι) πολλές φορές φθάνει και ξεπερνάει τους 40 °C.

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό ζήτημα, εκτός από την κλιματική αλλαγή και τα αέρια του θερμοκηπίου, είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Ως ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια, που έχει ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας. Οι αλλοιώσεις αυτές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και τα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τα έμβια όντα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση, σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να φτάσει σε τέτοια επίπεδα, ώστε να δημιουργηθούν

ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Ένα τοξικό αέριο με κάποια μακροχρόνια αποτελέσματα σε ένα οργανισμό, που δεν είναι κατ' ανάγκη άμεσα αντιληπτά, μπορεί να θεωρηθεί ρύπος. Ακόμα, ρύπος είναι πιθανό να είναι, μια μη ορατή ραδιενεργός ουσία, η οποία έχει καταστρεπτικά αποτελέσματα στην εξέλιξη της ζωής. Συμπληρωματικά, ρύποι μπορούν να θεωρηθούν οποιεσδήποτε ενώσεις είναι δυνατόν να εισέλθουν στην ατμόσφαιρα, είτε εσκεμμένα, είτε διαμέσου κάποιας φυσικής διαδικασίας και να έχουν αρνητικά αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα, μείωση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας, ή κάποια άλλη από τις διάφορες αλλαγές της σύστασης του αέρα (3).

Οι πρωτογενείς ρύποι θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν, με σκοπό να βοηθήσουν τον αναγνώστη στην κατανόηση του συνολικού προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Έτσι οι βασικές κατηγορίες ρύπων είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το διοξείδιο του Αζώτου (NO₂) και μονοξείδιο του αζώτου (NO). Ακόμα, πολύ σημαντικοί ρύποι θεωρούνται οι υδρογονάνθρακες μαζί με διάφορες άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις, καθώς και τα αιωρούμενα σωματίδια. Η κατανομή των πρωτογενών αέριων ρύπων που εκπέμπονται, ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας στην ατμόσφαιρα, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (4).



Σχήμα 2- 2

Κατανομή των πρωτογενών αέριων ρύπων που εκπέμπονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην ατμόσφαιρα.

Είναι απαραίτητο να διασαφηνιστεί ότι ένας ατμοσφαιρικός ρύπος δεν είναι απαραίτητα ανθυγιεινός, με την έννοια ότι προκαλεί άμεσα αποτελέσματα στους ζώντες οργανισμούς. Έτσι, με την αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα όπως το CO₂, CH₄, N₂O CFCs και O₃, μπορεί να υπάρξει ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου γεγονός που μπορεί να οδηγήσει άμεσα στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη με σοβαρές επιδράσεις στους ζώντες

οργανισμούς. Δεν είναι απαραίτητο δηλαδή να είναι άμεσες οι συνέπειες σε τοξικολογικό επίπεδο, αρκεί να υπάρχει διατάραξη στη γενικότερη ισορροπία του πλανήτη.

2.2 Κλιματική Αλλαγή

2.2.1 Γενικά Στοιχεία

Εισαγωγικά αναφέρεται, ότι θεωρείται σκόπιμος ο διαχωρισμός των εννοιών του κλίματος και του καιρού. Με έναν συνοπτικό ορισμό των δύο αυτών όρων, η βασική έννοια της κλιματικής αλλαγής μπορεί εύκολα να αποσαφηνισθεί. Έτσι η πρόβλεψη του καιρού αφορά την μετεωρολογική πρόγνωση ενώ το κλίμα την κλιματική πρόγνωση. Ο καιρός μιας περιοχής περιγράφεται από στοιχεία της ατμόσφαιρας όπως η ταχύτητα του ανέμου, η θερμοκρασία, η υγρασία και η ατμοσφαιρική πίεση, για συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (όταν λαμβάνονται οι μετρήσεις). Σε αντίθεση με τον καιρό, το κλίμα ενός τόπου, αφορά τον μέσο όρο των καιρικών συνθηκών που επικρατούν, για μια χρονική περίοδο η οποία ξεπερνά τη διάρκεια μερικών μηνών και μπορεί σε πολλές μελέτες να φθάσει και εκατομμύρια χρόνια (5). Το κλίμα αποτελεί με λίγα λόγια τον μέσο καιρό.

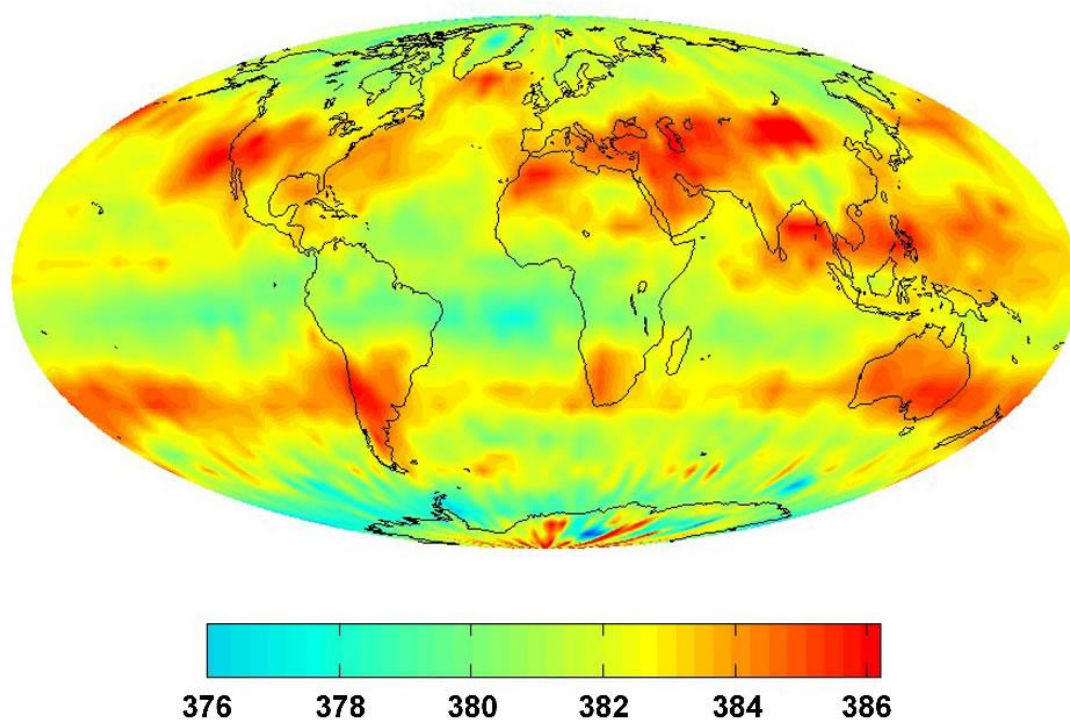
Οι μεταβολές της ατμόσφαιρας τα τελευταία εκατομμύρια χρόνια, εμφανίζουν μία περιοδικότητα, η οποία καταγράφεται κάτω από τον όρο κυκλικές μεταβολές και μπορεί να έχουν διάρκεια μερικές δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Οι αλλαγές στην τροχιά του πλανήτη είναι μία από τις αιτίες που υπάρχουν στην προϊστορία μας εποχές όπως οι παγετώνες. Οι αλλαγές αυτές, από τη μία περίοδο στην επόμενη, είναι ικανές να δημιουργήσουν μεταβολές στην ηλιακή ακτινοβολία καθώς και στη χημική σύσταση της ατμόσφαιρας και κατά συνέπεια, μεταβολές του κλίματος ανάμεσα σε θερμές και παγωμένες εποχές-περιόδους.

Αναλυτικές κλιματολογικές μελέτες αποδεικνύουν πως οι μεταβολές της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και του μεθανίου (CH_4) στην ατμόσφαιρα, σχετίζονται άμεσα με τις κυκλικές αυτές μεταβολές. Έτσι η θερμοκρασία του πλανήτη μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από τα δύο αυτά αέρια, με το διοξείδιο του άνθρακα να παίζει τον πρωταγωνιστικό ρόλο.

Οι φυσικοί και ανθρωπογενείς παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα της γης, είναι αρκετοί και ποικιλόμορφοι. Το κλίμα είναι το αποτέλεσμα της απορρόφησης και της αναδιανομής της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ενέργεια η οποία κινεί τα καιρικά φαινόμενα και διαμορφώνει το κλίμα παρέχεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Προσεγγιστικά, το ένα τρίτο της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται πίσω στο διάστημα ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από την ατμόσφαιρα, την ξηρά, τους ωκεανούς και τους ζωντανούς οργανισμούς. Εκτός από την ανακλώμενη, μικρού μήκους κύματος, ηλιακή ακτινοβολία, η γη εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία προς το διάστημα. Η εξερχόμενη ακτινοβολία και η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία διατηρούν την λεπτή ισορροπία που απαιτείται για την ομαλή εξέλιξη του παγκόσμιου κλίματος μέσα στους αιώνες. Οποιαδήποτε διατάραξη θα μπορούσε να επιφέρει αλλαγή του κλίματος, με πολύ δυσμενείς για τον άνθρωπο (και τον πλανήτη) συνέπειες (6). Οι τρεις βασικοί παράγοντες που θα μπορούσαν να διαταράξουν την ισορροπία του

κλίματος, είναι η ατμοσφαιρική σύσταση, η ηλιακή ακτινοβολία και η ανθρώπινη παρέμβαση στον πλανήτη.

Η ατμοσφαιρική σύσταση μπορεί να αλλάξει κατά κύριο λόγο εξαιτίας δύο πολύ σημαντικών καταστάσεων. Η πρώτη αφορά τα αέρια του θερμοκηπίου και η δεύτερη την ύπαρξη των αιωρούμενων σωματιδίων. Κατά το φαινόμενο του θερμοκηπίου συμβαίνει η απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος από την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας να αυξάνεται. Αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, περιορίζουν τις απώλειες ακτινοβολίας προς το διάστημα, που είναι απαραίτητες κατά κάποιο ποσοστό, ώστε να διατηρηθεί σε κανονικά επίπεδα η θερμοκρασία. Στο παρακάτω σχήμα, απεικονίζεται η συγκέντρωση CO₂ στον πλανήτη, από μία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε από τη NASA (National Aeronautics and Space Administration), και αφορά τον Ιούλιο του 2008 (7).



AIRS July 2008 CO₂ (ppmv)

Σχήμα 2-3

Κατανομή της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη τον Ιούλιο του 2008.

Το σχήμα αποκαλύπτει δυο ζώνες υψηλής συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στο Βόρειο αλλά και στο Νότιο ημισφαίριο. Είναι σαφές ότι οι ζώνες αυτές σχετίζονται άμεσα με τα αέρια ρεύματα που επικρατούν στη Γή και είναι γνωστά εδώ

και αρκετές δεκαετίες. Στο Βόρειο ημισφαίριο η ζώνη εμφανίζεται κοντά στα μέσα του ημισφαιρίου. Η επιστημονική ομάδα της NASA, αποδίδει τις αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ που εντοπίζονται στον Βορειοδυτικό Ατλαντικό, σε μετακινήσεις εκπομπών από τις Νοτιοδυτικές ΗΠΑ. Ακόμα φαίνονται αυξημένες συγκεντρώσεις στην Μεσόγειο οι οποίες, εκτός από την Ευρώπη, πηγάζουν ακόμα και από περιοχές όπως η Βόρειος Αμερική. Η ζώνη του Νοτίου ημισφαιρίου εμφανίζεται στις 30° με 40°. Οι συγκεντρώσεις που παρουσιάζονται στη ζώνη αυτή έχουν παραχθεί σε από διάφορες πηγές CO₂ (π.χ. εκμεταλλεύσεις δασών, δασικές πυρκαγιές, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) και μεταφέρονται μέσω ρευμάτων που περνούν πάνω από τις Άνδεις σε διάφορα σημεία της Νότιας ζώνης.

Η δεύτερη αιτία για αλλαγή της ατμοσφαιρικής σύστασης, είναι τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία εκπέμπονται από φυσικές πηγές, αλλά και από την ανθρώπινη δραστηριότητα και έχουν τη ιδιότητα να αντανακλούν ή/και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία. Μερικές από τις βασικές πηγές εκπομπής αιωρουμένων σωματιδίων είναι οι διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, τα αυτοκίνητα, η ναυτιλία, οι πυρκαγιές, οι διάφορες γεωργικές δραστηριότητες, οι κατασκευές και άλλα πολλά.

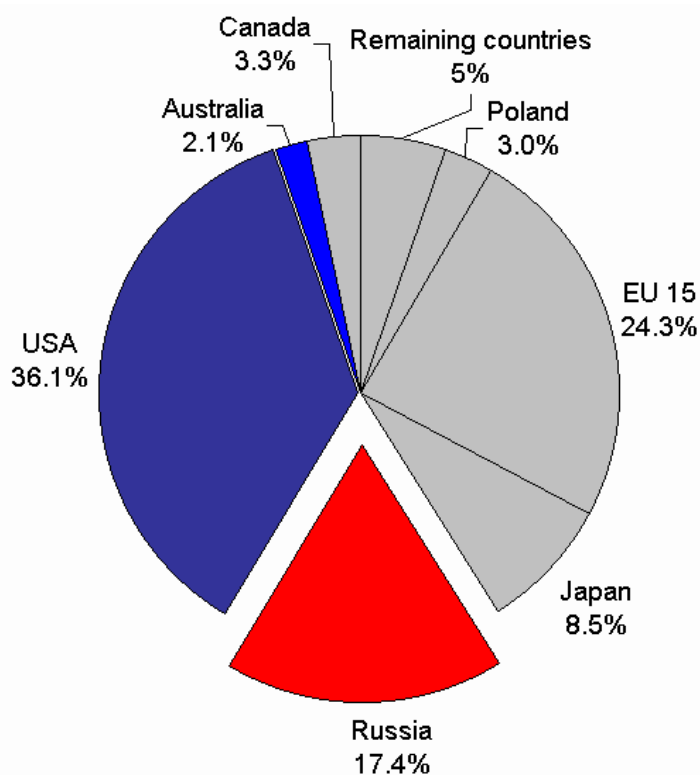
Ο τελευταίος παράγοντας που αφορά την ανθρώπινη παρεμβατικότητα συνοψίζεται στις ενέργειες που κάνει ο άνθρωπος, τα αποτελέσματα των οποίων επηρεάζουν τον ρυθμό που η επιφάνεια της γης απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία. Η αποψίλωση μιας δασικής περιοχής για ξυλεία, η ανέγερση μιας πόλης μέσα σε ένα τροπικό δάσος και διάφορα άλλα παραδείγματα, δίνουν μια εικόνα για το τι μπορεί να σημαίνει ανθρώπινη παρέμβαση στον πλανήτη. Είναι χαρακτηριστικό ότι το διοξείδιο του άνθρακα που έχει απελευθερωθεί από τον άνθρωπο στην ατμόσφαιρα τα τελευταία 100 χρόνια, είναι προσεγγιστικά ίσο με την ποσότητα που έχουν απορροφήσει τα έμβια όντα του πλανήτη φωτοσυνθέτοντας, για σχεδόν 1 δισεκατομμύριο χρόνια.

2.2.2 Πρωτόκολλο του Κιότο

Δύο χρόνια μετά το 1988, όταν ο ΟΗΕ ίδρυσε τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος, δημοσιεύτηκε από την ίδια επιτροπή η πρώτη έκθεση αξιολόγησης σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Το 1997 οι βιομηχανικές χώρες δεσμεύτηκαν νομικά κάτω από το Πρωτόκολλο του Κιότο με σκοπό τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το πρωτόκολλο ψηφίστηκε στις 11 Δεκεμβρίου του 1997 και σύμφωνα με αυτό τα επίπεδα εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, έπρεπε να μειωθούν κατά ένα συγκεκριμένο ποσοστό για κάθε χώρα που συμμετείχε (8).

Πρέπει να σημειωθεί οι για τις αναπτυσσόμενες χώρες δεν καθορίστηκαν στόχοι ως προς τις εκπομπές. Στο σημείο αυτό στηρίχθηκαν οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, οι οποίες απέρριψαν το πρωτόκολλο. Έτσι στην πρώτη αυτή συνάντηση οι ΗΠΑ αρνήθηκαν να συμμετάσχουν στη συμφωνία όσο οι αναπτυσσόμενες χώρες αδυνατούσαν να πείσουν τη διεθνή κοινότητα ότι θα κατέβαλαν προσπάθειες μείωσης των αερίων ρύπων. Είναι προφανές ότι το οικονομικό πλήγμα για τη χώρα με τις περισσότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως, θα ήταν πολύ σοβαρό εκείνη την περίοδο.

Ο μοναδικός περιορισμός για να θεωρηθεί διεθνής νόμος η συμφωνία αυτή ήταν η επικύρωση της από 55 χώρες. Στις 122 χώρες που εντάχθηκαν στο πρωτόκολλο (χωρίς τη Ρωσία, και τις ΗΠΑ), το 1990 αναλογούσε μόνο το 46.5 % των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Στο παρακάτω σχήμα γίνεται σαφές πώς μοιράζονταν τα μερίδια των εκπομπών στις χώρες (9).



Σχήμα 2- 4

Ποσοστιαία συμμετοχή χωρών στις Παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου το 1990.

Όπως γίνεται σαφές από το σχήμα, η Ρωσία με τις ΗΠΑ παράγουν συγκεντρωτικά περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από όλες τις υπόλοιπες χώρες του κόσμου μαζί. Είναι κατανοητό λοιπόν ότι αν και η Ρωσία είχε αποφύγει τη συμμετοχή στο πρωτόκολλο, η συνάντηση δεν θα είχε καταφέρει τίποτα περισσότερο από μια συμφωνία με χώρες που παράγουν λιγότερο από το 50 % του CO₂ παγκοσμίως. Το πρωτόκολλο απέκτησε ισχύ νόμου 3 μήνες μετά την εξασφάλιση της συμμετοχής των απαιτούμενων χωρών.

Τα πρώτα αέρια του θερμοκηπίου που συμπεριλήφθηκαν ,με έτος βάσης το 1990, ήταν τα εξής:

1. CO₂
2. CH₄
3. N₂O

Τρία ακόμα αέρια (F-Gases) προστέθηκαν, έχοντας ως έτος βάσης για τις ποσοστιαίες συγκρίσεις το 1995. Τα αέρια ήταν τα παρακάτω:

1. HFC
2. PFC
3. SF₆

2.2.3 Μηχανισμοί Έλεγχου των Εκπομπών

Το πρωτόκολλο επιχειρεί να προσεγγίσει το πρόβλημα με τον κατά το δυνατόν αποδοτικότερο επιχειρηματικά τρόπο. Σύμφωνα με αυτή του την προσέγγιση και μέσα από διεργασία αρκετών ετών, η συμφωνία απαρτίζεται από τρεις πολύ σημαντικούς μηχανισμούς έλεγχου των εκπομπών.

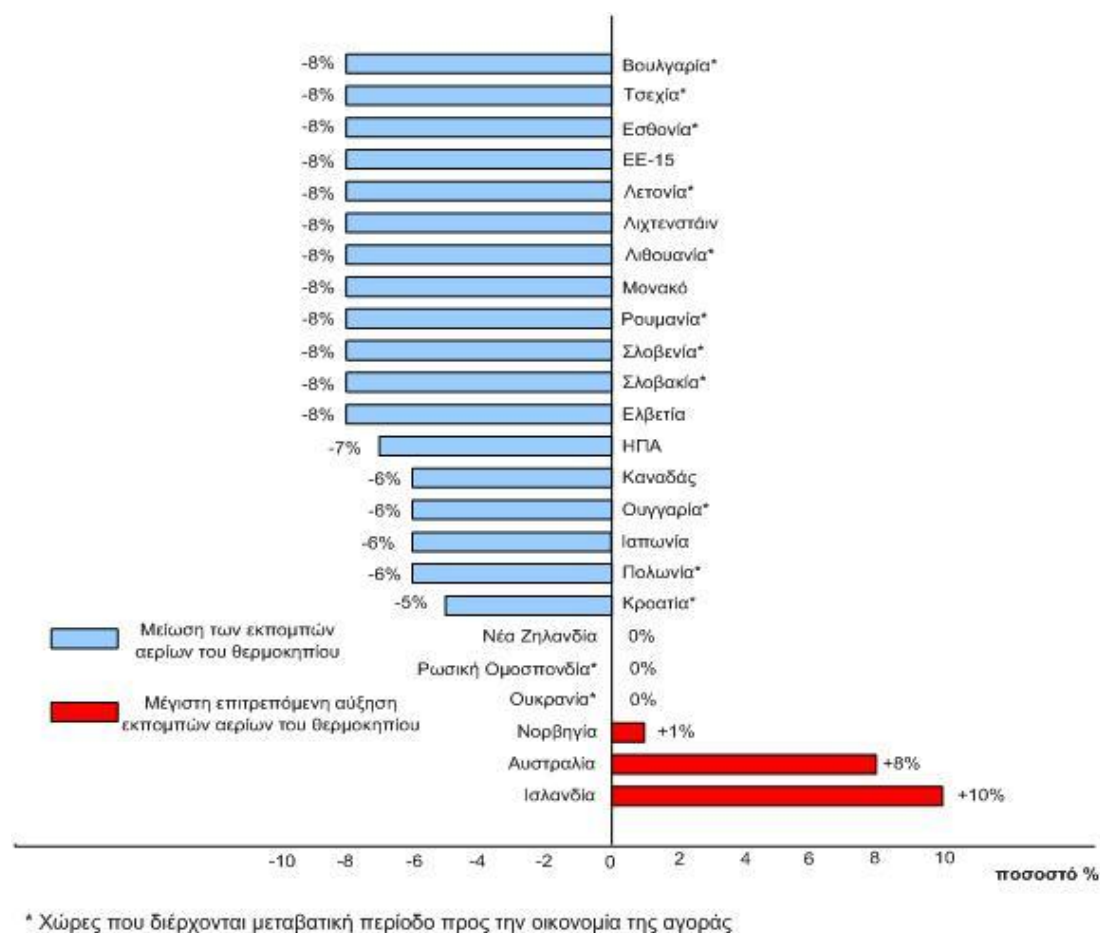
- Την διεθνή εμπορία εκπομπών,
- Το μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης και
- Την από κοινού εφαρμογή

Η διεθνής εμπορία εκπομπών, αναφέρει πως κάθε χώρα που καταφέρνει να περιορίσει τις εκπομπές της περισσότερο από όσο απαιτείται από το πρωτόκολλο, έχει το δικαίωμα να πουλήσει το πλεόνασμά της σε άλλη χώρα, που το χρειάζεται προκειμένου να συμμορφωθεί με τον στόχο της. Το πρόβλημα που έκρυβε ο μηχανισμός αυτός, ήταν ότι για τις χώρες του πρώην ανατολικού μπλοκ, η οικονομική κρίση μέσα στην δεκαετία του 90, οδήγησε σε μια δραματική πτώση της κατανάλωσης προϊόντων (κατά συνέπεια και των αέριων εκπομπών), αλλά όχι ως συνέπεια λήψης μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι χώρες της Δύσης στην πλειοψηφία τους να ήταν σε θέση να συμμορφωθούν με τις υποχρεώσεις τους, όχι κάνοντας κατάλληλες επενδύσεις αλλά αγοράζοντας μειώσεις εκπομπών από ανατολικές χώρες, χωρίς να επενδύονται χρήματα στην πράσινη ανάπτυξη.

Η καθαρή ανάπτυξη, συνοπτικά ορίζει ότι οι κυβερνήσεις ή οι επιχειρήσεις μπορούν να υλοποιήσουν έργα μείωσης των αέριων εκπομπών, σε αναπτυσσόμενες χώρες και να λάβουν αντίστοιχα πιστώσεις εκπομπών τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν με σκοπό τη συμμόρφωση με τις υποχρεώσεις τους ή να τις πουλήσουν σε τρίτα μέρη. Σύμφωνα με αυτή τη διαδικασία, γίνεται δυνατή η μείωση των εκπομπών σε τρίτες χώρες με μικρότερο κόστος, σε σχέση με μια αντίστοιχη εγχώρια - και ακριβότερη - επένδυση και ταυτόχρονα οι αναπτυσσόμενες χώρες αναβαθμίζουν τις υποδομές και την παραγωγική τους βάση με καθαρή ανάπτυξη. Έτσι κάποιο έργο υποδομής θα μπορούσε να συμμετέχει στον μηχανισμό αυτό, αρκεί να υποβάλει προς έγκριση στην αντίστοιχη επιτροπή του ΟΗΕ, μία αναλυτική μελέτη η οποία θα αποδεικνύει ξεκάθαρα πως οι μειώσεις εκπομπών που επιτυγχάνονται από αυτό, χωρίς την υλοποίησή του, θα ήταν αδύνατον να πραγματοποιηθούν.

Ο μηχανισμός της από κοινού εφαρμογής έχει πολλά κοινά σημεία με τον μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης, με τη βασική διαφορά ότι οι χώρες στις οποίες πραγματοποιούνται οι επενδύσεις έχουν ήδη δεσμεύσεις στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου του Κιότο. Είναι σαφές ότι οι μειώσεις των αέριων εκπομπών που πιστώνονται στην επένδυση, αφαιρούνται από τη συνολική πίστωση της χώρας στην οποία αυτή υλοποιείται, με σκοπό την αποφυγή φαινομένων διπλής πίστωσης σε μονάδες αέριων εκπομπών.

Με κάποιες βελτιώσεις τα επόμενα χρόνια, γίνεται κατανοητό ότι οι φορείς εκμετάλλευσης θα είναι σε θέση να χρησιμοποιούν τους τρεις αυτούς μηχανισμούς στο πλαίσιο του συστήματος ανταλλαγής δικαιωμάτων, με σκοπό να τηρούν τις σχετικές υποχρεώσεις τους (10). Στο παρακάτω σχήμα καταγράφονται οι δεσμεύσεις για μερικά από τα κράτη που συμμετείχαν.



Σχήμα 2- 5

Ποσοστιαίες μεταβολές-στόχοι αέριων εκπομπών σε σχέση με το έτος βάσης.

Με γαλάζιο χρώμα φαίνονται οι χώρες που δεσμευτήκαν για μείωση των εκπομπών από 5 % έως και 8 % μέσα στην περίοδο του 2008-2012, με έτος αναφοράς το 1990. Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι χώρες που δεσμεύτηκαν να μην αυξήσουν τις εκπομπές τους περισσότερο από ένα συγκεκριμένο ποσοστό (1 % έως 10 %), όπως προβλέπεται στο Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

Μετά και το 2007, με την πρώτη αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (έκθεση Stern), καθορίστηκε, ύστερα και από τη συνάντηση των μερών την ίδια χρονιά, μια κοινή πορεία για την περίοδο που ξεκινά μετά το 2012. Η σημαντικότητα της περιόδου αυτής έγκειται στο γεγονός ότι μέχρι τότε είναι ο προγραμματισμός από το πρωτόκολλο του Κιότο. Δύο χρόνια μετά, τον Δεκέμβριο του 2009, πραγματοποιήθηκε στην Κοπεγχάγη η διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (COP 15) και τον Μαρτίο του 2010 ανακοινώθηκαν οι

αποφάσεις της από τον ΟΗΕ. Δύο σημεία των αποφάσεων κέντρισαν το ενδιαφέρον της διεθνούς κοινότητας. Το πρώτο ήταν ο καθορισμός ανώτατου ορίου στην άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη, ενώ το δεύτερο αφορούσε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τους στόχους για τη μείωση τους.

2.3 Επιπτώσεις και Δράσεις σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο

2.3.1 Κλιματική Αλλαγή & Εξελίξεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση

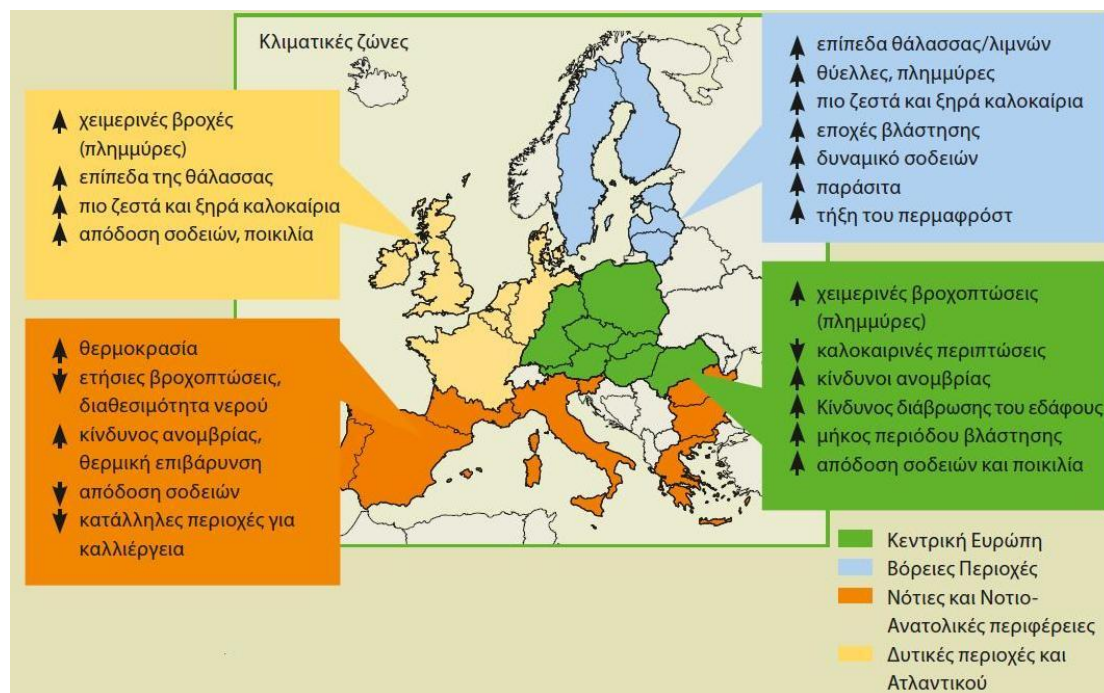
Εδώ και αρκετά χρόνια έχει αναγνωρισθεί η ανάγκη για μείωση των αέριων εκπομπών, με ανάληψη δράσεων σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η συμμετοχή σε διεθνείς συμβάσεις και η προσπάθεια για εφαρμογή τους, αποτελούν ένα μικρό κομμάτι της μεγάλης προσπάθειας που καταβάλλει η ΕΕ για την προστασία του περιβάλλοντος. Η ΕΕ στοχεύει στον καθορισμό προτύπων για την ποιότητα του αέρα αλλά και στην αντιμετώπιση των προβλημάτων της όξινης βροχής και της συγκέντρωσης όζοντος στην τροπόσφαιρα. Προσπάθειες γίνονται για τη μείωση των εκπομπών ρύπων από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης και μεταφορές, ενώ η βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων ήταν εκ των ουκ άνευ για την κάλυψη των απαιτήσεων μείωσης των εκπομπών.

Τα τελευταία χρόνια οι κλιματικές συνθήκες μπορούν να χαρακτηρισθούν περισσότερο ευμετάβλητες. Η κατά 1 °C αύξηση της θερμοκρασίας της Ευρώπης τον προηγούμενο αιώνα αποδεικνύεται μεγαλύτερη, σε σχέση με την μέση παγκόσμια αύξηση. Η μεταβολή αυτή, έχει ήδη επηρεάσει σημαντικά τα βιολογικά συστήματα (τα οποία γίνονται όλο και πιο ευπαθή), καθώς και τους ζώντες οργανισμούς. Τα σενάρια της IPCC, μπορούν να δώσουν το στίγμα των συνεπειών από την κλιματική αλλαγή στην Ευρώπη.

Κατά το σενάριο A1, ακολουθείται η παρούσα τακτική (επιχειρηματικά) και υπάρχει εστίαση των κυβερνήσεων και των επιχειρήσεων στην ταχεία καινοτομία και τον υψηλό κύκλο εργασιών χωρίς ιδιαίτερη έμφαση στην αειφορία. Είναι προφανές ότι σε αυτή τη περίπτωση οι επιπτώσεις είναι οι δυσμενέστερες. Το σενάριο A2 εκφράζει τη μέση λύση και είναι αυτό που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο από τις περισσότερες ευρωπαϊκές μελέτες. Το σενάριο παρουσιάζει μια προσπάθεια αειφορία μέσα από την ελεύθερη εμπορία. Το σενάριο B2 είναι το καλύτερο δυνατό σενάριο και βρίσκεται σε αντίθετη πορεία από αυτή του A1. Κατά το σενάριο αυτό, υπάρχει μετατροπή των κοινωνιών, σε κοινωνίες χαμηλών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Αποδεικνύεται από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, ότι η μέση θερμοκρασία στην Ευρώπη συνεχίζει να αυξάνεται με μεγαλύτερους ρυθμούς από την παγκόσμια μέση θερμοκρασία. Σύμφωνα με το σενάριο A1, μέχρι τα τέλη του αιώνα, η μέση ετήσια θερμοκρασία προβλέπεται να αυξηθεί κατά 2.5-5.5 °C. Η αντίστοιχη αύξηση για το σενάριο A2 είναι 1-4 °C, ενώ εάν επαληθευθεί το σενάριο B2 θα υπάρξει αύξηση 1 °C. Ανάλογα με την περιοχή που εξετάζεται, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να παρουσιάσει αποκλίσεις από το μέσο όρο. Στην περίπτωση του μέσου σεναρίου A2, η αύξηση της θερμοκρασίας σε ορισμένες περιοχές της Ευρώπης, δεν θα ξεπεράσει τους 2°C, ενώ μπορεί να υπερβεί τους 7° C στο A1 (11).

Η Νότια Ευρώπη θα πληγεί περισσότερο, με την αύξηση της θερμοκρασίας να κυμαίνεται σταθερά από 3 °C έως 7 °C, με το φαινόμενο της υπερθέρμανσης να παρουσιάζεται εντονότερο το καλοκαίρι. Αντίθετα βορειότερα στην Ευρώπη, η αύξηση της θερμοκρασίας θα κυμανθεί από 2 °C έως και 4 °C ανάλογα με το σενάριο και την περιοχή, ενώ οι χειμώνες προβλέπεται να γίνουν πιο ήπιοι. Οι ακραίες θερμοκρασίες, θα αυξηθούν το καλοκαίρι και θα μειωθούν το χειμώνα. Το παρακάτω σχήμα κατατάσσει γεωγραφικά τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη (12).



Σχήμα 2- 6

Αναλυτικές συνέπειες των κλιματικών αλλαγών στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Από το σχήμα γίνεται φανερό ότι οι θερμοκρασίες έχουν γίνει πιο ακραίες. Ακόμα, οι βροχοπτώσεις έχουν αυξηθεί σημαντικά στη βόρεια Ευρώπη, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται συχνότερες πλημμύρες, ενώ οι βροχοπτώσεις στη νότια Ευρώπη έχουν μειωθεί σημαντικά με αποτέλεσμα να υπάρχουν συχνότερες περιόδους ξηρασίας. Η λεκάνη της Μεσογείου καθώς και ορισμένες περιοχές εκεί που συναντώνται τα Βόρεια σύνορα της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τη Νότια Αρκτική, θεωρούνται οι πιο ευάλωτες περιοχές της ΕΕ. Σημαντικές συνέπειες αντιμετωπίζουν επίσης και περιοχές όπως νησιά και παράκτιες ζώνες. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα των τελευταίων δεκαετιών είχαν ως αποτέλεσμα μεγάλες οικονομικές και περιβαλλοντικές απώλειες.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση συμμετείχε ενεργά στη δημιουργία της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Αλλαγές (UNFCCC) και του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Τα 15 κράτη μέλη της Ευρώπης δεσμεύτηκαν για μείωση των συγκεντρωτικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως 8 %, από το έτος βάσης (1990 για τα CO₂, CH₄ και N₂O), μέχρι το 2012. Στις αρχές του 2007, η ΕΕ έθεσε

ακόμα πιο δύσκολους στόχους, όπως τη μείωση των εκπομπών κατά 20 % τουλάχιστον, έως το 2020 και τη μείωση κατά 30 % των GHG, αν όλες οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμεύονταν για αντίστοιχες μειώσεις.

2.3.2 Ευρωπαϊκό Νομοθετικό Πλαίσιο για τις Αέριες Εκπομπές

Ακολουθεί το νομοθετικό πλαίσιο που θέσπισε η ΕΕ και σχετίζεται άμεσα με την εθνική δράση για τον περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου. Η ΕΕ ξεκινά τη δράση της στη «μετά-Κιότο» εποχή, ουσιαστικά με την οδηγία 94/69/ΕΚ. Απώτερος σκοπός της σύμβασης-πλαίσιου των Ηνωμένων Εθνών σχετικά με την κλιματική αλλαγή, είναι η σταθεροποίηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο θερμοκηπίου, σε επίπεδο που να αποτρέπεται η επικίνδυνη ανθρωπογενής παρεμβολή στο κλιματικό σύστημα.

Η οδηγία 2001/81/ΕΚ, παραθέτει τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών για ορισμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Η εν λόγω οδηγία έχει ληφθεί υπόψη κατά τη διαμόρφωση του Σεναρίου Αναμενόμενης Εξέλιξης (ΣΑΕ) της Ελλάδας, ειδικά όσον αφορά στις εκπομπές SO₂ και NO_x. Συγκεκριμένα, η ανάπτυξη του ενεργειακού συστήματος στο χρονικό ορίζοντα του 2010 θεωρήθηκε έτσι, ώστε οι συνολικές εκπομπές των εν λόγω ρύπων να μην υπερβαίνουν, ή να είναι πολύ κοντά στα εθνικά όρια που θεσπίζονται με την οδηγία (13).

Η απόφαση 2002/358/ΕΚ του Συμβουλίου, της 25^{ης} Απριλίου του 2002, αναφέρει μεταξύ άλλων, την έγκριση, από την πλευρά της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, του πρωτοκόλλου του Κιότο στη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές και την από κοινού τήρηση των σχετικών δεσμεύσεων. Ακόμα δεσμεύει την Κοινότητα και τα κράτη μέλη της, να μειώσουν κατά την περίοδο 2008 έως 2012, τις συνολικές ανθρωπογενείς εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου που απαριθμούνται στο παράρτημα Α του πρωτοκόλλου του Κιότο κατά 8 % σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (14).

Η οδηγία 2003/17/ΕΚ αναφέρεται στην ποιότητα βενζινών και πετρελαίου. Στο εθνικό ΣΑΕ λαμβάνονται υπόψη οι πρόσθετες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που οφείλονται, στη λειτουργία νέων μονάδων, ή και σε αυξημένη λειτουργία υφιστάμενων μονάδων στα Ελληνικά διωλιστήρια λόγω της συμμόρφωσης με την υποχρέωση παραγωγής καυσίμων πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.

Η οδηγία 2003/87/ΕΚ, καθιερώνει το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας (Κοινοτικό σύστημα), για να προωθήσει τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τρόπο αποδοτικό από πλευράς κόστους και οικονομικώς αποτελεσματικό, αναγνωρίζοντας ότι μακροπρόθεσμα οι συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου θα πρέπει να μειωθούν κατά περίπου 70 % σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Περαιτέρω, η οδηγία αποσκοπεί να συμβάλει στην εκπλήρωση των δεσμεύσεων της Κοινότητας και των κρατών μελών της, να μειώσουν τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, βάσει του πρωτοκόλλου του Κιότο, το οποίο εγκρίθηκε με την απόφαση

2002/358/EK του συμβουλίου και επικύρωσε την σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές και την από κοινού τήρηση των σχετικών δεσμεύσεων (15).

Η τροποποίηση της 2003/87/EK οδηγίας, έγινε από την 2004/101/EK οδηγία, κύριο σημείο της οποίας ήταν η χρήση των CER και ERU από δραστηριότητες έργων στο κοινοτικό σύστημα.

- Με τον όρο CER (Certified Emission Reduction), εννοείται η μονάδα μείωσης των εκπομπών, μονάδα που υφίσταται στις αποφάσεις που λαμβάνονται βάσει της UNFCCC και του πρωτοκόλλου του Κιότο.
- Ο όρος ERU (Emission Reduction Unit), αντικατοπτρίζει την μονάδα μείωσης των εκπομπών και είναι επίσης αποτέλεσμα του Κιότο και των αποφάσεων που λήφθηκαν σε αυτό.

Πιο συγκεκριμένα η 2004/101/EK αναφέρει ότι τα κράτη μέλη δύνανται να επιτρέπουν σε φορείς εκμετάλλευσης να χρησιμοποιούν CER και ERU από δραστηριότητες έργων στο κοινοτικό σύστημα, μέχρι ένα ποσοστό της κατανομής δικαιωμάτων σε κάθε εγκατάσταση, το οποίο προσδιορίζει κάθε κράτος μέλος στο εθνικό του σχέδιο κατανομής. Αυτό πραγματοποιείται με την εκχώρηση και την άμεση παράδοση δικαιώματος από το κράτος μέλος σε αντάλλαγμα CER ή ERU, το οποία κατέχει ο εν λόγω φορέας εκμετάλλευσης στο εθνικό μητρώο του οικείου κράτους μέλους (16).

Η οδηγία 2006/32/EK (αναθεωρώντας τις 2003/54/EK και 2003/55/EK) έχει σκοπό, να ενισχυθεί η οικονομικώς αποτελεσματική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση στα κράτη μέλη με: πρώτιστος την παροχή των αναγκαίων ενδεικτικών στόχων καθώς και μηχανισμών, κινήτρων και θεσμικών, χρηματοδοτικών και νομικών πλαισίων, για την άρση των υφιστάμενων φραγμών και ατελειών της αγοράς που παρεμποδίζουν την αποδοτική τελική χρήση της ενέργειας. Δευτερευόντως, η οδηγία σκοπεύει στη δημιουργία των συνθηκών για την ανάπτυξη και την προώθηση της αγοράς ενεργειακών υπηρεσιών και για την παροχή, στους τελικούς καταναλωτές, άλλων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης (17).

Αναθεωρητικά έρχεται και η οδηγία 2008/101/EK στις 19 Νοεμβρίου του 2008, να κατανέμει και να εκχωρήσει δικαιώματα σε φορείς εκμετάλλευσης αεροσκαφών. Έτσι κάθε φορέας εκμετάλλευσης αεροσκαφών δύναται να καταθέσει αίτηση για δικαιώματα που κατανέμονται δωρεάν. Η αίτηση αυτή μπορεί να κατατεθεί με την υποβολή στην αρμόδια αρχή του κράτους μέλους, εξακριβωμένων τονοχιλιομετρικών δεδομένων για τις αεροπορικές δραστηριότητες που άσκησε ο εν λόγω φορέας εκμετάλλευσης (18).

Η 2009/29/EK τροποποιεί την οδηγία 2003/87/EK με στόχο, τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας. Προβλέπει επίσης, την κλιμάκωση των μειώσεων των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, ώστε να συνεισφέρει στα επίπεδα μειώσεων που θεωρούνται επιστημονικώς απαραίτητα για την αποφυγή της επικίνδυνης αλλαγής του κλίματος. Η οδηγία ορίζει επίσης διατάξεις για τον προσδιορισμό και την υλοποίηση αυστηρότερης δέσμευσης της Κοινότητας όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών, που θα υπερβαίνει το 20 % και θα αρχίσει να ισχύει μόλις η ΕΕ εγκρίνει μια διεθνή συμφωνία για τις κλιματικές αλλαγές, που θα οδηγεί σε μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, οι οποίες θα υπερβαίνουν τις ορισμένες στο παρελθόν τιμές, όπως δείχνει και η δέσμευση για το 30 % (19).

Με την οδηγία 2010/75/ΕΕ, θεσπίζονται κανόνες σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης που προκαλούν οι βιομηχανικές δραστηριότητες. Η συγκεκριμένη οδηγία προβλέπει επίσης κανόνες για την αποφυγή και τη μείωση (όταν αυτό δεν είναι δυνατόν) των εκπομπών στην ατμόσφαιρα, τα ύδατα και το έδαφος, καθώς και για την πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, ώστε να επιτευχθεί υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος στο σύνολό του.

Συνοπτικά οι στόχοι της ΕΕ για το κλίμα και την ενέργεια προβλέπουν για το 2020 τα παρακάτω στοιχεία:

- περιορισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο 80 % σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (έως και 70% ανάλογα με τις αντίστοιχες δεσμεύσεις άλλων χωρών),
- μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 20% από τα προβλεπόμενα για το 2020 επίπεδα μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και
- χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική, ηλιακή, βιομάζα, κ.λπ.) σε ποσοστό 20 % της συνολικής ενεργειακής παραγωγής (περίπου 8.5% το 2009).

2.4 Η Κλιματική Αλλαγή για την Ελλάδα

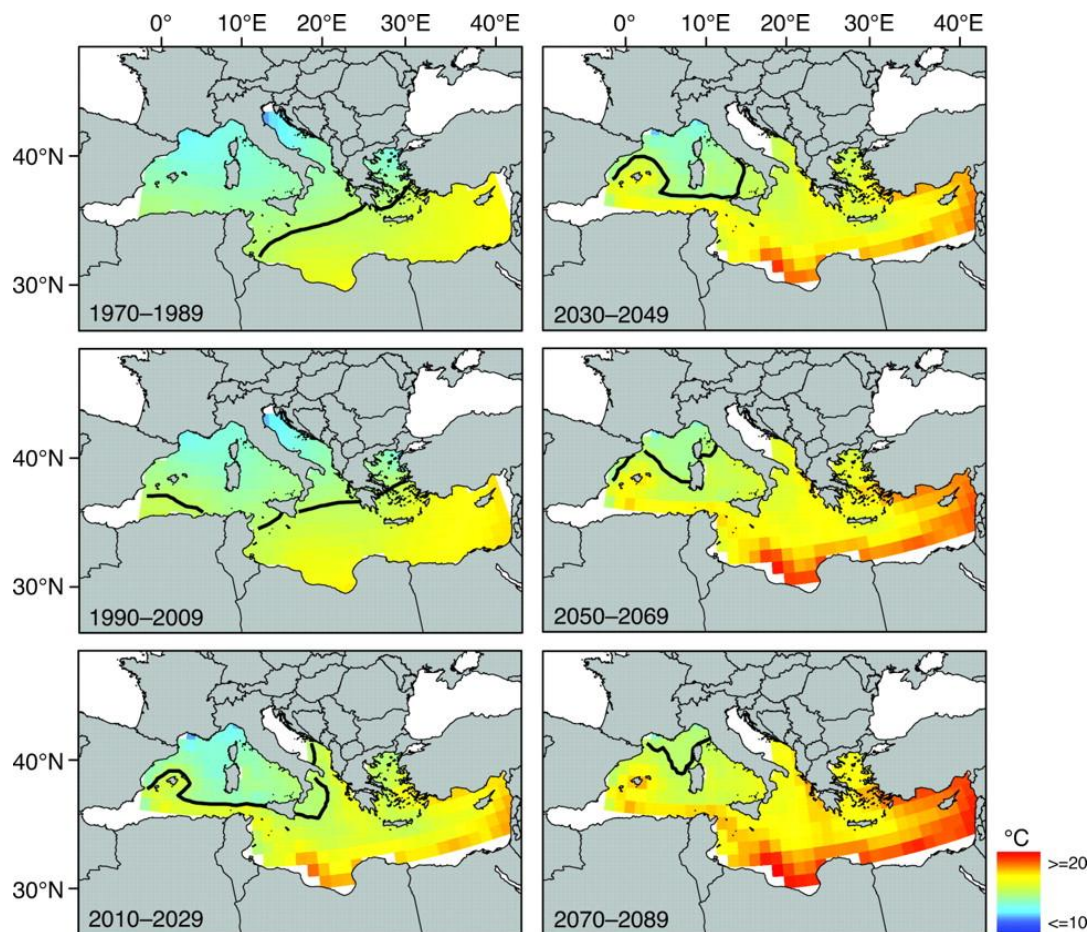
2.4.1 Γενική Εικόνα

Η επιτακτική ανάγκη για δράση απέναντι στις αέριες εκπομπές και την κλιματική αλλαγή, δεν παρέμεινε μονάχα κοινοτικός (Ευρωπαϊκή Ένωση) στόχος, αλλά προχώρησε και σε εθνικό επίπεδο, με την Ελλάδα να κάνει σημαντικά βήματα προς την κατεύθυνση του περιορισμού των αερίων ρύπων. Με το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου να είναι το διοξείδιο του άνθρακα, η Ελλάδα εκπέμπει κατά

μέσω όρο 85 % CO₂, με το υπόλοιπο 15 % να το μοιράζονται άλλα αέρια, όπως τα CH₄ και N₂O. Οι πηγές των εκπομπών δεν διαφέρουν πολύ σχετικά με τις υπόλοιπες χώρες της κοινότητας. Η παραγωγή ενέργειας, η βιομηχανική παραγωγή, οι μεταφορές, οι οικιακοί καταναλωτές και άλλοι πολλοί παράγοντες, οδηγούν κάθε χρόνο την κούρσα των αέριων εκπομπών στον Ελλαδικό χώρο (20).

Μερικά αναλυτικά στοιχεία, για το αποτύπωμα της Ελλάδας στο πλανήτη από άποψη αέριων εκπομπών μπορούν να δώσουν μια εικόνα για το τι συμβαίνει στη χώρα. Έτσι με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην Ελλάδα να έχουν αυξηθεί πέραν του 25 %, υπάρχει υπέρβαση των ορίων εκπομπών που έθεσε το Πρωτόκολλο του Κιότο. Στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής, η Ελλάδα εκπέμπει 0.777 κιλά CO₂ ανά κιλοβατώρα, όταν η αντίστοιχη τιμή για τη Γερμανία είναι 0.499. Το ποσοστό ηλεκτρισμού που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είχε ως στόχο έως για το 2010, το 20.1 %. Το 2008 το ποσοστό ήταν μόλις στο 9% και φυσικά ο στόχος δεν επετεύχθη. Η Ελλάδα έχει μια από τις μεγαλύτερες εξαρτήσεις από πετρέλαιο σε όλη την Ευρώπη των 25, με το ποσοστό του 2004 να ξεπερνάει το 65 % (21).

Οι Επιστημονικές μελέτες συγκλίνουν στην άποψη ότι η Ελλάδα στο μέλλον θα είναι μία χώρα με αρκετά μειωμένες βροχοπτώσεις και αισθητά αυξημένες θερμοκρασίες. Κάθε σενάριο, για την μεταβολή του κλίματος της χώρας διασαφηνίζει ότι το κλίμα της χώρας σε μερικές δεκαετίες από τώρα θα είναι αρκετά διαφορετικό από το ήπιο Μεσογειακό κλίμα που υπάρχει στην γεωγραφική περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας στη Μεσόγειο ανά εικοσαετία, ξεκινώντας από την περίοδο 1970 με 1989 (22).

**Σχήμα 2-7**

Ιστορικό και προβλέψεις για την αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας της Μεσογείου.

Οι θερμοκρασίες αφορούν τους μέσους όρους των μετρήσεων για τον μήνα Μάρτιο κάθε έτους της εικοσαετίας. Από το σχήμα γίνεται σαφές ότι η αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνειες των Ελληνικών θαλασσών, πραγματοποιείται μέρα με τη μέρα. Χαρακτηριστικά για το νησί της Σαντορίνης (που είναι και το κέντρο εστίασης της συγκεκριμένης μελέτης), το γαλαζοκίτρινο χρώμα που εμφανίζεται την εικοσαετία 1970-1989, λαμβάνει πορτοκαλί αποχρώσεις κατά την περίοδο 2070 με 2089. Η μαύρη καμπύλη σε κάθε χάρτη είναι μία ισοθερμική καμπύλη 15 °C, η οποία όπως είναι φανερό την πρώτη εικοσαετία περικλείει περισσότερο από τη μισή επιφάνεια της Μεσογείου. Όσο τα χρόνια περνούν, η επιφάνεια που περικλείεται περιορίζεται στο βορειοανατολικό κομμάτι της λεκάνης της Μεσογείου, στις ακτές της Νότιας Γαλλίας και της Βορειοανατολικής Ιταλίας.

2.4.2 Κλίμα και Ακραία Καιρικά Φαινόμενα στον Ελλαδικό Χώρο

Για την κατανόηση των κλιματικών αλλαγών στην Ελλάδα, είναι απαραίτητο να κατανοηθεί το κλίμα της χώρας χωρίς την επίδραση των αλλαγών. Σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Hellenic National Meteorological Services): «...το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό: ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων 340 και 420 του Βορείου ημισφαιρίου και βρέχεται από την Ανατολική Μεσόγειο. Το κλίμα της έχει σε γενικές γραμμές τα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος, δηλαδή ήπιους και βροχερούς χειμώνες, σχετικώς θερμά και ξηρά καλοκαίρια και μεγάλη ηλιοφάνεια όλο σχεδόν το χρόνο.

Λεπτομερέστερα στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα βέβαια μέσα στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρου (υπάρχουν μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας και άλλοι ορεινοί όγκοι) και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι το ξηρό κλίμα της Αττικής και γενικά της Ανατολικής Ελλάδας διαφέρει από το υγρό της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας. Τέτοιες κλιματικές διαφορές συναντώνται ακόμη και σε τόπους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, πράγμα που παρουσιάζεται σε λίγες μόνο χώρες σε όλο τον κόσμο.

Οι βροχές στην Ελλάδα, ακόμη και τη χειμερινή περίοδο δεν διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός δεν μένει συννεφιασμένος για αρκετές συνεχόμενες ημέρες, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές της γης. Η θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου οπότε η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 29 °C μέχρι 35 °C. Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θαλάσσια αύρα στις παράκτιες περιοχές της χώρας και από τους βόρειους ανέμους που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο...» (23).

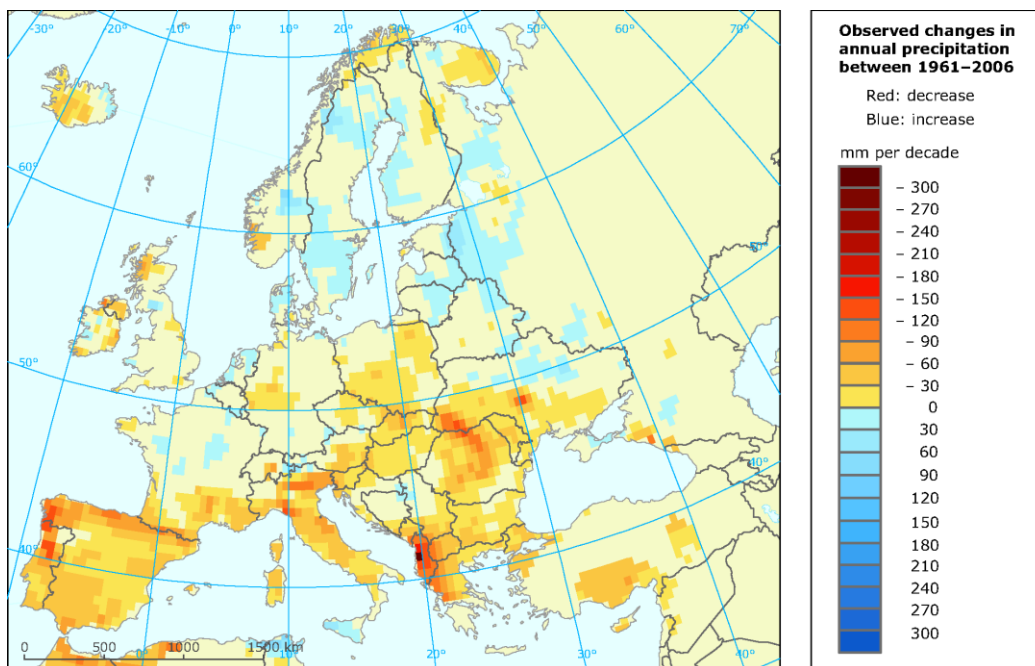
Τα ακραία καιρικά φαινόμενα (ακόμα και ήπιες περιπτώσεις που απλά παρεκκλίνουν από την παραπάνω περιγραφή για το κλίμα της χώρας) και η συχνότητα εμφάνισής τους στον Ελλαδικό χώρο, αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα της δεινότητας των γεγονότων της κλιματικής αλλαγής. Ένα καιρικό φαινόμενο μπορεί να χαρακτηρίζεται ακραίο ανάλογα με την ένταση του, την διάρκεια ή την συχνότητα εμφάνισής του.

Στην πραγματικότητα είναι αρκετά περίπλοκο να ορισθεί μία τιμή μεγέθους πάνω από την οποία ένα καιρικό φαινόμενο θα μπορεί να χαρακτηρίζεται ως ακραίο. Ένα ακραίο καιρικό φαινόμενο είναι πιθανό να προκαλέσει μια φυσική καταστροφή. Ο υπολογισμός των συνεπειών ενός φαινομένου υπολογίζεται από την σχέση της έντασης του συγκεκριμένου φαινομένου με τη συχνότητα εμφάνισής του στον ίδιο γεωγραφικό χώρο.

Από την άλλη πλευρά υπάρχει και η άποψη που υποστηρίζει ότι τα ακραία καιρικά φαινόμενα που συμβαίνουν θα ήταν ριψοκίνδυνο να αποδοθούν στην κλιματική αλλαγή. Οι ίδιες απόψεις αναφέρουν ότι τα ακραία καιρικά φαινόμενα δεν είναι δείγμα κλιματικής αλλαγής, αλλά ένας προπομπός για αυτά που έρχονται στο μέλλον. Η κλιματική αλλαγή πραγματοποιείται με αργό και σταθερό (προσεγγιστικά) ρυθμό και θα έχει αρκετές συνέπειες για τον πλανήτη στα χρόνια που έρχονται (24).

2.4.3 Η Κλιματική Αλλαγή στον Ελλαδικό Χώρο

Πέρα από τα ακραία καιρικά φαινόμενα, δύο βασικοί πυλώνες στήριξης της θεωρίας ότι η κλιματική αλλαγή επηρεάζει την Ελλάδα, είναι οι βροχοπτώσεις (μαζί με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας) και η αύξηση της θερμοκρασίας. Οι βροχοπτώσεις στην χώρα κατά γενική ομολογία των επιστημόνων, θα μειωθούν σημαντικά, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Περιοχές όπως η Νότια Στερεά Ελλάδα, η Πελοπόννησος (κατά κύριο λόγο στα παράλια του Αιγαίου) καθώς και μεγάλο κομμάτι της Θεσσαλίας θα επηρεαστούν άμεσα από την επερχόμενη μείωση των βροχοπτώσεων. Οι συνέπειες από τη μείωση των βροχοπτώσεων επικεντρώνονται στην ερημοποίηση, στην έλλειψη πόσιμου νερού, καθώς και στη μείωση της γεωργικής παραγωγής. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι αυξομειώσεις (σε mm) στην κατανομή των κατακρημνίσεων στην Ευρώπη. Η κλίμακα στο δεξί μέρος του σχήματος εκφράζει την αύξηση ή μείωση των κατακρημνίσεων σε χιλιοστά ανάλογα με τον χρωματισμό. Με ερυθρές αποχρώσεις απεικονίζεται η αύξηση και με τις κυανές αποχρώσεις η μείωση των επιπέδων (25).

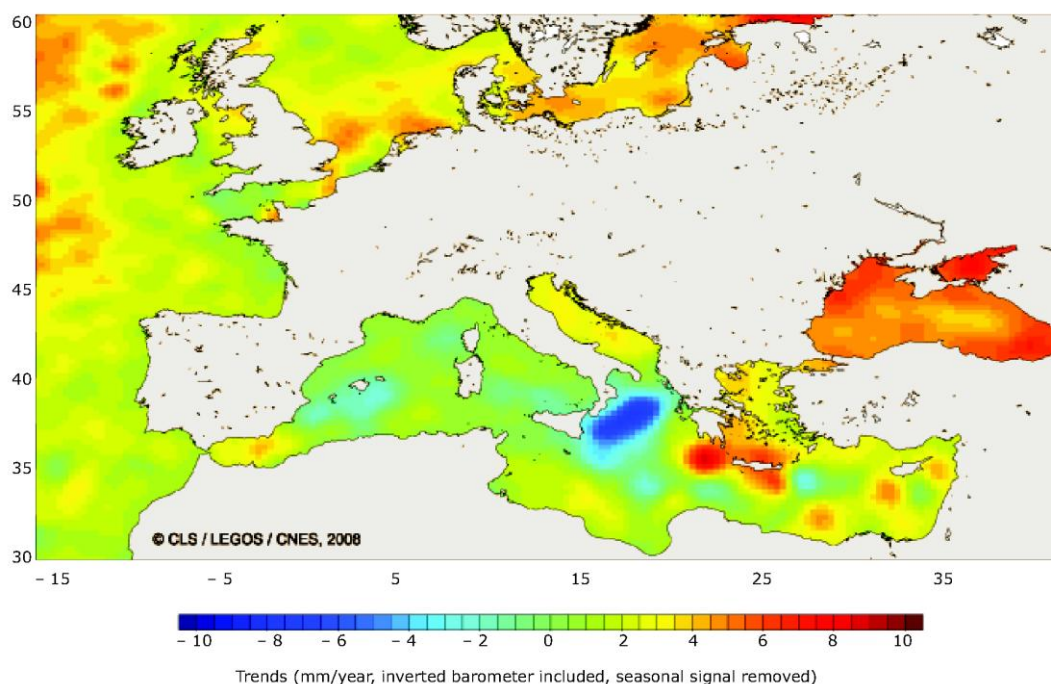


Σχήμα 2- 8

Μεταβολές στην κατανομή των βροχοπτώσεων στην Ευρώπη μεταξύ 1961-2006.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, για της περιοχές της Ελλάδας που υπάρχουν στοιχεία, η μείωση των κατακρημνίσεων μπορεί να φθάσει σε κάποιες περιοχές της Βορειοδυτικής Ελλάδας (Ηπειρος) μέχρι και τα 120 mm. Τα πράγματα μοιάζουν καλύτερα για την κεντρική Μακεδονία και Θράκη, με μειώσεις της τάξης των 30 - 60 mm. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας αποτελεί άλλο ένα μεγάλο πρόβλημα που απορρέει από κλιματική αλλαγή και αν επιβεβαιωθούν τα σενάρια της IPCC, θα απασχολήσει στο μέλλον και την Ελλάδα. Επιστήμονες προβλέπουν ότι η αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 50 χιλιοστά ανά δεκαετία. Πιο συγκεκριμένα, περιοχές όπως οι Μακεδονικές και Θρακικές ακτές δείχνουν να είναι από τις άμεσα επηρεαζόμενες στη λεκάνη της Μεσογείου θάλασσας. Δεν είναι δύσκολο να φαντασθεί κανείς τις επιπτώσεις από την άνοδο της στάθμης των υδάτων στις παράκτιες περιοχές της χώρας.

Οι πλημμύρες και η διάβρωση των παράκτιων περιοχών είναι τα πρώτα σημάδια μιας σειράς καταστροφών που μόνο περιορισμένες δεν θα μπορούν να χαρακτηρισθούν στην πλήρη ανάπτυξή τους. Η διείσδυση του θαλασσινού νερού στους υδροφόρους ορίζοντες και τα ποτάμια θα καταστήσει ένα σημαντικό ποσοστό των υδάτινων αποθεμάτων της χώρας ακατάλληλο. Ακόμα η μείωση της ροής των ποταμών θα συμβάλει ακόμα περισσότερο στο πρόβλημα. Η γεωργική παραγωγή θα είναι ένας από τους πρώτους τομείς που θα αντιληφτούν τις συνέπειες της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Στο σχήμα που ακολουθεί, διαφαίνεται η τάση ανόδου (ή και καθόδου σε κάποιες περιοχές) της στάθμης της θάλασσας γύρω από την Ευρώπη (25).



Σχήμα 2- 9

Τάσεις μεταβολής της στάθμης της θάλασσας γύρω από την Ευρώπη και τη Βόρεια Αφρική.

Η μεταβολές στο σχήμα εκφράζονται σε μονάδες mm/έτος και σε πολλές περιοχές ξεπερνούν τις 8 μονάδες. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε ελάχιστες περιοχές των Ελληνικών υδάτων (μονάχα στο Βόρειο Ιόνιο) προβλέπεται μείωση της στάθμης. Αναλυτικά, σταθεροποιητικές τάσεις, ή τάση για ελάχιστη αυξομείωση έχουν περιοχές όπως το κεντρικό Ιόνιο και το Νοτιοανατολικό Αιγαίο. Στο Βόρειο Αιγαίο και πιο συγκεκριμένα στο Βορειοδυτικό τμήμα του, οι αυξήσεις κυμαίνονται από 3 μέχρι και 6 mm/έτος. Η κατάσταση χειροτερεύει περιφερειακά της Κρήτης και Νότια της Πελοποννήσου, με την αύξηση της στάθμης να ξεπερνάει, σε μερικά σημεία, τα 8 mm/έτος. Είναι προφανές ότι σε μία δεκαετία η αθροιστική αύξηση σε περιοχές όπως οι προαναφερθείσες θα φθάνει τα 8 cm.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα για τις συνέπειες της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στη Ελλάδα αποτελεί η 4^η Ιανουαρίου του 2010. Ισχυροί Νότιοι άνεμοι μετακίνησαν μεγάλους όγκους νερού προς τα Βόρεια, με αποτέλεσμα η στάθμη της θάλασσας στο Ανατολικό Αιγαίο να αυξηθεί κατά 100 cm περίπου. Οι άμεσες συνέπειες ήταν να σημειωθούν πλημμύρες σε παραλιακούς δρόμους στα νησιά Σάμο, Κάλυμνο, Πάτμο, Σύμη και Τήλο. Παραλιακοί δρόμοι έμειναν κλειστοί για ώρες, ενώ σημαντικές ζημιές σημειώθηκαν σε περιουσίες. Η οικονομική ζωή των νησιών που επλήγησαν δέχθηκε ισχυρό πλήγμα. Είναι σαφές ότι φαινόμενα σαν και αυτό δεν σχετίζονται άμεσα με την κλιματική αλλαγή, απλά δίνουν μία πρόγνωση για το τι θα ακολουθήσει. Μια μόνιμη αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα είχε καταστροφικά αποτελέσματα.

Όσον αφορά τα συνεχώς αυξανόμενα επίπεδα των θερμοκρασιών στην Ελλάδα, έχει γίνει αναλυτική αναφορά στην αρχή της ενότητας, ενώ δεν είναι λίγες οι καταγραφές που δείχνουν τον πολλαπλασιασμό της συχνότητας εμφάνισης των ακραίων θερμοκρασιών. Επιστημονικές ομάδες προβλέπουν ότι η αύξηση τις θερμοκρασίας στον Ελλαδικό χώρο μπορεί να ξεπεράσει ακόμα και τους 2 °C μέχρι το 2100. Πρόβλεψη που δεν αποκλίνει σημαντικά από τα σενάρια της IPCC για τον πλανήτη.

Η Ελλάδα ξεκίνησε τις προσπάθειες για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών το 1992 (είχαν προηγηθεί και κάποιες κινήσεις προς αυτή την κατεύθυνση τις δεκαετίες του 70' και του 80'), υπογράφοντας τη σύμβαση του Ρίο ντε Τζανέιρο. Δύο χρόνια αργότερα οι αποφάσεις του Ρίο συμπεριλήφθηκαν σε αντίστοιχο νόμο του Ελληνικού κράτους. Ένας ακόμα πολύ σημαντικός σταθμός ήταν το 2002, όταν η Ελληνική Βουλή επικύρωσε το πρωτόκολλο του Κιότο και το έκανε τον 3017/2002, νόμο του Ελληνικού κράτους. Η Ελλάδα προκειμένου να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις που απορρέουν από την κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο (ΦΕΚ 117/Α/30-5-02) και την αντίστοιχη κοινοτική συμφωνία, προχώρησε στην εκπόνηση Εθνικού Προγράμματος μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2000-2010. Από εκείνο το σημείο και μετά η Ελληνική νομοθεσία ακολουθούσε τις αποφάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης η οποία ηγήθηκε της προσπάθειας για τη

δημιουργία ενός στιβαρού πλαισίου προστασίας του περιβάλλοντος απέναντι στις κλιματικές αλλαγές.

Από τις δράσεις της Ελλάδας απέναντι στην κλιματική αλλαγή, ξεχωρίζουν τα δύο Συστήματα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ). Η ΦΕΚ 1931/Β/2004 τον Δεκέμβριο του 2004, εναρμόνισε την οδηγία 2003/87/2003 (γίνεται αναφορά για τη συγκεκριμένη οδηγία στην προηγούμενη ενότητα) στο Ελληνικό δίκαιο. Στο ΣΕΔΕ συμπεριέλαβε 141 εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας αλλά και βιομηχανιών. Υπολογίστηκε κατά την εφαρμογή του ότι μονάχα την πρώτη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (2005-2007), οι εκπομπές CO₂ μέσω του ΣΕΔΕ, θα αποτελούσαν το 52.5 % των συνολικών εκπομπών της χώρας (26).

Είναι επιτακτική ανάγκη η Ελλάδα σαν χώρα αλλά και σαν μέλος της Ευρωπαϊκής κοινότητας, να λάβει τα απαραίτητα μέτρα και να τα εφαρμόσει με σκοπό να εξασφαλίσει από την πλευρά της ένα καλύτερο μέλλον για τις γενιές που έρχονται. Η απειλή της κλιματικής αλλαγής πρέπει να κάνει όλους να αναλογισθούν τις συνέπειες στην υγεία, το περιβάλλον, την οικονομία, την κοινωνία αλλά και πολλούς άλλους τομείς. Δρόμος για την επίτευξη όλων αυτών είναι η αλλαγή πλεύσης σε ενεργειακά, βιομηχανικά, καταναλωτικά ζητήματα αλλά και ζητήματα μεταφορών στον Ελλαδικό χώρο.

2.4.4 Αέριες Εκπομπές στη Σαντορίνη

Η Σαντορίνη είναι το νοτιότερο νησί των Κυκλάδων και απλώνεται σε έκταση 79,194 χλμ². Το μήκος της ακτογραμμής του νησιού προσεγγίζει τα 67 χιλιόμετρα (27). Μία πρώτη ενεργειακή ματιά στο νησί είναι ικανή να βοηθήσει τον αναγνώστη να προσανατολισθεί σχετικά με τις αέριες εκπομπές του νησιού. Ο Αυτόνομος Σταθμός Παραγωγής (ΑΣΠ) ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ, είναι υπεύθυνος για την παραγωγή ενέργειας στην Σαντορίνη. Ο ΑΣΠ Θήρας βρίσκεται στη θέση Μονόλιθος στο Ανατολικό τμήμα του νησιού με έκθεση Βόρεια - Βορειοανατολική. Απέχει περί τα 100 μέτρα από την ακτογραμμή και τοποθετείται σε μια ζώνη μικτών δραστηριοτήτων (28).

Ολόκληρο το νησί καλύπτεται από το δίκτυο της ΔΕΗ το οποίο παρέχει ενέργεια. Μέχρι και το 2007 (περίοδος μελέτης του Νησιού) δεν είχαν αναπτυχθεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), όπως ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά. Με το νησί να βρίσκεται υπό καθεστώς προστασίας στο σύνολό του, η ανάπτυξη των συμβατικών μεθόδων ΑΠΕ είναι δύσκολη. Είναι προφανές ότι υπάρχει περιθώριο να γίνουν κάποιες κινήσεις αρκεί να ανταποκρίνονται στις ιδιαιτερότητές του νησιού.

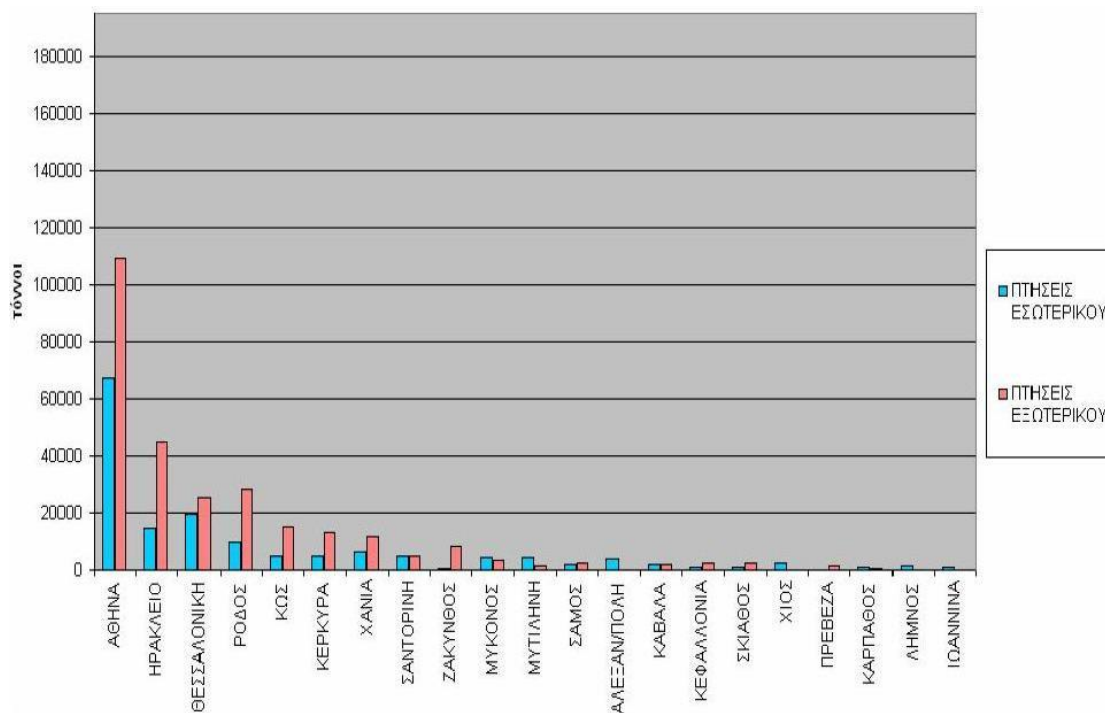
Η ρύπανση των κατοικημένων περιοχών από τον ΑΣΠ δεν θα μπορούσε να χαρακτηριστεί έντονη, καθώς ο υποσταθμός της ΔΕΗ είναι τοποθετημένος σε μια περιοχή σχετικά απομακρυσμένη από τον κύριο όγκο του πληθυσμού του νησιού. Επιπλέον απέχει αρκετά από τουριστικές περιοχές. Συγκεντρωτικά, η ρύπανση στο

νησί (εκτός από τις επίγειες καταναλωτικές δραστηριότητες), έχει να κάνει με την κίνηση των πλοίων που επισκέπτονται και εξυπηρετούν το νησί, τις εκπομπές από το τοπικό αεροδρόμιο και την παραγωγή ενέργειας από τον ΑΣΠ. Η πρώτη από τις προαναφερθείσες αιτίες αέριας ρυπάνσεως, δηλαδή αυτή της ρύπανσης εξαιτίας των θαλάσσιων μεταφορών, είναι και αυτή που απασχολεί την παρούσα μελέτη.

Αξίζει μία μικρή αναφορά για τις αέριες εκπομπές από τις αερομεταφορές και τον ΑΣΠ, πριν την παρουσίαση (σε επόμενα κεφάλαια της κατάστασης από τα πλοία). Η πρόβλεψη για τα επόμενα χρόνια, είναι ότι οι εκπομπές των αερομεταφορών θα αυξηθούν ραγδαία. Η λήψη πολιτικών αποφάσεων για την μείωση των ρύπων των αεροσκαφών κρίνεται αναγκαία. Ακόμα εκ των ουκ άνευ κρίνεται η ένταξη των αερομεταφορών στο Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών της Ε.Ε. Οι αερομεταφορές μεταξύ άλλων, παράγονται τα παρακάτω αέρια:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2),
- Υδρατμοί (H_2O),
- Οξειδία του αζώτου (NO_x),
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO),
- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs),
- Οξειδία του θείου (SO_x) και
- Ουρές συμπύκνωσης

Στο παρακάτω σχήμα δίνονται οι συνολικές εκπομπές CO_2 από αεροπλάνα στα Ελληνικά αεροδρόμια για το έτος 2008 (29). Το διεθνές αεροδρόμιο της Σαντορίνης βρίσκεται αρκετά ψηλά στη λίστα των εκπομπών, σε σχέση πάντα με το μέγεθος και τον πληθυσμό του νησιού. Αθροιστικά το αεροδρόμιο βρίσκεται την 8^η θέση πανελληνίως ξεπερνώντας αεροδρόμια όπως αυτό της Ζακύνθου, της Μυτιλήνης και της Αλεξανδρούπολης, προορισμοί με πολύ μεγαλύτερη έκταση και πληθυσμό. Η εικόνα γίνεται ακόμη πιο έντονη όταν μελετηθούν ξεχωριστά οι πτήσεις του εσωτερικού. Σε αυτή την περίπτωση το αεροδρόμιο της Σαντορίνης είναι το έκτο σε παραγωγή CO_2 , για τις πτήσεις εσωτερικού το 2008.



Σχήμα 2- 10

Εκπομπές CO₂ από τις αερομεταφορές στα Ελληνικά αεροδρόμια για το έτος 2008.

Όσον αφορά τις αέριες εκπομπές από την παραγωγή ενέργειας, ο πίνακας που ακολουθεί, απεικονίζει την ενεργειακή πρόβλεψη για την Σαντορίνη η οποία το 2008 δεν είχε καμία άλλη μορφή ενέργειας πέρα από την συμβατική θερμική του ΑΣΠ.

Πίνακας 2- 1

Σενάρια ενεργειακής ζήτησης και ανάπτυξης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Σαντορίνη.

έτος		2008	2015	2020
αιχμή ζήτησης (MW)		34.1	48.2	50.8
ζήτηση ενέργειας (GWh)		116.6	164.7	173.8
εξοικονόμηση		0%	6%	9%
Εγκαταστάσεις (MW)	αιολικά	0.0	1.3	3.3
	Φ/Β	0.0	1.4	3.0
Παραγωγή (GWh)	αιολικά	0.0	4.0	10.1
	Φ/Β	0.0	1.9	4.0
% ΑΠΕ		0%	4%	8%

Η ενέργεια σχετίζεται άμεσα με τις αέριες εκπομπές και παρόλο που υπάρχει πρόβλεψη για αύξηση της ζήτησης σε ενέργεια μέχρι το 2020, η κατάσταση μοιάζει να βελτιώνεται μέχρι τότε, μιας και θα υπάρχει (σύμφωνα με το σενάριο του Ενεργειακού Γραφείου Ίου-Αιγαίου), συμμετοχή των ΑΠΕ προσεγγιστικά κατά 8 % (30).

2.4.5 Το Σύμφωνο των Δημάρχων

Ένα πολύ σημαντικό βήμα για τη Σαντορίνη ήταν η υπογραφή του Συμφώνου των Δημάρχων (ΣτΔ). Το ΣτΔ αποτελεί μια πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που απευθύνεται σε δήμους και κοινότητες που επιθυμούν να δεσμευτούν για μείωση των εκπομπών του CO₂. Το υποστηριζόμενο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή σύμφωνο αποτελεί μια δέσμευση από τους Δημάρχους να υπερβούν τον στόχο μείωσης των εκπομπών κατά 20% το 2020, που έθεσε η Ε.Ε. Στην σύναψη, τον Ιανουάριο του 2008, συμμετείχαν σχεδόν 100 δήμαρχοι από όλη την Ευρώπη. Από το 2008 και μέχρι τα μέσα του 2011 περισσότερες από 2000 τοπικές Ευρωπαϊκές αρχές έχουν υπογράψει το ΣτΔ. Η πρωτοβουλία λειτουργεί με περιορισμένο προϋπολογισμό αν και στα μέσα του 2010 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υποσχέθηκε να αυξήσει τη χρηματοδότηση τέτοιων έργων, χρησιμοποιώντας κονδύλια από το Ευρωπαϊκό ενεργειακό πρόγραμμα για την ανάκαμψη. Οι αρχές των νησιών που έχουν υπογράψει το Σύμφωνο των Δημάρχων (συμπεριλαμβανομένης και της Σαντορίνης) θα δικαιούνται να λάβουν μέρος αυτής της χρηματοδότησης (31).

Σύμφωνα με την μελέτη *‘Στρατηγική Μελέτη για την Εξοικονόμηση Ενέργειας την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και την μείωση των Εκπομπών στα Νησιά του Αιγαίου’*, «...με το ΣτΔ επιδιώκεται να δοθεί προβάδισμα σε πρωτοπόρες πόλεις της Ευρώπης για την άμβλυνση των κλιματικών αλλαγών μέσω της εφαρμογής των ευφώνων τοπικών πολιτικών αειφόρου ανάπτυξης που δημιουργούν θέσεις εργασίας, βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των πολιτών και συμβάλλουν στην αντιμετώπιση κρίσιμων κοινωνικών ζητημάτων. Η επίσημη δέσμευση των δήμων που υπογράφουν το Σύμφωνο μεταφράζεται σε συγκεκριμένα μέτρα και δράσεις. Συμφωνούν να παρουσιάζουν αναφορές προόδου και αποδέχονται την παρακολούθηση εφαρμογή των σχεδίων δράσης, καθώς και τον τερματισμό της συμμετοχής τους στο Σύμφωνο σε περίπτωση μη συμμόρφωσης. Επίσης δεσμεύονται στη διάθεση επαρκών ανθρώπινων πόρων για την εκπλήρωση των στόχων και την κινητοποίηση των τοπικών κοινωνιών για ενεργή συμμετοχή στα σχέδια δράσης σε συνεργασία και με άλλες πόλεις.

Εντός του έτους υπογραφής του Συμφώνου, οι κυβερνήσεις των χωρών που συμμετέχουν δεσμεύονται να υποβάλουν Σχέδιο Δράσης για την Αειφόρο Ενέργεια (Sustainable Energy Action Plans - SEAP). Στο SEAP περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο οι τοπικές κυβερνήσεις σκοπεύουν να επιτύχουν τον στόχο μείωσης του CO₂ έως το 2020 και περιλαμβάνει δράσεις που αφορούν τόσο τον δημόσιο όσο και στον

ιδιωτικό τομέα. Τα SEAP θα πρέπει να παρουσιαστούν και να συζητηθούν από την κοινωνία των πολιτών...». Ακόμα, «...μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, έργα ΑΠΕ και άλλες δράσεις που σχετίζονται με την ενέργεια μπορούν να εισαχθούν σε διάφορους τομείς δραστηριότητας των τοπικών και περιφερειακών αρχών. Το Σύμφωνο των Δημάρχων προωθεί την ανάληψη δράσης σε τοπικό επίπεδο στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων της τοπικής αυτοδιοίκησης...» (30).

Στο ΣτΔ συμμετέχουν όλο και περισσότεροι δήμοι του Δικτύου Αειφόρων Νήσων του Αιγαίου (ΔΑΦΝΗ), έχοντας υποβάλλει σχέδια δράσης για την επίτευξη της μείωσης στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα. Το δίκτυο ΔΑΦΝΗ αποτελεί τα θεμέλια της συμμετοχής των νησιωτικών Δήμων και Κοινοτήτων του Αιγαίου στο ΣτΔ. Το δίκτυο ΔΑΦΝΗ παρέχει στρατηγική καθοδήγηση και τεχνική στήριξη σε όλους τους Δήμους και Κοινότητες που επιθυμούν να δεσμευτούν υπογράφοντας το ΣτΔ, αλλά δε διαθέτουν τους απαραίτητους ανθρώπινους πόρους ή την τεχνική κατάρτιση για να αντεπεξέλθουν στις υποχρεώσεις του συμφώνου, στην κατάστρωση και υλοποίηση του. Οι δήμοι που συμμετέχουν στο ΣτΔ (μέχρι και τα μέσα του 2011), είναι οι εξής:

- Αίγινα
- Αλόνησος
- Αμοργός
- Άνδρος
- **Θήρα**
- Ίος
- Κέα
- Κίμωλος
- Κύθνος
- Κως
- Λειψοί
- Λέσβος
- Λήμνος
- Μήλος
- Μύκονος
- Νάξος
- Νίσυρος
- Πάτμος
- Ρόδος
- Σαμοθράκη
- Σίφνος
- Σκόπελος
- Σκύρος

- Σύρος
- Τήλος
- Ύδρα
- Φολέγανδρος
- Χίος

Αξίζει να σημειωθεί ότι το ΣτΔ είναι διαθέσιμο για όλους τους δήμους και κοινότητες που θα επιθυμούσαν συνεργασία και δέσμευση. Η ΕΕ παρέχει συμβουλευτική, τεχνική και οικονομική υποστήριξη σε δήμους που δεν έχουν επαρκείς πόρους για την προετοιμασία και υλοποίηση σχεδίων δράσης για την αειφόρο ενέργεια, μέσω πολυδιάστατων δομών στήριξης.

2.5 Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

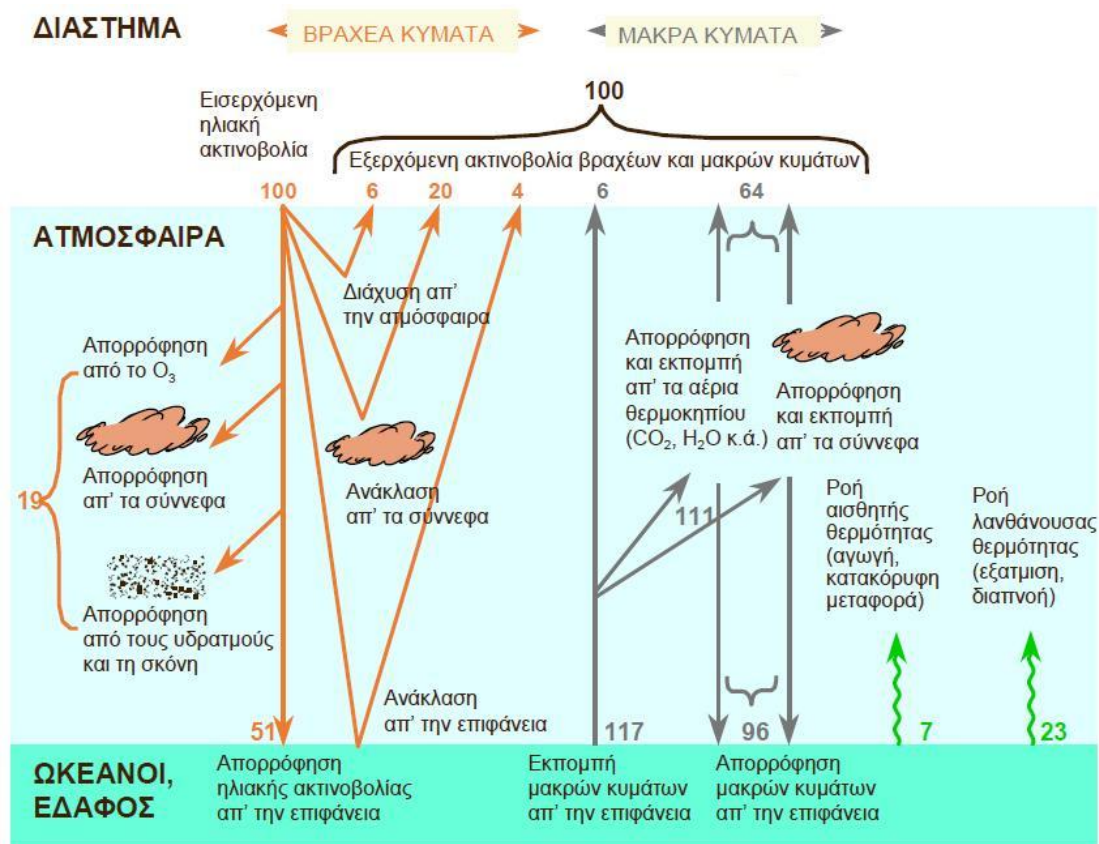
2.5.1 Βασικά Χαρακτηριστικά

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου (ΦτΘ) αποτελεί το σημαντικότερο παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Μέρα με τη μέρα όλο και περισσότεροι παράγοντες της πολιτικής, της οικονομίας, της βιομηχανίας, του περιβάλλοντος, των μεταφορών και πολλών άλλων τομέων ασχολούνται με το ΦτΘ, με πολύπλευρους σκοπούς και στόχους. Η κατανόηση, η ανάλυση, η προβολή, η εύρεση λύσεων και προτάσεων για την μείωση των επιπτώσεων από το ΦτΘ, είναι μερικές μόνο από τις ενέργειες που γίνονται από όλες τις πλευρές που ασχολούνται με το πολυδιάστατο αυτό πρόβλημα. Σε μία πρώτη ανάλυση το ΦτΘ, θα μπορούσε να διακριθεί σε δύο πολύ σημαντικά μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το φυσικό φαινόμενο το οποίο πρέπει να συμβαίνει για την ομαλή λειτουργία του πλανήτη. Με την απουσία του φυσικού φαινομένου, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν μειωμένη κατά 30 °C.

Το φυσικό ΦτΘ, ξεκινά από ορισμένα αέρια (αέρια του θερμοκηπίου), όπως οι υδρατμοί και το διοξείδιο του άνθρακα, τα οποία αποτελούν το ανάλογο των διάφανων επιφανειών σε ένα θερμοκήπιο. Τα αέρια του θερμοκηπίου, απορροφούν προσωρινά την υπέρυθη ακτινοβολία την οποία ανακλούν σε διάφορες κατευθύνσεις. Αποτέλεσμα αυτού είναι, ένα τμήμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας, επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης (διαφορετικά θα διέφευγε στο διάστημα), με αποτέλεσμα να την διατηρεί στην ιδανική θερμοκρασία.

Ένα άλλο τμήμα ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται, απορροφάται από την επιφάνεια της γης και μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία αποβάλλεται με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας από την επιφάνεια της Γης προς το διάστημα. Όπως γίνεται φανερό, το φυσικό ΦτΘ είναι μια απόλυτα φυσιολογική και αναγκαία διαδικασία για τη Γή, με τα αέρια του θερμοκηπίου να αποτρέπουν μια ακόμα εποχή

των παγετώνων στον πλανήτη. Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το ισοζύγιο ενέργειας στην ατμόσφαιρα (33).



Σχήμα 2- 11

Ενεργειακό ισοζύγιο στην ατμόσφαιρα με ποσοστιαία διασπορά της ηλιακής ακτινοβολίας.

Στο σχήμα αναλύονται σε ποσοστά οι διάφορες ανακλάσεις, διαχύσεις, απορροφήσεις και ροές ακτινοβολίας και θερμότητας, από και προς τις νεφώσεις, την επιφάνεια της Γής, την ατμόσφαιρα και τα αέρια του θερμοκηπίου. Όπως φαίνεται, είναι απόλυτα συνδεδεμένη η ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου με την όλη διαδικασία της απορρόφησης-δέσμευσης ακτινοβολίας στον πλανήτη. Τα σημεία που ξεχωρίζουν στο σχήμα είναι η πληροφορία πως τελικά μονάχα το 51 % της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από την επιφάνεια της Γής. Το υπόλοιπο ποσοστό χωρίζεται σε αυτό που ανακλάται και διαχέεται (30 %) και σε αυτό που απορροφάται (19 %). Το 30 % της ακτινοβολίας που ανακλάται και διαχέεται, χωρίζεται σε τρεις επιμέρους καταστάσεις:

1. Διάχυση από την ατμόσφαιρα (6 %),
2. Ανάκλαση από τα σύννεφα (20 %) και

3. Ανάκλαση από την επιφάνεια (4 %)

Το 19 % της ακτινοβολίας που απορροφάται, επιμερίζεται σε τρεις παράγοντες απορρόφησης:

1. Απορρόφηση από το Όζον
2. Απορρόφηση από τα σύννεφα και
3. Απορρόφηση από τους υδρατμούς και τη σκόνη

Το δεύτερο μέρος του ΦτΘ, είναι αυτό που αφορά το ανθρωπογενές ΦτΘ, το οποίο βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με την κλιματική αλλαγή. Στην πραγματικότητα το μη φυσικό ΦτΘ μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια υπέρμετρη λειτουργία του φυσικού φαινομένου, λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Μερικά από τα κυριότερα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, οι χλωροφθοράνθρακες και το υποξείδιο του αζώτου. Η αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα είναι η σκληρή πραγματικότητα των τελευταίων αρκετών δεκαετιών η οποία, με μαθηματική ακρίβεια, οδηγεί σε κλιματικές αλλαγές.

2.5.2 Κατάταξη των Αερίων του Θερμοκηπίου

Τα αέρια του θερμοκηπίου αποτελούν τον δίαυλο της σύνδεσης μεταξύ της ανθρώπινης δραστηριότητας στον πλανήτη, στο βάθος πολλών ετών και της κλιματικής αλλαγής. Τα αέρια του θερμοκηπίου σχηματίζουν ένα στρώμα πάνω από το έδαφος της Γης σε ένα ορισμένο ύψος, ώστε να επιτρέπουν να εισέρχεται η υπέρυθρη ακτινοβολία του ήλιου και να απορροφάται μερικώς από την ατμόσφαιρα και τη Γη. Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι περίπου 20 και δεν ξεπερνούν το 1 % κατ' όγκο στην ατμόσφαιρα. Οποιαδήποτε αύξηση στις συγκεντρώσεις αυτών των αερίων διαταράσσει την ισορροπία του ενεργειακού ισοζυγίου στον πλανήτη και προκαλεί μεταβολή κλιματικές αλλαγές με προφανέστερη αυτήν της αύξησης της θερμοκρασίας (34). Τα σημαντικότερα από τα αέρια του θερμοκηπίου (ως προς την επίδραση τους στην κλιματική αλλαγή), είναι τα παρακάτω:

- Υδρατμοί (H_2O),
- Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2),
- Μεθάνιο (CH_4),
- Υποξείδιο του Αζώτου (N_2O),

- Χλωροφθοράνθρακες (CFCs) και
- Τροποσφαιρικό Όζον (O3).

Η συμμετοχή των υδρατμών στην απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η μεγαλύτερη με ποσοστά που κυμαίνονται στο 65 %. Το θετικό για την επιβίωση του πλανήτη είναι ότι οι υδρατμοί δεν έχουν επηρεαστεί άμεσα από τις δραστηριότητες που επιβαρύνουν το περιβάλλον. Στην άλλη άκρη, η αύξηση των συγκεντρώσεων των υπόλοιπων αερίων, μόνο αμελητέα δεν μπορεί να θεωρηθεί. Ο παρακάτω πίνακας δίνει χρήσιμες πληροφορίες για τέσσερα από τα αέρια του θερμοκηπίου (35).

Πίνακας 2- 2

Γενικά χαρακτηριστικά των σημαντικότερων αερίων του θερμοκηπίου.

Αέριο	Ατμοσφαιρική συγκέντρωση πριν 100 χρόνια (ppb)	Σημερινή ατμοσφαιρική συγκέντρωση (ppb)	Μέσος χρόνος παραμονής στην ατμόσφαιρα (έτη)	Σχετική δυναμικότητα (σε ορίζοντα 100 ετών)
Διοξείδιο του άνθρακα	290.000	370.000	100	1
Μεθάνιο	900	1700	12	9
Υποξείδιο του αζώτου	285	310	120	320
Χλωροφθοράνθρακες	0	3	60-100	12500

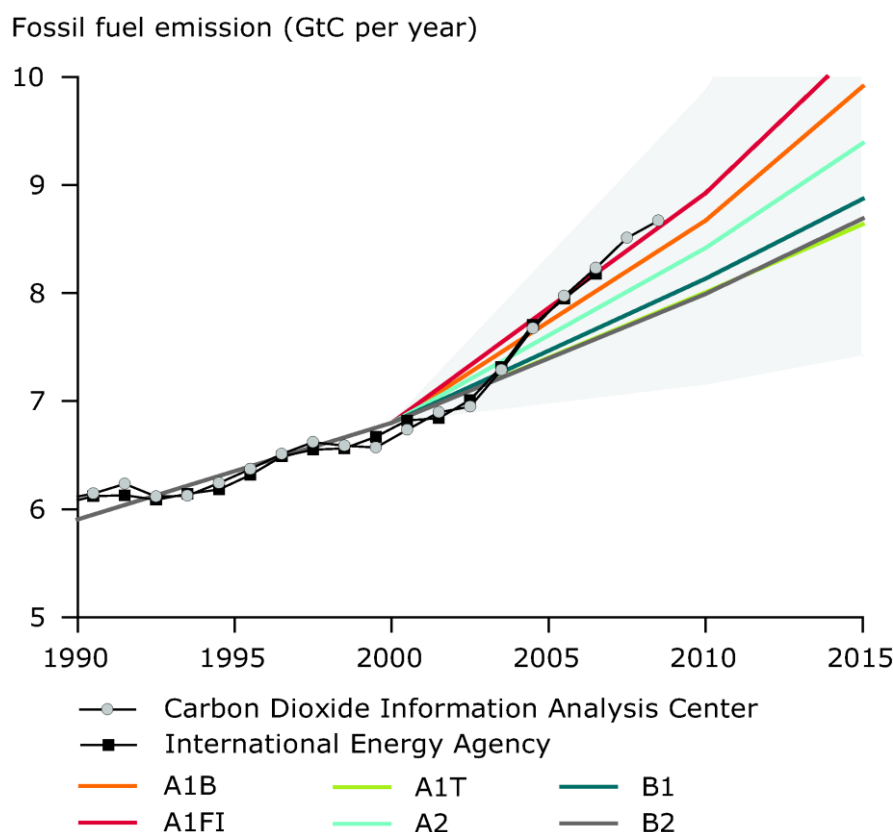
Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται σαφής η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα, του μεθανίου, του υποξειδίου του αζώτου και των χλωροφθορανθράκων, αέρια που κυριαρχούν ανάμεσα στα αέρια του θερμοκηπίου. Πολύ σημαντική είναι η μεταβολή του CO₂, αέριο το οποίο διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με την καύση κάθε είδους καυσίμου που χρησιμοποιείται ευρέως σε ποικίλους βιομηχανικούς (και μη) τομείς. Η αύξηση του μεθανίου κρίνεται επίσης σημαντική και είναι ποσοστιαία μεγαλύτερη από αυτή του CO₂. Το υποξείδιο του αζώτου παρουσιάζει επίσης μια αύξηση, αλλά αυτό που προκαλεί μεγάλη εντύπωση στην περίπτωση του N₂O, είναι ο μέσος χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα, που με 120 χρόνια, έρχεται στην πρώτη θέση σε σχέση με τα υπόλοιπα αέρια. Οι χλωροφθοράνθρακες, με μικρή συγκέντρωση, σε σχέση με τα υπόλοιπα αέρια, ξεχωρίζουν για την υψηλή σχετική τους δυναμικότητα (σε ορίζοντα 100 ετών).

2.5.3 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂): Συγκεντρώσεις και Προέλευση

Στην παρούσα υποενότητα γίνεται αναφορά στις συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα, αλλά και στην ανθρώπινη (ή μη) δραστηριότητα από την οποία προέρχονται. Αναλυτική προσέγγιση στις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του διοξειδίου του άνθρακα πραγματοποιείται σε επόμενο κεφάλαιο. Για να δοθεί μια

σαφής εικόνα του προβλήματος της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αλλά και της προέλευσης του, κρίνεται σκόπιμο να δοθούν μερικά αναλυτικά στοιχεία με απόλυτους αριθμούς και ποσοστά. Ξεκινώντας από την συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα αλλά και από τις αυξητικές του τάσεις, δίνεται ότι οι συγκεντρωτικές παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στις αρχές της δεκαετίας του 90΄ ήταν περίπου 28 δισεκατομμύρια tCO₂eq (ενιαία μονάδα μέτρησης των αέριων εκπομπών), με το CO₂ να συμμετέχει με 18.5 δισεκατομμύρια tCO₂eq σε αυτό το νούμερο (36).

Με μονάδα μέτρησης την ppmv (μέρη ανά εκατομμύριο κατ όγκο), η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα πριν τη βιομηχανική επανάσταση ήταν 280 ppmv και το ενώ στην αυγή του 21^{ου} αιώνα προσέγγιζε τα 370 ppmv. Συνολικά τα αέρια του θερμοκηπίου το 2100 αναμένεται να αυξηθούν σε 935 ppmv, με μία πρόβλεψη να αναφέρει την ανάγκη περιορισμού τους κάτω από την τιμή των 650 ppmv. Στο παρακάτω σχήμα περιγράφονται οι αυξητικές τάσεις του CO₂, μέσα από τα σενάρια της IPCC (το έτος 2000), οι οποίες από το 2000 μέχρι και το 2008 έρχονται να συγκριθούν με τα στοιχεία από το *Carbon Dioxide Information and Analysis Center (CDIAC)* και την *International Energy Agency (IEA)* (37).



Σχήμα 2- 12

Σύγκριση εκπομπών CO₂ από την καύση ορυκτών καυσίμων με τα 6 σενάρια της IPCC.

Από το σχήμα εξάγεται το άμεσο συμπέρασμα ότι τα πραγματικά στοιχεία των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα από την χρήση ορυκτών καυσίμων (μαύρη καμπύλη), όχι μόνο επιβεβαιώνουν τα σενάρια της IPCC, αλλά από το 2005, ξεπερνούν και το δυσμενέστερο σενάριο της. Τα σενάρια της IPCC πραγματοποιήθηκαν το έτος 2000. Φαίνεται από το σχήμα, ότι οι εκπομπές CO₂ μόλις από το 2003 και μετά, αρχίζουν να ξεπερνούν τις προβλέψεις των πιο συντηρητικών σεναρίων. Τους πρώτους μήνες του 2005, τα στοιχεία φέρνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πάνω και από το χειρότερο σενάριο A1F1.

Όσον αφορά τις ανθρώπινες δραστηριότητες, πρέπει να τονισθεί ότι όχι μόνο δημιουργούν αυξημένες συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα, αλλά βλάπτουν και την ικανότητα της γης να απορροφά το CO₂ και να το ενσωματώνει στους φυσικούς κύκλους ροής ενέργειας και ύλης, με παραδείγματα όπως αυτό της καταστροφής των δασών. Στο παρακάτω σχήμα αναπαρίσταται η ποσοστιαία συμμετοχή διαφόρων τομέων στις εκπομπές CO₂, για το 2008 (38).



Σχήμα 2- 13

Επιμερισμός εκπομπών CO₂ από τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες.

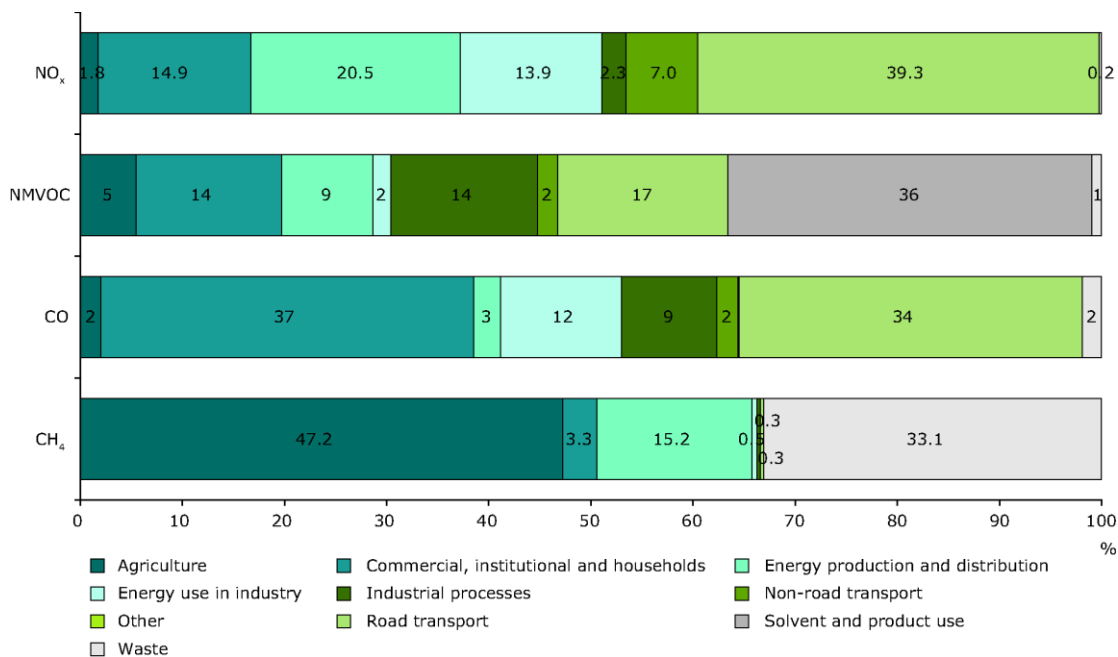
Το σχήμα δεν αφήνει πολλά περιθώρια για εικασίες όσον αφορά την προέλευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με 26 %, ηγείται όλων των τομέων και βιομηχανιών. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, κάθε καύση που περιλαμβάνει ορυκτά καύσιμα, είναι άκρως επιβαρυντική από την άποψη των εκπομπών CO₂. Οι μεταφορές ακολουθούν, με την ακτοπλοΐα και την αεροπορία να μην συμπεριλαμβάνονται στο 17 %, αλλά να έχουν ξεχωριστά ποσοστά της τάξης του 4 % και 3 %, αντίστοιχα.

2.5.4 Συμμετοχή του Μεθανίου (CH₄) στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Το μεθάνιο είναι ένα από τα αέρια που συνεισφέρουν σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (greenhouse effect) και θεωρείται πολλαπλάσια δραστικότερο (σε βάθος χρόνου) από το διοξείδιο του άνθρακα, ως προς την ικανότητα παγίδευσης της θερμότητας. Μια ιδιότητα του μεθανίου είναι, ότι λόγω της σύστασής του να παρακρατεί περισσότερη ηλιακή θερμότητα στην ατμόσφαιρά από το διοξείδιο του άνθρακα. Οι εκλύσεις εκπομπών ρύπων μεθανίου άρχισαν να καταγράφονται το 1984 και από τότε αυξάνονται συνεχώς (39).

Πολύ σημαντική είναι η αλληλεπίδραση μεθανίου και όζοντος. Το μεθάνιο και το όζον ανήκουν στα χημικώς δραστικά αέρια θερμοκηπίου με το διοξείδιο του άνθρακα είναι χημικώς ανενεργό. Όταν αναμιχθούν το μεθάνιο και το όζον, τα οποία παράγονται από φυσικές αλλά και από ανθρωπογενείς πηγές, τα δύο αέρια αντιδρούν. Έτσι, η συμβολή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αλλάζει και επομένως η πραγματική συμμετοχή του κάθε αερίου είναι πολύ δύσκολο να εξακριβωθεί.

Το ακόλουθο σχήμα απεικονίζει τη συμμετοχή κάθε τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας στον Ευρωπαϊκό χώρο, στις εκπομπές, μεταξύ άλλων και του CH₄ Στην τέταρτη μπάρα του σχήματος παρουσιάζονται τα ποσοστά εκπομπών του CH₄ στην Ευρώπη. Αυτό που προκαλεί εντύπωση και δίνει άμεσα συμπεράσματα για την προέλευση των εκπομπών του μεθανίου είναι το υψηλό ποσοστό της γεωργίας με 47.2 % (40).



Σχήμα 2- 14
Εκπομπές αερίων ανά τομέα στην Ευρώπη.

Η επίδραση του μεθανίου (όπως πρόσφατα ανακοινώθηκε) στο κλίμα, μπορεί στην πραγματικότητα να είναι διπλάσια από εκείνη που αρχικά αποδιδόταν στο αέριο. Εκτιμάται ότι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας από τον 18^ο αιώνα, μέχρι σήμερα, κατά το 1/3 οφείλεται στο μεθάνιο, ενώ μέχρι τώρα, σύμφωνα με παλαιότερη έκθεση της IPCC η συμμετοχή του μεθανίου στην κλιματική μεταβολή περιοριζόταν στο μισό (41). Η εξέλιξη αυτή θεωρείται δυσμενής για τον πλανήτη, καθώς η επίδραση του μεθανίου στην αύξηση της θερμοκρασίας είναι αρκετά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του CO₂.

2.5.5 Υποξείδιο του Αζώτου(N₂O) και Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)

Το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) παράγεται φυσικά αλλά και από την αντίδραση μεταξύ αζώτου και οξυγόνου κατά την καύση. Με ποσοστό 5% συμμετοχής στο σύνολο των αερίων του θερμοκηπίου, η συγκέντρωση του N₂O αυξάνεται συνεχώς στη διάρκεια των τελευταίων ετών. Τις ανθρωπογενείς πηγές του N₂O, αποτελούν μεταξύ άλλων, οι διάφορες βιομηχανικές διεργασίες, η καύση των ορυκτών καυσίμων και τα λιπάσματα των καλλιεργειών.

Οι χλωροφθοράνθρακες παράγονται μονάχα από τον άνθρωπο, και δεν υπάρχουν στη φύση. Αποτελούν αδρανείς, συνθετικές χημικές ενώσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται σε σπρέι (ως προωθητικά αέρια), σε κλιματιστικά και ψυγεία (ως ψυκτικά μέσα) και σε διάφορες άλλες εφαρμογές της βιομηχανίας. Η παραγωγή και χρήση των χλωροφθορανθράκων, υφίστανται μόνο στις αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ στις αναπτυγμένες χώρες έχουν απαγορευτεί (35).

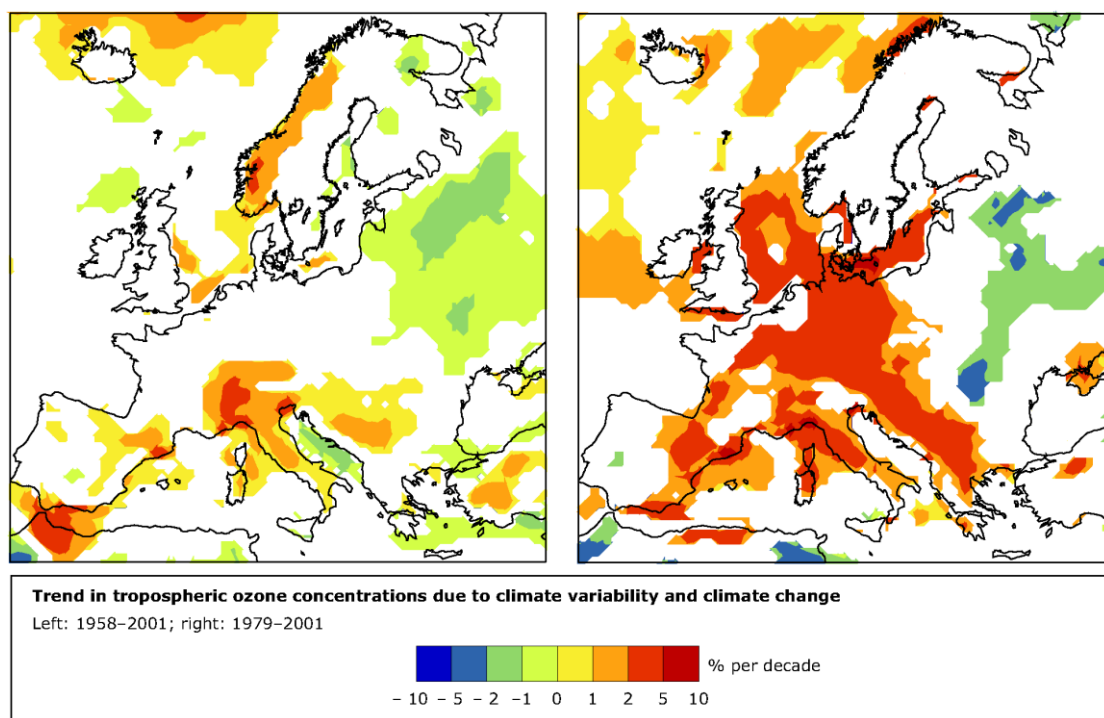
2.5.6 Το Όζον (O₃) ως Αέριο του Θερμοκηπίου

Το όζον είναι ένα από τα πιο πολυσυζητημένα αέρια, σε επιστημονικούς κύκλους (αλλά και έξω από αυτούς), ακόμα και αν δεν είναι υψηλά στη λίστα με τα πιο επιβλαβή για το περιβάλλον αέρια του θερμοκηπίου, καθώς παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της θερμικής ισορροπίας του πλανήτη. Το συγκεκριμένο αέριο κατέχει πρωταγωνιστικό ρόλο στη διατήρηση της έμβιας ζωής στη Γή, απορροφώντας με μεγάλη αποτελεσματικότητα τύπους ακτινοβολίας, βλαβερούς για τον άνθρωπο. Πιο συγκεκριμένα, απορροφά έντονα την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, ειδικότερα απορροφά σε μεγάλο ποσοστό την Γ-υπεριώδη UV-C και την Β-υπεριώδη UV-B ηλιακή ακτινοβολία. Σε μικρότερα ποσοστά απορροφάται από το όζον η Α-υπεριώδης (λιγότερο βλαβερή) ακτινοβολία UV-A (42). Η παρουσία του όζοντος πάνω στον πλανήτη θα μπορούσε να διακριθεί με την περιγραφή του τροποσφαιρικού και στρατοσφαιρικού όζοντος. Το τροποσφαιρικό όζον προέρχεται από την:

1. Φωτοχημική παραγωγή στην τροπόσφαιρα
2. Φωτοχημική παραγωγή στη στρατόσφαιρα

Το όζον επίσης παίζει σημαντικότερο ρόλο στη φωτοχημεία της τροπόσφαιρας, αφού αποτελεί τη βασική πηγή των OH^\cdot , τα οποία και καθορίζουν τη διάρκεια ζωής πολλών αερίων (πχ. CO , CH_4) στην ατμόσφαιρα. Η φωτοχημική παραγωγή στη στρατόσφαιρα στα πρώτα χρόνια μελέτης, θεωρούνταν η μοναδική πηγή του όζοντος στην ατμόσφαιρα. Είναι επιστημονικά αποδεκτό ότι το στρώμα του στρατοσφαιρικού όζοντος δημιουργήθηκε (κατά προσέγγιση) πριν από 3 δισεκατομμύρια χρόνια, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, έχοντας ως βάση το οξυγόνο της ατμόσφαιρας, το οποίο φωτολύεται από υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία με συγκεκριμένα μήκη κύματος.

Το στρατοσφαιρικό όζον εκτείνεται κυρίως, σε ύψη από 15,000 μέχρι και 40,000 μέτρα. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις του στην στρατόσφαιρα σε κατακόρυφη κλίμακα εμφανίζονται ανάμεσα στα 20,000 και 26,000 μέτρα, σε πλήρη συσχέτιση πάντα με την γεωγραφική περιοχή αλλά και την περίοδο του έτους κατά την οποία λαμβάνεται η μέτρηση. Στο σχήμα που ακολουθεί περιγράφονται οι ανά δεκαετία ποσοστιαίες μεταβολές στις συγκεντρώσεις του τροποσφαιρικού όζοντος στην Ευρώπη για δύο συγκεκριμένες περιόδους (43).



Σχήμα 2- 15

Μεταβολές στις συγκεντρώσεις τροποσφαιρικού όζοντος στην Ευρώπη για τις περιόδους 1958-2001 και 1978-2001.

Από το σχήμα γίνεται σαφές ότι στη δεξιά απεικόνιση, που αφορά την περίοδο 1979-2001, η αύξηση των συγκεντρώσεων του όζοντος πάνω από την Ευρώπη, ανά δεκαετία, ήταν πολύ μεγαλύτερη (στην πλειοψηφία των περιοχών) σε σχέση με την περίοδο 1958-2001. Αυτό σημαίνει ότι ενώσεις που είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία του όζοντος, όπως τα NO_x και το SO_2 (τα οποία αποτελούν και εκπομπές της ναυτιλίας), αλλά και πολλά ακόμα αέρια, άρχισαν να εκπέμπονται με αυξανόμενους ρυθμούς από τη δεκαετία του 80' και ύστερα.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι και πολύ πριν από τη το 1980, είχε αρχίσει να διαφαίνεται η αύξηση των συγκεντρώσεων του όζοντος. Τα επίπεδα όζοντος πριν από τη βιομηχανική επανάσταση κυμαίνονταν στα 10 ppbv, ενώ στα τέλη του 20^{ου} αιώνα προσέγγιζαν τα 60 ppbv. Υπήρχαν χρονικές περιόδους δηλαδή (όπως διασαφηνίζει και το παραπάνω σχήμα), όπου το ετήσιο ποσοστό αύξησης της συγκέντρωσης του όζοντος, ξεπερνούσε το 1 %. Με την συμμετοχή που έχει το όζον στην ρύθμιση της θερμοκρασίας του πλανήτη, είναι κάτι παραπάνω από προφανές τι κοινωνικές, οικονομικές, περιβαλλοντολογικές αλλά και άλλες πολλές συνέπειες έχει μια ετήσια αύξηση της τάξης του 1 % στις συγκεντρώσεις του όζοντος στον πλανήτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΛΙΑ: ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

3.1 Εισαγωγή

Η μελλοντική ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου, αποτελεί μια πρόκληση για την επίτευξη των απαιτούμενων στόχων για τη μείωση των αέριων εκπομπών ώστε να επιτευχθεί σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη. Η Ναυτιλία αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες στην παραγωγή ρύπων, όπως τα SO_x, NO_x ή PM, εξαιτίας της μαζικής της δραστηριότητας (1). Ωστόσο, το θαλάσσιο εμπόριο, με περισσότερο από το 80% του όγκου του παγκόσμιου εμπορευμάτων να κινείται μέσω θαλασσιών οδών, θεωρείται ως ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους μεταφοράς εμπορευμάτων και επιβατών. Καθοριστικό ρόλο για την αποτελεσματικότητα της ναυτιλίας, παίζουν οι κινητήρες Diesel (2). Οι συγκεκριμένοι κινητήρες θεωρούνται από τους πιο αποδοτικούς τύπους κινητήρα και χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα πλοία στις παγκόσμιες θαλάσσιες μεταφορές. Το γεγονός αυτό όμως, σε καμία περίπτωση δεν μειώνει την τεράστια συμμετοχή του ναυτιλιακού κλάδου στην κλιματική αλλαγή, το φαινόμενο του Θερμοκηπίου και την αέρια ρύπανση στον πλανήτη.

Το 2007 (που αποτελεί το έτος μελέτης της παρούσας εργασίας) η παγκόσμια ναυτιλία εκτιμάται ότι συνεισέφερε προσεγγιστικά, με ποσοστό 2.7 %, στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στον πλανήτη. Με δεδομένη την προσπάθεια για σταθεροποίηση του κλίματος, με αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι 2 °C έως το 2100 και με την παραδοχή ότι εκπομπές από τη ναυτιλία θα συνεχίσουν να παράγονται με τους παρόντες ρυθμούς, τότε, το ποσοστό συμμετοχής τους από 2.7 % θα εκτοξευθεί στο 12 % με 18 % των συνολικών εκπομπών CO₂ το 2050.

Όπως έγινε γνωστό και από το πρωτόκολλο του Κιότο, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις θαλάσσιες μεταφορές δεν μπορούν να εισαχθούν σε Εθνικές οικονομίες, εξαιτίας της περιπλοκότητας των δραστηριοτήτων της ναυτιλίας και του Διεθνούς χαρακτήρα της. Εκτός από ιδεολογικούς και αξιολογικούς προβληματισμούς, υπάρχουν κυρίως τεχνικά προβλήματα στην εφαρμογή των μέτρων που λήφθηκαν στην ξηρά και στον ναυτιλιακό κλάδο.

3.2 Δράσεις του IMO για τη Μείωση των Αέριων Εκπομπών από τα Πλοία

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO: International Maritime Organization), έχει αναπτύξει τεχνικά (κατά κύριο λόγο) μέτρα ενεργειακής απόδοσης με σκοπό να συνεισφέρει στη μείωση του ποσού των εκπομπών CO₂ από τη διεθνή ναυτιλία (3). Τα μέτρα και οι αποφάσεις του IMO για το περιβάλλον εκφράζονται μέσα από την Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC: Marine Environment Protection Committee) του IMO. Η επιτροπή αυτή συνεδριάζει αρκετά συχνά, με σκοπό να αναπτύσσει ένα πλαίσιο γύρω από τα περιβαλλοντολογικά ζητήματα που σχετίζονται με τη ναυτιλία σε παγκόσμιο επίπεδο. Μέσα σε αυτά τα ζητήματα περιλαμβάνονται, ο έλεγχος-περιορισμός των αέριων εκπομπών από τις θαλάσσιες δραστηριότητες, η ανακύκλωση πλοίων, η διαρροές πετρελαίου και η διαχείριση του θαλασσιού έρματος. Η MEPC δημοσιεύει συνεχώς

με νέες προτάσεις και αλλαγές σε μια προσπάθεια για τον έλεγχο των ρύπων και κυρίως των SO_x και NO_x (4).

Ρύποι όπως τα οξείδια του θείου και τα οξείδια του αζώτου έχουν εισέλθει τα τελευταία χρόνια στο στόχαστρο της Επιτροπής Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος, η οποία δεν φαίνεται να κάνει πίσω για ρύπους στην εκπομπή των οποίων η ναυτιλία ηγείται παγκοσμίως. Η ΜΕΡC ζήτησε τη μείωση των ορίων του θείου στα καύσιμα για τις λεγόμενες περιοχές ελέγχου των εκπομπών (ECAs). Ακόμα, μέσα στο πλαίσιο για τη σταδιακή μείωση (2012-2018) των εκπομπών SO_x ήταν η μείωση του ποσοστού του θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα, μέσω της ομόφωνης υιοθέτησης των κανονισμών της MARPOL Annex VI, για την μείωση των εκπομπών των αερίων ρύπων από τα πλοία. Βασικό μέλημα της ΜΕΡC, είναι μεταξύ άλλων και η μείωση των NO_x, καθορίζοντας νέους κανόνες για τα πλοία που θα ναυπηγηθούν μετά το 2016 (5).

Σημαντικό κεφάλαιο για την ΜΕΡC και τον ΙΜΟ αποτέλεσε ο δείκτης "Energy Efficiency Design Index " (EEDI). Σε μία πορεία η οποία ξεκινά με την 58^η ΜΕΡC (κατά μία έννοια και από την 57^η), και ολοκληρώνεται με την 62^η ΜΕΡC, ο δείκτης EEDI, αποτελεί, χωρίς αμφιβολία μια από τις μεγαλύτερες προσπάθειες παγκοσμίως για τον υπολογισμό και της ενεργειακής αποδοτικότητας των πλοίων (6) (7). Αναλυτικότερα ο δείκτης περιγράφεται και εφαρμόζεται (σε πλοία της ακτοπλοΐας που προσέγγισαν το νησί της Σαντορίνης το 2007) σε επόμενο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης.

Θεωρείται πολύ σημαντικό, εκτός από τα πρακτικά μέτρα που λαμβάνονται και τους κανονισμούς που υιοθετούνται κατά καιρούς, να παρουσιάζεται σε κάθε ενδιαφερόμενο, η γενικότερη φιλοσοφία που προσπαθεί να περάσει ΙΜΟ, στα Κράτη-Μέλη που τον ακολουθούν. Έτσι οι βασικές αρχές που θα πρέπει να έχουν οι Κυβερνήσεις των Χωρών του ΙΜΟ, για τον περιορισμό των αέριων εκπομπών από τα πλοία, πρέπει να είναι οι παρακάτω (8):

1. Η προσπάθεια σε κάθε επίπεδο για μείωση των εκπομπών.
2. Οι κανονισμοί πρέπει να είναι δεσμευτικοί και να περιλαμβάνουν όλες τις σημαίες πλοίων.
3. Τα μέτρα θα πρέπει να είναι αποδοτικά.
4. Οι κανονισμοί δεν θα πρέπει να δημιουργούν προβλήματα και στρεβλώσεις στον υγιή ανταγωνισμό της ναυτιλίας.
5. Οι αποφάσεις είναι σκόπιμο να στοχεύουν στη αειφόρο ανάπτυξη και σε καμία περίπτωση να μην περιορίζουν την ανάπτυξη οποιουδήποτε εμπορικού κλάδου.
6. Επιθυμητό για τα μέτρα είναι να στοχεύουν στο ζητούμενο αποτέλεσμα και όχι να προδιαγράφουν φορμαλιστικά τον τρόπο επίτευξής τους.

7. Οι κανονισμοί θα πρέπει να δίνουν το έναυσμα για περαιτέρω έρευνα και εξέλιξη σε ολόκληρο τον ναυτιλιακό κλάδο.
8. Οι αποφάσεις είναι σκόπιμο να συμπεριλαμβάνουν όλες τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις.
9. Καταληκτικά, όλα τα μέτρα πρέπει να είναι πρακτικά ως προς την εφαρμογή τους και εύκολα ως προς τη διαχείριση.

Μέσα από τη δράση όλων των φορέων της Ναυτιλίας και κάτω από την ηγεσία καθοδήγηση του ΙΜΟ, είναι κάτι παραπάνω από προφανές ότι η Διεθνής ναυτιλιακή κοινότητα έχει αλλάξει γραμμή πλεύσης προς ένα καλύτερο περιβάλλον. Πλέον στην καθημερινότητα όλων των εμπλεκομένων στις θαλάσσιες μεταφορές, ο παράγοντας αέριες εκπομπές, παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο και βρίσκεται πίσω από πολλές επιχειρηματικές αποφάσεις της ναυτιλίας.

3.3 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂)

3.3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά του Διοξειδίου του Άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα αέρια που παράγονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, αλλά και με φυσικό τρόπο. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι ανθρώπινες δραστηριότητες που ευθύνονται για την απελευθέρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα, μπορεί να είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της χρήσης καυσίμων όπως το πετρέλαιο και ο λιγνίτης, οι κάθε είδους βιομηχανικές δραστηριότητες, οι μεταφορές, οι οικιακοί καταναλωτές, η γεωργία, η κτηνοτροφία αλλά και πολλοί άλλοι τομείς.

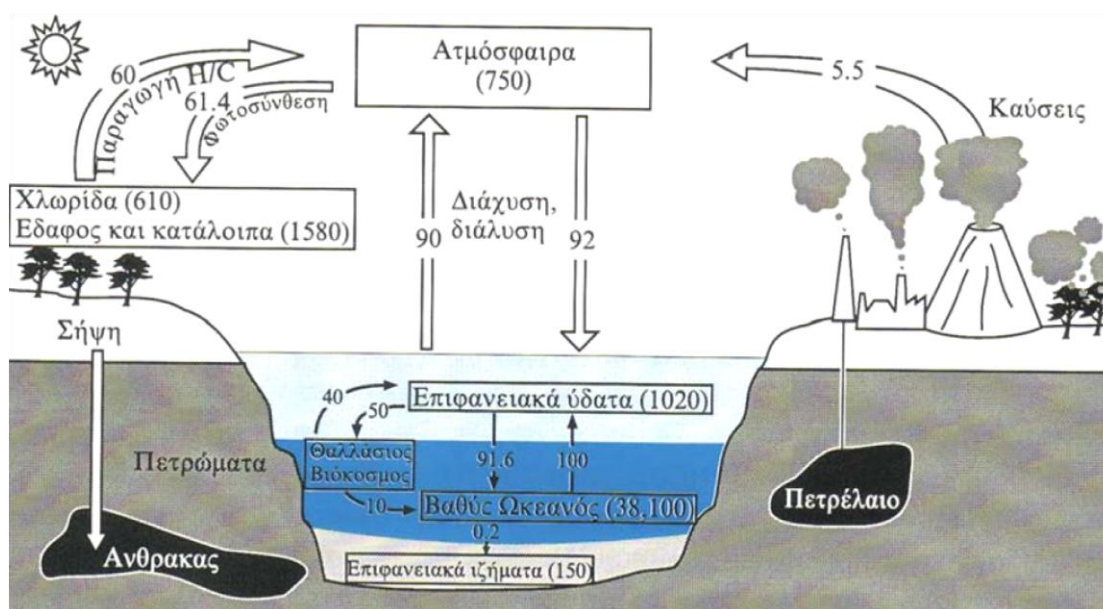
Στην Ελλάδα το 54 % του CO₂, κατά προσέγγιση, προέρχεται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Βασικό μερίδιο ευθύνης σε αυτό το ποσοστό έχει ο λιγνίτης, που έχει πολύ υψηλό συντελεστή εκπομπών CO₂ και σε αυτόν στηρίζεται κατά κόρων η παραγωγή ενέργειας στη χώρα. Από τους υπόλοιπους τομείς, τη μεγαλύτερη συνεισφορά εμφανίζει ο τομέας των μεταφορών (σε αυτό το σημείο εισέρχεται και το αντικείμενο της παρούσας μελέτης από την πλευρά των θαλάσσιων μεταφορών). Ακολουθούν οι κτιριακές ανάγκες της χώρας (θέρμανση, ζεστό νερό, εμπορικές δραστηριότητες και άλλα), οι οποίες αν και σε χαμηλά επίπεδα επί του παρόντος, έχουν υψηλή δυναμική για περαιτέρω αυξήσεις μελλοντικά (9).

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του CO₂, είναι ότι αποτελεί ένα άοσμο και άχρωμο αέριο. Το διοξείδιο του άνθρακα έχει απόλυτη σχέση με τον άνθρακα (C). Είναι σαφές ότι στον πλανήτη υπάρχουν συγκεκριμένες ποσότητες άνθρακα, οι οποίες ανακυκλώνονται βάσει της διαδικασίας του κύκλου του άνθρακα. Κατά τη συγκεκριμένη πολύπλοκη διαδικασία, ο άνθρακας ανταλλάσσεται μεταξύ των ωκεανών, της ατμόσφαιρας και της επίγειας βιόσφαιρας. Η χλωρίδα και πανίδα επάνω στον πλανήτη, τα ορυκτά καύσιμα, ακόμη και ο ανθρώπινος οργανισμός έχουν συγκεκριμένη περιεκτικότητα σε άνθρακα. Κατά τη φωτοσύνθεση, τα φυτά απορροφούν CO₂ από την ατμόσφαιρα και χρησιμοποιούν τον άνθρακα για να

συνθέσουν τους ιστούς τους. Στη συνέχεια και με την αποσύνθεση, ο άνθρακας τον απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Τα ορυκτά καύσιμα (αποτελούμενα από υπολείμματα χλωρίδας και πανίδας εκατομμυρίων ετών) έχουν δεσμευμένη μεγάλη ποσότητα άνθρακα. Παρόμοια και οι ζωντανοί οργανισμοί περιέχουν και αυτοί άνθρακα, ο οποίος με τη σειρά του έχει ληφθεί από αυτούς με την τροφή. Ο άνθρακας απελευθερώνεται με τη μορφή διοξειδίου του άνθρακα με την αναπνοή, καθώς και με την αποσύνθεση. Όλες οι οργανικές ενώσεις καθώς και τα βιολογικά μακρομόρια έχουν ως βάση τον άνθρακα. Ο άνθρακας αποθηκεύεται κυρίως σε ωκεανούς και στην ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα αποθηκεύει περιορισμένη ποσότητα σε σχέση με τους ωκεανούς, που αποθηκεύουν προσεγγιστικά, 60 φορές μεγαλύτερη ποσότητα από την ατμόσφαιρα (10). Οι ωκεανοί είναι χωρισμένοι σε δύο στοιβάδες, οι οποίες αναφέρονται ως επιφανειακή στοιβάδα και στοιβάδα βάθους.

Η πρώτη στοιβάδα έχει βάθος 100 μ και αλληλεπιδρά με την ατμόσφαιρα ενώ η στοιβάδα βάθους ανακυκλώνεται προσεγγιστικά ανά αιώνα. Η συγκεκριμένη στοιβάδα μαζί με την ατμόσφαιρα, και τη χλωρίδα του πλανήτη, κατατάσσονται στο βιολογικό τμήμα του κύκλου, το οποίο έχει το μικρότερο χρόνο αποθήκευσης. Με την ανάπτυξη, τον θάνατο και την αποσύνθεση, ο άνθρακας μετακινείται ανάμεσα στο βιολογικό τμήμα του κύκλου και το γεωχημικό τμήμα. Το σχήμα που ακολουθεί περιγράφει την ανταλλαγή του άνθρακα, στην οποία συμμετέχουν μεταξύ άλλων η χλωρίδα (και πανίδα) της ατμόσφαιρας, οι ωκεανοί, τα πετρώματα και άλλα πολλά μέρη. Ακόμα αναγράφεται η χωρητικότητα των διαφόρων αποθηκών (ωκεανοί, ατμόσφαιρα) σε δισεκατομμύρια τόνους C, καθώς και ο ρυθμός ανταλλαγής (11).



Σχήμα 3-1

Εποπτική περιγραφή του κύκλου του άνθρακα.

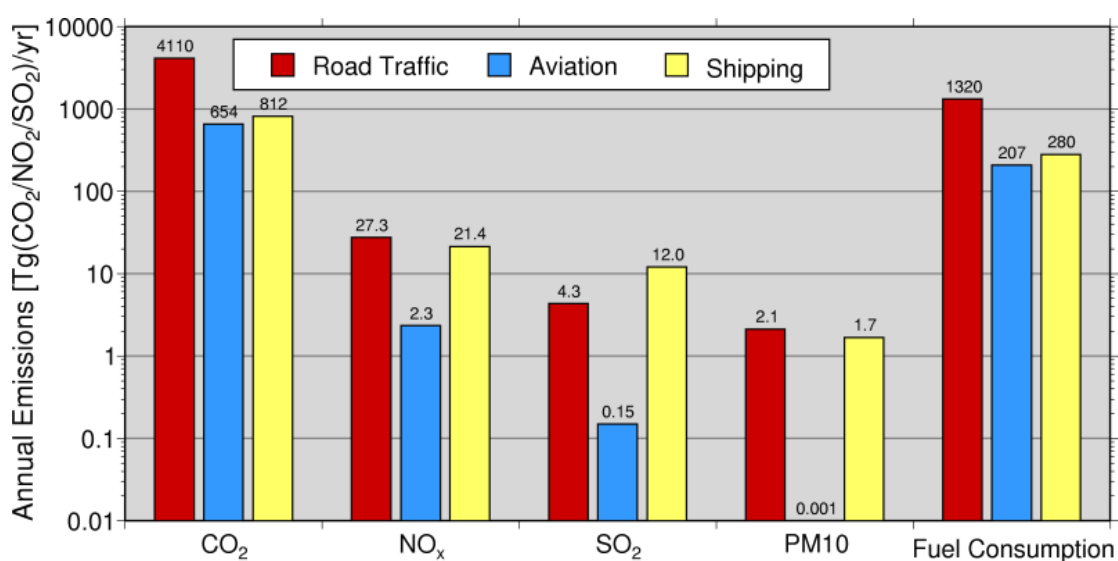
Εδώ και πολλά δισεκατομμύρια χρόνια, μεγάλες ποσότητες άνθρακα ανταλλάσσονται μεταξύ της ατμόσφαιρας, της χλωρίδας και των ωκεανών. Από τη

βιομηχανική επανάσταση και μετά, η συγκέντρωσή του CO₂ αυξάνεται συνεχώς καθώς αυξάνεται η χρήση ορυκτών καυσίμων για να παραχθεί ενέργεια. Στις μέρες μας ο πλανήτης ξεπερνά τους 25 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως. Ευρωπαϊοί ερευνητές διαπίστωσαν (με μετρήσεις στους πάγους της Ανταρκτικής) ότι οι τρέχουσες συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι τώρα υψηλότερες από ποτέ κατά τα τελευταία 650.000 χρόνια (12).

3.3.2 Συμμετοχή της Ναυτιλίας στις Παγκόσμιες Εκπομπές CO₂

Μερικά χρόνια πίσω, όταν κυριαρχούσε η άποψη ότι η αέρια ρύπανση είναι πρόβλημα των μεγαλουπόλεων αλλά και γενικότερα των κατοικημένων περιοχών, η ναυτιλία δεν απασχολούσε την διεθνή κοινότητα, μιας και ο κύριος όγκος των εκπομπών της, εκλύοταν στις θάλασσες και κατά κύριο λόγο μακριά από τον «πολιτισμό». Ανησυχίες εγείρονταν μονάχα σε μεγάλα λιμάνια όπου οι δραστηριότητες του απόπλου και κατάπλου καθώς και οι φορτοεκφορτώσεις έπεφταν στην προσοχή των παραγόντων του εκάστοτε λιμένα. Εδώ και αρκετά χρόνια η εικόνα έχει ανατραπεί. Το πρόβλημα των αέριων εκπομπών από τη ναυτιλία έχει εισέλθει στην agenda πολλών οργανισμών, εταιριών, κυβερνήσεων αλλά και πολλών άλλων φορέων. Νέες μελέτες, μέρα με τη μέρα, αναδεικνύουν καινούργιες πτυχές του ζητήματος των αέριων εκπομπών από τα πλοία.

Γεγονός αποτελεί ότι η ναυτιλία αποτελεί έναν αρκετά αποδοτικό τρόπο μεταφοράς εμπορευμάτων σε σχέση με άλλους τρόπους όπως οι οδικές μεταφορές και οι αερομεταφορές. Ο μεγάλος κύκλος εργασιών της ναυτιλίας παρόλα αυτά, έχει οδηγήσει τον κλάδο σε έναν από τους μεγαλύτερους ρυθμιστές της συγκέντρωσης CO₂ (αλλά και άλλων αερίων και σωματιδίων). Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ετήσιων εκπομπών τριών μεγάλων μεταφορικών κλάδων (οδικές, εναέριες και θαλάσσιες μεταφορές) για το έτος 2000 από μελέτη που διενεργήθηκε το 2007 (13).

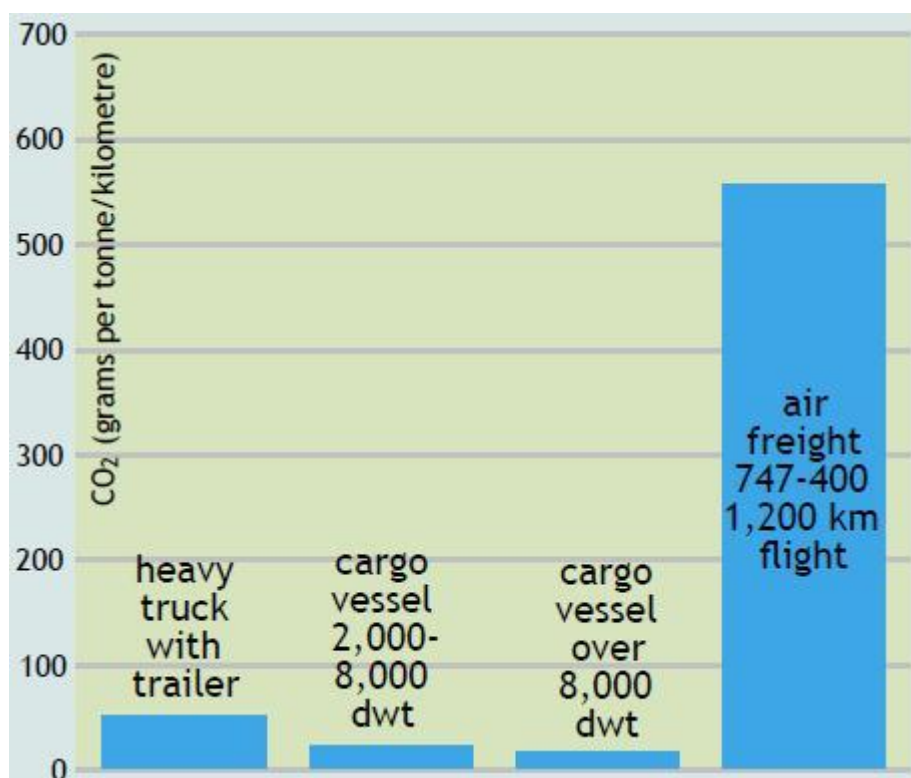


Σχήμα 3- 2

Εκπομπές και καταναλώσεις από τις μεταφορές για το έτος 2000.

Εστιάζοντας στην στήλη με το κίτρινο χρώμα είναι εύκολο να περιγραφεί η κατάσταση πριν από μία δεκαετία, όσον αφορά τη συσχέτιση της ναυτιλίας με τις οδικές και εναέριες μεταφορές από πλευράς CO₂. Έτσι με το διοξείδιο του Άνθρακα να φθάνει τα 812 Tg (1 Tg = 10¹² g = 1 Mt), έχει παρόμοιες εκπομπές με την αεροπλοΐα, ενώ εμφανίζεται αρκετά μειωμένη σε σχέση με τις οδικές μεταφορές. Οι ίδιες μελέτες που εξάγουν τα συγκεκριμένα συμπεράσματα τονίζουν ότι αν δεν ληφθούν δυναμικές αποφάσεις και στρατηγικές για τη μείωση των εκπομπών CO₂, οι ετήσιες εκπομπές, στα μέσα του 21^{ου}, αιώνα θα μπορούσαν να παρουσιάσουν αύξηση ακόμα και της τάξης του 100 %.

Η παρακολούθηση όμως των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη σκοπιά των ετήσιων εκπομπών ανά μεταφορικό τομέα περιγράφει μονάχα τη μία όψη του νομίσματος. Για την απόκτηση της σφαιρικής εικόνας γύρω από το ζήτημα θα πρέπει να εξεταστούν, για παράδειγμα, οι λόγοι εκπομπών ανά επιβάτη η/και ανά τόνο εμπορεύματος ανά χιλιόμετρο. Στο σχήμα που ακολουθεί εξετάζεται η ενεργειακή αποδοτικότητα κατά τη μεταφορική διαδικασία. Έτσι παρουσιάζεται ο λόγος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (σε γραμμάρια), ανά μονάδα ποσότητας μεταφερόμενου εμπορεύματος (τόνος), ανά μονάδα μεταφορικής απόστασης (χιλιόμετρο) (14).



Σχήμα 3- 3

Σύγκριση εκπομπών CO₂ οδικών, εναέριων και θαλασσιών μεταφορών.

Από το σχήμα παρατηρείται η ιδανική ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων σε σχέση με τα άλλα μέσα μεταφοράς εμπορευμάτων. Ειδικότερα για πλοία με DWT μεγαλύτερο των 8,000 τόνων ο λόγος παρουσιάζει ελάχιστο, με 15 γραμμάρια CO₂,

ανα τόνο εμπορεύματος, ανά χιλιόμετρο. Ακολουθούν τα πλοία με DWT που κυμαίνεται ανάμεσα στους 2,000 και 8,000 τόνους, με λόγο που προσεγγίζει το 20. Πλοία με μικρότερες χωρητικότητες είναι σαφές ότι εμφανίζουν αυξημένους λόγους σε σχέση με αυτά που έχουν μεγαλύτερες χωρητικότητες. Οι οδικές μεταφορές εκπροσωπούνται από τα φορτηγά τύπου ρυμουλκού με λόγο 50. Οι αερομεταφορές ηγούνται των εκπομπών με περισσότερα από 550 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά τόνο, ανά χιλιόμετρο.

Είναι ύψιστης σημασίας να τονισθεί, ότι υπό εξέταση θα πρέπει να τεθεί και η γεωγραφική κατανομή της ναυτιλιακής δραστηριότητας, αφού άλλη επίπτωση στην ανθρωπότητα έχουν οι εκπομπές στις μεγάλες θαλάσσιες οδούς στους ωκεανούς και άλλη στις παράκτιες περιοχές όπου τίθενται άμεσα ζητήματα για την ποιότητα του αέρα, του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας. Η αξιολόγηση αυτών των επιπτώσεων απαιτεί λεπτομερέστερη έρευνα που βοηθά την ανάπτυξη κατάλληλων στρατηγικών για τη μείωση των αέριων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Σε αυτό το κομμάτι στοχεύει και η παρούσα μελέτη που εξετάζει το ζήτημα των αέριων εκπομπών από τα πλοία σε τοπικό επίπεδο, επικεντρώνοντας την προσοχή στο πολυσύχναστο (ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες) νησί της Σαντορίνης.

3.4 Διοξείδιο του Θείου (SO₂)

3.4.1 Βασικά Στοιχεία του Διοξειδίου του Θείου

Αν και η περισσότερη συζήτηση γύρω από τη ναυτιλία και τις αέριες εκπομπές της γίνεται γύρω από το διοξείδιο του άνθρακα, το ίδιο το CO₂, δεν συγκαταλέγεται στους ρύπους. Στην πραγματικότητα το διοξείδιο του θείου δεν αποτελεί το πρώτο αέριο, από άποψη ενδιαφέροντος, από την παγκόσμια κοινότητα (μετά το CO₂). Συγκαταλέγεται όμως στους πρώτους καθαρόαιμους ρύπους, με άμεσες συνέπειες στην υγεία και το περιβάλλον. Το συγκεκριμένο αέριο αποτελεί την βασική πηγή θείου στη ατμόσφαιρα.

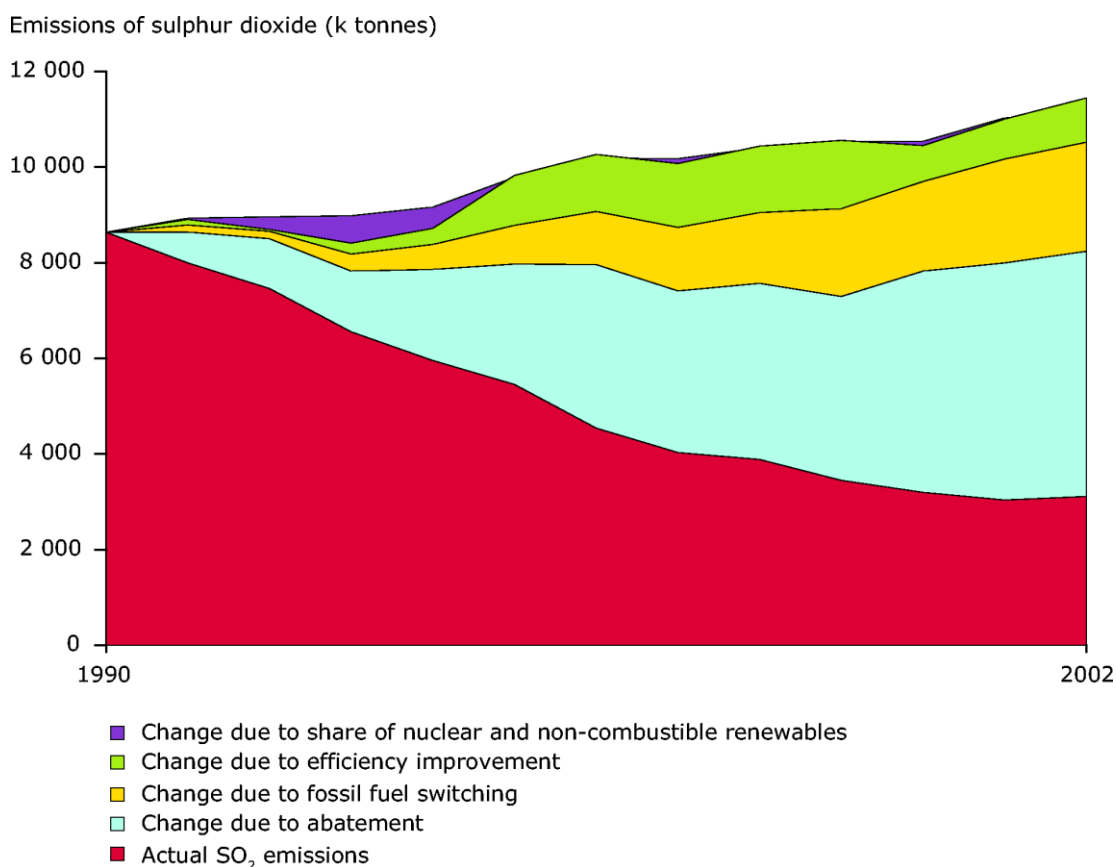
Το SO₂, χαρακτηρίζεται από την έλλειψη χρώματος καθώς αποτελεί ένα άχρωμο αέριο που σε αντίθεση με το διοξείδιο του άνθρακα (που είναι άοσμο), έχει μια αρκετά έντονη οσμή. Μαζί με το μεθάνιο, τα οξείδια του αζώτου, το όζον, το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα αλλά και τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του θείου αποτελεί έναν από τους δείκτες της μέσης ποιότητας του αέρα. Οι δύο μεγάλες κατηγορίες που απαρτίζουν τις πηγές των εκπομπών του θείου στην ατμόσφαιρα, είναι οι έξης (15):

- Ανθρωπογενείς Εκπομπές
- Φυσικές Εκπομπές

Η πρώτη κατηγορία εκπομπών παρουσιάζεται με πτωτικές τάσεις εκπομπών στις ανεπτυγμένες χώρες, χωρίς να συμβαίνει το ίδιο σε αναπτυσσόμενα κράτη. Οι μειωμένες εκπομπές στα περισσότερα Ευρωπαϊκά κράτη αλλά και τις Η.Π.Α.

οφείλεται στο ισχυρό νομοθετικό πλαίσιο που έχει τεθεί γύρω από τις εκπομπές θειικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα τις τελευταίες δύο δεκαετίες.

Είναι προφανές ότι χώρες τις Άπω Ανατολής με τη ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη που έχουν, δεν μοιάζουν διατεθειμένες να ακολουθήσουν τις Ευρωπαϊκές και γενικότερα Δυτικές τακτικές επί του θέματος. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου (από την κάλυψη αναγκών ηλεκτροδότησης και θέρμανσης) στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 15, την περίοδο 1990 με 2002, καθώς και η συνεισφορά κάθε μεθόδου (ή και των ευρύτερων συνθηκών) που βοήθησε στη μείωσή τους (16).



Σχήμα 3- 4

Οφέλη στις εκπομπές SO₂, από τις προσπάθειες του ανθρώπου για τη μείωση τους αλλά και από τις νέες μορφές ενέργειας.

Το σχήμα, με κόκκινο χρώμα απεικονίζει την πραγματική πορεία των εκπομπών SO₂, την περίοδο 1990 με 2002. Ο τομέας με τον γαλάζιο χρωματισμό δίνει μια εικόνα για τα επίπεδα των εκπομπών σε περίπτωση που δεν είχαν εφαρμοσθεί οι τεχνικές μείωσης του διοξειδίου του θείου. Με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία των ρύπων χωρίς την προσπάθεια για αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων. Με πράσινο χρώμα σημειώνεται ο τομέας των εκπομπών που εξοικονομήθηκαν από την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε πολλούς τομείς, ενώ με μοβ χρώμα εμφανίζεται η εξοικονόμηση από την χρήση πυρηνικής ενέργειας αλλά και από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία πηγών SO₂, είναι οι φυσικές εκπομπές. Οι συγκεκριμένες, εισάγονται στην ατμόσφαιρα κατά κύριο λόγο από την ηφαιστειακή δραστηριότητα. Αν και παρουσιάζουν μια ιδιαίτερη δυσκολία στον ακριβή προσδιορισμό και υπολογισμό τους, θεωρείται από πολλές επιστημονικές ομάδες, ότι αντιστοιχούν ποσοστιαία, στην ίδια τάξη μεγέθους με τις ανθρωπογενείς. Δεν είναι λίγες οι μελέτες που υποστηρίζουν ότι οι ανθρωπογενείς εκπομπές, αν και κατά γενική ομολογία μεγαλύτερες σε ποσότητα, δεν καταφέρνουν να ξεπεράσουν κατά πολύ τις παραγόμενες από φυσικά αίτια (17).

3.4.2 Το Διοξείδιο του Θείου ως Παράγωγο της Καύσης Ναυτιλιακών Καυσίμων

Η ναυτιλία συνδέεται άμεσα με τις παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα, μέσω των ναυτιλιακών καυσίμων. Η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο είναι αυτές που καθορίζουν τις αντίστοιχες εκπομπές που θα εκλύει το πλοίο που τα χρησιμοποιεί για πρόωση αλλά και ενέργεια (π.χ. ανάγκες ενδιαίτησης). Τα συγκεκριμένα καύσιμα κατά τη χρήση τους εκπέμπουν, μεταξύ άλλων, διοξείδιο του θείου (και άλλα οξείδια του θείου), καθώς και δευτερογενή ανόργανα σωματίδια θεικών (18).

Τα ναυτιλιακά καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα πλοία, αναφέρονται συχνά και ως βαρέα καύσιμα (HFO: Heavy Fuel Oil). Για τα συγκεκριμένα καύσιμα η μέση περιεκτικότητα σε θείο κυμαίνεται στο 2.7 %, με το πετρέλαιο θέρμανσης να έχει περιεκτικότητα της τάξης του 2.0 % και τα καύσιμα των καθημερινών οχημάτων να στοχεύουν άμεσα, τα επόμενα χρόνια, στο 0.01 %. Οι προαναφερθείσες τιμές επιβεβαιώνουν την σοβαρότητα της κατάστασης όσον αφορά την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τη ναυτιλία, σε σχέση με άλλους τομείς. Πρόσφατες μελέτες της MEPC, απέδειξαν ότι με ένα όχι και πολύ αισιόδοξο σενάριο, οι εκπομπές SO₂ από τη ναυτιλία, τα επόμενα χρόνια θα κυμαίνονται σε ποσοστά αρκετά μεγάλα, με τάξη μεγέθους όχι πολύ μακριά από τις συνολικές χερσαίες εκπομπές.

3.4.3 Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος και SO₂

Ο IMO έχει ξεκινήσει εδώ και αρκετά χρόνια μια προσπάθεια που εστιάζεται στην μείωση των εκπομπών που σχετίζονται με το θείο από τα πλοία. Μόλις από το 1997, τέθηκαν συγκεκριμένα όρια στις εκπομπές διοξειδίου του θείου, με την υιοθέτηση των κανονισμών του Annex VI της MARPOL. Ακολουθώντας την είσοδο σε ισχύ των μέτρων του Annex VI της MARPOL, η MEPC κατά την 53^η σύνοδό της (τον Ιούλιο του 2005), αποφάσισε την αναθεώρηση του Annex VI, με σκοπό να ενδυναμώσει ακόμα περισσότερο την επιβολή ορίων στις εκπομπές του SO₂, αλλά και άλλων αερίων. Σαν αποτέλεσμα ύστερα από αρκετά χρόνια ερευνών και συζητήσεων ήρθε η 58^η συνάντηση της Επιτροπής Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος, τον Οκτώβριο του 2008 να υιοθετήσει το αναθεωρημένο Annex VI της MARPOL (καθώς και τον τεχνικό κανονισμό για το NO_x), ο οποίος επρόκειτο να τεθεί σε ισχύ τον Ιούλιο του 2010 (19).

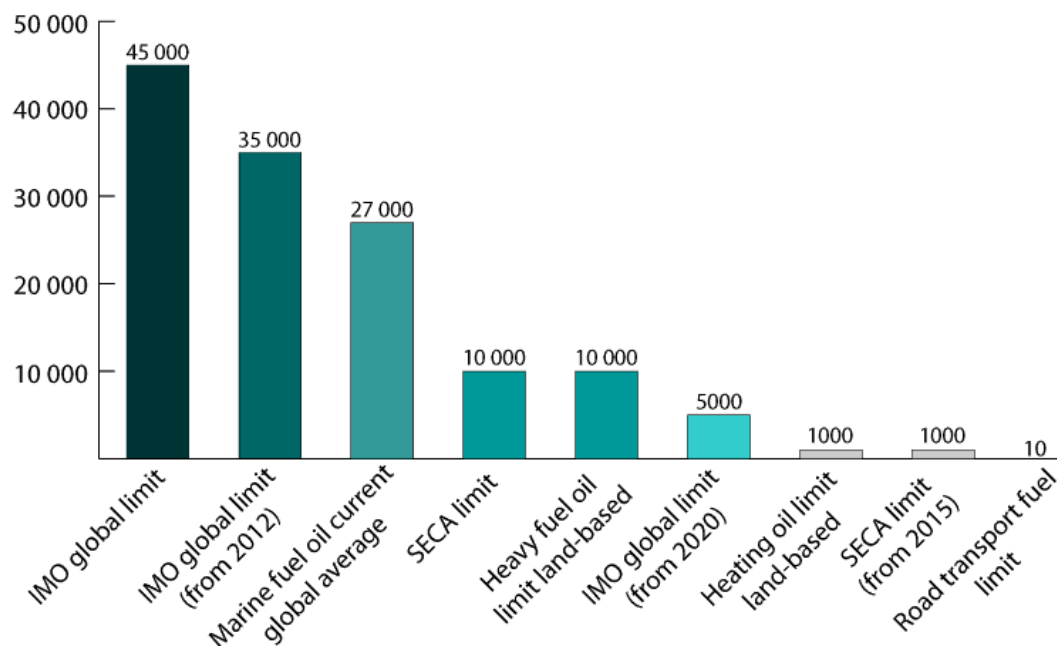
Ο αναθεωρημένος κανονισμός, είχε ως βασικές αλλαγές, την περαιτέρω μείωση των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του θείου (αλλά και των NO_x και PM),

σε συνδυασμό με την εισαγωγή των περιοχών ελέγχου των εκπομπών (ECAs: Emission Control Areas). Στις συγκεκριμένες περιοχές, σύμφωνα με το νέο κανονισμό, η μείωση θα καθορίζονταν σταδιακά μέχρι και το 2015. Με αυτόν τον τρόπο οι αέριες εκπομπές ήταν δυνατόν να περιορισθούν ακόμη περισσότερο σε συγκεκριμένες περιοχές.

Συμφώνα με τον αναθεωρημένο κανονισμό το παγκόσμιο ποσοστό της περιεκτικότητας των καυσίμων σε θείο πρέπει να μειωθεί από 4.5 % σε 3.5 %, με ισχύ από 1^η Ιανουαρίου του 2012 και σταδιακά να ελαττωθεί ακόμη περισσότερο στο 0.5 %, με ισχύ από 1^η Ιανουαρίου του 2020, ύστερα και από επανεξετάσεις που θα ολοκληρωθούν το αργότερο μέχρι το 2018.

Τα περισσότερα παραρτήματα, καθώς και οι τροποποιήσεις της διεθνούς σύμβασης MARPOL και πιο συγκεκριμένα του Annex VI, έχουν επικυρωθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ελλάδα. Η Χώρα ως ένα από τα πιο ισχυρά κράτη της παγκόσμια ναυτιλιακής κοινότητας (άρα και με αντίστοιχα υψηλή συμμετοχή στη παγκόσμια ρύπανση από τη ναυτιλία), δεν θα μπορούσε σε καμία περίπτωση να παραμείνει πίσω στις παγκόσμιες περιβαλλοντολογικές εξελίξεις της ναυτιλίας, κάτω από την καθοδήγηση του IMO.

Το σχήμα που ακολουθεί, παραθέτει συγκρίσεις μεταξύ διάφορων τύπων καυσίμου σχετικά με τα όρια της περιεκτικότητας των καυσίμων σε θείο (20). Σημειώνεται ότι οι μονάδες στα αριστερά του σχήματος είναι τα ppm (parts per million), με 50,000 ppm να αντιστοιχούν σε 5 % περιεκτικότητα σε θείο.



Σχήμα 3- 5

Όρια περιεκτικότητας σε θείο από τους κανονισμούς για διάφορους τύπους καυσίμου.

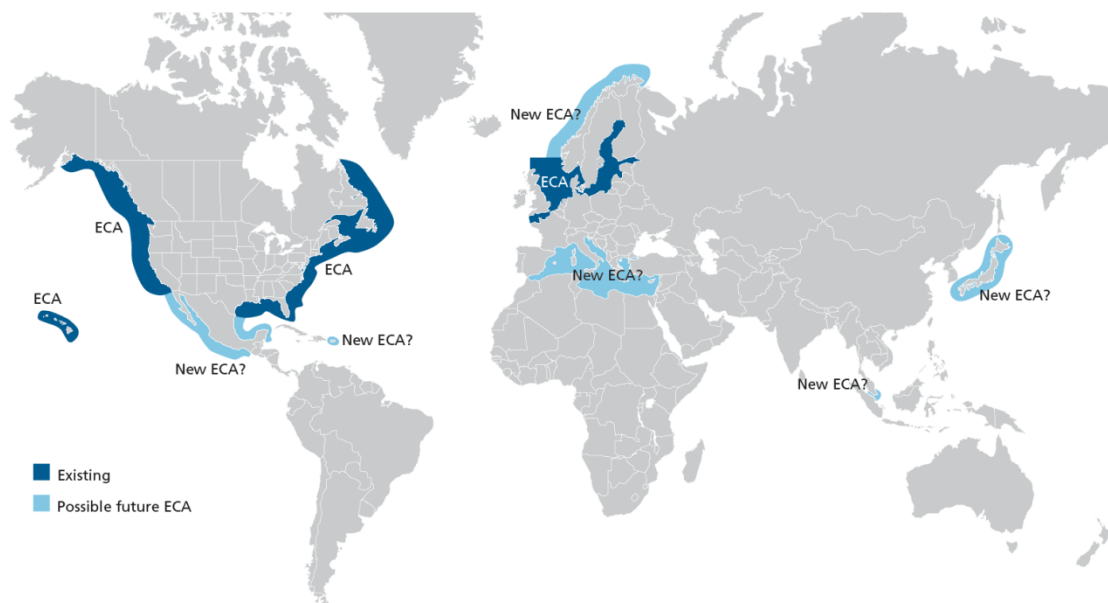
Όπως φανερόνεται το σχήμα, δίνονται οι οριοθετήσεις του IMO για το κοινό Heavy Fuel Oil, αλλά και για τα καύσιμα των ECAs, οι μέσοι όροι από τα καύσιμα της αγοράς, καθώς και οι περιεκτικότητες των καυσίμων της ξηράς. Οι αριθμοί στο επάνω μέρος των στηλών, δίνουν τιμές (ppm) στις περιεκτικότητες και τα όρια περιεκτικότητας συγκεκριμένων τύπων καυσίμου. Πιο αναλυτικά οι στήλες εκφράζουν:

- 1^η στήλη με 4.5 %: Ισχύον όριο (IMO) για τα ναυτιλιακά καύσιμα
- 2^η στήλη με 3.5 %: Όριο (IMO) που θα ισχύσει από το 2012 για τα ναυτιλιακά καύσιμα
- 3^η στήλη με 2.7 %: Προσεγγιστική τιμή για την μέση περιεκτικότητα, των καυσίμων που κυκλοφορούν στην αγορά στη διάρκεια του 2011
- 4^η στήλη με 1.0 %: Ισχύον όριο των ECAs
- 5^η στήλη με 1.0 %: Ποσοστό που έχει ορισθεί ως όριο (βασισμένο στα πρότυπα της ξηράς) για το Heavy Fuel Oil
- 6^η στήλη με 0.5 %: Όριο (IMO), με ισχύ από το 2020
- 7^η στήλη με 0.1 %: Ενδεικτικές τιμές περιεκτικότητας για το πετρέλαιο θέρμανσης
- 8^η στήλη με 0.1 %: Μελλοντικό όριο των ECAs για το 2015
- 9^η στήλη με 0.001 %: Ενδεικτικές τιμές περιεκτικότητας σε θείο για τα καύσιμα των καθημερινών οχημάτων.

3.4.4 Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (ECAs)

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η MEPC, με το αναθεωρημένο παράρτημα VI της MARPOL, εισήγαγε μεταξύ άλλων και τις περιοχές ελέγχου των εκπομπών (ECAs). Οι περιοχές αυτές κατατάσσονταν κάτω από μία ευρύτερη κατηγορία που είχε θεσπίσει ο IMO κάτω από τον όρο "special areas". Αυτή η ευρύτερη κατηγορία περιλαμβάνει περιοχές που για συγκεκριμένους λόγους (π.χ. περιβαλλοντικοί, ωκεανογραφικοί, θαλάσσιας κυκλοφορίας) απαιτείται η θέσπιση ιδιαίτερων κανονισμών για την προστασία τους. Έτσι σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό στις περιοχές αυτές πρέπει να παρέχεται αυξημένη προστασία σε σχέση με τις υπόλοιπες θαλάσσιες περιοχές του πλανήτη.

Με την έναρξη του θεσμού των ECAs, το παράρτημα VI της MARPOL, έθετε ως όριο το 1.5 % για την περιεκτικότητα σε θείο, για τα πλοία που κινούνται μέσα στις προστατευόμενες αυτές περιοχές. Το αναθεωρημένο παράρτημα VI, μείωσε το όριο για τις ECAs στο 1 % με ισχύ από τον Ιούλιο του 2010. Το όριο αυτό πρόκειται να κατέβει ακόμα περισσότερο από το 2015, οπότε η τιμή του δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 0.1 %. Το παρακάτω σχήμα τοποθετεί γεωγραφικά τις υπάρχουσες ECAs, αλλά και αυτές οπότε η είσοδός τους βρίσκεται υπό συζήτηση (21).

**Σχήμα 3- 6**

Υπάρχουσες και υπό μελέτη περιοχές ECA στον πλανήτη.

Η Βαλτική θάλασσα αποτέλεσε την πρώτη περιοχή ελέγχου των αέριων εκπομπών από τα πλοία, με ισχύ από τις 19 Μαΐου του 2006. Ακολούθησε η Βόρεια Θάλασσα στις 22 Νοεμβρίου του 2007. Το Μάρτιο του 2010, ο IMO συμπεριέλαβε επίσημα και μια τρίτη περιοχή που εκτείνονταν σε απόσταση 200 ναυτικών μιλίων (370 χιλιομέτρων) από τις ακτές των ΗΠΑ και του Καναδά, με σκοπό να μειωθούν οι εκπομπές SO_x, PM και NO_x. Η Τρίτη αυτή περιοχή έχει ως ημερομηνία που θα τεθεί σε ισχύ την 1^η Αυγούστου του 2012.

Μεγάλες συζητήσεις γίνονται την ίδια στιγμή σχετικά με το κόστος των περιοχών ECA, για τον παγκόσμιο στόλο. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τη HELMEPA (HELLENIC MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMITTEE, Ελληνική Ένωση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος) και ένα τεχνικό δελτίο που εξέδωσε το 2009 (22): «Εκτιμάται ότι το λειτουργικό κόστος ενός πλοίου που εκτελεί ταξίδι 1.700 ναυτικών μιλίων εντός της προτεινόμενης περιοχής ECA θα αυξηθεί κατά 3%. Για ένα πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, η παραπάνω μεταβολή αναμένεται να προκαλέσει αύξηση του μεταφορικού κόστους ενός 20ποδου container κατά \$18 περίπου.

Πριν την είσοδο των πλοίων σε μια περιοχή ECA χρειάζεται επαρκής χρόνος ώστε το σύστημα διανομής καυσίμου να καθαρίζεται από καύσιμα με περιεκτικότητα θείου μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται. Ο χρόνος αυτός, που ουσιαστικά αντιπροσωπεύει το χρόνο αραίωσης του καυσίμου υψηλού θείου που χρησιμοποιείται έξω από τις περιοχές ECA μέχρι ωσότου επιτευχθεί η επιθυμητή συγκέντρωση θείου, εξαρτάται:

- από την περιεκτικότητα θείου στα δύο είδη καυσίμου (υψηλού και χαμηλού θείου),

- το ρυθμό κατανάλωσης καυσίμου, και
- την ποσότητα καυσίμου υψηλού θείου που υπάρχει μεταξύ του πρώτου σημείου ανάμιξης των δύο διαφορετικών καυσίμων και του σημείου εισόδου στις μηχανές.

Επίσης εξαρτάται από το βαθμό διαχωρισμού των καυσίμων υψηλού και χαμηλού θείου πάνω στο πλοίο, δηλαδή ουσιαστικά από την ύπαρξη ξεχωριστής δεξαμενής αποθήκευσης, καθίζησης και ημερήσιας χρήσης για τα καύσιμα χαμηλού θείου». Το παραπάνω απόσπασμα αποδεικνύει ότι ορισμένα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος, κάθε άλλο παρά εύκολα και αποδοτικά είναι στην εφαρμογή τους, αφού πολλές πλευρές, με πραγματικά επιχειρήματα, τονίζουν τα προβλήματα που δημιουργούνται γύρω από αυτά. Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό να πραγματοποιούνται cost-effectiveness αναλύσεις για κάθε υπό μελέτη μέτρο το οποίο κάλλιστα θα μπορούσε να αντικατασταθεί με κάποιο πιο αποδοτικό.

3.4.5 Εκπομπές SO₂ και η Πολιτεία της Καλιφόρνια

Το 2008 η πολιτεία της Καλιφόρνια στις Η.Π.Α., μέσω του συμβουλίου California Air Resources Board (CARB), αποφάσισε ένα πολύ πρωτοποριακό μέτρο για τα δεδομένα του υπόλοιπου κόσμου. Πηγαίνοντας ένα βήμα παρακάτω από το παράρτημα VI της MARPOL, το CARB θέσπισε έναν νέο κανονισμό, για όλα τα ποντοπόρα πλοία που προσέγγιζαν τα ύδατα της Καλιφόρνια σε απόσταση μικρότερη των 24 μιλίων από τις ακτές. Βάσει του νέου αυτού κανονισμού, εισέρχονταν νέα χαμηλότερα όρια στις περιεκτικότητες σε θείο των ναυτιλιακών καυσίμων, για πλοία που δραστηριοποιούνταν (διάπλους, ελλιμενισμός, αγκυροβολία και άλλα) στην προαναφερθείσα ζώνη.

Σκοπός των κανονισμών αυτών ήταν η μείωση των εκπομπών κυρίως του SO₂ και των υπόλοιπων οξειδίων του θείου, αλλά και άλλων εκπομπών, όπως τα PM και τα οξείδια του αζώτου, από τη λειτουργία κυρίων μηχανών πρόωσης, ηλεκτροπαραγωγών ζευγών, βοηθητικών μηχανών (οι emergency generators εξαιρούνται από τον κανονισμό) και boilers. Τα επίπεδα των μειώσεων της περιεκτικότητας καθορίζονταν σε δύο διακριτές φάσεις:

- Η πρώτη φάση με ισχύ από 1^η Ιουλίου του 2009, όριζε την περιεκτικότητα σε θείο για το Marine Gas Oil (DMA) στο 1.5 % και στο Marine Diesel Oil (DMB) στο 0.5 %.
- Η δεύτερη φάση, με ισχύ από 1^η Ιανουαρίου του 2012, θεσπίζει ως όριο περιεκτικότητας το 0.1 % από κοινού, για Marine Gas Oil (DMA) και Marine Diesel Oil (DMB).

Το επόμενο σχήμα απεικονίζει την ζώνη των 24 μιλίων που εξέδωσε η πολιτεία της Καλιφόρνια με σκοπό να διασαφηνίσει με ακριβή τρόπο την περιοχίζουσα ζώνη που υπόκεινται στον κανονισμό (23).



Σχήμα 3-7

Χάρτης της ζώνης των 24 μιλίων που υπόκειται κάτω από τους κανονισμούς τη χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο της πολιτείας της Καλιφόρνια.

Αν και ο συγκεκριμένος χάρτης που εκδόθηκε από το CARB, δεν βρίσκεται σε απόλυτη κλίμακα, μπορεί να δώσει μια σαφή εικόνα για τη έκταση των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επίδραση των κανονισμών (RCW: Regulated California Waters). Συμπληρωματικά στα μέτρα της Καλιφόρνια ήρθε ο IMO το Μάρτιο του 2010 να προσθέσει στις υπάρχουσες περιοχές ελέγχου των εκπομπών, τις θάλασσες της Βορείου Αμερικής. Είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι ο κανονισμός δρα ολοκληρωμένα με άκρως αυστηρές διαδικασίες, κατά τις οποίες πάνω στο πλοίο πρέπει να τηρούνται έγγραφα, τα οποία συμπληρώνονται από τους αξιωματικούς του πλοίου και περιγράφουν τις αναλυτικές διαδικασίες αλλαγής του καυσίμου σε αυτό με την κατάλληλη περιεκτικότητα σε θείο.

3.5 Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

3.5.1 Γενικά Χαρακτηριστικά των Οξειδίων του Αζώτου

Τα οξειδία του αζώτου απασχολούν όλο και περισσότερο την διεθνή κοινότητα εξαιτίας της πολύπλευρης επιβάρυνσης που έχουν στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα πέρα από τη ρύπανση που προκαλούν, με συνέπειες όπως η όξινη βροχή και η φωτοχημική ομίχλη, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα (σε συνδυασμό με το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα) για την έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα οξειδία του αζώτου συναντώνται τις περισσότερες φορές ως αέριοι ρύποι των καυσαερίων και παράγονται κατά κύριο λόγο από καύσεις (υψηλών θερμοκρασιών). Η καύση πετρελαιοειδών σε κινητήρες εσωτερικής καύσης, boilers και άλλες εγκαταστάσεις καθώς και η καύση ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακες, σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς), είναι δύο από τις βασικότερες κατηγορίες πηγών για την εκπομπή των οξειδίων της συγκεκριμένης ενότητας.

Ο σχηματισμός των οξειδίων του αζώτου λαμβάνει χώρα κατά την διαδικασία της καύσης στο μέτωπο της φλόγας, αλλά και στις περιοχές ψηλών θερμοκρασιών. Τα μόρια αζώτου του μίγματος (αέρας και καύσιμο) οξειδώνονται με αποτέλεσμα τη δημιουργία NO_x. Τα οξειδία του αζώτου είναι επτά σε αριθμό αλλά διαφέρουν πολύ ως προς την επίδραση που έχουν σε άνθρωπο και περιβάλλον. Αναλυτικά υπάρχουν και είναι γνωστά τα NO, NO₂, NO₃, N₂O, N₂O₃, N₂O₄, και N₂O₅. Από αυτά οξειδία αυτά ξεχωρίζουν δύο ως προς την ρύπανση που προκαλούν στον πλανήτη, συγκεκριμένα μεγάλη ανησυχία εγείρουν τα παρακάτω (24):

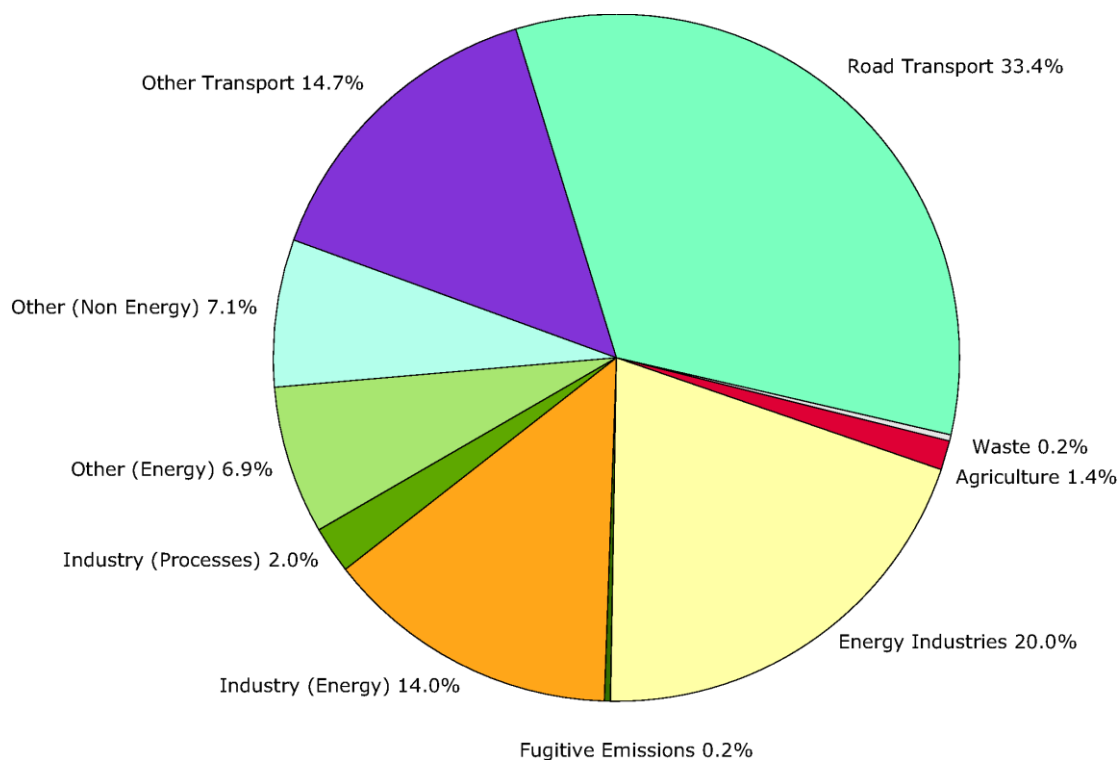
- Μονοξείδιο του Αζώτου (NO)
- Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)

Το μονοξείδιο του αζώτου, αποτελεί έναν από τους κυριότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Δεν εντοπίζεται εύκολα με τις απλές αισθήσεις μιας και αποτελεί ένα άχρωμο και άγευστο αέριο. Ως αέριο επηρεάζει άμεσα την ατμόσφαιρα και τη τροπόσφαιρα, αντιδρώντας με στοιχεία και ενώσεις όπως το όζον, η φορμαλδεϋδη και διάφορα οξειδία σχηματίζοντας ενώσεις οι οποίες καταλήγουν να βλάπτουν άμεσα τα δάση, τις καλλιέργειες, τα ποτάμια και τις λίμνες, ακόμα και τους ωκεανούς (25).

Η πλειοψηφία των εκπομπών NO_x γίνεται με τη μορφή μονοξειδίου του άνθρακα, το οποίο όμως δεν παραμένει για πολύ σε αυτή την κατάσταση αφού μέσω της οξειδωσης μετατρέπεται σε NO₂. Το διοξείδιο του αζώτου έχει χρώμα (κατά προσέγγιση κόκκινο) και μία πολύ συγκεκριμένη οσμή, ενώ είναι ερεθιστικό για τον ανθρώπινο οργανισμό. Κύρια συνέπεια της υπέρ-συγκέντρωσής του, είναι η σημαντική συνεισφορά του στην όξινη βροχή.

Συμπληρωματικά, το NO₂ οδηγεί στην παραγωγή όζοντος και τη δημιουργία φωτοχημικού νέφους, μέσω της αντίδρασης του με υδρογονάνθρακες (με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας). Οι συνέπειες από τις υπερβολικές συγκεντρώσεις του NO₂, δεν σταματούν εδώ, αφού σαν οξείδιο είναι διαβρωτικό για τα μέταλλα, ενώ

προκαλεί και σοβαρές βλάβες στην χλωρίδα του πλανήτη. Το παρακάτω σχήμα αντικατοπτρίζει τα μερίδια συμμετοχής κάθε τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας στις εκπομπές NO_x, από ετήσια στοιχεία του 2007 (που είναι και το έτος μελέτης της πραγματοποιηθείσας μελέτης), για την ΕΕ (26).



Σχήμα 3- 8

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε τομέα στις εκπομπές NO_x.

Η παραπάνω καταμέριση των εκπομπών είναι ικανή να απεικονίσει με ακρίβεια (τουλάχιστον για τη Ευρωπαϊκή Ένωση), την κατάσταση όσον αφορά τους κλάδους που επιβαρύνουν περισσότερο τον πλανήτη, με οξείδια του αζώτου. Πιο συγκεκριμένα, οι οδικές μεταφορές ξεχωρίζουν, με μεγάλη διαφορά από την δεύτερη κατηγορία, που είναι η παραγωγή ενέργειας. Ακολουθούν οι υπόλοιπες μεταφορές, με τον γενικότερο βιομηχανικό κλάδο να έπεται με πολύ μικρή διαφορά. Η αγροτική δραστηριότητα βρίσκεται αρκετά χαμηλά, με τα απόβλητα-απορρίμματα να είναι τελευταία με αμελητέο ποσοστό.

Τα οξείδια του αζώτου αποτελούν αναμφισβήτητα από τους πιο ανησυχητικούς ρύπους παγκόσμια. Εντούτοις δεν είναι εξολοκλήρου καταδικαστέα ως προς την ύπαρξή τους στον πλανήτη, μιας και σε επιθυμητές ποσότητες επιδρούν ουδέτερα, η ακόμα και ευεργετικά για τον ανθρώπινο οργανισμό. Πιο συγκεκριμένα, ξεχωρίζει το παράδειγμα του NO, το οποίο (πάντα σε ιδανικές συγκεντρώσεις) λειτουργεί μεταδίδοντας πληροφορίες στα λευκά αιμοσφαίρια μέσω της κυκλοφορίας του αίματος για την αντιμετώπιση σοβαρών προβλημάτων για τον άνθρωπο.

Το συγκεκριμένο παράδειγμα δράσης του μονοξειδίου του αζώτου δόθηκε με σκοπό να κατανοηθεί από τον αναγνώστη ότι το πρόβλημα με πολλούς από τους ρύπους της ατμόσφαιρας, έγκειται καθαρά και μόνο στις αυξημένες συγκεντρώσεις τους και όχι (όπως πολλές φορές πιστεύεται) απλά στην ύπαρξή τους.

3.5.2 Εκπομπές NO_x από Ναυτικούς Κινητήρες

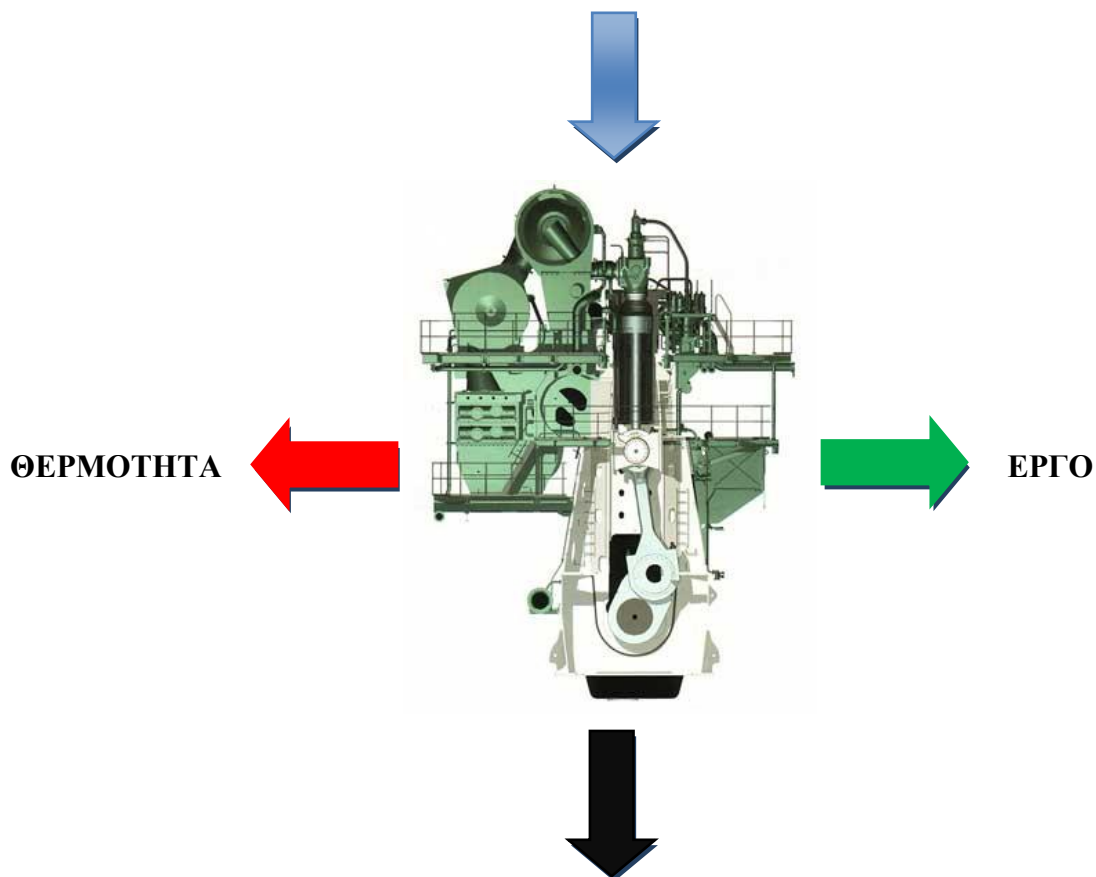
Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου από την ναυτιλία προέρχονται από την λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης που βρίσκονται στα πλοία και υποστηρίζουν λειτουργίες όπως η πρόωση, η ηλεκτρική παραγωγή επί του σκάφους, η φορτοεκφόρτωση και άλλες διαδικασίες. Με τις εκπομπές των NO_x από τη ναυτιλία να καταγράφουν μεγάλες ποσότητες ετησίως, μόνο αμελητέες δεν μπορούν να θεωρηθούν. Μεγάλη αίσθηση προκαλεί επίσης η πρόσθεση στην εξίσωση και του ποσοστού των εκπομπών οξειδίων του αζώτου από τα πλοία σε σχέση με εκείνες από τα ορυκτά καύσιμα, με τις πρώτες να αποτελούν το 14 % των δευτέρων (27).

Τα οξείδια του αζώτου παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό ότι ταξιδεύουν σε αποστάσεις που πολλές φορές ξεπερνούν τα χίλια χιλιόμετρα, καθιστώντας τα ιδιαίτερα επικίνδυνα, όχι μόνο για τις παραθαλάσσιες περιοχές αλλά και για πολλά μέρη του κόσμου, και για τις πιο απομακρυσμένες από τη θάλασσα περιοχές. Σε αυτό συμβάλλουν, όπως είναι φυσιολογικό, και τα αέρια ρεύματα, αλλά την κύρια ευθύνη δεν παύει να την έχει η χημική σύσταση και τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων ενώσεων. Ιδιαίτερο είναι το πρόβλημα σε περιοχές που υπάρχει πυκνή κυκλοφορία πλοίων κοντά σε ακτές.

Ο βασικός λόγος εμφάνισης αυτών των αερίων που επιβαρύνουν τόσο πολύ το περιβάλλον, είναι ότι σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας των διαφόρων κινητήρων, η τέλεια καύση είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί. Ως αποτέλεσμα, παράγονται προϊόντα ατελούς καύσης, όπως τα οξείδια του αζώτου, οι αέριοι υδρογονάνθρακες, το μονοξείδιο του άνθρακα, αρκετές οξυγονούχες ενώσεις καθώς και τα σωματίδια καπνού.

Τα NO_x στους κινητήρες Diesel εμφανίζονται κυρίως από την οξείδωση (εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας στον θάλαμο) του αζώτου που υπάρχει στον ατμοσφαιρικό αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο. Ακόμα, μικρή αλλά όχι αμελητέα είναι κάποιες φορές και η περιορισμένη ποσότητα N_2 που μπορεί να είναι εγκλωβισμένη στα καύσιμα του πλοίου. Αναλυτικά ένας τυπικός δίχρονος ναυτικός κινητήρας diesel παρουσιάζει τον παρακάτω ισολογισμό (28):

- Αέρας = 7800 g/kWh
- Καύσιμο = 171 g/kWh
- Λιπαντικά = 1.3 g/kWh



- $N_2 = 6200 \text{ g/kWh}$
- $O_2 = 1100 \text{ g/kWh}$
- $CO_2 = 500 \text{ g/kWh}$
- $H_2O = 200 \text{ g/kWh}$
- $NO_x = 17 \text{ g/kWh}$
- $SO_x = 13.6 \text{ g/kWh}$
- Αιθάλη = 0.6 g/kWh
- CO = 0.4 g/kWh
- HC = 0.4 g/kWh
- Τέφρα

Από τον παραπάνω ενεργειακό ισολογισμό, γίνεται κατανοητό πως συμμετέχει το κάθε εκπεμπόμενο αέριο στην τελική μάζα των καυσαερίων ενός ναυτικού κινητήρα. Στην περίπτωση που ενδιαφέρει την συγκεκριμένη υποενοότητα, εμφανίζονται να παράγονται 17 γραμμάρια NO_x , για κάθε kW της προωστηρίου εγκατάστασης για μία ώρα λειτουργίας. Σε αυξημένα φορτία της κύριας μηχανής, αλλά και σε μεσαία, το μεγαλύτερο ποσοστό οξειδίων του αζώτου που παράγονται είναι NO . Σε πολύ μικρά φορτία το NO παραμένει το μεγαλύτερο σε ποσοστό, με το NO_2 να κάνει την εμφάνισή του σε ποσότητες που μπορεί να φθάσουν και το ένα τέταρτο της συνολικής ποσότητας των εκπεμπόμενων NO_x .

Το κομμάτι που παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον, σε σχέση με τις εκπομπές οξειδίων του θείου από τα πλοία, είναι το πλαίσιο που έχει δημιουργηθεί γύρω από τον έλεγχο και τον περιορισμό τους, από πολλούς φορείς της ναυτιλίας (και όχι μόνο), με προεξέχοντα τον IMO. Η υποενοότητα που ακολουθεί πραγματεύεται συνοπτικά τους κανονισμούς και τις αποφάσεις που διέπουν το μεγάλο και πολύπλευρο ζήτημα της εκπομπής NO_x στην ατμόσφαιρα.

3.5.3 Προδιαγραφές Εκπομπών Οξειδίων του Αζώτου (NO_x)

Τα οξείδια του αζώτου στη ναυτιλία θεωρούνται από τις πλέον επιβαρυντικές εκπομπές, με αποτέλεσμα να έχει δημιουργηθεί ένα πολύ στενό πλαίσιο κανονισμών το οποίο περιορίζει τις εκπομπές τους. Για τις εκπομπές αυτές (όπως και για τις προαναφερθείσες), όλα ξεκίνησαν με την εισαγωγή του νέου Annex VI της MARPOL, το 1997, το οποίο ετέθη σε ισχύ στις 19 Μαΐου του 2005. Το συγκεκριμένο παράρτημα, έθετε όρια, μαζί με τα υπόλοιπα επιβλαβή αέρια που εκλύονται από τα πλοία, και για τα NO_x . Θεσπίστηκε ένας τεχνικός κώδικας με υποχρεωτική μορφή, ο οποίος καθόριζε πώς θα επιτευχθούν οι επιθυμητές μειώσεις των οξειδίων του αζώτου.

Ο έλεγχος των συγκεκριμένων εκπομπών αρχίζει και τελειώνει στις ναυτικές μηχανές των πλοίων. Ύστερα από επιθεώρηση και ικανοποίηση συγκεκριμένων απαιτήσεων για την πιστοποίηση της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς, εκδίδεται για το πλοίο το Διεθνές Πιστοποιητικό Πρόληψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (EIAPP: Engine International Air Pollution Prevention). Έτσι επιτυγχάνεται η απόδειξη από πλευράς του σκάφους ότι συμμορφώνεται με τους κανονισμούς 13.8 και 5.3.2 του Τεχνικού Κώδικα του 2008 για τα οξείδια του αζώτου (MEPC.177(58)). Πρέπει να τονισθεί ότι όλοι οι κανονισμοί έχουν υποχρεωτική μορφή και πρέπει να τηρούνται για την σωστή και ομαλή λειτουργία του πλοίου σε εθνικά αλλά και διεθνή ύδατα.

Οι κινητήρες που αφορά το παράρτημα VI της MARPOL, είναι όσοι έχουν ονομαστική ισχύ μεγαλύτερη των 130 kW, ανεξάρτητα από την καθαρή ολική χωρητικότητα του πλοίου στο οποίο έχουν εγκατασταθεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι από τον κανονισμό εξαιρούνται όλοι οι κινητήρες που σχετίζονται με «emergency» λειτουργίες. Το σημαντικό στην όλη διαδικασία του περιορισμού των εκπομπών είναι ότι καθορίστηκαν διαφορετικά επίπεδα ελέγχου (Tiers) των εκπομπών, με κριτήριο το έτος κατασκευής του πλοίου.

Ο Πίνακας που ακολουθεί παραθέτει τις σειρές ελέγχου των εκπομπών (Tier I, Tier II και Tier III) με τις αντίστοιχες σημαντικές ημερομηνίες και τα όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου για τις διάφορες κατηγορίες κινητήρων (29).

Πίνακας 3- 1
Tiers I, II και III, για τον έλεγχο των εκπομπών των NO_x.

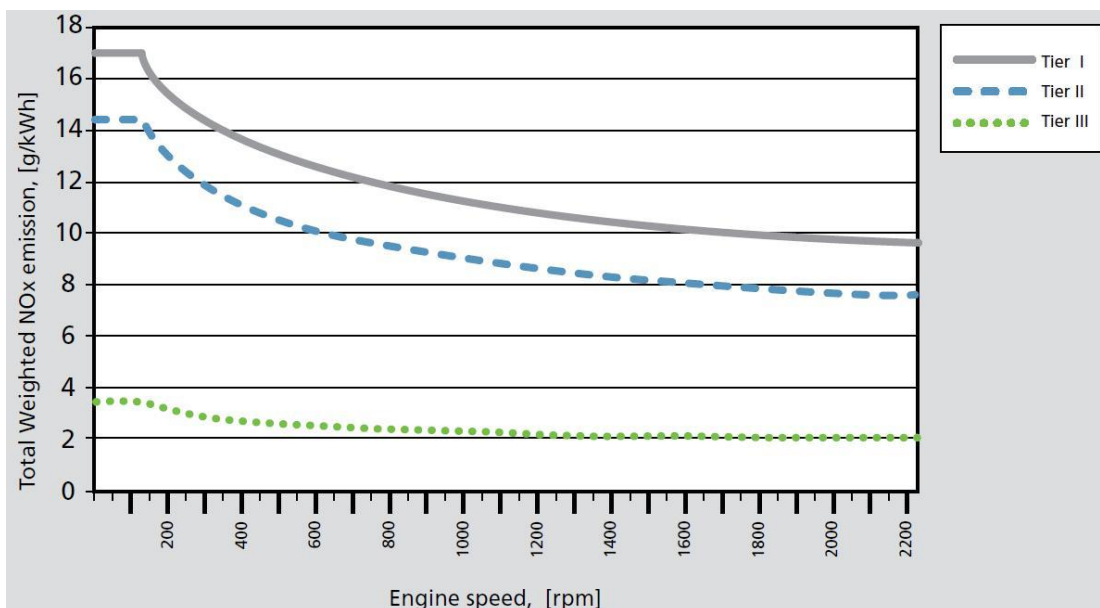
Tier	Ship construction date on or after	Total weighted cycle emission limit (g/kWh) n = engine's rated speed (rpm)		
		n < 130	n = 130 - 1999	n ≥ 2000
I	1 January 2000	17.0	$45.n^{-0.2}$ e.g., 720 rpm – 12.1	9.8
II	1 January 2011	14.4	$44.n^{-0.23}$ e.g., 720 rpm – 9.7	7.7
III	1 January 2016*	3.4	$9.n^{-0.2}$ e.g., 720 rpm – 2.4	2.0

Ο πίνακας στην πρώτη στήλη από αριστερά, έχει τα τρία επίπεδα ελέγχου. Στην επόμενη στήλη δίνονται οι ημερομηνίες (από την αναγραφόμενη ημερομηνία και μετά) κατασκευής των πλοίων που εμπίπτουν στην εκάστοτε σειρά (Tier). Για παράδειγμα μία κύρια μηχανή που έχει ως μήνα κατασκευής τον Μάρτιο του 2011 θα υπόκειται στο επίπεδο ελέγχου της Tier II. Προσοχή χρειάζεται στην ημερομηνία της Tier III, η οποία μπορεί να παραταθεί, αφού η εξέταση του ζητήματος βρίσκεται ακόμα υπό μελέτη η οποία θα καταλήξει το 2013. Η τρίτη στήλη παρουσιάζει τα όρια εκπομπών σε g/kWh, για κινητήρες με όριο στροφών μικρότερο από 130 rpm.

Η τέταρτη στήλη εμφανίζει τα αντίστοιχα όρια για ναυτικές μηχανές με αριθμό στροφών που κυμαίνεται από 130-1999 rpm, με την τελευταία στήλη να αφορά τους κινητήρες που λειτουργούν με στροφές μεγαλύτερες (ή ίσες) από 2000 rpm. Για την εφαρμογή του κανονισμού απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην τέταρτη στήλη αφού τα όρια εκπομπών δεν είναι απόλυτοι αριθμοί, αλλά δίνονται μέσω συγκεκριμένης εξίσωσης ανάλογα με το επίπεδο ελέγχου το οποίο μελετάται. Έτσι ένας κινητήρας που κατασκευάστηκε τον Ιούλιο του 2002 και έχει ονομαστικές στροφές 720 rpm, θα πρέπει βάσει της σχέσης υπολογισμού των εκπομπών να εκλύει μέχρι 12.1 g/kWh.

Μία ακόμα σημείωση που αφορά την Tier III, είναι ότι το συγκεκριμένο επίπεδο θα αφορά συγκεκριμένα πλοία τα οποία δραστηριοποιούνται μέσα στις

περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (ECAs). Εκτός αυτών των περιοχών τα πλοία θα υπόκεινται στην Tier II (30). Πρέπει να τονισθεί ότι η λειτουργία ενός ναυτικού κινητήρα επιτρέπεται ακόμα, όταν λειτουργεί ένα σύστημα καθαρισμού καυσαερίων, που συμβαδίζει με τις οδηγίες του Τεχνικού Κώδικα NO_x ή χρησιμοποιεί παραπλήσια εγκεκριμένη μέθοδο με τα αντίστοιχα αποτελέσματα, ώστε να μειωθούν οι εκπομπές στα επίπεδα που ορίζει ο κανονισμός. Το σχήμα που ακολουθεί περιγράφει τις μειώσεις των εκπομπών οξειδίων του αζώτου σε γραμμάρια ανά κιλοβάτ ανά ώρα, σε σχέση με τις ονομαστικές στροφές των κινητήρων σε στροφές ανά λεπτό.



Σχήμα 3-9

Επιτρεπόμενα όρια εκπομπών οξειδίων του άνθρακα για κάθε Tier (I, II και III) της MARPOL.

Όπως γίνεται αντιληπτό από το διάγραμμα, η MARPOL μείωσε αρκετά τα όρια των εκπομπών από την Tier I, στην Tier II, αλλά με την τρίτη σειρά ελέγχου τα όρια εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μειώθηκαν περισσότερο από 300 %. Πιο συγκεκριμένα η Tier II, ήρθε για πλοία κατασκευασμένα από το 2011 και μετά να ρίξει τα όρια εκπομπών, προσεγγιστικά κατά 2 γραμμάρια ανά κιλοβατώρα. Η Tier III, τάραξε τα νερά της παγκόσμιας ναυτιλιακής κοινότητας αφού οι μειώσεις που προβλέπει ξεκινούν προσεγγιστικά από ανάμεσα στα 5.5-6.0 γραμμάρια ανά κιλοβατώρα και σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπερνούν τα 10 g/kWh.

Κλείνοντας το κομμάτι των περιορισμών για τα NO_x, αξίζει να γίνει αναφορά για ένα μεγάλο μέρος του παγκόσμιου στόλου, τα πλοία που κατασκευάστηκαν από την 1^η Ιανουαρίου του 1990 μέχρι και την 31^η Δεκεμβρίου του 1999 και έχουν ισχύ μεγαλύτερη από 5,000 kW και εκτόπισμα ανά κύλινδρο μεγαλύτερο από 90,000 κυβικά εκατοστά. Για τους κινητήρες των συγκεκριμένων πλοίων ισχύει ότι πρέπει να εκπέμπουν μέχρι και 17 γραμμάρια διοξειδίων του αζώτου ανά κιλοβάτ ανά ώρα.

3.6 Σωματίδια PM (Particulate Matters)

3.6.1 Γενικά Χαρακτηριστικά των PM

Τα αιωρούμενα σωματίδια περιγράφονται αρχικά ως εξαιρετικά «μικρά» κλάσματα της ύλης. Με την έννοια μικρά, εννοείται μια τάξη μεγέθους, από ένα χιλιοστό του μm, μέχρι και μερικές εκατοντάδες μm. Τα συγκεκριμένα σωματίδια, τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα στον αέρα, κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τα χημικά φυσικά και βιολογικά χαρακτηριστικά τους. Τα χημικά χαρακτηριστικά ενός αιωρούμενου σωματιδίου μπορεί να αφορούν την ανόργανη ή και οργανική σύστασή τους. Τα φυσικά χαρακτηριστικά είναι πρώτα από όλα το μέγεθος και στη συνέχεια στοιχεία όπως τα εξωτερικά χαρακτηριστικά, ο τρόπος σχηματισμού και άλλα. Το μέρος που αφορά τα βιολογικά τους χαρακτηριστικά και τη διάκριση τους βάσει αυτών είναι εκτός από το ενδιαφέρον της συγκεκριμένης μελέτης η οποία αφορά τις αέριες εκπομπές των πλοίων.

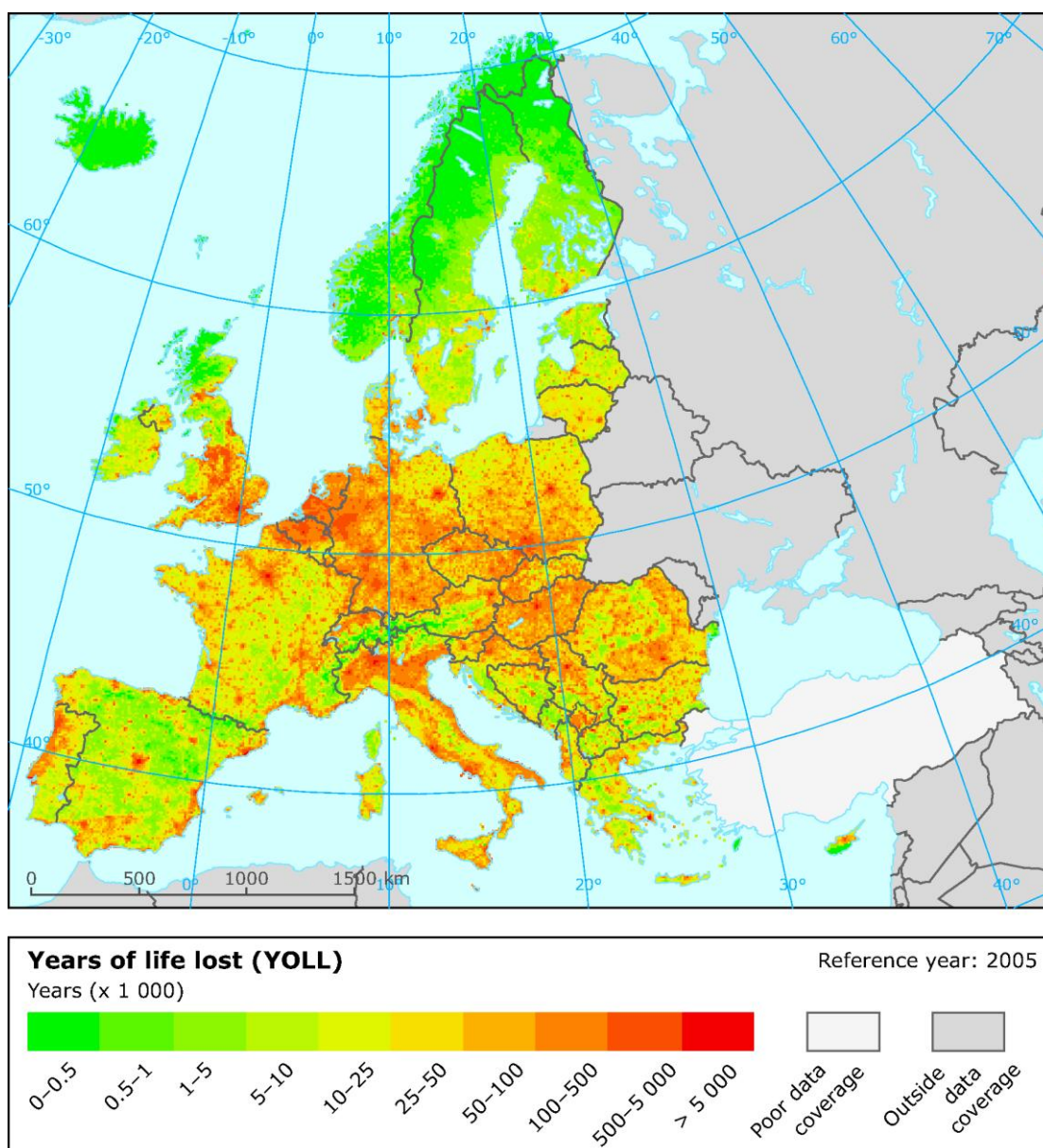
Οι βασικές πηγές εκπομπών των συγκεκριμένων σωματιδίων είναι οι δραστηριότητες των διάφορων βιομηχανικών τομέων, οι μεταφορές (π.χ. αυτοκίνητα, θαλάσσιες μεταφορές), οι ελεύθερες καύσεις (π.χ. πυρκαγιές), οι γεωργικές δραστηριότητες, αλλά και άλλοι πολλοί τομείς και παράγοντες. Τα PM, παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στο σχήμα το μέγεθος αλλά σε πολλά άλλα χαρακτηριστικά, ανάλογα με την προέλευση τους. Για καλύτερη κατανόηση των μεγεθών των διάφορων σωματιδίων από τον αναγνώστη, κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν μερικά χαρακτηριστικά αιωρούμενα σωματίδια από διάφορες κατηγορίες μεγέθους και όχι μόνο (31):

- Αitken Σωματίδια (0.001-0.1 μm)
- Λεπτά Σωματίδια (0.1-1 μm)
- Γιγαντιαία Ή Χονδρόκοκκα Σωματίδια (> 1 μm)
- Σωματίδια Καπνού (1-1000 μm)
- Σκόνη Μικρής Διαμέτρου (<100 μm)
- Σκόνη Μεγάλης Διαμέτρου (>100 μm)
- Νεφοσταγονίδια (1-100 μm)
- Σταγόνες Βροχής (> 100 μm)

Γίνεται αντιληπτό το μέγεθος των μικρότερων σωματιδίων της λίστας όταν τα σταγονίδια της βροχής είναι περισσότερο από 100,000 μεγαλύτερα από αυτά. Πέρα όμως από την παραπάνω λίστα, τα πιο συνηθισμένα σωματίδια ως προς το μέγεθός τους είναι τα PM₁₀ και τα PM_{2.5}. Η πρώτη κατηγορία σωματιδίων αφορά όλα εκείνα τα σωματίδια με μέγεθος (διάμετρο) μικρότερη από 10 μm. Αντίστοιχα η κατηγορία

των $PM_{2.5}$, εμπεριέχει τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 2.5 μικρομέτρων (32).

Βασικό χαρακτηριστικό των $PM_{2.5}$, είναι ότι θεωρούνται ότι επιβαρύνουν την ανθρώπινη υγεία πολύ περισσότερο από άλλα, μεγαλύτερα σωματίδια. Αυτό συμβαίνει, γιατί εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους (με διάμετρο ίση με το 1/30 της διαμέτρου μιας ανθρώπινης τρίχας), εισβάλουν σε μεγάλο βάθος μέσα στους ανθρώπινους πνεύμονες. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει γεωγραφικά τις συνέπειες της μακροχρόνιας έκθεσης σε $PM_{2.5}$ στην Ευρώπη, εκφρασμένες σε εκτιμώμενα χαμένα έτη ζωής (YOLL: Years Of Life Lost), με έτος αναφοράς το 2005 (33).

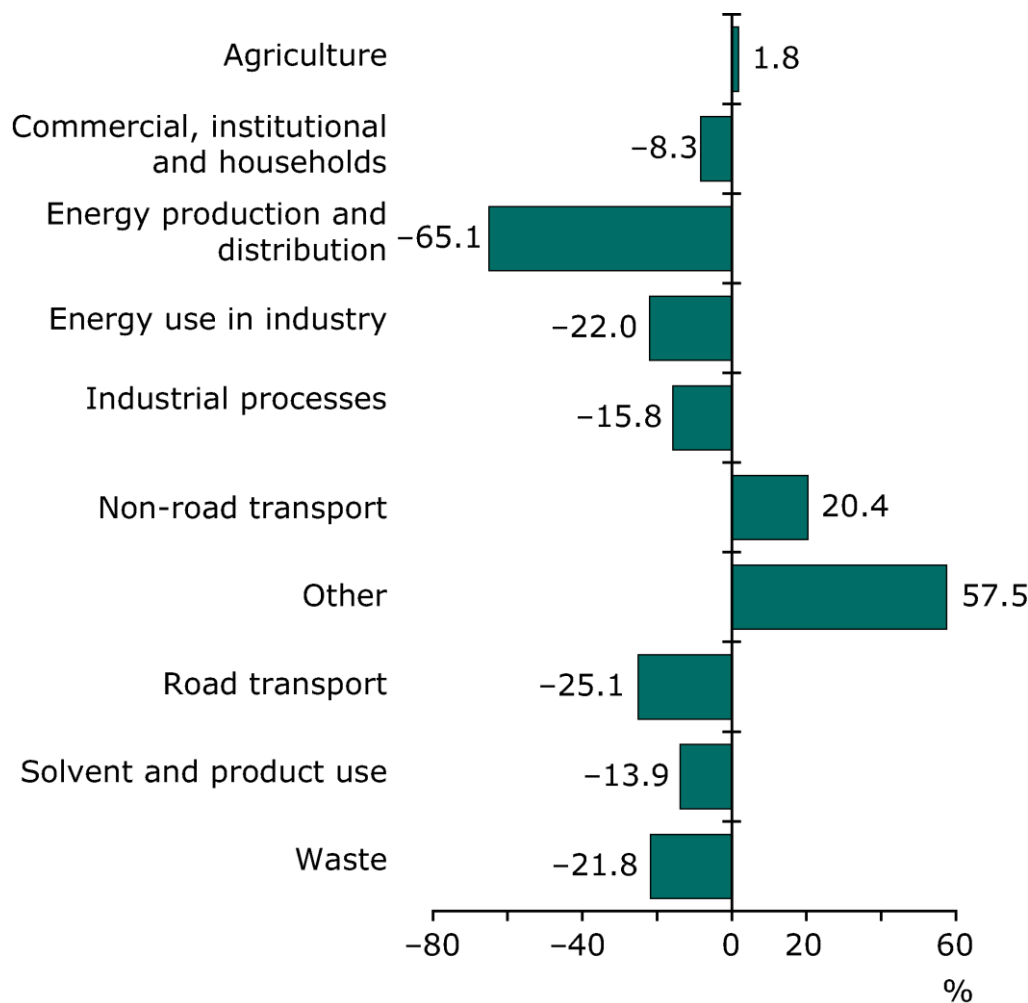


Σχήμα 3- 10

Εκτιμώμενα χαμένα έτη ζωής (YOLL) εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε $PM_{2.5}$ στην Ευρώπη με έτος αναφοράς το 2005.

Από το σχήμα και την κατανομή των χρωματισμών είναι προφανές ότι οι περιοχές με μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα, οι βιομηχανικές περιοχές και τα λιμάνια, είναι τα μέρη στην Ευρώπη που επιβαρύνονται κατά κύριο λόγο με τις υπέρ-συγκεντρώσεις και τις υπέρ-εκθέσεις σε $PM_{2.5}$. Ως αποτέλεσμα, εμφανίζεται αύξηση στα εκτιμώμενα χαμένα έτη ζωής για τον άνθρωπο. Σε μεγαλύτερο κίνδυνο εκτίθενται όσοι εργάζονται και γενικά περνούν αρκετές ώρες τις ημέρας σε ανοιχτούς χώρους όπου η πιθανότητα εισπνοής σωματιδίων $PM_{2.5}$, κρίνεται αυξημένη (34).

Η κατηγορία των PM_{10} , έχει τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και με τη σειρά της απασχολεί, επίσης, πολύ έντονα τη παγκόσμια κοινότητα. Τα συγκεκριμένα σωματίδια αποτελούνται από πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες, απείρως μικρά μέρη άνθρακα, και διάφορες άλλες οργανικές αλλά και ανόργανες ουσίες. Οι εκπομπές τους μπορεί να προέρχονται από τα καυσαέρια αυτοκινήτων, τις δραστηριότητες των βιομηχανιών, αλλά και από κάθε μορφής καύση και άλλες δραστηριότητες. Το σχήμα που ακολουθεί καταγράφει με ποσοστά τις μεταβολές στις εκπομπές PM_{10} από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (για κάθε τομέας ξεχωριστά) για την Ευρωπαϊκή Ένωση την περίοδο 1990-2008 (35).



Σχήμα 3- 11

Ποσοστιαίες μεταβολές ανά τομέα στις εκπομπές PM_{10} στην Ευρώπη για την περίοδο 1990-2008.

Το σχήμα περιλαμβάνει κατηγορίες όπως η γεωργία, η παραγωγή ενέργειας, οι οικιακοί καταναλωτές, οι οδικές μεταφορές, άλλες μεταφορές, βιομηχανικές δραστηριότητες και άλλα. Αίσθηση προκαλεί το ποσοστό μείωσης (-65.1 %) της παραγωγής PM, από τον τομέα της παραγωγής και διανομής ενέργειας. Οι οδικές μεταφορές ακολουθούν με ικανοποιητικό ποσοστό (-25.1 %), ενώ μείωση παρόμοιας τάξης έχει καταφέρει και ο τομέας της ενέργειας που χρησιμοποιείται από τις διάφορες βιομηχανίες.

Όσον αφορά την προέλευση των PM, αξίζει ακόμα να αναφερθεί ότι τα αιωρούμενα σωματίδια ανάλογα με τις πηγές τους χαρακτηρίζονται σαν πρωτογενή ή δευτερογενή. Η πρώτη κατηγορία αφορά αυτά που εκπέμπονται άμεσα στην ατμόσφαιρα. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει εκείνα που δημιουργούνται έμμεσα (από φυσικές ή χημικές διεργασίες) στην ατμόσφαιρα. Άμεσα παράγονται για παράδειγμα από πυρκαγιές και εκπομπές των μέσων μεταφοράς. Έμμεσα παράγονται μέσα στην ατμόσφαιρα υπό τις κατάλληλες συνθήκες. Τα καυσαέρια αντιδρώντας με συγκεκριμένες χημικές ενώσεις, με τον ήλιο και με την υγρασία, παράγουν σωματίδια που αιωρούνται και παραμένουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Σύμφωνα με την 'United States Environmental Protection Agency' (EPA), η επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου από την υπερβολική έκθεση σε περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις PM, θα μπορούσε να προκαλέσει επιπλοκές στην υγεία, όπως χρόνια βρογχίτιδα, επιβάρυνση του άσθματος, διάφορες ζημιές στους πνεύμονες ακόμα και πρόωρο θάνατο. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, τα μικρά παιδιά αλλά και οι ηλικιωμένοι πολίτες, ως ομάδες, έχουν ένα λόγο παραπάνω να είναι ευαίσθητες στις επιπτώσεις των PM, με ασθένειες που επηρεάζουν τους πνεύμονες αλλά και το καρδιαγγειακό σύστημα (36).

3.6.2 Black Carbon και οι Εκπομπές του από τα Πλοία

Μια από τις πιο επιβαρυντικές εκπομπές της ναυτιλίας για τον Πλανήτη, ονομάζεται black carbon (αιθάλη). Τα συγκεκριμένα σωματίδια ανήκουν στην μεγάλη κατηγορία των PM και παράγονται από τους ναυτικούς κινητήρες μέσω της ατελούς καύσης στους κυλίνδρους τους. Έχει εξακριβωθεί ότι η αυξημένη παλαιότητα ενός ναυτικού κινητήρα, σε συνδυασμό με την κακή (ελλιπή) συντήρηση του, μπορούν να αυξήσουν τα βλαβερά αυτά σωματίδια. Εξαιτίας του μαύρου χρώματός τους, έχουν την τάση να απορροφούν την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να θερμαίνεται την ατμόσφαιρα γύρω τους (37).

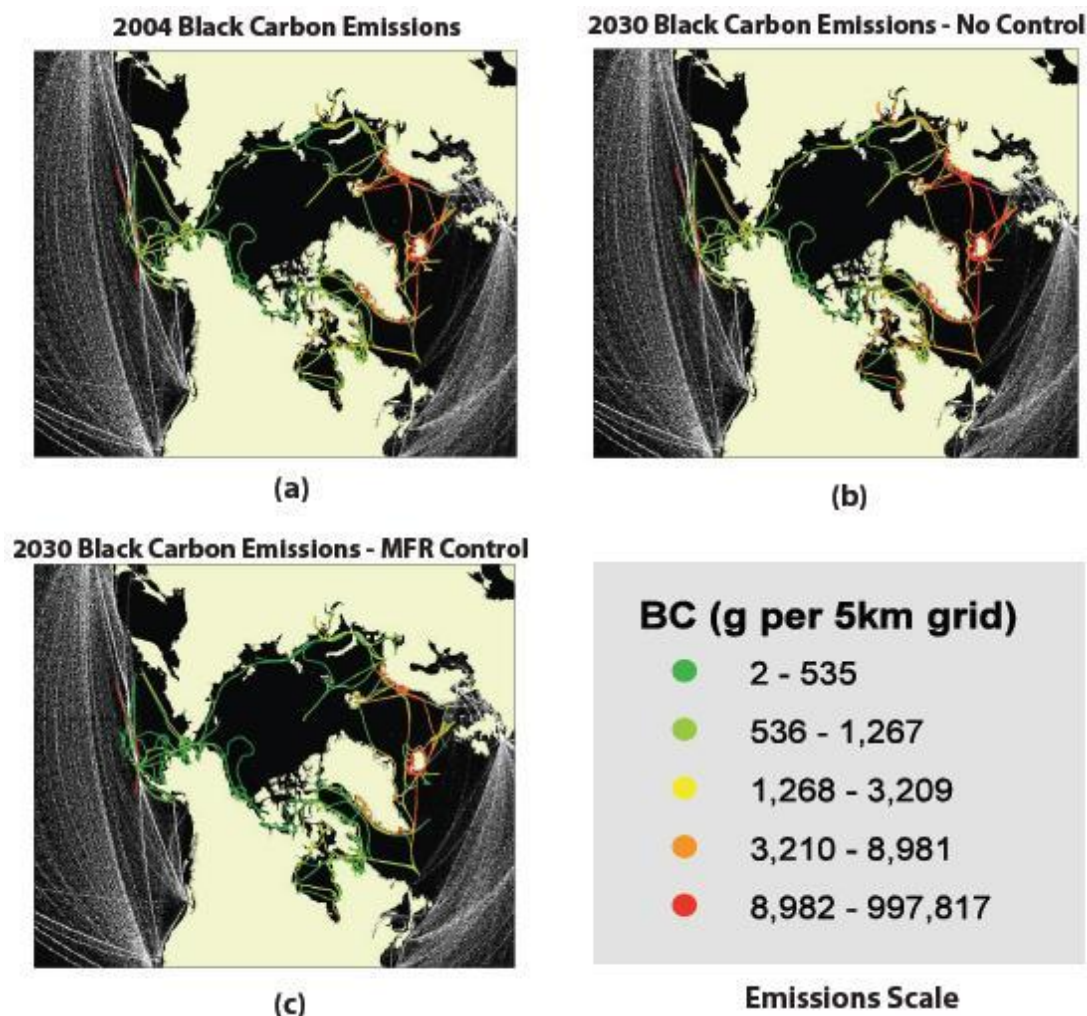
Ο θερμός αέρας που δημιουργείται στις περιοχές υψηλών συγκεντρώσεων του black carbon, μεταφέρεται με τη βοήθεια των αέριων ρευμάτων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, σε περιοχές αρκετά μακριά από τις αρχικές τοποθεσίες υπέρ-συγκέντρωσης. Το black carbon, θεωρείται η δεύτερη πιο επιβαρυντική εκπομπή για την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μετά το CO₂. Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του black carbon, πέρα από την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, είναι τα παρακάτω (38):

- Με την απόθεσή του σε περιοχές καλυμμένες με χιόνι και πάγο, όπως η Αρκτική, σκουραίνει τις περιοχές έκθεσης απορροφώντας ενέργεια (θερμότητα) και προκαλώντας έτσι το λιώσιμο των πάγων.
- Έχει αρκετά πιο περιορισμένο χρόνο ζωής (από μερικές μέρες έως λίγες εβδομάδες) σε σχέση με αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα, γεγονός που σημαίνει η μείωσή του θα έφερνε άμεσα αποτελέσματα σε ευαίσθητες περιοχές όπως η Αρκτική.
- Η συνολική επίδρασή του στο φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη, κυμαίνεται ανάμεσα στο 22 % και 61 %, της αντίστοιχης επίδρασης του διοξειδίου του άνθρακα σε ετήσια βάση.
- Αποτελώντας υποομάδα των PM, έχει πολύ αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία καθώς το έμφραγμα, ο καρκίνος του πνεύμονα, και διάφορες άλλες παθήσεις της καρδιάς και του πνεύμονα, αποτελούν ασθένειες που μπορεί να προκαλέσει η εισπνοή μεγάλων ποσοτήτων black carbon.

Η πλειονότητα των ποσοτήτων black carbon που εκπέμπονται παγκοσμίως από τη ναυτιλία, τοποθετείται γεωγραφικά πάνω από τους ωκεανούς. Η ναυτιλία σε παγκόσμιο επίπεδο, συμμετέχει με ποσότητες που κυμαίνονται μεταξύ των 71,000 και 160,000 τόνων black carbon, ποσότητα που αντιστοιχεί προσεγγιστικά στο 1.0 % με 2.0 % των συνολικών ανθρωπογενών αέριων εκπομπών (39)(40)(41). Ωστόσο εξαιτίας των ρευμάτων (όπως έχει προαναφερθεί), αλλά και πολλών άλλων παραγόντων, οι ποσότητες αυτές μπορεί να μεταφερθούν σε περιοχές πολύ μακριά από το σημείο που είχαν αρχικά παραχθεί.

Έτσι μπορεί οι εκπομπές από πλοία που ταξιδεύουν αρκετά μακριά από ευαίσθητες περιοχές του πλανήτη, να βρεθούν με τον καιρό πάνω από την Αρκτική. Συγκεκριμένα μια περιοχή με μεγάλο πρόβλημα από την υπέρ-συγκέντρωση black carbon, είναι η Alaska. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει πολύ μεγάλη κυκλοφορία στο πέρασμα των πλοίων από τις χώρες της Από Ανατολής προς την Αμερική (π.χ. μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων από την Κίνα στην μεγάλη αγορά των Η.Π.Α.).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι εκπομπές black carbon στην περιοχή της Αρκτικής για το 2004 ενώ πραγματοποιούνται και σενάρια για την εξέλιξη των εκπομπών με προσπάθειες για περιορισμό τους, αλλά και χωρίς (42).



Σχήμα 3- 12

Σενάρια και πραγματικά στοιχεία εκπομπών black carbon, στην Αρκτική.

Οι τρεις χάρτες απεικονίζουν την περιοχή της Αρκτικής με τον πρώτο χάρτη (a) να αποδίδει με χρωματισμούς τα επίπεδα των εκπομπών black carbon από τα πλοία που κυκλοφορούσαν στην περιοχή το συγκεκριμένο έτος (2004). Ο επόμενος χάρτης παρουσιάζει τα αντίστοιχα επίπεδα των εκπομπών στηριγμένα σε ένα σενάριο που υποθέτει ότι καμία προσπάθεια για περιορισμό τους δεν έχει καταβληθεί μέχρι και το 2030, με αποτέλεσμα τον χάρτη (b). Ο τρίτος και τελευταίος χάρτης της Αρκτικής καταγράφει τα αποτελέσματα ενός σεναρίου για το 2030 το οποίο υποθέτει την χρήση της τεχνολογίας, στον μέγιστο βαθμό, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή μείωση (MFR: Maximum Feasible Reduction) των εκπομπών black carbon από τα πλοία.

Για τη μείωση των εκπομπών του black carbon, έχουν προταθεί από πολλές ομάδες, αρκετές προτάσεις, οι οποίες κατά κύριο λόγο βασίζονται στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και στους τρόπους που αυτό μπορεί να επιτευχθεί. Μία από τις μεθόδους για τον περιορισμό της κατανάλωσης, είναι η μείωση της ταχύτητας των πλοίων. Η μέθοδος αυτή είναι δοκιμασμένη, έχοντας όμως έναν πολύ σημαντικό περιορισμό. Το φορτίο της μηχανής κατά τη μείωση της ταχύτητας δεν θα πρέπει να

πέφτει κάτω από ένα όριο κατά το οποίο αυξάνονται σημαντικά οι εκπομπές black carbon. Επόμενη επίσης πολύ σημαντική μέθοδος είναι οι διάφορες τροποποιήσεις στη γάστρα και την έλικα του πλοίου με σκοπό την μέγιστη απόδοσή τους και κατά συνέπεια την μείωση των εκπομπών.

Στην πραγματικότητα οι τρόποι μείωσης της κατανάλωσης του καυσίμου δεν σταματούν εδώ, δίνοντας αρκετές εναλλακτικές λύσεις στους διαχειριστές των πλοίων. Αυτό που πρέπει να τονισθεί είναι ότι η συγκεκριμένη ομάδα διαδικασιών μείωσης των εκπομπών που έχει ως στόχο την μείωση της κατανάλωσης λειτουργεί ευεργετικά στην πλειονότητα των αέριων εκπομπών από τα πλοία και δεν προτείνεται αποκλειστικά για τη μείωση των εκπομπών του black carbon. Περισσότερο εξειδικευμένες προσπάθειες για τη μείωση του black carbon, θα απαιτούσαν την πολύ καλή ρύθμιση της κύριας μηχανής του πλοίου από άποψη μίγματος (αναλογία αέρα-καυσίμου), θερμοκρασίας αλλά και πίεσης στον θάλαμο καύσης. Ένας άψογα ρυθμισμένος και καλά συντηρημένος κινητήρας αποτελεί πάντα ένα κάλο ξεκίνημα για περαιτέρω βελτιώσεις σε σχέση με τις εκπομπές black carbon.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΕΕΔΙ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ ΤΗΣ ΑΚΤΟΠΛΟΙΑΣ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια, πραγματοποιήθηκε μια αναλυτική περιγραφή της κατάστασης που επικρατεί σχετικά με την αέρια ρύπανση στο πλανήτη και ιδιαίτερα στο κομμάτι αυτής, που πηγάζει από τις δραστηριότητες της ναυτιλίας. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο, εισάγει σταδιακά, την μελέτη σε μια περισσότερο τοπική κλίμακα. Σε πρώτο στάδιο, περιγράφεται συνοπτικά και εφαρμόζεται στα πλοία της ακτοπλοΐας (που προσέγγισαν τη Σαντορίνη μέσα στο 2007), ένας από τους σημαντικότερους δείκτες ενεργειακής απόδοσης, ο EEDI (Energy Efficiency Design Index). Ύστερα από την αποτύπωση χρήσιμων συμπερασμάτων από αυτήν τη διαδικασία, το κεφάλαιο περνάει στο δεύτερο μέρος του, περιγράφοντας από την αρχή μέχρι το τέλος, τη διαδικασία του στησίματος του αναλυτικού μοντέλου υπολογισμού των αέριων εκπομπών που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη.

Ο σχεδιασμός και η ολοκλήρωση μιας τοπικής απογραφής αέριων ρύπων από πλοία, απαιτεί αρκετά στοιχεία τα οποία θα μπορούσαν να διαχωριστούν αρχικά σε δύο πολύ σημαντικά μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά τις πληροφορίες για την κυκλοφορία των πλοίων, γύρω από το νησί της Σαντορίνης. Το δεύτερο μέρος, εξαρτάται άμεσα από το πρώτο και σχετίζεται με τη συλλογή των στοιχείων για τα πλοία που κινήθηκαν στη θαλάσσια περιοχή του όρμου της Σαντορίνης το έτος 2007, το οποίο αποτελεί και το έτος μελέτης του παρόντος.

Ύστερα από την περιγραφή της διαδικασίας, για τη συγκέντρωση όλων των απαραίτητων στοιχείων, παρουσιάζεται και ο τρόπος στησίματος της μελέτης των αέριων ρύπων από πλοία, ξεκινώντας από την ανάλυση των πορειών που ακολουθούσαν τα πλοία εισερχόμενα ή εξερχόμενα από τον όρμο που σχηματίζει το νησί. Ακόμα πραγματοποιείται και μια σύντομη περιγραφή της καταστάσεως που επικρατούσε στους λιμένες (και όρμους) του Αθηνιού και των Φηρών το 2007.

Συνεχίζοντας με την περιγραφή του μοντέλου, περιγράφεται η σχέση υπολογισμού των αέριων εκπομπών από τα πλοία, η οποία αποτελεί και την ουσία της συγκεκριμένης εργασίας. Κάθε όρος της συνάρτησης αναλύεται διεξοδικά, ενώ δεν λείπει και η παρουσίαση των παραδοχών που έγιναν με σκοπό τα αποτελέσματα του μοντέλου να φθάσουν στο μέγιστο δυνατό επίπεδο αντικειμενικότητας και ακρίβειας. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για πλοία της ακτοπλοΐας, και τα κρουαζιερόπλοια, σε συνδυασμό και με άλλες χρήσιμες υπολογιστικές διαδικασίες, ακολουθεί σε επόμενα κεφάλαια.

4.2 Δείκτης EEDI (Energy Efficiency Design Index)

4.2.1 Γενικά Στοιχεία και Ιστορικό του Δείκτη EEDI

Η MEPC σε μια προσπάθεια να βοηθήσει τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των νέων πλοίων κατά το στάδιο του σχεδιασμού (αποβλέποντας σε καλύτερες επόμενες γενιές πλοίων), εισήγαγε στο τραπέζι, μέσω διαφόρων προτάσεων από χώρες και οργανισμούς, τον δείκτη "Energy Efficiency Design Index" (EEDI). Ο κύριος όγκος των διαβουλεύσεων για τον EEDI ξεκίνησε τον Οκτώβριο

του 2008 (οι πρώτες κινήσεις είχαν γίνει αρκετά πριν), με την Δανία να καταθέτει την πρόταση της για τον δείκτη στην 58^η MEPC (1).

Στη συγκεκριμένη συνεδρίαση, που πραγματοποιήθηκε στο Λονδίνο, εκτός από τον EEDI, έντονες ήταν και οι συζητήσεις για τις εκπομπές του διοξειδίου του θείου, με αποτέλεσμα την απόφαση για μείωση της περιεκτικότητας του θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα σε ένα βάθος χρόνου από το 2012 μέχρι και το 2020. Σε ειδικές περιπτώσεις (ECAs: Emission Control Areas), η μείωση θα καθορίζονταν σταδιακά με συγκεκριμένα (πολύ χαμηλότερα) ποσοστά. Τα συμπεράσματα από την 58^η MEPC περιέγραφαν μια ναυτιλία με προσανατολισμό το περιβάλλον, σε συνδυασμό με την υγιή επιχειρηματικότητα, ειδικότερα, όσον αφορά την εκπομπή αέριων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου.

Παρόλο που η πρόταση της Δανίας ήταν πάντα στην πρώτη γραμμή, ως από τις πιο ολοκληρωμένες και αποδεκτές, από τη συνάντηση της 6^{ης} Οκτωβρίου του 2008 και μετά, οι συζητήσεις και αντιπροτάσεις που ακολούθησαν ήταν αρκετές και από διάφορες χώρες μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Το κομβικό σημείο για την εξέλιξη του EEDI, ήρθε στις 15 Ιουλίου του 2011 στα πλαίσια της 62^{ης} MEPC, όπου μετά από ψηφοφορία ο δείκτης υιοθετήθηκε και είναι έτοιμος προς εφαρμογή από όλους τους ναυτιλιακούς φορείς σύμφωνα με το υποβληθέν χρονοδιάγραμμα (2).

Το σημαντικότερο από τη συνάντηση αυτή, είναι ότι πρόκειται για μια υποχρεωτική ρύθμιση σε παγκόσμιο επίπεδο, που ελήφθη από έναν κοινώς αποδεκτό φορέα και αφορά στο σύνολο του κλάδου. Τα ληφθέντα μέτρα έρχονται να προστεθούν στη μεγάλη λίστα με μέτρα του παραρτήματος VI της MARPOL και αφορούν την εφαρμογή του EEDI και του SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan), στα πλοία. Οι κανονισμοί αφορούν όλα τα πλοία άνω των 400 gt και έχουν ως ημερομηνία εφαρμογής την 1^η Ιανουαρίου του 2013. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί ότι τα πλοία για τα οποία υπάρχει «Baseline», την οποία πρέπει να ακολουθούν είναι τα πλοία των 7 παρακάτω κατηγοριών:

- Bulk Carriers,
- Gas Tankers,
- Tankers,
- Container Ships,
- General Cargo Ships,
- Refrigerated Cargo Carriers και
- Combination Carriers

Με τα επιβατηγά πλοία να βρίσκονται εκτός της συγκεκριμένη λίστας, καταλαβαίνει κανείς ότι τα επιβατηγά πλοία βρίσκονται εκτός της εφαρμογής του EEDI, η οποία θέτει συγκεκριμένους στόχους προς επίτευξη αποκλειστικά για τα πλοία που ανήκουν στη παραπάνω λίστα.

4.2.2 Ο Δείκτης EEDI για την Παρούσα Μελέτη

Πριν τη παρουσίαση των αποτελεσμάτων του αναλυτικού μοντέλου των αέριων εκπομπών από πλοία, κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί ένας πρώτος έλεγχος της ενεργειακής αποδοτικότητας των πλοίων της ακτοπλοΐας, που προσέγγισαν το νησί το 2007. Η πρώτη αυτή προσπάθεια, έγινε με τη βοήθεια του δείκτη EEDI.

Μια βαθύτερη ανάγνωση της συγκεκριμένης προσπάθειας, αποκαλύπτει ότι απώτερος στόχος του σταδίου αυτού των υπολογισμών, είναι να γίνει κατανοητός ο βαθμός της ενεργειακής αποδοτικότητας των πλοίων που προσεγγίζουν το νησί της Σαντορίνης, σε σχέση με τις προδιαγραφές που έχει θέσει ο ΙΜΟ, για την ενεργειακή αποδοτικότητα των μελλοντικών πλοίων. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, ο συγκεκριμένος δείκτης χρησιμοποιήθηκε με σκοπό τη σύγκριση της ενεργειακής αποδοτικότητας μεταξύ των κατηγοριών, των συμβατικών και των ταχύπλοων πλοίων της ακτοπλοΐας.

4.2.3 Ανάλυση και Περιγραφή της Σχέσης που χρησιμοποιήθηκε για τον EEDI

Με τον βασικό σκοπό της παρούσας μελέτης να είναι (όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω) η σύγκριση της ενεργειακής αποδοτικότητας, μεταξύ «συμβατικής» και «ταχύπλοης» ακτοπλοΐας, οι απαιτήσεις εστιάζονταν στη χρήση μιας σχέσης με απλούς και διαφανείς όρους, οι οποίοι ήταν γνωστοί για όλα τα πλοία της ακτοπλοΐας που προσέγγισαν το νησί της Σαντορίνης το 2007.

Ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς, βασίζεται στο μοντέλο που υποβλήθηκε από τη Δανία στον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό. Η αρχική σχέση, από την οποία προέκυψε η σχέση που χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη, για τον υπολογισμό του δείκτη, είναι η ακόλουθη:

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + \left(P_{AE} \cdot C_{FAE(i)} \cdot SFC_{AE} \right) + \left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPI} P_{PI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AE_{eff(i)}} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE}}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w} - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right) \quad (1)$$

Η παραπάνω σχέση μετά από διεργασίες και αρκετές προτάσεις για βελτίωση, παρουσιάστηκε με μία αρκετά πιο απλοποιημένη μορφή, η οποία παρουσιάζεται παρακάτω. Η απλοποιημένη αυτή σχέση, αποτελεί την τελική μορφή του κλάσματος που υπολογίζεται για τον τελικό προσδιορισμό της μέσης τιμής του δείκτη EEDI.

Ο δείκτης συνοψίζεται στην απλοποιημένη εξίσωση (3):

$$\text{Μέση τιμή δείκτη} = CF \cdot \frac{SCF_{ME} \cdot \sum_{i=1}^{NME} P_{MEi} + SCF_{AE} \cdot P_{AE}}{Capacity \cdot V_{ref}} \quad (2)$$

Οι όροι που εμφανίζονται εντός της εξίσωσης, είναι οι ακόλουθοι:

- **CF**: συντελεστής μετατροπής CO₂ (σταθερά=3.17),
- **P_{MEi}**: 75% της ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος (MCR) για κάθε μια από τις κύριες μηχανές,
- **P_{AEi}**: 50% της ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος (MCR) για κάθε μια από τις βοηθητικές μηχανές,
- **SFC_{ME}**: κατανάλωση καυσίμου για τις κύριες μηχανές (=190g/kWh),
- **SFC_{AE}**: κατανάλωση καυσίμου για τις βοηθητικές μηχανές (=210g/kWh),
- **Capacity**: ολική χωρητικότητα του πλοίου (GT) και
- **V_{ref}**: ταχύτητα πλοίου (Knots)

Όπως, αναλυτικά θα περιγραφεί και σε επόμενη ενότητα, που αφορά την περιγραφή της σχέσης υπολογισμού του αναλυτικού μοντέλου των αέριων εκπομπών, ένα από τα σημαντικότερα βήματα στην παρούσα μελέτη, ήταν η ολοκληρωμένη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων. Η διαδικασία της συγκέντρωσης των δεδομένων που χρειαζόνταν, ως είσοδοι για το μοντέλο, έγινε παράλληλα με την αντίστοιχη διαδικασία που απαιτούσε το αναλυτικό μοντέλο. Η διαδικασία συλλογής των στοιχείων περιγράφεται, βήμα προς βήμα, στην αντίστοιχη ενότητα.

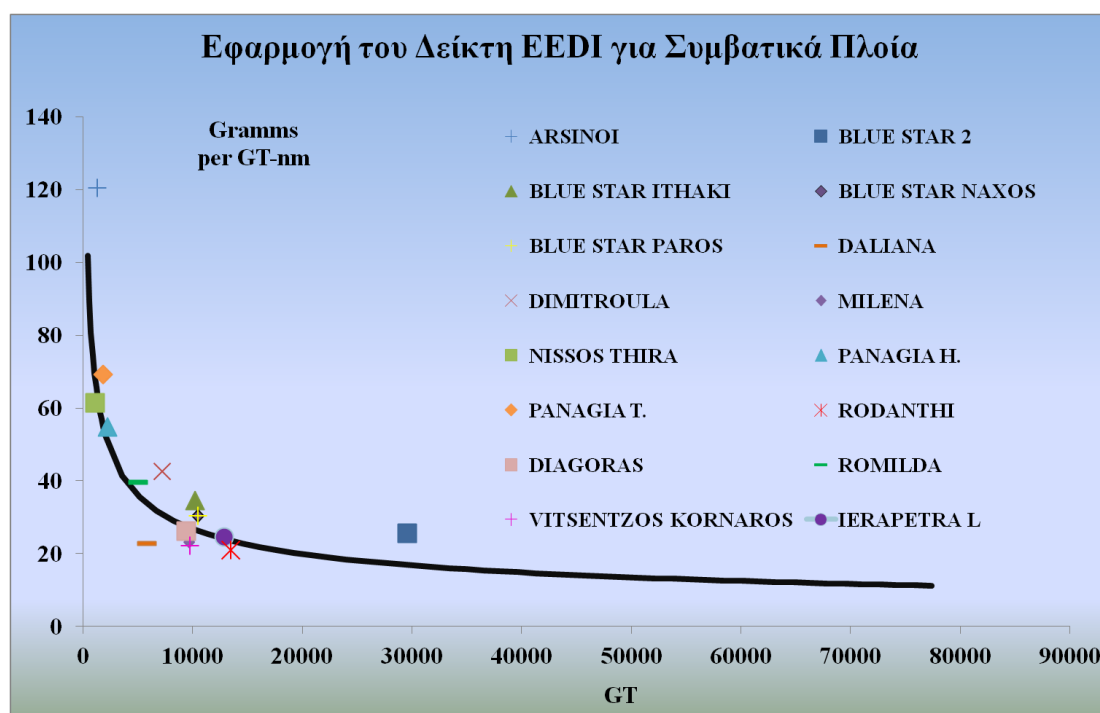
Εν συντομία αξίζει να αναφερθεί, ότι ύστερα από συντονισμένες προσπάθειες, ολοκληρώθηκε η συγκέντρωση χρήσιμων πληροφοριών και δεδομένων, με τις βασικές πηγές να είναι, το Λιμεναρχείο Θήρας και βάσεις δεδομένων όπως οι Equasis, IHS Ship-Register και IHS Sea-Web. Η πρώτη πηγή (Λιμεναρχείο Θήρας), συνέβαλε, εκτός των άλλων, στην καταγραφή 16 συμβατικών Ε/Γ-Ο/Γ σκαφών και 8 ταχύπλοων. Στη συνέχεια η προσοχή επικεντρώθηκε στις υπόλοιπες πηγές για την συγκέντρωση απαραίτητων στοιχείων, τα οποία συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Ολική Χωρητικότητα του Πλοίου,
- Ονομαστική Εγκατεστημένη Ισχύς (MCR) για κάθε μια από τις Βοηθητικές Μηχανές,

- Ονομαστική Εγκατεστημένη Ισχύς (MCR) για κάθε μια από τις Κύριες Μηχανές και
- Ονομαστική Ταχύτητα του Πλοίου

4.2.4 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων της Εφαρμογής του Δείκτη EEDI

Η προσπάθεια που πραγματοποιήθηκε για τον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων της ακτοπλοΐας, αλλά και για μία άμεση σύγκριση της αποδοτικότητας μεταξύ συμβατικών και ταχύπλοων πλοίων, ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Ακολουθεί το σχήμα που απεικονίζει τις τιμές που υπολογίστηκαν για κάθε ένα από τα συμβατικά πλοία της ακτοπλοΐας, που προσέγγισαν το νησί της Σαντορίνης το 2007. Η καμπύλη με το μαύρο χρώμα είναι αυτή που είχε θέσει η μελέτη της Δανίας ως «Baseline», για τα πλοία που εξετάζονται κάτω από την αντίστοιχη εξίσωση που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη υποενότητα.

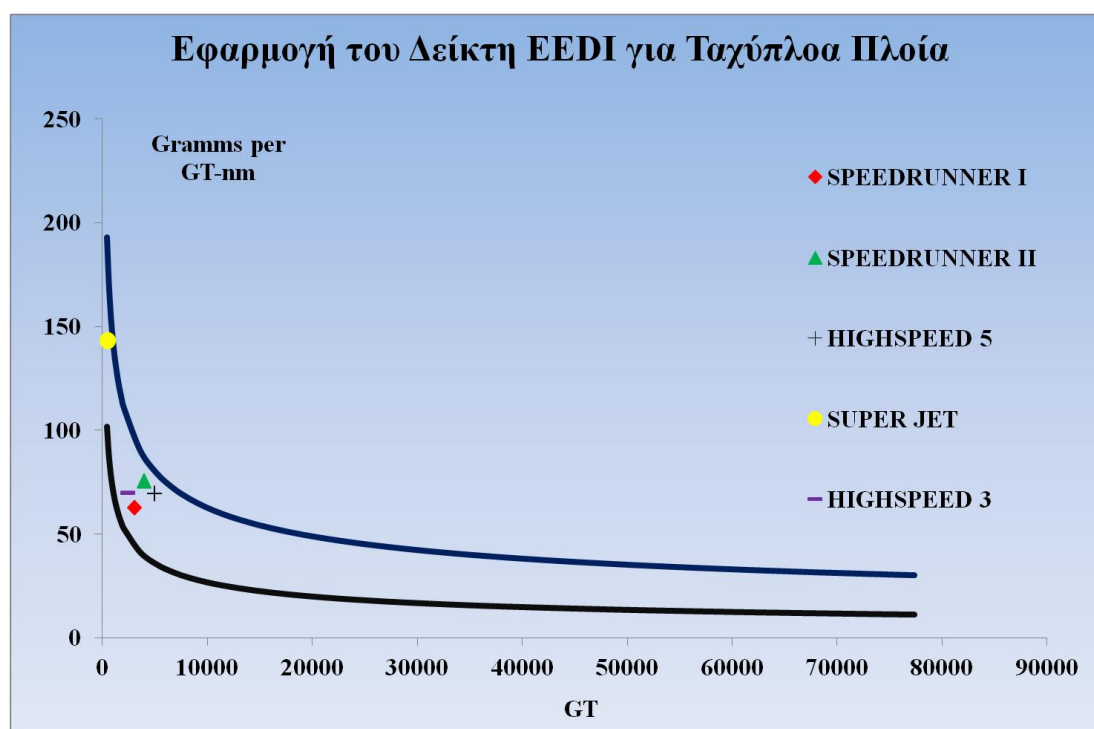


Σχήμα 4- 1
Δείκτης EEDI για συμβατικά πλοία.

Σύμφωνα με τον EEDI, η ενεργειακή απόδοση κάθε πλοίου, εκτιμάται, σύμφωνα με την απόστασή του από την καμπύλη αναφοράς. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει, ένα μοναδικό σημείο στο διάγραμμα για κάθε πλοίο, που ορίζεται από ένα ζεύγος συντεταγμένων (GT, grams /GT-nm). Από το διάγραμμα παρατηρείται, ότι τα περισσότερα πλοία βρίσκονται αρκετά κοντά στην μαύρη καμπύλη, έχοντας μια αρκετά καλή συμπεριφορά από άποψη ενεργειακής απόδοσης.

Υπάρχουν πλοία όπως το *DIAGORAS* και το *VITSENTZOS KORNAROS* και *DALIANA* (βρίσκεται υπό πλειστηριασμό πια κατά τη διάρκεια συγγραφής αυτής της εργασίας), τα οποία βρίσκονται πολύ κοντά, ή και κάτω από την καμπύλη. Στον αντίποδα βρίσκονται πλοία όπως το *DIMITROULA* (και αυτό το σκάφος αποτελεί αντίστοιχη περίπτωση με το *ROMILDA*, από πλευράς ιδιοκτησίας), το οποίο βρίσκεται πάνω από την καμπύλη, αλλά όχι τόσο μακριά ώστε να θεωρηθεί ως περίπτωση η οποία θα έπρεπε να αποκλεισθεί.

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης για τα ταχύπλοα πλοία. Η καμπύλη μαύρου χρώματος, αναφέρεται σε συμβατικά πλοία (3). Σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη καμπύλη είναι η ίδια που αποτέλεσε την «Baseline» των συμβατικών πλοίων στο διάγραμμα που προηγήθηκε. Παράλληλα απεικονίζεται και η καμπύλη μπλε χρώματος, η οποία αφορά τα ταχύπλοα επιβατηγά σκάφη (4). Είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι η μπλε καμπύλη είναι αυτή στην οποία πρέπει να εστιαστεί η προσοχή για την εξαγωγή συμπερασμάτων από το διάγραμμα που ακολουθεί. Η καμπύλη μαύρου χρώματος έχει ενταχθεί για λόγους σύγκρισης (με τις αντίστοιχες απαιτήσεις του EEDI για συμβατικά) στο συγκεκριμένο σχήμα, με τα αποτελέσματα να απεικονίζουν μια πολύ ενδιαφέρουσα πραγματικότητα.



Σχήμα 4- 2
Δείκτης EEDI για ταχύπλοα πλοία.

Η εικόνα που παρουσιάζουν τα ταχύπλοα στο συγκεκριμένο σχήμα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί αρκετά ικανοποιητική. Όλα τα πλοία βρίσκονται κάτω από την καμπύλη που έθεσαν οι γερμανοί συγγραφείς στη μελέτη τους για τα ταχύπλοα πλοία. Πιο συγκεκριμένα, Ε/Γ-Ο/Γ πλοία όπως τα *SPEEDRUNNER II* και *HIGHSPEED 5*, βρίσκονται σε ικανοποιητικό σημείο, σε σχέση με την μπλε

καμπύλη, επιβεβαιώνοντας ότι αποτελούν, από ενεργειακής άποψης, μια αποδεκτή λύση.

Μία παρατήρηση για τα συγκεκριμένα πλοία, είναι ότι απέχουν αρκετά από τη μαύρη καμπύλη, παρουσιάζοντας αυξημένους δείκτες, σε σχέση με τις απαιτήσεις των συμβατικών. Αυτό φυσικά δεν αποτελεί μειονέκτημα αφού τα πλοία είναι ταχύπλοα και είναι απόλυτα φυσιολογικό να παρουσιάζουν αυξημένο λόγο ισχύος προς GT. Μια κάπως διαφοροποιημένη κατάσταση παρουσιάζουν σκάφη, όπως το *HIGHSPEED 3* και *SPEEDRUNNER I*, τα οποία φαίνεται να έχουν πιο «συμβατικό» χαρακτήρα από περιβαλλοντική άποψη, προσεγγίζοντας την μαύρη καμπύλη αναφοράς.

Σαν συμπέρασμα από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν θα μπορούσε να κρατήσει κάποιος, ότι από τα υπό εξέταση επιβατηγά πλοία τα οποία προσέγγισαν το νησί της Σαντορίνης το 2007, τα συμβατικά πλοία όπως και ταχύπλοα, ήταν σε γενικές γραμμές, εξίσου αποδοτικά. Ταυτόχρονα, παρατηρείται ότι τα περισσότερα συμβατικά πλοία (με μέσο όρο ηλικίας τα 25 χρόνια το 2007), ήταν κοντά στη «Baseline» της ενεργειακής απόδοσης, με τα (σχετικά πρόσφατα κατασκευασμένα) ταχύπλοα σκάφη να κινούνται ανάμεσα στις δύο καμπύλες.

4.3 Περιγραφή της Διαδικασίας Υπολογισμού των Αέριων Εκπομπών από τα Πλοία

4.3.1 Συλλογή Στοιχείων σχετικά με την Κυκλοφορία των Πλοίων στη Σαντορίνη

Αρχίζοντας από το πρώτο μέρος και την θαλάσσια κυκλοφορία του νησιού, οι προσπάθειες συγκεντρώθηκαν στη συλλογή αναλυτικών στοιχείων για τις προσεγγίσεις και τα λειτουργικά προφίλ όλων των κατηγοριών των πλοίων που κινήθηκαν εντός της ακτίνας της περιοχής μελέτης. Η ακτίνα αυτή είναι περί τα 6 ναυτικά μίλια και περικλείει μέσα σε ένα ημικύκλιο τον όρμο της Σαντορίνης με τα λιμάνια-όρμους του Αθηνιού και των Φηρών. Για την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την εφαρμογή του μοντέλου, κρίθηκε απαραίτητη μια πρώτη επίσκεψη στο νησί η οποία είχε διπλό σκοπό και όφελος.

Πρώτος στόχος ήταν η παρατήρηση και κατανόηση του τρόπου με τον οποίο, τα πλοία της ακτοπλοΐας, αλλά και τα κρουαζιερόπλοια, προσέγγιζαν το νησί. Η εμπειρία που προσέφερε η πραγματική παρακολούθηση των διαδικασιών και των λειτουργικών σεναρίων των πλοίων, ήταν κάτι παραπάνω από πολύτιμη. Είναι προφανές ότι η οπτική παρατήρηση είχε σκοπό απλά να αποδώσει μια γενική εικόνα ώστε να στηθεί το μοντέλο των εκπομπών από άποψη κυκλοφορίας των πλοίων.

Η μελέτη της κυκλοφορίας των πλοίων ολοκληρώθηκε με τη βοήθεια του συστήματος AIS (Automatic Identification System). Το σύστημα αυτό παρέχει λεπτομερή στοιχεία για την ακριβή θέση και πορεία των πλοίων. Μέσα από καθημερινή παρακολούθηση του συστήματος επετεύχθη η ακριβής αποτύπωση των επιπέδων της ταχύτητας των πλοίων και η πορεία που αυτά ακολουθούν όταν εισέρχονται στον όρμο της Σαντορίνης.

Δεύτερος στόχος της επίσκεψης, ήταν η συλλογή στοιχείων από το Λιμεναρχείο Θήρας, το οποίο πολύ ευγενικά, παρείχε κάθε στοιχείο που σχετίζονταν με τα πλοία που προσέγγισαν το νησί το 2007, αλλά και αρκετές ακόμη πληροφορίες. Τα βιβλία καταγραφής απόπλου/κατάπλου που τηρούνταν στο λιμεναρχείο, αποτέλεσαν την καλύτερη δυνατή βάση δεδομένων για την εφαρμογή του μοντέλου υπολογισμού των αέριων εκπομπών από τα πλοία. Αποτέλεσμα της προσπάθειας αυτής ήταν η πλήρης γνώση όλων των πλοίων που επισκέφτηκαν το νησί το 2007 με τις ακριβείς ώρες απόπλου και κατάπλου, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις ήταν γνωστά και χρήσιμα στατιστικά μεγέθη, που σχετίζονταν με στοιχεία όπως, για παράδειγμα, ο αριθμός των επιβατών.

4.3.2 Κατηγορίες Πλοίων και Συγκέντρωση των Απαραίτητων Πληροφοριών

Ύστερα από την γνώση που κατακτήθηκε σύμφωνα με την ανωτέρω διαδικασία, επόμενο βήμα ήταν η συγκέντρωση των στοιχείων που απαιτούσε το μοντέλο, ως εισόδους για την απόδοση των ρύπων. Σε πρώτο επίπεδο καταγράφηκαν οι βασικοί τύποι πλοίων που παρατηρήθηκαν. Αναλυτικά, οι βασικές κατηγορίες πλοίων που καταγράφησαν μέσα στην περιοχή μελέτης για το 2007 ήταν οι παρακάτω:

- Κρουαζιερόπλοια,
- Συμβατικά Ε/Γ-Ο/Γ σκάφη,
- Ταχύπλοα Ε/Γ και Ε/Γ-Ο/Γ σκάφη,
- Σκάφη αναψυχής,
- Δεξαμενόπλοια,
- Πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην,
- Ειδικά πλοία αντιμετώπισης της ρύπανσης (βλέπε την περίπτωση για το ναυάγιο του Sea Diamond) και
- Ερευνητικά σκάφη.

Από τις κατηγορίες αυτές, η προσοχή επικεντρώθηκε κυρίως στα πλοία κρουαζιέρα (αναλυτικό μοντέλο αέριων εκπομπών) και δευτερευόντως σε όλα τα πλοία της ακτοπλοΐας (ενεργειακή αποδοτικότητα και αναλυτικό μοντέλο αέριων εκπομπών). Έτσι οι δύο αυτές κατηγορίες περιελάμβαναν την καταγραφή 16 συμβατικών Ε/Γ-Ο/Γ σκαφών, 8 ταχύπλοων πλοίων και 79 κρουαζιερόπλοιων. Αμέσως μετά την καταγραφή των πλοίων κρίθηκε απαραίτητο να πραγματοποιηθεί η συγκέντρωση των χαρακτηριστικών που απαιτούνταν για την εφαρμογή του μοντέλου. Αναλυτικά, μερικά από τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για τους υπολογισμούς και συλλέχθηκαν, ήταν:

- Η Ολική Χωρητικότητα του Πλοίου,
- Το Ωφέλιμο Φορτίο Του Πλοίου,
- Το Έτος Κατασκευής της Προωστηρίου Εγκατάστασης,
- Η Ονομαστική Εγκατεστημένη Ισχύς (MCR) για Κάθε μια από τις Κύριες Μηχανές,
- Η Ονομαστική Ταχύτητα του Πλοίου και
- Ο Μέγιστος Αριθμός Επιβατών (Βάσει των Κανονισμών)

Στην προσπάθεια για συγκέντρωση των στοιχείων αυτών, συμμετείχαν κατά κύριο λόγο βάσεις δεδομένων όπως οι IHS Ship-Register, IHS Sea-Web, Ex-tremis και Equasis. Απαραίτητες ήταν και οι αναφορές στο διαδίκτυο που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ πολύ χρήσιμες αποδείχθηκαν και οι απευθείας επαφές με πλοιοκτήτριες και διαχειρίστριες εταιρείες, που είχαν ως σκοπό τη εύρεση λεπτομερών στοιχείων σε περιπτώσεις που οι βάσεις δεδομένων αποδεικνύονταν ανεπαρκείς.

4.3.3 Πορείες των Πλοίων στον Όρμο της Σαντορίνης

Με τον όρο «όρμος της Σαντορίνης», στη συγκεκριμένη μελέτη εννοείται ο ευρύτερος φυσικός όρμος που σχηματίζεται στο νησί από την Οία (Βόρεια) μέχρι το Ακρωτήρι (Νότια) και από τα Φηρά (Ανατολικά), μέχρι και το νησί της Θηρασίας (Δυτικά). Στην πραγματικότητα εντός του όρμου αυτού, υπάρχουν μικρότεροι όρμοι όπως αυτός των Φηρών, του Αθηνιού, του Μφάλου και του Αρμένη. Ολόκληρος ο όρμος της Σαντορίνης αποτελεί την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. Το σχήμα που ακολουθεί απεικονίζει με τη μορφή χάρτη, την περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε για το νησί.



Σχήμα 4-3

Η περιοχή μελέτης και οι συνήθεις πορείες των πλοίων που προσεγγίζουν το νησί της Σαντορίνης.

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, τα πλοία που προσεγγίζουν το νησί εισέρχονται στον όρμο και εξέρχονται από αυτόν, κατά κύριο λόγο, με δύο τρόπους. Η πρώτη πορεία είναι μέσω της Νοτιοδυτικής εισόδου, ανάμεσα από το Ακρωτήριο και τη νησίδα Ασπρονήσι. Ο δεύτερος τρόπος εισόδου ή εξόδου από τον όρμο είναι από το Βορειοδυτικό πέρασμα ανάμεσα από την Οία και τη νήσο Θηρασία. Στην πραγματικότητα υπάρχει και ένα τρίτο πέρασμα, το οποίο αποτελεί την καθαρά Δυτική είσοδο ανάμεσα στο Ασπρονήσι και τη Θηρασία.

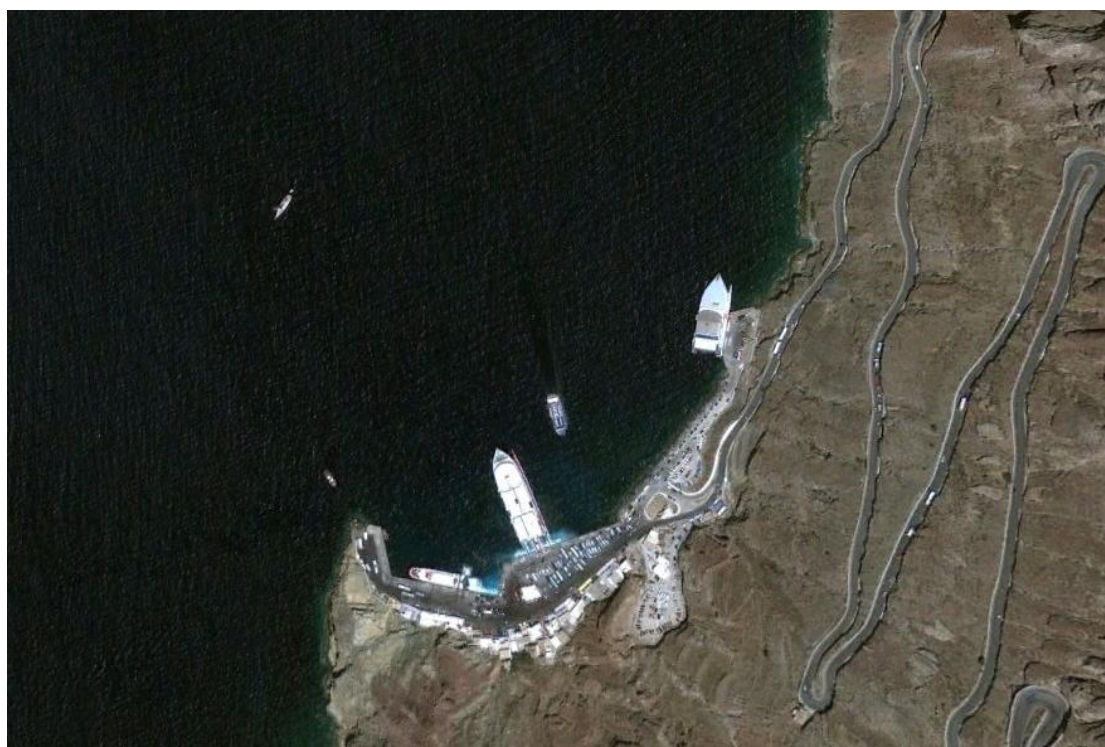
Η παρούσα μελέτη εξετάζει τις αέριες εκπομπές των πλοίων για τα 6 τελευταία μίλια του ταξιδιού τους φθάνοντας στο νησί και για τα 6 πρώτα αποπλέοντας από τη Σαντορίνη. Οι δύο βασικοί τρόποι προσέγγισης του νησιού (παρόμοια συμβαίνει και με τον τρίτο τρόπο), διαμοιράζονται σε τρεις τομείς, τον τομέα 1, 2 και 3. Ο τομέας 1 περιγράφει τα 5 πρώτα μίλια κατά την είσοδο του πλοίου στον όρμο και αντίστοιχα τα 5 τελευταία κατά την εξοδό του από αυτόν. Ο τομέας 2, έχει μήκος 1 ναυτικό μίλι και αφορά (σε αντιστοιχία με τον τομέα 1) το τελευταίο μίλι πριν το λιμάνι, καταπλέοντας και το πρώτο, αποπλέοντας.

Όπως είναι κατανοητό, ο τρίτος και τελευταίος τομέας ταυτίζεται με την περιοχή του λιμένα. Με την έννοια λιμένα στην παρούσα εργασία, αναφέρεται το λιμάνι του Αθηνιού, στην περίπτωση που εξετάζονται ακτοπλοϊκά πλοία, ενώ για τα κρουαζιερόπλοια λιμένα θεωρούμε το παλαιό λιμάνι των Φηρών και τον ευρύτερο όρμο που το περιβάλλει.

4.3.4 Λιμένες και Όρμοι Εντός της Περιοχής Μελέτης

Η σύντομη περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών των λιμένων και των όρμων του νησιού, κρίνεται απαραίτητη, ώστε σε επόμενα στάδια, όπου πραγματοποιείται η παρουσίαση των λειτουργικών προφίλ των πλοίων, να διευκολυνθεί ο αναγνώστης στην κατανόηση των διαδικασιών.

Το Λιμάνι του Αθηνιού αποτελεί το κεντρικό λιμάνι της Σαντορίνης. Είναι το μοναδικό λιμάνι του νησιού που έχει αποβάθρες ικανές να εξυπηρετήσουν την ακτοπλοϊκή (αλλά και εμπορική) διασύνδεση της Σαντορίνης με την υπόλοιπη Ελλάδα. Το λιμάνι βρίσκεται 10 χιλιόμετρα από τα Φηρά και λιγότερο από 2 ναυτικά μίλια από τον όρμο των Φηρών. Η κίνηση του λιμανιού ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες, είναι ιδιαίτερα αυξημένη, με τα πλοία να καταφθάνουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα καθιστώντας το λιμάνι του Αθηνιού ένα από τα πιο πολυσύχναστα λιμάνια της νησιωτικής Ελλάδας. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η διάταξη των προβλητών του λιμένα από δορυφορική λήψη. Στην εικόνα διακρίνονται δύο ταχύπλοα σκάφη πλαγιοδετημένα στη Βόρεια και τη Νοτιοδυτική αποβάθρα καθώς και ένα ταχύπλοο το οποίο έχει πρυμνοδετηθεί.



Εικόνα 4- 1

Δορυφορική άποψη του όρμου του Αθηνιού.

Το παλιό λιμάνι των Φηρών παρουσιάζει επίσης μεγάλη κυκλοφορία εξαιτίας της υψηλής προσέλευσης κρουαζιερόπλοιων στη Σαντορίνη. Τα πλοία κρουαζιέρας παραμένουν στον όρμο των Φηρών από 4 ώρες, μέχρι και παραπάνω από 12 ώρες. Η κατάσταση που επικρατούσε στο νησί το 2007, σε σχέση με την παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο παραδοσιακό λιμάνι των Φηρών, συνοψίζονταν στην ύπαρξη ενός περιορισμένου αριθμού ναυδέτων. Στην εικόνα που ακολουθεί διακρίνονται

καθαρά τα ναύδετα που βρίσκονται διασκορπισμένα κοντά στην ακτή της καλντέρας, ακριβώς κάτω από τα Φηρά.



Εικόνα 4- 2

Γενική άποψη του παραδοσιακού λιμένα των Φηρών καθώς και των ναυδέτων που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από την ακτή.

Τα συγκεκριμένα πλωτά σημεία πρόσδεσης που διακρίνονται στην εικόνα, είναι αρκετά κοντά στην ακτή, με αποτέλεσμα να είναι από δύσκολο έως αδύνατον (ειδικά σε περιπτώσεις που επικρατούν κάποιες συγκεκριμένες κατευθύνσεις ανέμων), για πλοία μεγάλου μήκους να τα χρησιμοποιήσουν. Έτσι στην πραγματικότητα το παραδοσιακό λιμάνι των Φηρών δεν μπορεί να αντιμετωπίζεται ως ένα λειτουργικό λιμάνι για την εξυπηρέτηση κρουαζιερόπλοιων.

4.3.5 Σχέση Υπολογισμού των Αέριων Εκπομπών (Αναλυτικό Μοντέλο)

Η ουσία της παρούσας εργασίας συνοψίζεται στην σχέση υπολογισμού των ποσοτήτων των αέριων εκπομπών. Το μοντέλο έχει συγκεκριμένες εισόδους και ύστερα από υπολογισμούς αποδίδει τις αέριες εκπομπές, ανα πλοίο, ανα προσέγγιση. Με την έννοια προσέγγιση (port call) περιγράφεται διαδοχικά η διαδικασία που περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

1. Είσοδος του πλοίου στην περιοχή μελέτης (η οποία έχει ορισθεί σε προηγούμενο σημείο της ενότητας),
2. Κατάπλους στον όρμο του Αθηνιού για πλοία της ακτοπλοΐας ή στον όρμο των Φηρών για κρουαζιερόπλοια,
3. Παραμονή στο λιμάνι μέχρι την ολοκλήρωση της φορτοεκφόρτωσης, για τα πλοία της ακτοπλοΐας, ή στον όρμο των Φηρών, για τα κρουαζιερόπλοια, μέχρι την ολοκλήρωση της επίσκεψης των επιβατών στο νησί,
4. Απόπλους από το νησί και
5. Διάνυση των τελευταίων μιλίων μέχρι την έξοδο από την περιοχή μελέτης.

Ως συμπέρασμα, το αποτέλεσμα της σχέσης που χρησιμοποιείται δίνει ως έξοδο, την ποσότητα των εκπομπών ενός πλοίου που εκτελεί την ανωτέρω διαδικασία μία φορά. Η σχέση εφαρμόστηκε ξεχωριστά για τα 17 συμβατικά πλοία, 8 ταχύπλοα και 76 κρουαζιερόπλοια. Η σχέση υπολογισμού βασίζεται σε παράγοντες, όπως η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης του πλοίου, η ηλικία της κύριας μηχανής, το ποσοστό του φορτίου του σύμφωνα με τη φάση λειτουργίας, η ταχύτητα του πλοίου και άλλα σημαντικά στοιχεία.

Βάση για την διαμόρφωση της σχέσης υπολογισμού στην παρούσα εργασία, αποτέλεσε η προσέγγιση της μελέτης «Corbett, J. J. and Koehler, 2003» (5). Η σχέση που χρησιμοποίησαν οι δύο συγγραφείς προσαρμόστηκε κατάλληλα επάνω στις απαιτήσεις της τοπικής προσέγγισης που επιχειρείται για το νησί της Σαντορίνης. Για τις ανάγκες της προσαρμογής της σχέσης, προστέθηκαν νέοι όροι και συντελεστές και άλλαξε η φιλοσοφία εξαγωγής των αποτελεσμάτων. Έτσι, νέοι παράγοντες, όπως η επίδραση του επιπέδου φόρτισης του κινητήρα στις εκπομπές και η ηλικία του πλοίου και της προωστήριας εγκατάστασής του, λαμβάνονταν πια υπόψη για την τελική έκβαση του αποτελέσματος.

Οι συγκεντρωτικές ποσότητες των αέριων εκπομπών παράγονται από τη διορθωμένη ισχύ, πολλαπλασιασμένη με τους διορθωτικούς δείκτες για κάθε χρονική περίοδο, η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη λειτουργική κατάσταση για το πλοίο. Η σχέση υπολογισμών συνοψίζεται στην συνάρτηση που ακολουθεί:

$$EMISS_{(Tonnes)} = \sum \left[P_{Me} \cdot F_{Load} \cdot T_{min} \cdot \left(EF_{Basic(g/kWmin)} \cdot Corr_{Age} \cdot Corr_{\%MCR} \right) \right] \quad (1)$$

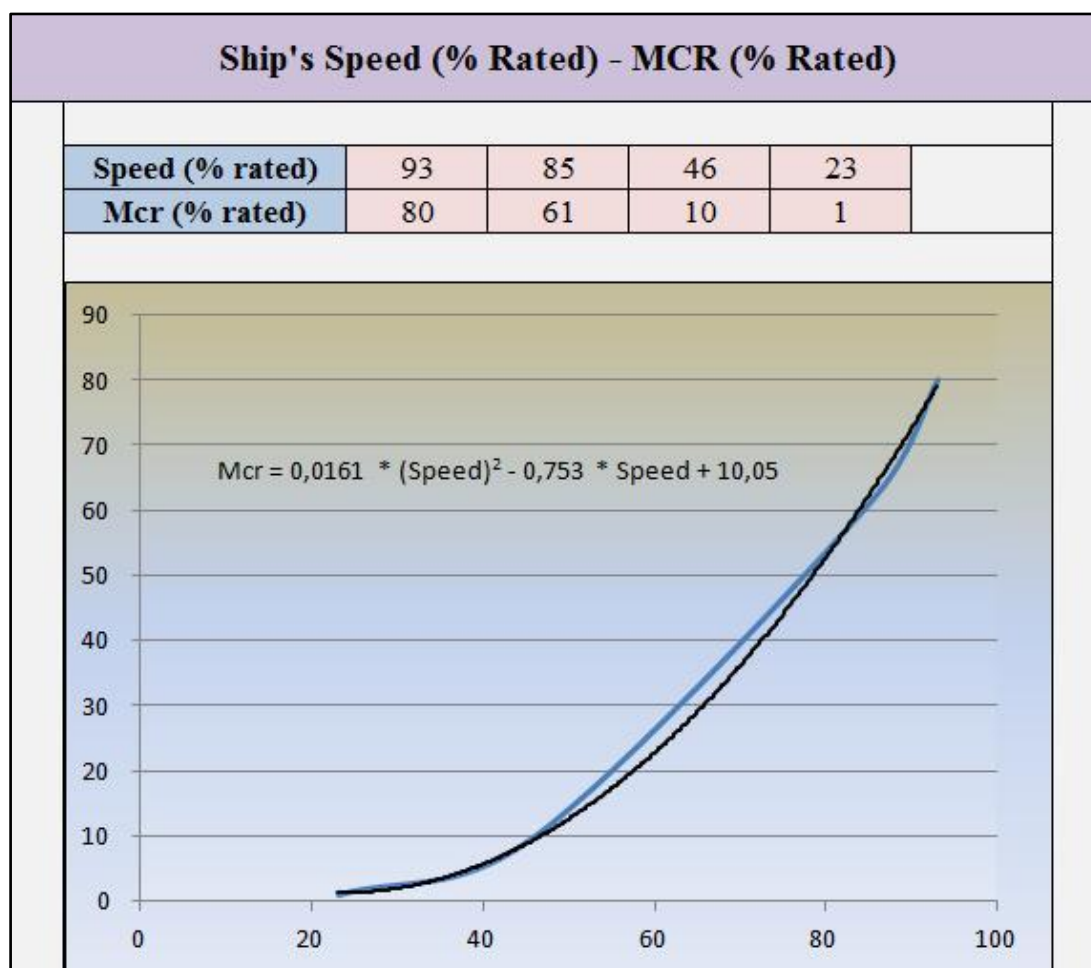
Το άθροισμα που υπάρχει στην αρχή της σχέσης αφορά τις επαναλήψεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν για τις 5 λειτουργικές καταστάσεις που διανύει το πλοίο εντός της περιοχής μελέτης. Οι φάσεις αυτές είναι αναλυτικά δύο κατά τον κατάπλου (Sector 1 & Sector 2), μία στο λιμάνι (Sector) και δύο κατά τον απόπλου (Sector 2 & Sector 1). Οι μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο είναι οι ακόλουθες:

- P_{ME} : Εγκατεστημένη ισχύς των κύριων μηχανών του πλοίου.

Η εγκατεστημένη ισχύς, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ήταν από τα στοιχεία που λήφθηκαν από πηγές, όπως οι IHS Ship-Register, IHS Sea-Web, Extremis και Equasis. Η μονάδα μέτρησης του συγκεκριμένου όρου είναι τα kW.

- $F_{\%Load}$: Συντελεστής φορτίου ανάλογα με την ταχύτητα του σκάφους.

Στο αναλυτικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε, ο συντελεστής φορτίου ήταν άμεσα συνδεδεμένος με την ταχύτητα του σκάφους. Η συσχέτιση αυτή επετεύχθη με τη βοήθεια των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ευαισθησίας που είχαν πραγματοποιήσει οι Corbett και Koehler στην μελέτη τους. Έτσι με στοιχεία από έναν πίνακα που είχαν παραθέσει, κατασκευάστηκε μια εξίσωση, η οποία βοήθησε την παρούσα μελέτη να συνδέσει το ποσοστό της ονομαστικής ταχύτητας με το οποίο ταξιδεύει το πλοίο, με το ποσοστό φόρτισης (MCR) της προωστηρίου εγκατάστασης. Η σχέση που κατασκευάστηκε, καθώς και το διάγραμμα που την απεικονίζει, παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4- 4

Ποσοστιαία σχέση της ονομαστικής ταχύτητας με την εγκατεστημένη ισχύ.

- $T_{(min)}$: Χρόνος λειτουργίας κάτω από συγκεκριμένη φόρτιση.

Όπως περιγράφεται και παραπάνω, η σχέση χρησιμοποιείται πέντε φορές μέχρι να εξαχθεί η συνολική ποσότητα εκπομπών ανά port call, για κάθε πλοίο που εξετάζεται. Μία βασική παραδοχή του μοντέλου είναι ότι το πλοίο εκπέμπει τις ίδιες ποσότητες αέριων εκπομπών κατά τον απόπλου και τον κατάπλου. Αυτό σημαίνει ότι το πλοίο στον Sector 1 εκπέμπει ακριβώς τις ίδιες ποσότητες αερίων κατά την φορά εισόδου όπως και κατά την φορά εξόδου από την περιοχή μελέτης. Η παραδοχή αυτή κρίθηκε απαραίτητη σύμφωνα με την ποιότητα των δεδομένων που υπήρχαν προς επεξεργασία.

Σαν αποτέλεσμα των ανωτέρω, για την έκβαση αποτελέσματος είναι πολύ σημαντικό να είναι γνωστοί τρεις σημαντικοί χρόνοι:

- $T_{Sector1}$: Χρόνος που απαιτείται μέχρι το πλοίο να διανύσει τα 5 μίλια του Sector 1.
- $T_{Sector2}$: Χρόνος που απαιτείται μέχρι το πλοίο να διανύσει το 1 μίλι του Sector 2.
- $T_{Sector3}$: Χρόνος παραμονής του πλοίου στο νησί.

Οι χρόνοι $T_{Sector1}$ και $T_{Sector2}$, υπολογίζονται διαιρώντας την διανυόμενη απόσταση (5 μίλια και 1 μίλι αντίστοιχα), με την ταχύτητα ($V_{Sector1}$ και $V_{Sector2}$ αντίστοιχα) του πλοίου. Οι ταχύτητες των πλοίων υπολογίστηκαν βάσει της ονομαστικής ταχύτητας των πλοίων, για κάθε πλοίο ξεχωριστά. Παρατηρώντας τις προσεγγίσεις των πλοίων από το AIS, αλλά και ύστερα από μελέτη άλλων ερευνών, για την συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκαν οι ταχύτητα $V_{Sector1}$, να αντιπροσωπεύει το 93 % της ονομαστικής ταχύτητας του πλοίου και η ταχύτητα $V_{Sector2}$ το 50 % της ονομαστικής ταχύτητας του πλοίου. Με έλεγχο αρκετών παραδειγμάτων επιβεβαιώθηκε ότι οι χρόνοι που υπολογίζονταν, είχαν αρκετά καλή ακρίβεια σε σχέση με τους πραγματικούς που μετρήθηκαν από το AIS, αλλά και επί τόπου. Ο χρόνος $T_{Sector3}$, ήταν γνωστός από τα στοιχεία που ήταν καταγεγραμμένα στα βιβλία απόπλου/κατάπλου του Λιμεναρχείου Θήρας.

- EF_{Basic} : Ειδικός συντελεστής αέριων εκπομπών.

Οι ειδικοί συντελεστές αέριων εκπομπών (EF_{Basic}), έχουν εξαχθεί από πολυετή στατιστικά στοιχεία της βάσης δεδομένων Ex-tremis (6). Η συγκεκριμένη βάση παρείχε τους ειδικούς συντελεστές αέριων εκπομπών, οι οποίοι είχαν εξαχθεί συγκεκριμένα για τις Ελληνικές θάλασσες και τα πλοία που έπλεαν σε αυτές το 2007, βασιζόμενη σε χαρακτηριστικά όπως τα καύσιμα, τον τύπο και έτος κατασκευής κύριων μηχανών και άλλα. Ο πίνακας που ακολουθεί περιέχει τις τιμές για τις τέσσερις εκπομπές που εξετάζονται.

Πίνακας 4- 1

Ειδικοί συντελεστές εκπομπών από τα πλοία για την Ελλάδα το έτος 2007 (Ex-tremis).

EF_{Basic} (g/kWh)	
CO ₂	581.014
SO ₂	10.069
NO _x	14.803
PM	1.223

- **Corr_{Age}**: Συντελεστής διόρθωσης αερίων εκπομπών σύμφωνα με την ηλικία της κύριας μηχανής.

Οι συγκεκριμένοι συντελεστές αφορούν τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x) και αιωρούμενων σωματιδίων (PM), τις οποίες διορθώνουν, ανάλογα με την ηλικία των κύριων μηχανών κάθε πλοίου. Οι τιμές τους πηγάζουν από την μελέτη από την οποία αντλήθηκαν και οι βασικοί συντελεστές εκπομπών (πριν τη διόρθωση). Ο παρακάτω πίνακας αποτελεί απόσπασμα από τους ένθετους πίνακες της μελέτης.

Πίνακας 4- 2

Συντελεστές διόρθωσης αερίων εκπομπών σύμφωνα με την ηλικία της προωστηρίου εγκατάστασης του πλοίου.

Age	Heavy fuel oil			
	VOC	CO	NO_x	PM
< 1974	1,00	1,00	1,00	1,00
1975 – 1979	1,00	1,00	1,17	1,00
1980 – 1984	1,00	1,00	1,25	1,00
1985 - 1989	1,00	0,83	1,33	1,00
1990 – 1994	0,83	0,67	1,17	1,00
1995 – 1999	0,67	0,67	0,92	0,88
> 2000	0,50	0,67	1,21	0,88

Με τη βοήθεια των παραπάνω τιμών, έγινε εφικτό στην παρούσα εργασία, να συνδεθούν άμεσα οι εκπομπές με την ηλικία της προωστηρίου εγκατάστασης, η οποία τις περισσότερες φορές ταυτίζεται και με τη ηλικία του πλοίου, ιδιαίτερα για τα σύγχρονα κρουαζιερόπλοια που εξετάζονται από το μοντέλο.

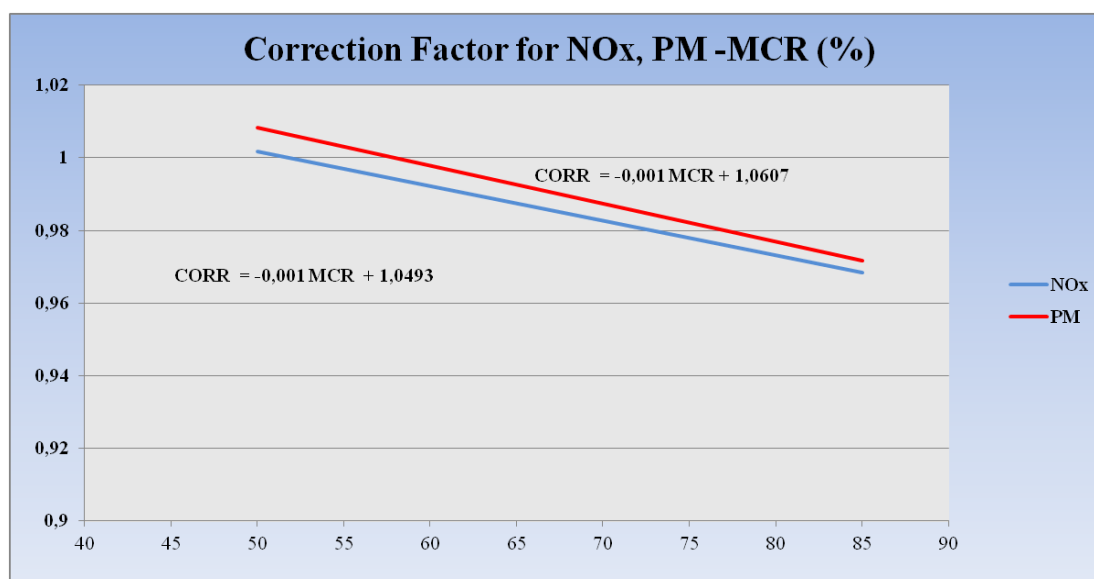
- **Corr_{%MCR}**: Συντελεστής διόρθωσης αερίων εκπομπών σύμφωνα με το φορτίο της κύριας μηχανής

Ο τελευταίος αυτός διορθωτικός συντελεστής συμμετέχει στην ακριβή απόδοση των αποτελεσμάτων των εκπομπών NO_x και PM, αφού συνδέει το επίπεδο φόρτισης των κύριων μηχανών με τις αυξομειώσεις στην έκλυσή τους. Ο πίνακας και το σχήμα που ακολουθούν περιέχουν τις τιμές των συντελεστών διόρθωσης (σε σχέση με το ποσοστό του MCR), αλλά και την καμπύλη που τις περιγράφει (που κατασκευάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης).

Πίνακας 4- 3

Συντελεστής διόρθωσης αερίων εκπομπών σύμφωνα με το επίπεδο φόρτισης της προωστήριου εγκατάστασης του πλοίου.

% of MCR	NO _x	PM
85	0,97	0,97
80	0,97	0,98
75	0,98	0,98
70	0,98	0,99
65	0,99	0,99
60	0,99	1,00
55	1,00	1,00
50	1,00	1,01
45	1,01	1,01
40	1,02	1,03
35	1,03	1,05
30	1,04	1,08
25	1,06	1,12
20	1,10	1,19
15	1,17	1,32
10	1,34	1,63
0	0,00	0,00



Σχήμα 4- 5

Καμπύλες εξισώσεων των συντελεστών διόρθωσης των αερίων εκπομπών, σύμφωνα με το επίπεδο φόρτισης των κινητήρων του πλοίου.

Μετά την περιγραφή του τρόπου συγκέντρωσης όλων των στοιχείων των πλοίων και την πλήρη περιγραφή του τρόπου εφαρμογής του αναλυτικού μοντέλου, καθώς και των όρων που το συνθέτουν, το επόμενο βήμα είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αποτελεί και τον σκοπό της παρούσας εργασίας. Η παρουσίαση γίνεται σε επόμενα κεφάλαια και ξεκινάει με τις εκπομπές των ταχύπλοων και συμβατικών πλοίων της ακτοπλοΐας, ενώ η συνέχεια δίνεται, με την παρουσίαση των εκπομπών για τα πλοία κρουαζιέρας που επισκέφτηκαν το νησί της Σαντορίνης το 2007.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ ΤΗΣ ΑΚΤΟΠΛΟΙΑΣ

5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αφιερώνεται, κυρίως, στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για τα πλοία της ακτοπλοΐας, με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των κρουαζιερόπλοιων, να ακολουθούν στο επόμενο κεφάλαιο. Η βασική διάκριση ανάμεσα στα πλοία της ακτοπλοΐας, γίνεται με βάση την ονομαστική τους ταχύτητα. Πιο συγκεκριμένα, τα πλοία χωρίζονται σε συμβατικά πλοία και σε ταχύπλοα. Τα συμβατικά πλοία, κατά κανόνα, είναι Ε/Γ-Ο/Γ, σε αντίθεση με τα ταχύπλοα, τα οποία δεν έχουν όλα τη δυνατότητα να μεταφέρουν οχήματα.

Οι δύο αυτές κατηγορίες εμφανίζουν αρκετές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους, ως προς τις αέριες εκπομπές που εκλύουν, αλλά κυρίως ως προς κάποιους πολύ συγκεκριμένους δείκτες που υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται. Η ανάπτυξη των δεικτών κρίθηκε απαραίτητη, μιας και έθεταν τις απόλυτες τιμές των εκπομπών σε μία νέα βάση. Έτσι τα στοιχεία που αποτελούσαν τους διαιρέτες των εκπομπών για την εξαγωγή των δεικτών (DWT, GT και Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς), απέδιδαν μιας μορφής «δικαιοσύνη» στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Ο αναγνώστης θα μπορεί πλέον να βάλει πρόσθετα στοιχεία στο συλλογισμό του, πριν χαρακτηρίσει ένα πλοίο φιλικότερο προς το περιβάλλον σε σχέση με κάποιο άλλο, ή το αντίθετο.

Στον βασικό κορμό του, το κεφάλαιο ξεκινάει με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για συμβατικά πλοία, για κάθε προσέγγιση που πραγματοποιούσαν στο νησί της Σαντορίνης το 2007. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της παρουσίασης των απόλυτων τιμών των εκπομπών, ακολουθούν οι δείκτες που προαναφέρθηκαν. Πρώτος δείκτης είναι αυτός που διαιρεί τις εκπομπές με το DWT του κάθε πλοίου, εξάγοντας τον δείκτη ο οποίος περιγράφει το ποσό των εκπομπών που αντιστοιχεί σε κάθε τόνο DWT, του πλοίου που βρίσκεται υπό μελέτη. Αντίστοιχα υπολογίζονται και οι άλλοι δύο δείκτες για το GT και τη συνολική ισχύ των προωστήριων εγκαταστάσεων.

Σε παρόμοια πλαίσια κινείται και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ταχύπλοων πλοίων ευνοώντας έτσι τη διαδικασία της σύγκρισης των αποτελεσμάτων που έχουν αποτυπωθεί σε ίδιας μορφής διαγράμματα. Η σύγκριση αυτή κορυφώνεται με την ενότητα που έπεται αυτής με τα αποτελέσματα των ταχύπλοων. Αναλυτικότερα στη συγκεκριμένη ενότητα, οι δείκτες που εξήχθησαν από τις προηγούμενες δύο, έρχονται σε ευθεία σύγκριση, δίνοντας μια σαφή εικόνα για την σχέση ενεργειακής αποδοτικότητας που έχουν τα ταχύπλοα και τα συμβατικά πλοία μεταξύ τους.

Η τελευταία ενότητα του κεφαλαίου πραγματοποιεί δύο πολύ σημαντικές διεργασίες. Σε πρώτο στάδιο γίνεται μια επεξεργασία των στοιχείων θαλάσσιας κυκλοφορίας του νησιού και των αποτελεσμάτων του αναλυτικού μοντέλου της παρούσας εργασίας για τις εκπομπές ανά προσέγγιση. Ο συνδυασμός των δύο αυτών κατηγοριών δεδομένων, οδηγεί σε συνολικές ποσότητες, οι οποίες υπολογίστηκαν, για τρεις χαρακτηριστικούς μήνες του νησιού μέσα στο χρόνο. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται, οι συνολικές αέριες εκπομπές τους μήνες Ιανουάριο (Χαμηλή Περίοδος), Ιούνιο (Μέση Περίοδος) και Αύγουστο (Υψηλή Περίοδος).

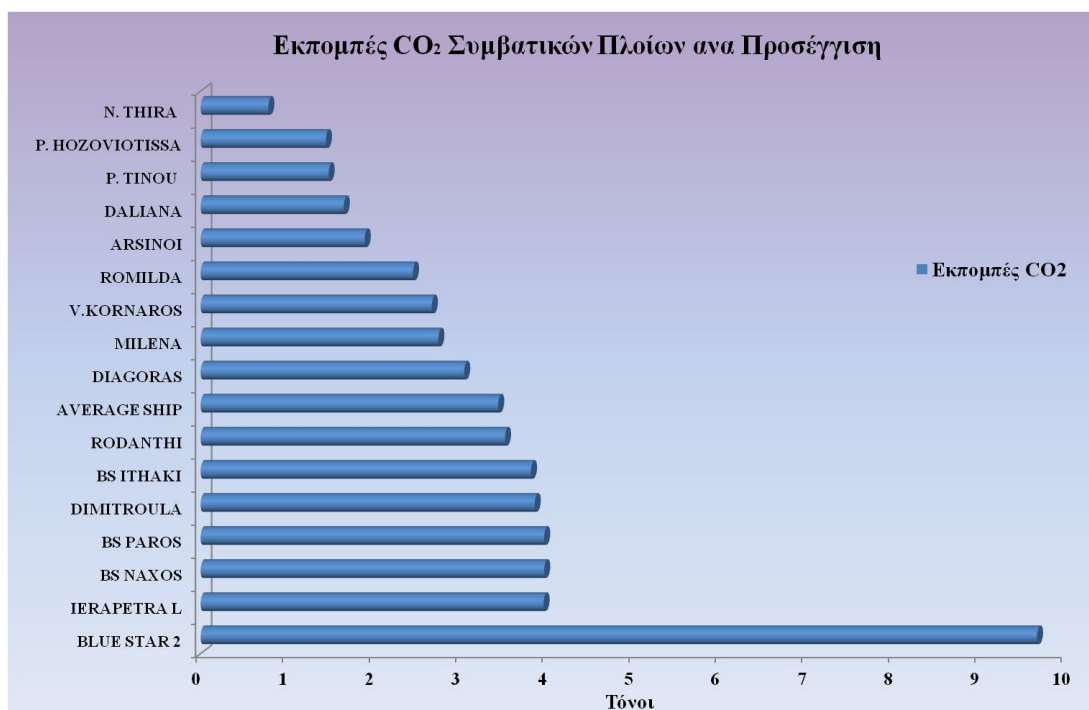
Το δεύτερο στάδιο της ενότητας αυτής είχε ως σκοπό, για τους ίδιους μήνες να υπολογισθεί ο δείκτης των αέριων εκπομπών ανά επιβάτη ανά διανυόμενο ναυτικό

μίλι. Με τις έννοιες «επιβάτη» και «μίλι» περιγράφονται, κάθε επιβάτης που διακινήθηκε στο νησί και κάθε μίλι που διανύθηκε εντός της περιοχής μελέτης και των χρονικών ορίων του μήνα που εξετάζεται.

5.2 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του Μοντέλου για Συμβατικά Πλοία

5.2.1 Αέριες Εκπομπές ανα Πλοίο ανα Προσέγγιση

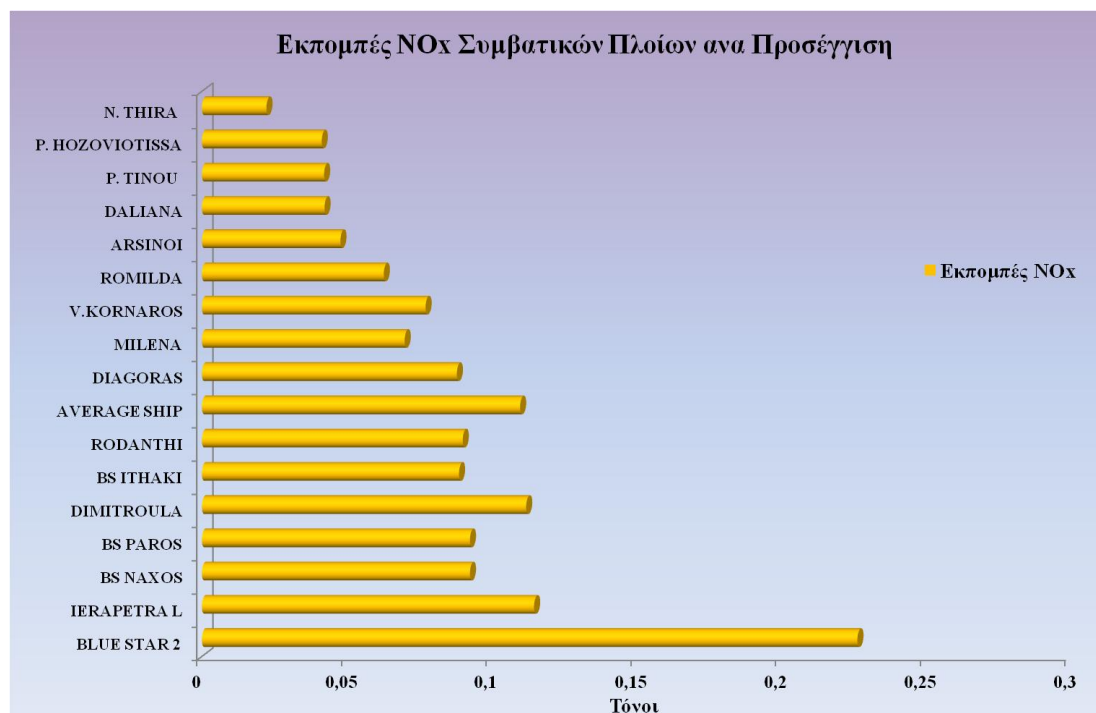
Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων ξεκινά με τα διαγράμματα που απεικονίζουν τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), οξειδίων του αζώτου (NO_x), διοξειδίου του θείου (SO₂) και αιωρούμενων σωματιδίων (PM). Το σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζει τις, ανά προσέγγιση, ποσότητες των εκπομπών CO₂, για κάθε συμβατικό πλοίο που επισκέφτηκε το νησί της Σαντορίνης το 2007.



Σχήμα 5- 1

Εκπομπές CO₂ συμβατικών πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.

Όπως παρατηρείται από το διάγραμμα το πλοίο με τις λιγότερες εκπομπές είναι το *N. THIRA*, το οποίο είναι και το πλοίο με την μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ, (μόλις 1,766 kW). Αντίθετα, το *BLUE STAR 2*, το πλοίο με τις μεγαλύτερες εκπεμπόμενες ποσότητες, είναι και το μεγαλύτερο πλοίο (π.χ. σε χαρακτηριστικά όπως GT, DWT, P_{ME} και L_{BP}), που εξυπηρετεί την ακτοπλοϊκή σύνδεση του νησιού, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 44,480 kW. Παρόμοια συμβαίνει και στα επόμενα σχήματα για NO_x, SO₂ και PM.



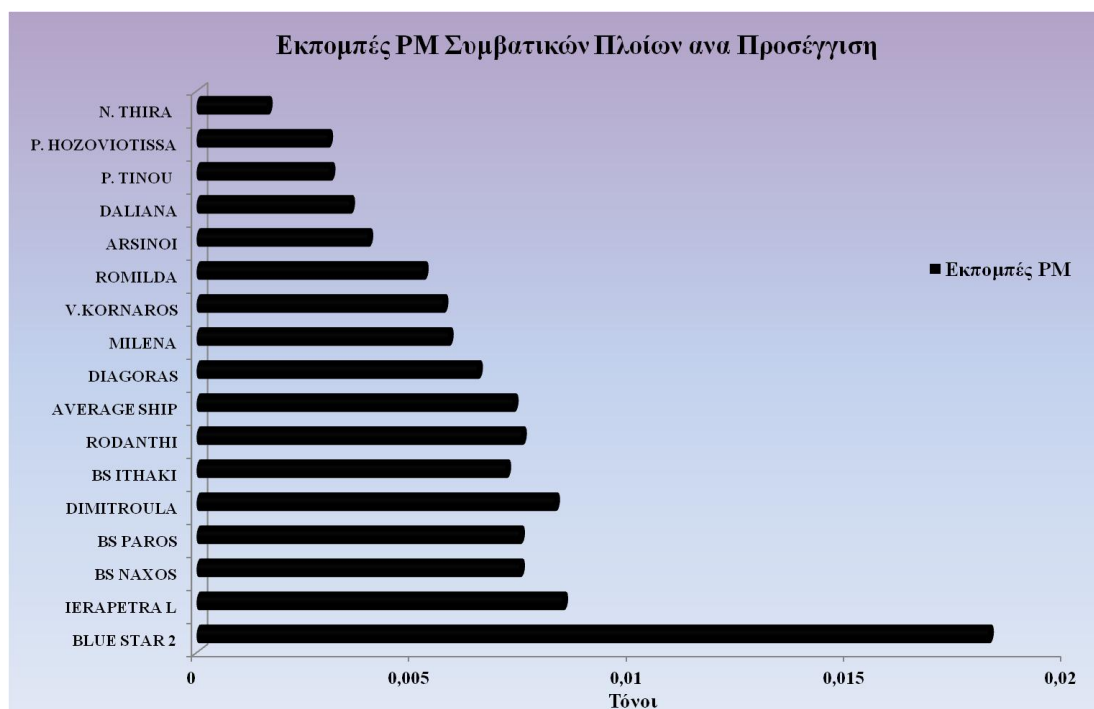
Σχήμα 5- 2

Εκπομπές NO_x συμβατικών πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 5- 3

Εκπομπές SO₂ συμβατικών πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.

**Σχήμα 5- 4**

Εκπομπές PM συμβατικών πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.

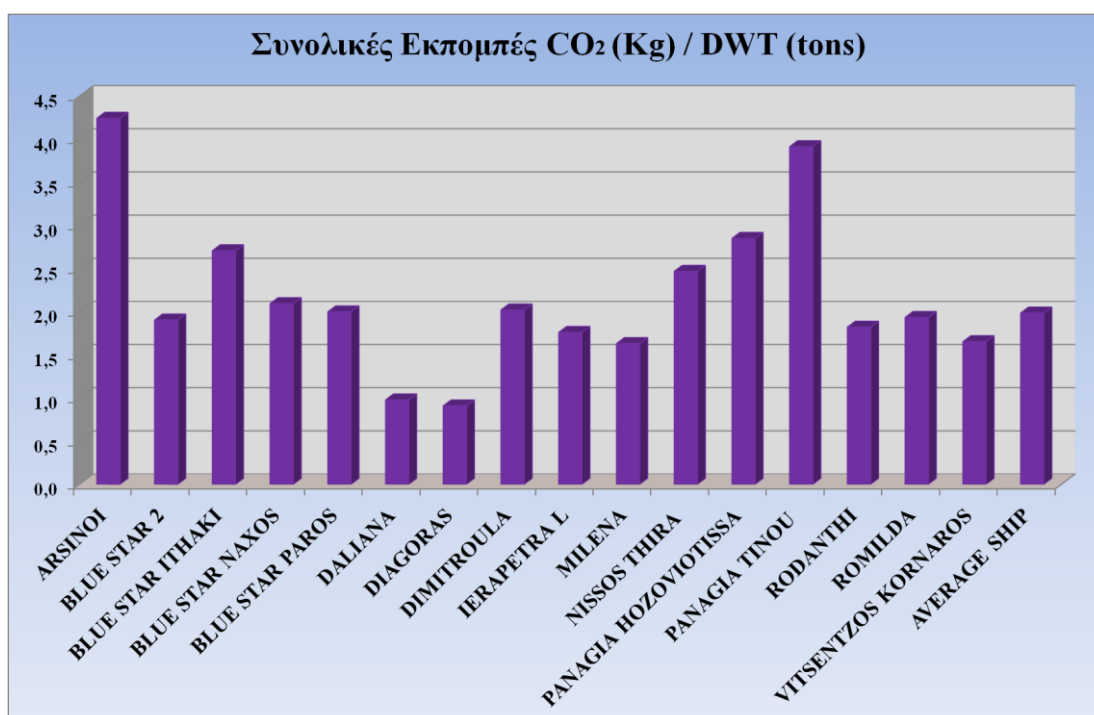
Κατά την κατασκευή των τεσσάρων παραπάνω σχημάτων, η διαδικασία ήταν να ταξινομηθούν τα πλοία κατά αύξουσα σειρά, σύμφωνα με την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και στη συνέχεια να παραμείνουν με τη συγκεκριμένη σειρά στα επόμενα τρία διαγράμματα. Αυτό έγινε, ώστε να γίνεται αντιληπτό πώς διαφοροποιείται η σειρά κατάταξης στις υπόλοιπες εκπομπές. Από τα τρία τελευταία σχήματα γίνεται σαφές, ότι οι εκπομπές SO_2 , είναι οι μοναδικές που ακολουθούν ποσοστιαία τις αντίστοιχες εκπομπές CO_2 . Στον αντίποδα, οι εκπομπές NO_x και PM διαφοροποιούνται, καθώς η τελική τιμή τους «φιλτράρεται», μέσα από διορθωτικούς συντελεστές.

Πιο συγκεκριμένα, στον υπολογισμό των ποσοτήτων των εκπομπών για τα οξείδια του αζώτου αλλά και τα αιωρούμενα σωματίδια, υπεισέρχονταν οι όροι $CO_{IT_{Age}}$ και $CO_{IT_{\%MCR}}$. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της επίδρασης αυτής, είναι το πλοίο *RODANTHI*, το οποίο από την 7^η θέση στην κατάταξη των πλοίων, όσον αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, περνάει στην 4^η θέση ανάμεσα στα πλοία με τις μεγαλύτερες παραγόμενες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί η ύπαρξη στα σχήματα, του πλοίου με το όνομα *AVERAGE SHIP*, το οποίο είναι υποθετικό και επινοήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Το συγκεκριμένο πλοίο συμμετέχει στους υπολογισμούς με χαρακτηριστικά που αποτελούν τους μέσους όρους των τιμών όλων των πλοίων που μελετήθηκαν. Η συμβολή του κρίθηκε σημαντική μιας και δίνει μια εικόνα σχετικά με τα χαρακτηριστικά μιας υποθετικής μέσης περίπτωσης πλοίου που προσέγγιζε το νησί της Σαντορίνης το 2007.

Μεγάλη σημασία δόθηκε και στην επαλήθευση των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης εργασίας με άλλες μελέτες, που επίσης υπολογίζουν αέριες εκπομπές από πλοία. Έτσι, κυρίως με τη βοήθεια του web tool του Εργαστηρίου Θαλασσιών Μεταφορών, της σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, του Ε.Μ.Π., το οποίο προήλθε από την μελέτη «Psaraftis H.N., Kontovas C.A., 2008», έγινε μία προσπάθεια να εξακριβωθεί ότι τα αποτελέσματα ήταν συγκρίσιμα (1). Η απόπειρα αυτή έδειξε ότι το μοντέλο της παρούσας εργασίας ήταν κοντά με τα αποτελέσματα του web tool για Ε/Γ-Ο/Γ πλοία. Παρόμοια σύγκριση έγινε και με άλλες (λιγότερο αναλυτικές) υπολογιστικές εφαρμογές, όπως αυτό της εταιρείας «Harag-Lloyd» και του ειδησεογραφικού διαδικτυακού τόπου της ναυτιλίας, «Sustainable Shipping» τα οποία επίσης επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα (2)(3).

5.2.2 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα DWT

Στη συγκεκριμένη υποενότητα, παρουσιάζονται μερικά πολύ χρήσιμα διαγράμματα που απεικονίζουν σχηματικά μερικούς δείκτες, οι οποίοι έχουν προκύψει από τη διαίρεση των εκπομπών ανά προσέγγιση, με στοιχεία όπως το DWT, το GT και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των κύριων μηχανών. Το επόμενο σχήμα απεικονίζει τον λόγο των αέριων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σε kg, ανά τόνο DWT.

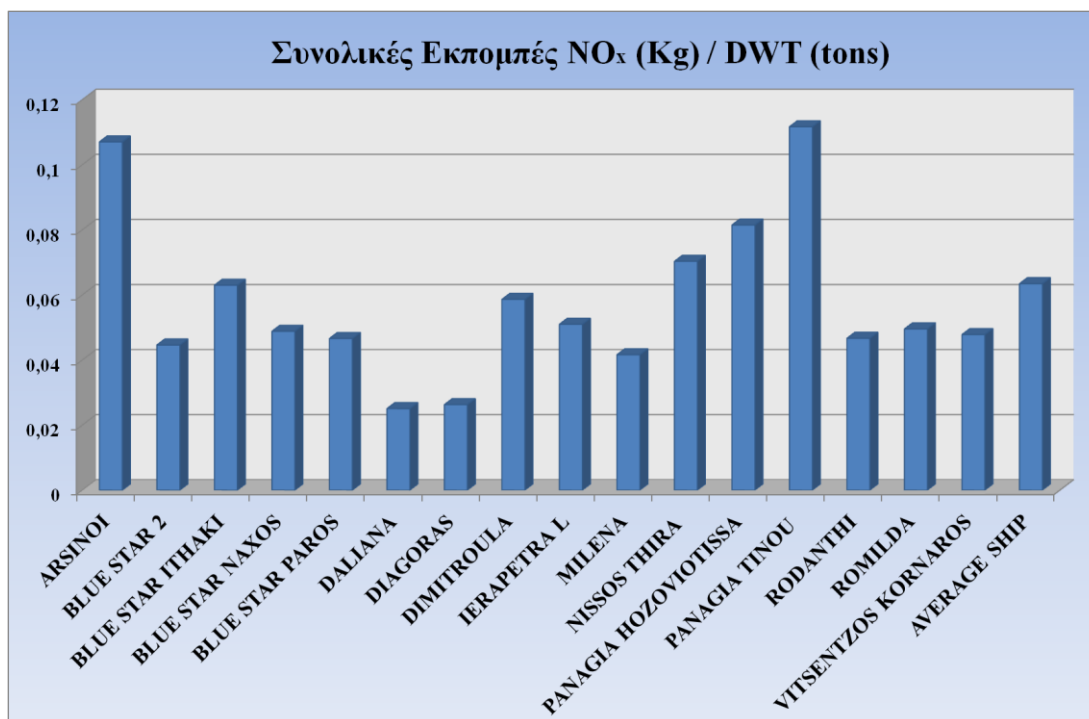


Σχήμα 5- 5

Εκπομπές CO₂ (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.

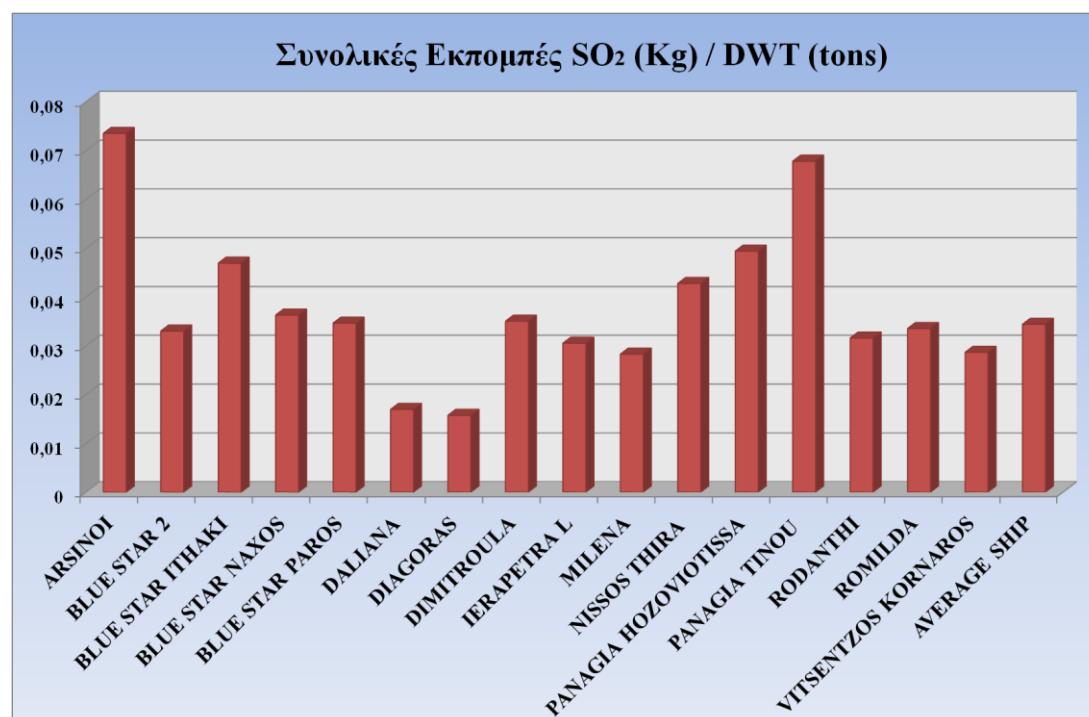
Ύστερα από το παραπάνω σχήμα (αλλά και αυτά που ακολουθούν), η εικόνα σχετικά με την κατάταξη των πλοίων ως προς τις εκπομπές, μοιάζει να αλλάζει. Στο διάγραμμα παρατηρούνται αρκετά μεγάλα πλοία, να εμφανίζουν αρκετά

περιορισμένο λόγω εκπομπών προς τη μεταφορική τους ικανότητα. Στον αντίποδα βρίσκονται μικρότερα πλοία, τα οποία εμφανίζουν αυξημένο δείκτη.



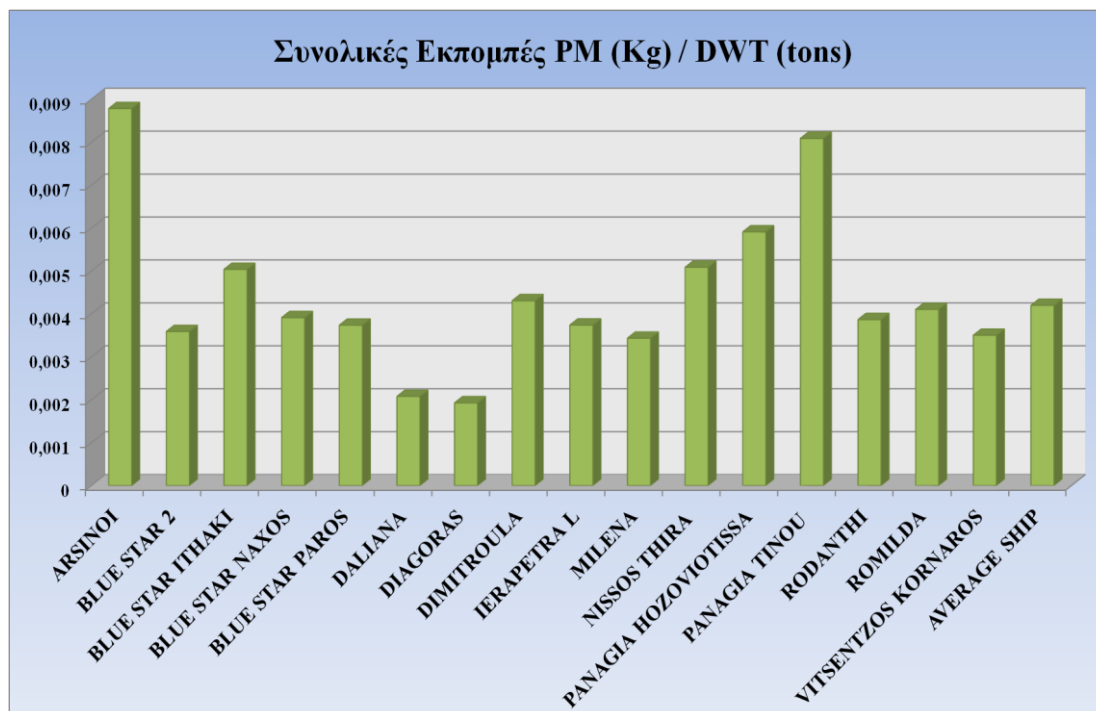
Σχήμα 5- 6

Εκπομπές NO_x (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.



Σχήμα 5- 7

Εκπομπές SO₂ (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.



Σχήμα 5- 8

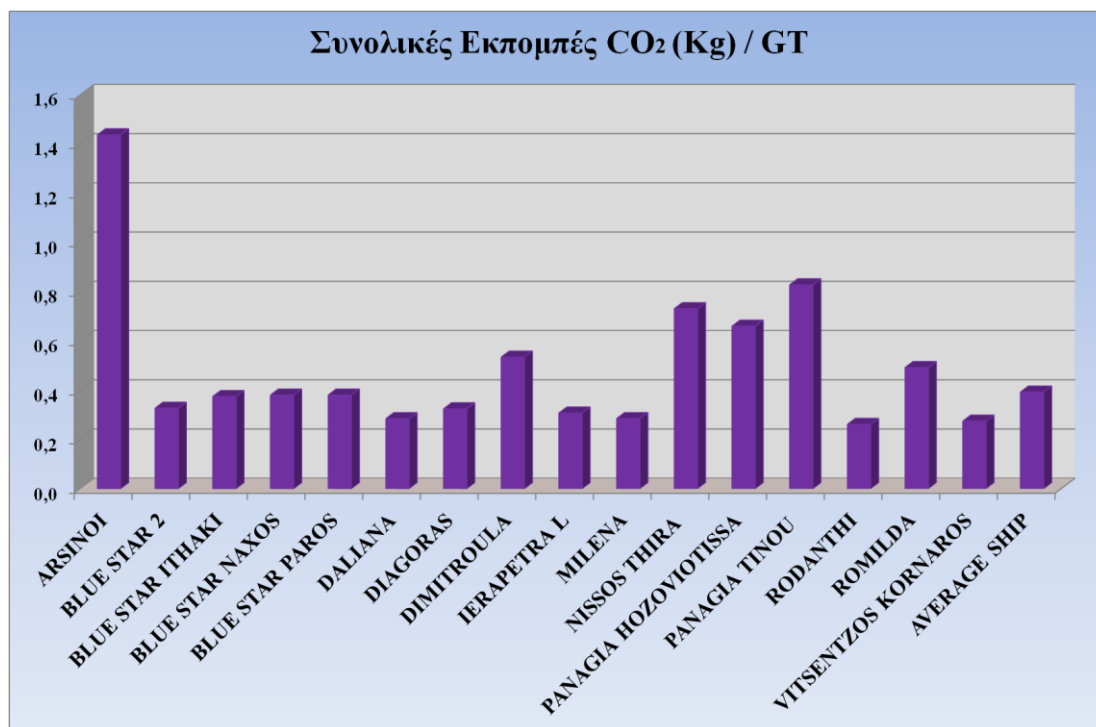
Εκπομπές PM (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.

Εξετάζοντας πλοία, όπως το *BLUE STAR 2* και το *ARSINOI*, είναι προφανές ότι η κατάσταση που περιγράφηκε, δείχνει να επαληθεύεται. Έτσι, το *BLUE STAR 2*, με τις πενταπλάσιες εκπομπές σε σχέση με το *ARSINOI*, παρουσιάζει λιγότερο από τις μισές εκπομπές CO₂ ανά DWT, συγκρινόμενο με αυτό. Η γενικότερη τάση που παρατηρείται από τα διαγράμματα που σχετίζουν τις αέριες εκπομπές των πλοίων με τη μεταφορική τους ικανότητα, είναι να παρουσιάζονται πιο αποδοτικά τα μεγαλύτερα πλοία. Σχετικά συμπεράσματα αντλούνται και από την επόμενη υποενότητα στην οποία εισάγεται η παράμετρος του GT (Gross Tonnage).

5.2.3 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα GT

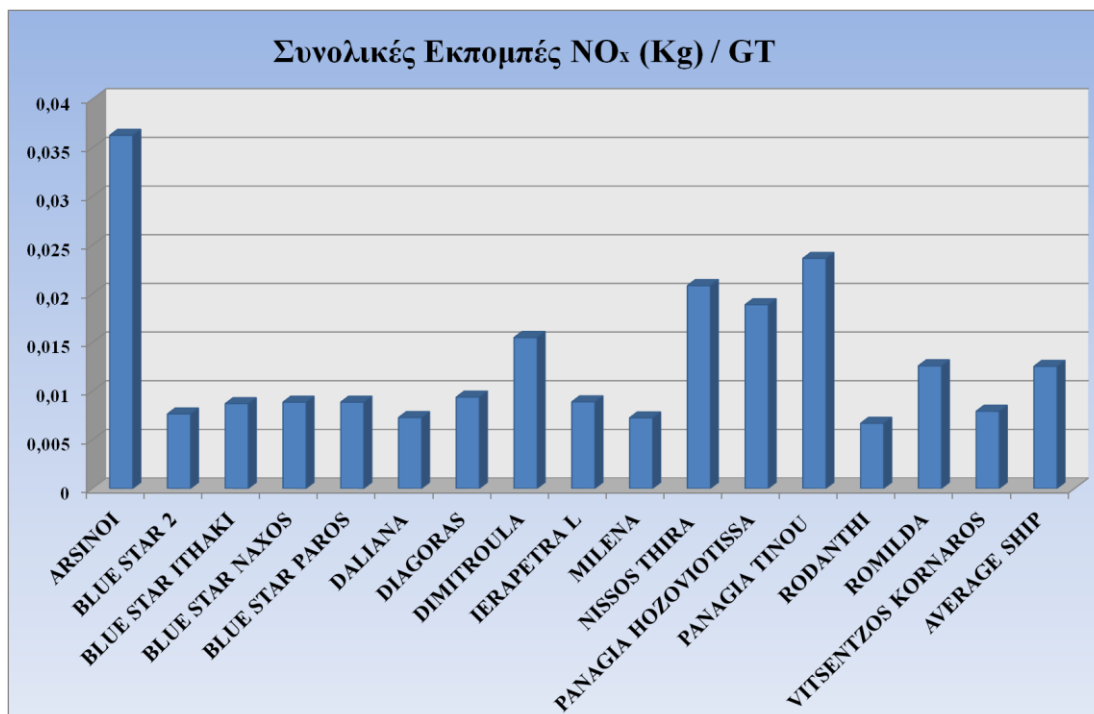
Ο δείκτης που παρουσιάζεται μέσω των παρακάτω σχημάτων, που προέκυψαν από τα αποτελέσματα του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε, έχει μεγάλη σημασία για την κατανόηση της σχέσης των αέριων εκπομπών με το μέγεθος του πλοίου. Πιο συγκεκριμένα στα διαγράμματα που ακολουθούν, οι συγκεντρωτικές εκπομπές των πλοίων ανά προσέγγιση, αφού μετατραπούν από τόνους (που αποδίδει το μοντέλο) σε kg, διαιρούνται με το gross tonnage του εκάστοτε πλοίου. Με αυτόν τον τρόπο παράγεται ένας λόγος ο οποίος σε παρόμοια πορεία με τον προηγούμενο δείκτη (με βάση το DWT), δίνει μια διαφορετική εικόνα σχετικά με την κατάταξη των πλοίων βάσει των εκπομπών τους.

Τα επόμενα σχήματα παρουσιάζουν διαγραμματικά την διαδικασία που περιγράφηκε για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων.



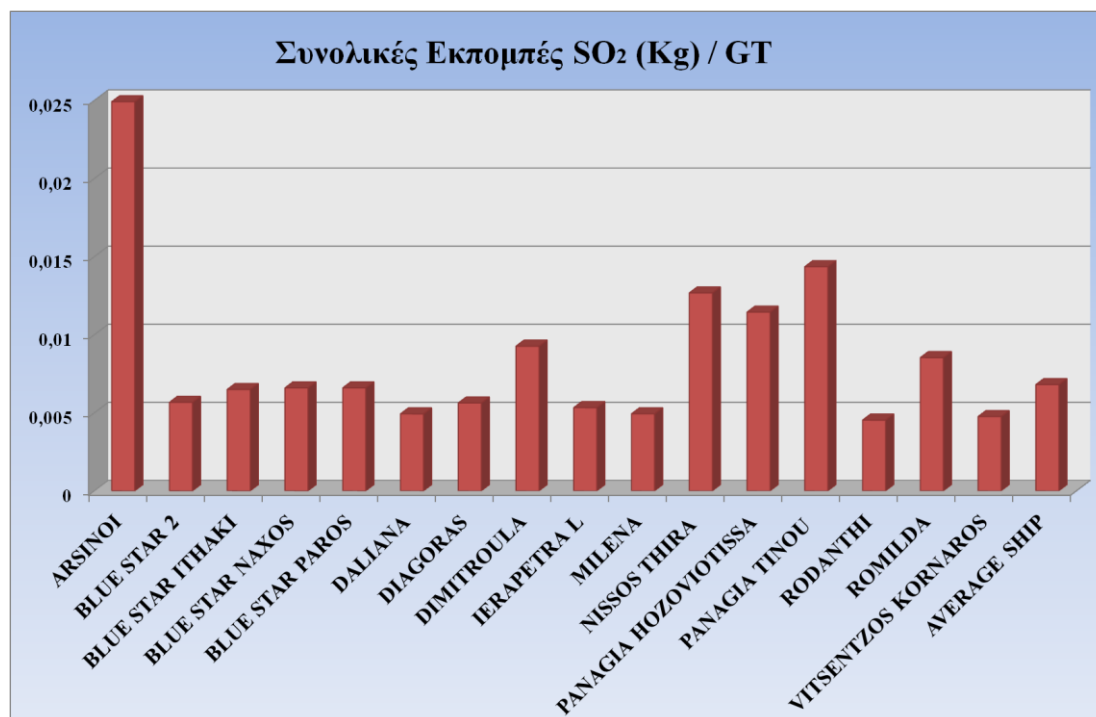
Σχήμα 5- 9

Εκπομπές CO₂ (kg) / GT, ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.

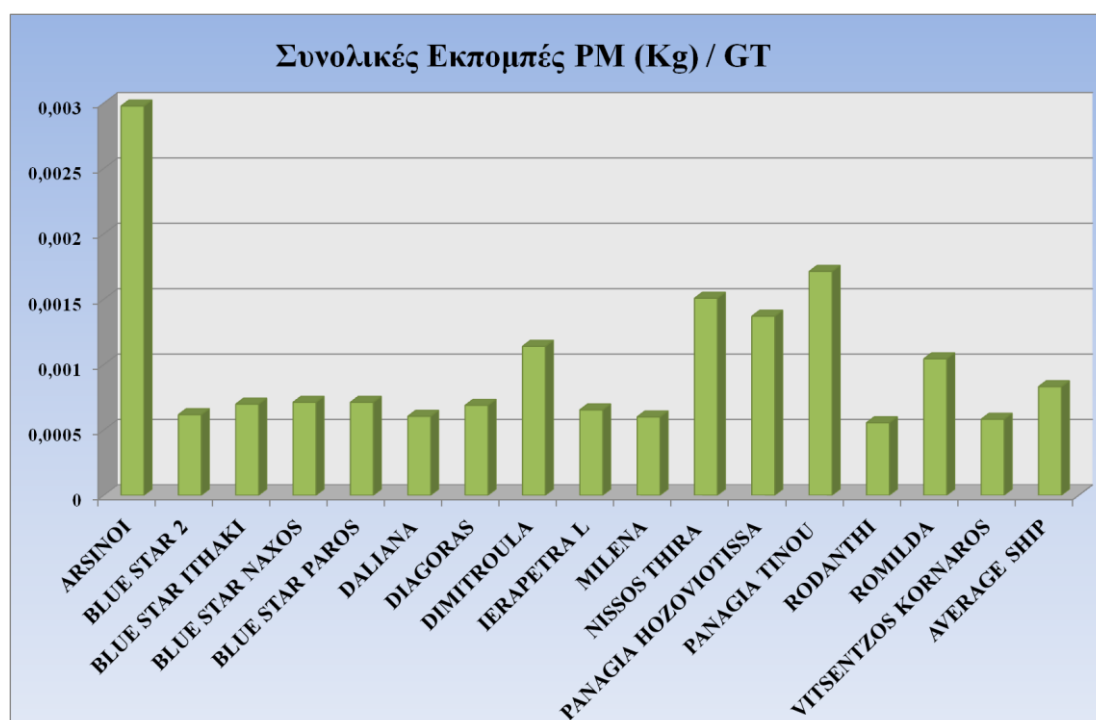


Σχήμα 5- 10

Εκπομπές NO_x (kg) / GT, ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.



Σχήμα 5- 11
Εκπομπές SO₂ (kg) / GT, ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.

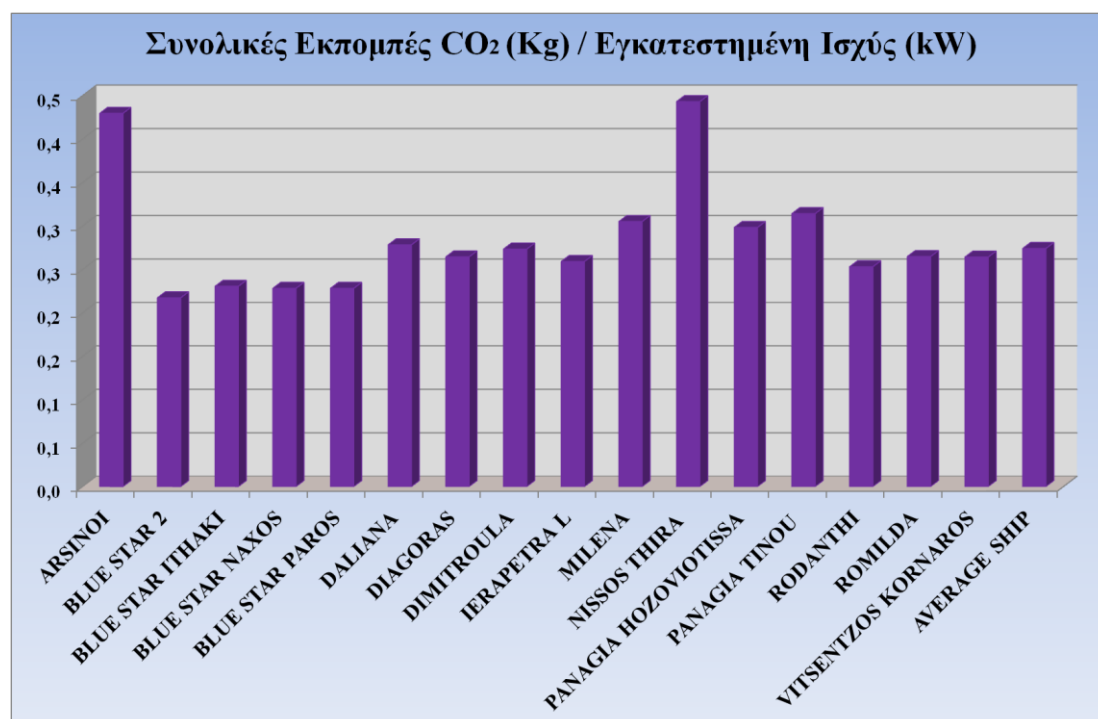


Σχήμα 5- 12
Εκπομπές PM (kg) / GT, ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.

Από τα παραπάνω σχήματα αποδεικνύεται πως η εικόνα αλλάζει σημαντικά με την παράμετρο της ολικής χωρητικότητας να εισάγεται στην εξίσωση. Πιο συγκεκριμένα, τα πλοία *ARSINOI*, *P.TINOY*, *N. THIRA* και *P. HOZOVIOTISSA*, εμφανίζονται ως τα σκάφη με τις μεγαλύτερες τιμές για τον δείκτη αέριες εκπομπές (CO_2 , NO_x , SO_2 και PM) (kg) / GT. Την ίδια στιγμή τα συγκεκριμένα πλοία βρίσκονται στην τελευταία πεντάδα στην κατάταξη των πλοίων με τις περισσότερες εκπομπές ανά προσέγγιση. Χαρακτηριστικό είναι ότι το πλοίο *P.TINOY*, καταλαμβάνει την 13^η θέση, της κατάταξης των πλοίων βάσει του απόλυτου μεγέθους των εκπομπών ανά προσέγγιση, με μόλις 1.48 τόνους CO_2 , να εκλύονται, κάθε φορά που επισκέπτεται το νησί της Σαντορίνης. Τελείως διαφορετική είναι η κατάσταση στο πρώτο από τα σχήματα της υποενότητας με το πλοίο να βρίσκεται 2^ο σε εκπομπές CO_2 , ανά GT, με την τιμή του λόγου να προσεγγίζει τα 0.83 kg διοξειδίου του άνθρακα για κάθε gross registered ton, ανά προσέγγιση στο νησί για το 2007.

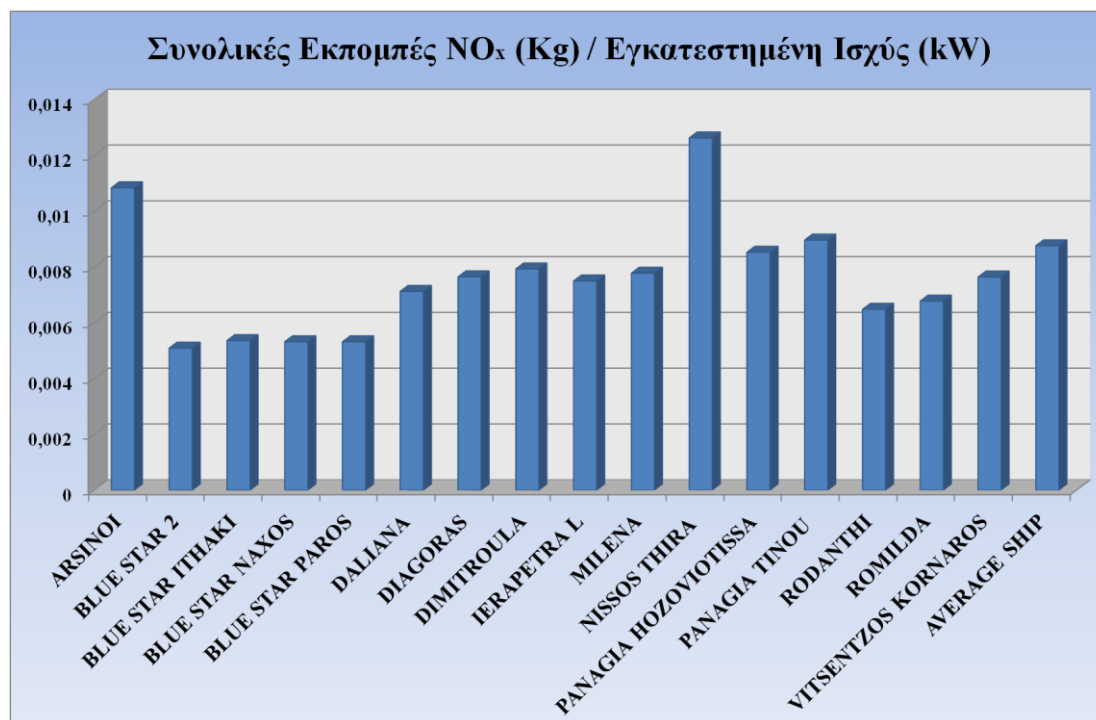
5.2.4 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα kW Εγκατεστημένης Ισχύος

Το μοντέλο του υπολογισμού των αέριων εκπομπών, βασίζεται κατά κύριο λόγο στην εγκατεστημένη ισχύ των πλοίων που εξετάζονται. Όπως γίνεται αντιληπτό και από τη σχέση υπολογισμού, η ισχύς είναι ένας από τους μεγαλύτερους, σε τιμή, όρους της συνάρτησης, ο οποίος καθορίζει, στο μεγαλύτερο ποσοστό, την έκβαση του αποτελέσματος. Σε αυτή τη βάση, κρίθηκε σκόπιμο να κατασκευασθεί ο δείκτης που συγκρίνει τα πλοία μεταξύ τους, βάσει των εκπομπών που παράγουν, σε kg, ανά kW εγκατεστημένης ισχύος τους. Έτσι προέκυψαν τα ακόλουθα τέσσερα σχήματα.



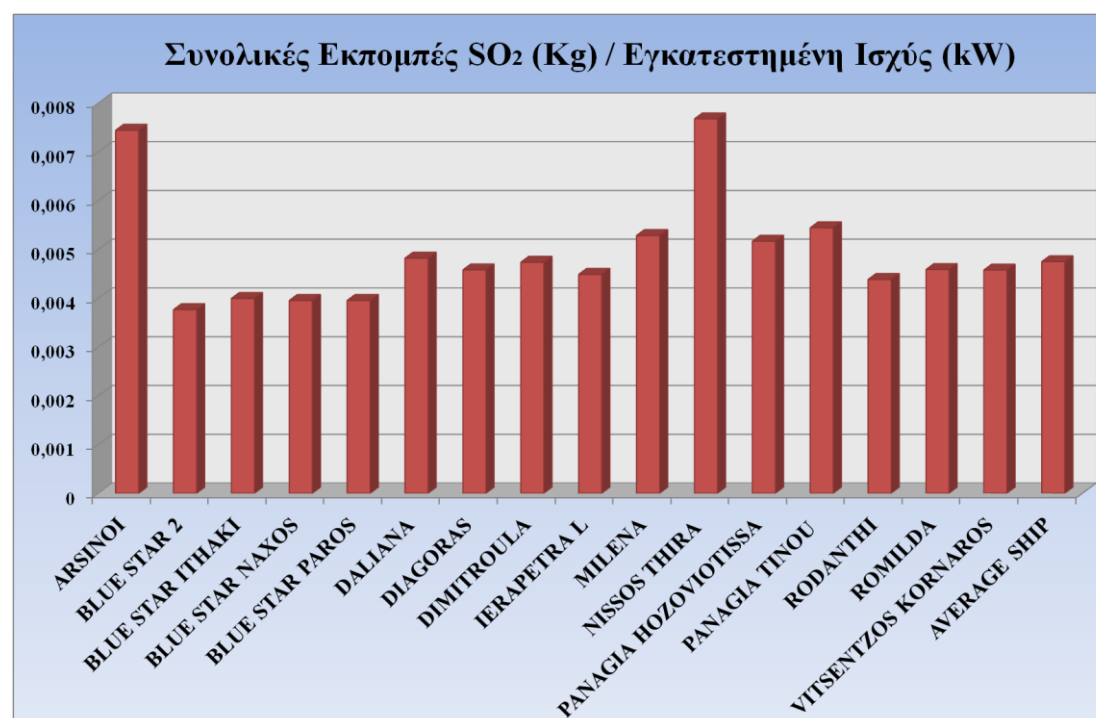
Σχήμα 5- 13

Εκπομπές CO_2 (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.



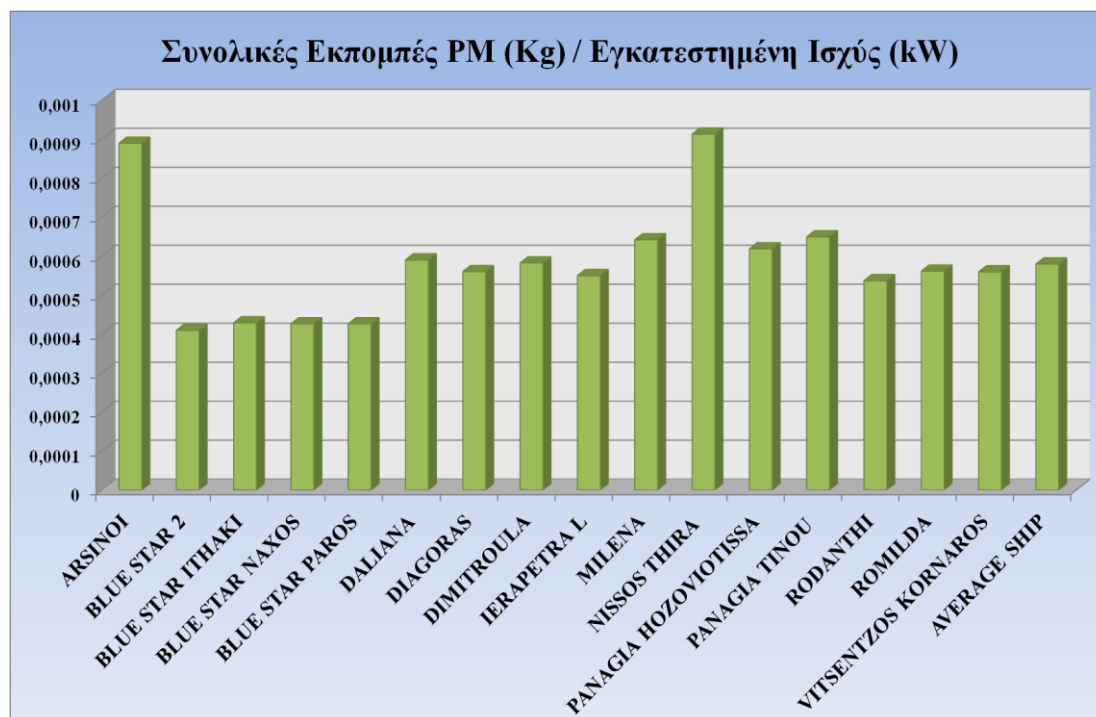
Σχήμα 5- 14

Εκπομπές NO_x (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.



Σχήμα 5- 15

Εκπομπές SO₂ (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.

**Σχήμα 5- 16**

Εκπομπές PM (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για συμβατικά πλοία.

Παρατηρώντας προσεκτικά κάποιος τα διαγράμματα, δεν είναι δύσκολο να προσέξει την επίδραση που έχει η ισχύς στην παραγωγή των αέριων εκπομπών. Ένα πλοίο για το οποίο αξίζει να γίνει αναφορά, είναι το *BLUE STAR 2*. Το πλοίο των 44,480 kW, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος και με τις μεγαλύτερες ποσότητες αέριων εκπομπών ανά προσέγγιση, αποτελεί το πλέον αποδοτικό πλοίο από άποψη αέριων εκπομπών (kg), ανά εγκατεστημένη ισχύ (kW). Χαρακτηριστικό είναι ότι παράγασε μόλις 0.217 kg CO₂ για κάθε kW, ανά προσέγγιση στο νησί. Στον αντίποδα, πλοία που βρίσκονταν σχετικά χαμηλά, στην κατάταξη των εκπομπών ανά προσέγγιση, όπως το *MILENA* και το *DALIANA*, παρουσιάζουν αρκετά αυξημένους λόγους, οι οποίοι λαμβάνουν τιμές της τάξης των 0.305 και 0.278 kg CO₂ για κάθε kW εγκατεστημένης ισχύος.

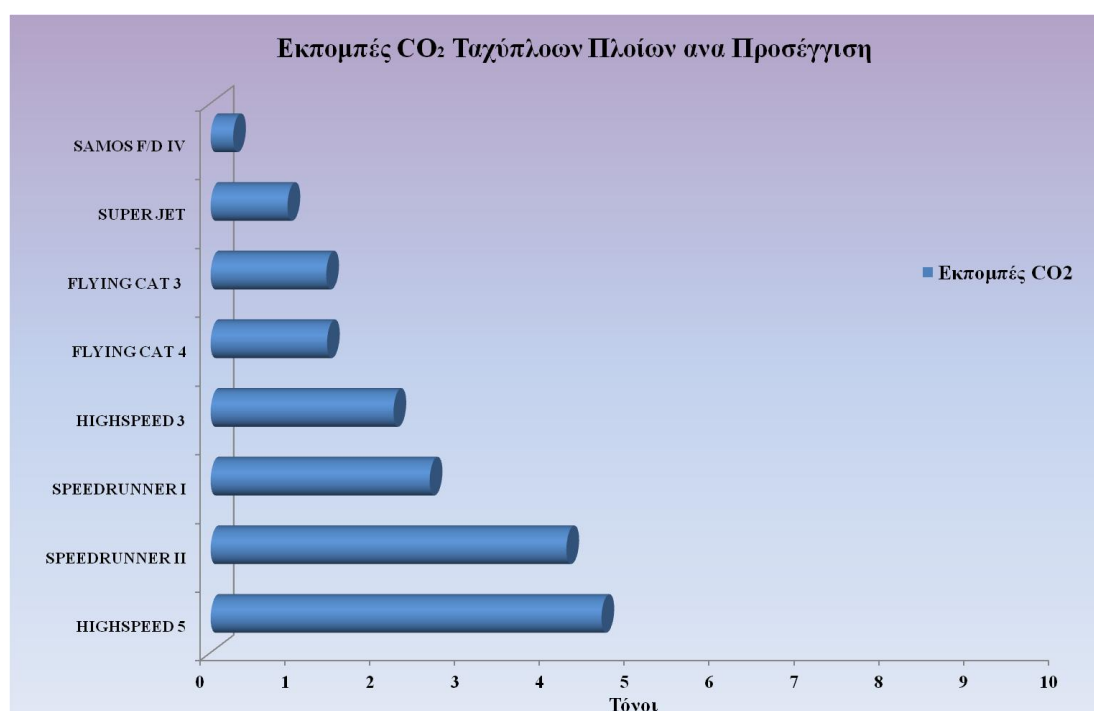
Ένα πολύ ενδιαφέρον χαρακτηριστικό, είναι η εμφάνιση ευδιάκριτων διαφορών ανάμεσα στα διαγράμματα για CO₂, NO_x, SO₂ και PM. Το φαινόμενο είχε παρουσιαστεί και σε προηγούμενους δείκτες (βλέπε DWT και GT) και πηγάζει κυρίως από τον διορθωτικό συντελεστή Corr_{AGE}. Ο συγκεκριμένος συντελεστής, αλλάζει τον βασικό συντελεστή αέριων εκπομπών, επιδρώντας ουσιαστικά στην τελική τιμή τους. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ταχύπλων που προσέγγισαν το νησί το έτος 2007.

5.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Αναλυτικού Μοντέλου για Ταχύπλοα Πλοία

5.3.1 Αέριες Εκπομπές ανα Πλοίο ανα Προσέγγιση

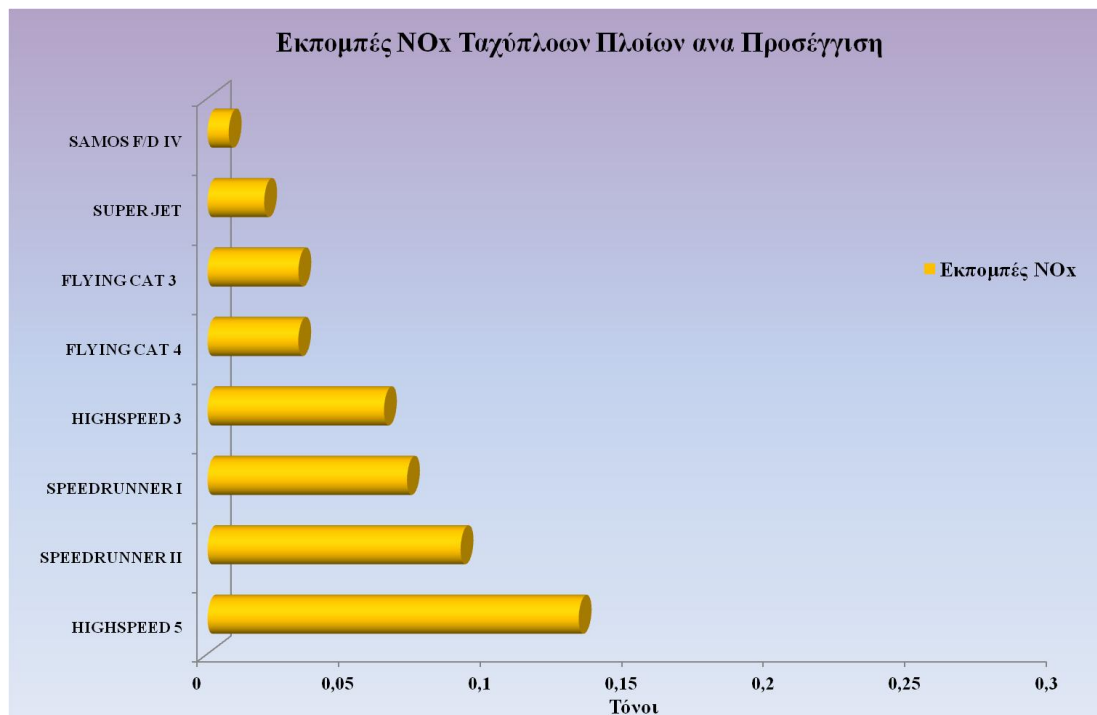
Τα ταχύπλοα πλοία που προσεγγίζουν το νησί, επιτελούν ένα πάρα πολύ σημαντικό έργο, όσον αφορά την μεταφορά επιβατών και εμπορικών προϊόντων, σε πολύ μικρότερους χρόνους από αυτούς των συμβατικών πλοίων της ακτοπλοΐας. Η ταχύτητα που επιτυγχάνεται, έρχεται μαζί με μερικά πολύ σημαντικά κόστη. Μερικά παραδείγματα, μπορεί να είναι, από το αυξημένο κόστος των προωστήριων εγκαταστάσεων, τις αυξημένες τιμές των εισιτηρίων, την περιορισμένη μεταφορική ικανότητα, το μεγάλο αρχικό κόστος του πλοίου, μέχρι και το αυξημένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το τελευταίο κόστος είναι και αυτό που ενδιαφέρει την παρούσα εργασία, η οποία μαζί με τις υπόλοιπες κατηγορίες πλοίων, συμπεριέλαβε και τα ταχύπλοα με σκοπό να προσδώσει μια σαφή εικόνα για τις εκπομπές που παράγουν, δραστηριοποιούμενα στον όρμο της Σαντορίνης.

Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτό που εφαρμόστηκε και στα συμβατικά με τη διαδικασία να τηρείται με ακρίβεια και στα ταχύπλοα, με σκοπό να πραγματοποιηθούν χρήσιμες συγκρίσεις μεταξύ των δύο κατηγοριών. Τα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν, αφορούν τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων, για κάθε πλοίο, ανά προσέγγιση στο νησί.

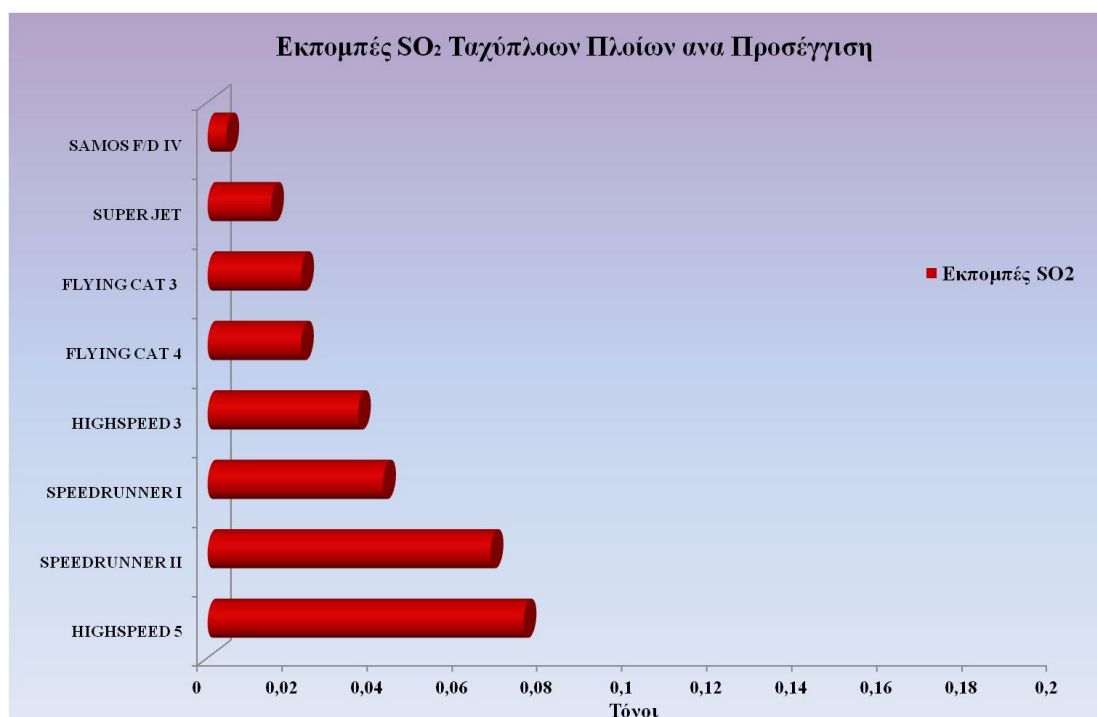


Σχήμα 5- 17

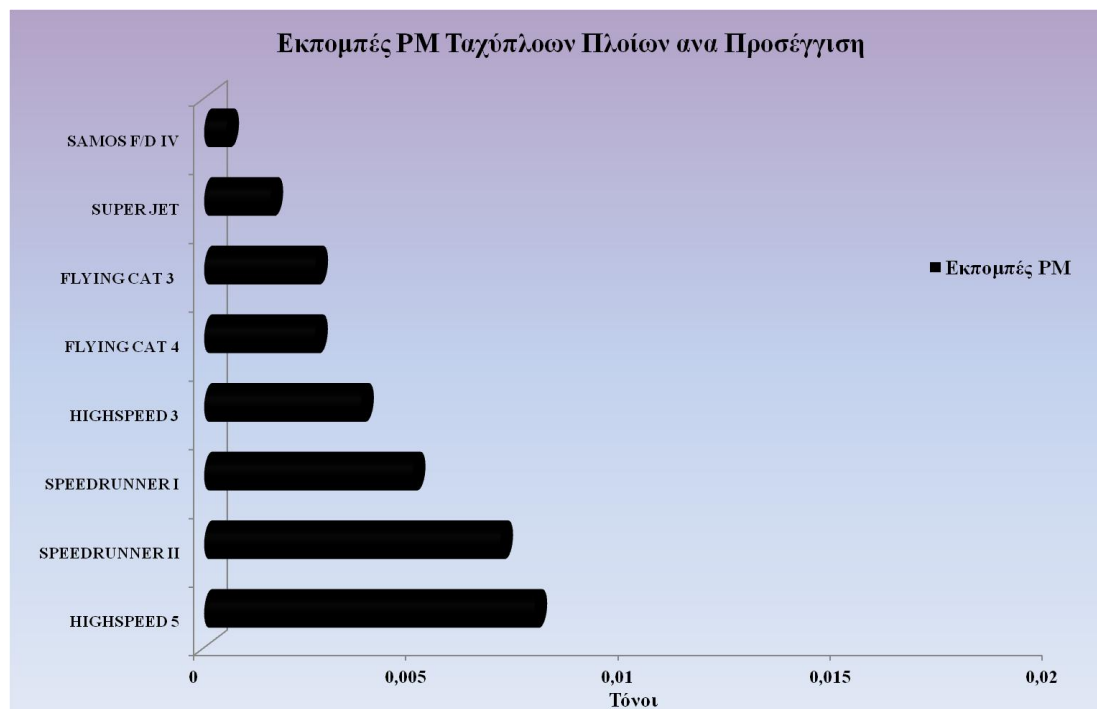
Εκπομπές CO₂ ταχύπλοων πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 5- 18
Εκπομπές NO_x ταχύπλοων πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 5- 19
Εκπομπές SO₂ ταχύπλοων πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 5- 20

Εκπομπές PM ταχύπλοων πλοίων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.

Τα συμπεράσματα από τα διαγράμματα, είναι πολύ χρήσιμα, αφού σε πρώτο στάδιο, κατηγοριοποιούν τα πλοία, ανάλογα με τις εκπομπές κάθε προσέγγισης στη Σαντορίνη. Κοιτώντας κάποιος το πρώτο διάγραμμα, παρατηρεί ότι αν και υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στο πρώτο και το τελευταίο πλοίο, η αύξηση των εκπομπών ακολουθεί μια σχετικά ομαλή πορεία. Αυτό θα μπορούσε εύκολα να αποδείξει ότι το νησί εξυπηρετείται από ένα αρκετά μεγάλο εύρος ταχύπλοων πλοίων.

Στην μία άκρη βρίσκεται το *HIGHSPEED 5*, των 28,832 kW εγκατεστημένης ισχύος και των 4.6 τόνων CO₂, ανά προσέγγιση (βλέπε το πρώτο σχήμα της υποενότητας) και στην άλλη το υδροπτερυγό *SAMOS F/D 4*, με εγκατεστημένη ισχύ 1,472 kW και 0.27 τόνους διοξειδίου του άνθρακα ανα προσέγγιση. Μια μέση περίπτωση (από άποψη αέριων εκπομπών) ταχύπλοου που προσεγγίζει το νησί θα μπορούσε να είναι το *HIGHSPEED 3*, με συνολικές εκπομπές 2.16 τόνων CO₂ ανά προσέγγιση και προωστήρια εγκατάσταση με ονομαστική ισχύ 25,464 kW.

Στα υπόλοιπα διαγράμματα η κατάσταση έχει μικρές διαφοροποιήσεις, οι οποίες περιορίζονται στις ποσοστιαίες μεταβολές των σχέσεων μεταξύ δύο διαφορετικών πλοίων. Οι διαφορές αυτές προκαλούνται από παράγοντες, όπως η ηλικία των πλοίων και κατ' επέκταση των κύριων μηχανών τους. Ένα πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η σύγκριση μεταξύ των *HIGHSPEED 5* και *SPEEDRUNNER II*.

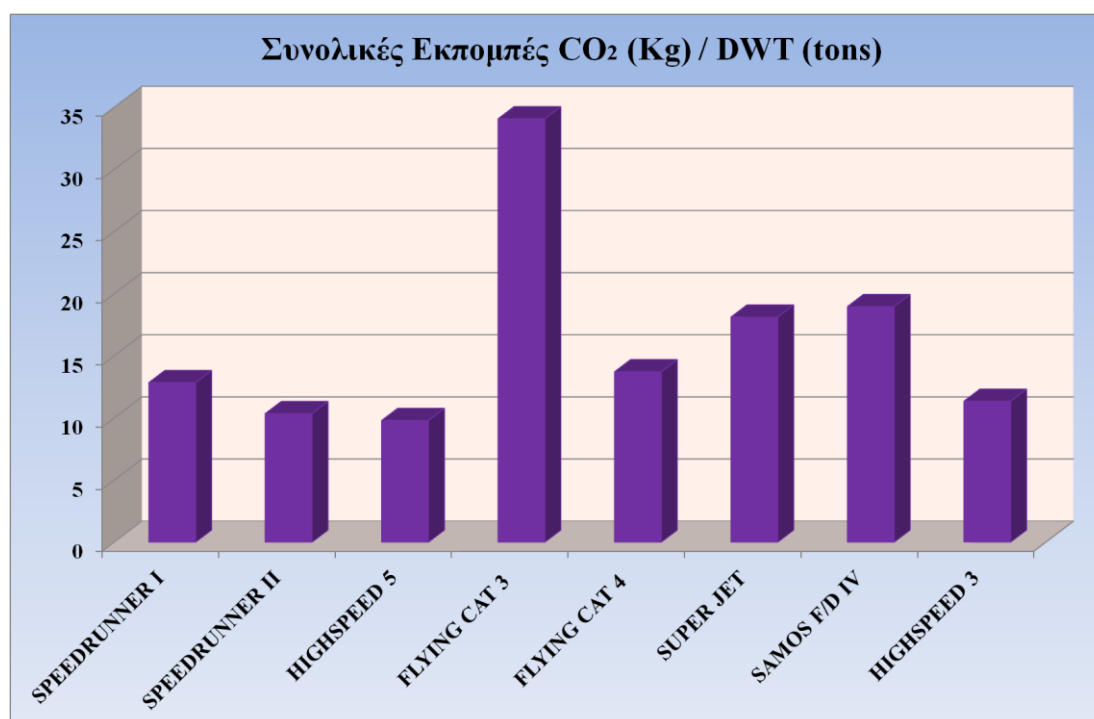
Στο διάγραμμα για το CO₂, με τιμές 4.61 και 4.19 τόνους αντίστοιχα, το πρώτο εκπέμπει 9.8 % παραπάνω CO₂ από το δεύτερο. Στο διάγραμμα για το NO_x, με

τιμές 0.131 τόνους για το *HIGHSPEED 5* και 0.089 τόνους για το *SPEEDRUNNER II*, τα πράγματα είναι τελείως διαφορετικά με την ψαλίδα να ανοίγει σε ποσοστό της τάξης του 46 %. Σύμφωνα με τους τύπους που χρησιμοποιούνται, η μεταβολή αυτή οφείλεται στα 10 χρόνια, που χωρίζουν τα δύο πλοία, με τους διορθωτικούς συντελεστές να αποδεικνύονται ιδιαίτερα χρήσιμοι στην προσέγγιση των αποτελεσμάτων.

5.3.2 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα DWT

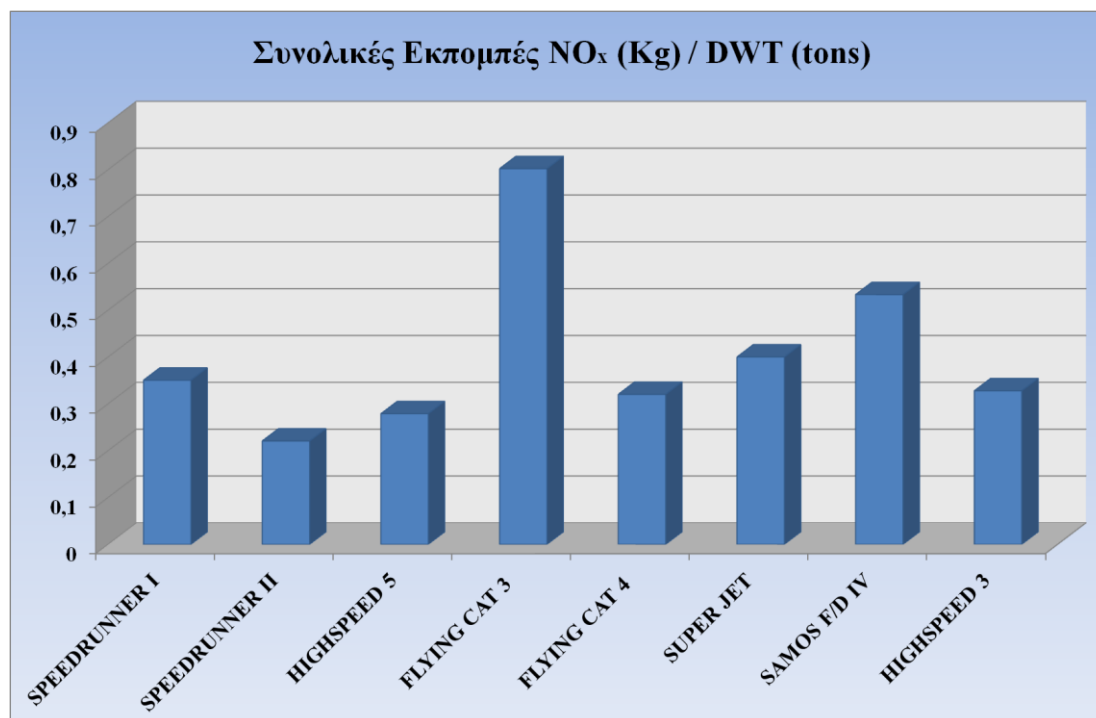
Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται σε αυτή την υποενότητα, αλλά και σε αυτές που ακολουθούν στη συνέχεια, βρίσκονται σε κοινή πορεία με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που αφορούσαν τα συμβατικά πλοία. Έτσι οι δείκτες που περιέχουν σαν μεταβλητές το DWT, το GT, καθώς και την ισχύ των κύριων μηχανών των πλοίων, απασχολούν και την ενότητα που εξετάζει τα ταχύπλοα ακτοπλοϊκά.

Στα τέσσερα επόμενα σχήματα, παρουσιάζεται ο λόγος των αέριων εκπομπών CO₂, NO_x, SO₂ και PM σε kg, ανά τόνο DWT. Ένα πολύ βασικό χαρακτηριστικό των ταχύπλοων, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της ενότητας, είναι η αρκετά περιορισμένη μεταφορική ικανότητα. Οι τιμές για το DWT των πλοίων είναι πολύ μικρές σε σχέση με τον ανταγωνισμό (συμβατικά πλοία). Χαρακτηριστικό είναι ότι για τρία από τα πλοία που εξετάζονται, το DWT είναι μικρότερο των 1000 τόνων. Στον αντίποδα, η ισχύς των πλοίων δεν ακολουθεί παρόμοια πορεία με τη μεταφορική ικανότητα. Ως συνέπεια οι λόγοι που εμφανίζονται είναι δραματικά αυξημένοι σε σχέση με αυτούς των συμβατικών πλοίων.



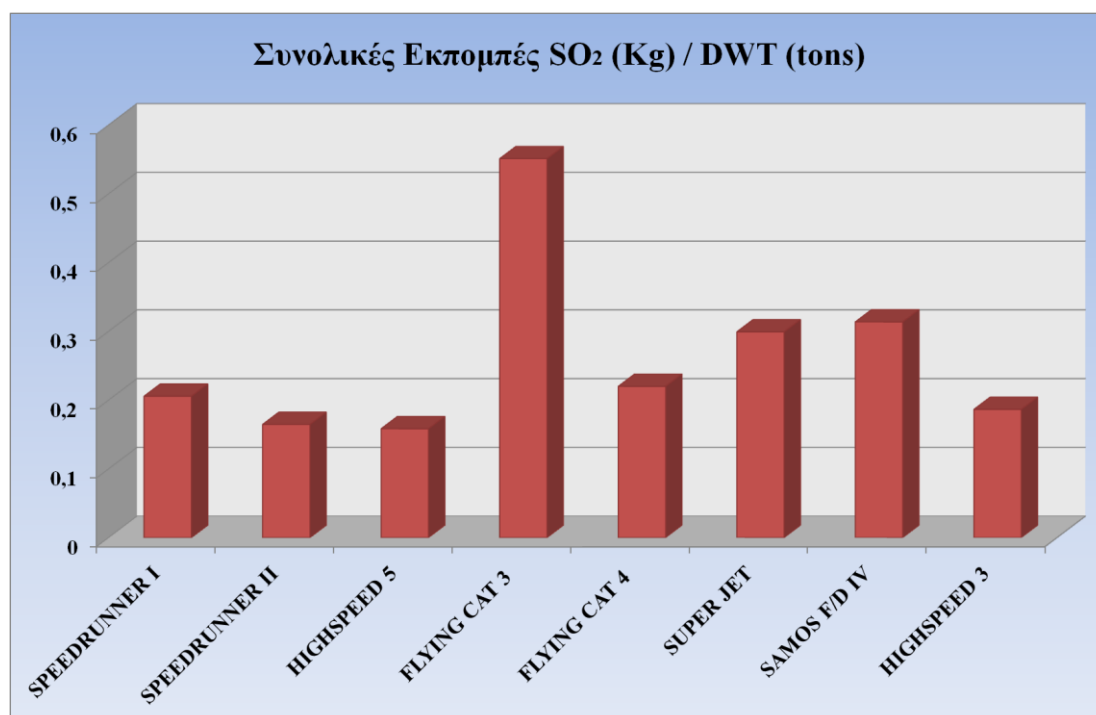
Σχήμα 5- 21

Εκπομπές CO₂ (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα πλοία.



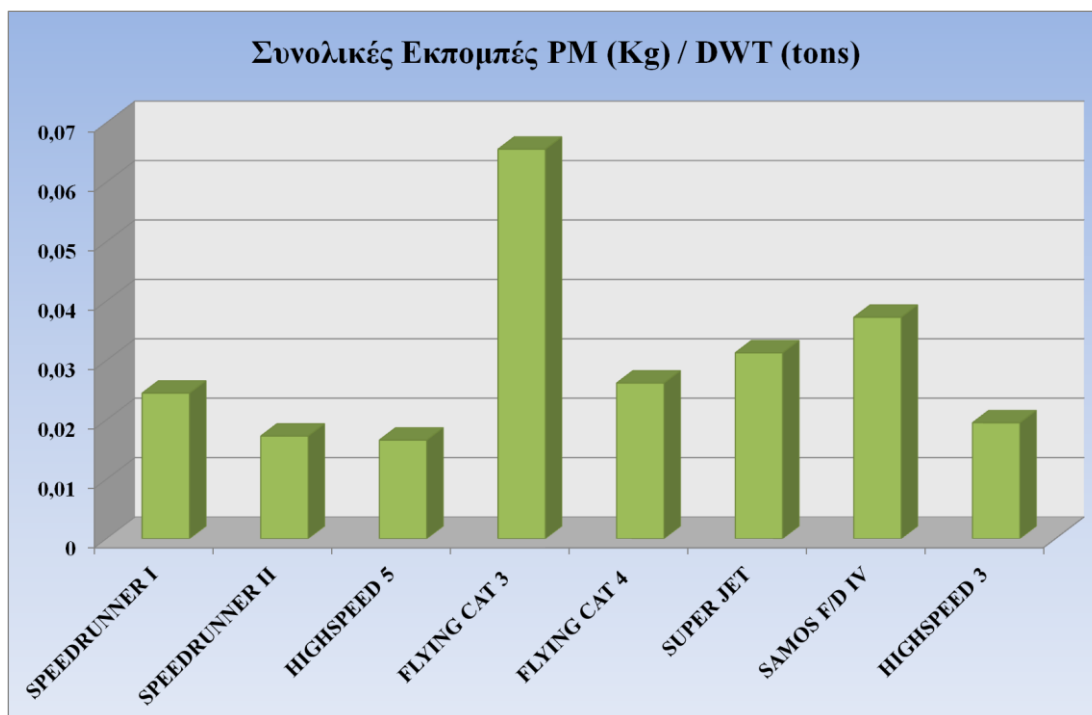
Σχήμα 5- 22

Εκπομπές NO_x (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα πλοία.



Σχήμα 5- 23

Εκπομπές SO₂ (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα πλοία.



Σχήμα 5- 24

Εκπομπές PM (kg) / DWT (tons), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα πλοία.

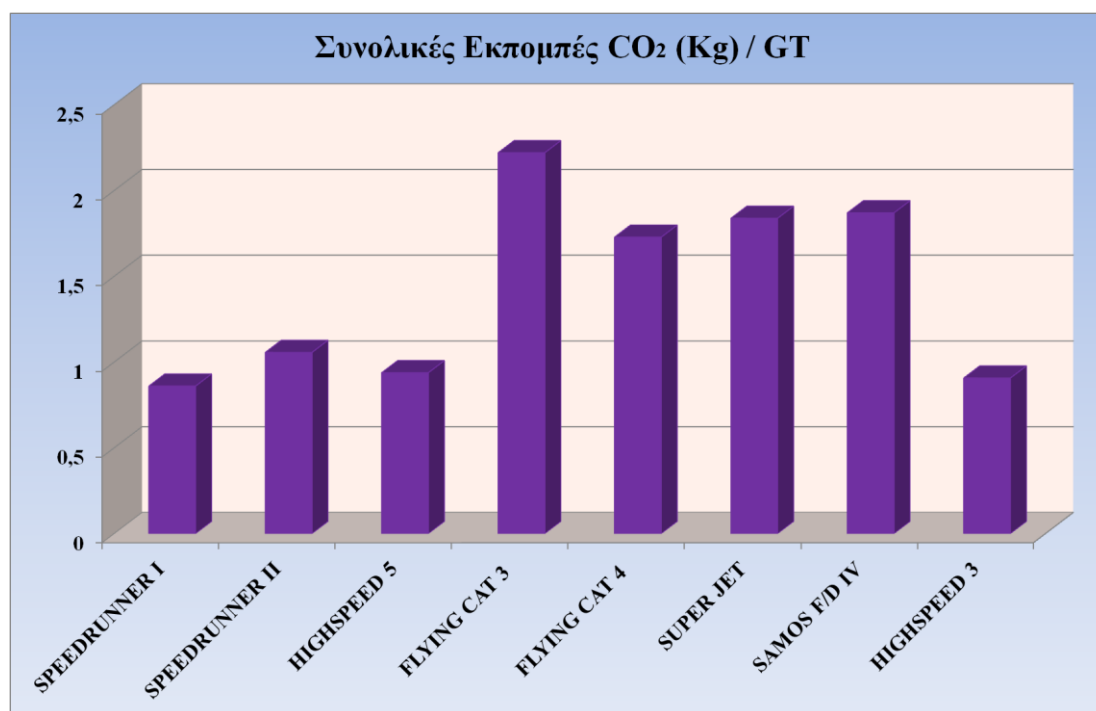
Αναλύοντας τα σχήματα παρατηρεί κανείς ότι επιβεβαιώνεται η προαναφερθείσα πρόβλεψη, με τους λόγους να είναι αισθητά μεγαλύτεροι, από τους αντίστοιχους των συμβατικών πλοίων. Χαρακτηριστικά, στο πρώτο διάγραμμα που αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, παρατηρείται ότι τα πλοία λαμβάνουν ένα εύρος τιμών, από 9 kg μέχρι και πάνω από 34 kg CO₂, ανά τόνο DWT. Υπενθυμίζεται ότι οι αντίστοιχες τιμές για τα συμβατικά πλοία κυμαίνονταν προσεγγιστικά, ανάμεσα στο 1 kg με 5 kg διοξειδίου του άνθρακα ανα τόνο ωφέλιμου φορτίου.

Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται ότι τα μεγαλύτερα πλοία εξακολουθούν να έχουν το πλεονέκτημα των περιορισμένων τιμών του δείκτη, σε σχέση με μικρότερα. Έτσι το *HIGHSPEED 5* με 470 τόνους DWT, εμφανίζει μόλις 9.8 κιλά CO₂, ανά τόνο DWT, στον αντίποδα, το αρκετά μικρότερο *SUPER JET*, των 50 τόνων DWT, εμφανίζει τιμές της τάξης των 18.1 kg ανά τόνο. Εξετάζοντας το διάγραμμα που αφορά τα κιλά εκπομπών NO_x (αλλά και PM), ανά τόνο μεταφορικής ικανότητας, παρατηρείται μια αλλαγή των ισορροπιών, η οποία (όπως και στη προηγούμενη υποενότητα), βασίζεται στην λειτουργία των διορθωτικών συντελεστών που υπάρχουν στην εξίσωση του αναλυτικού μοντέλου.

5.3.3 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα GT

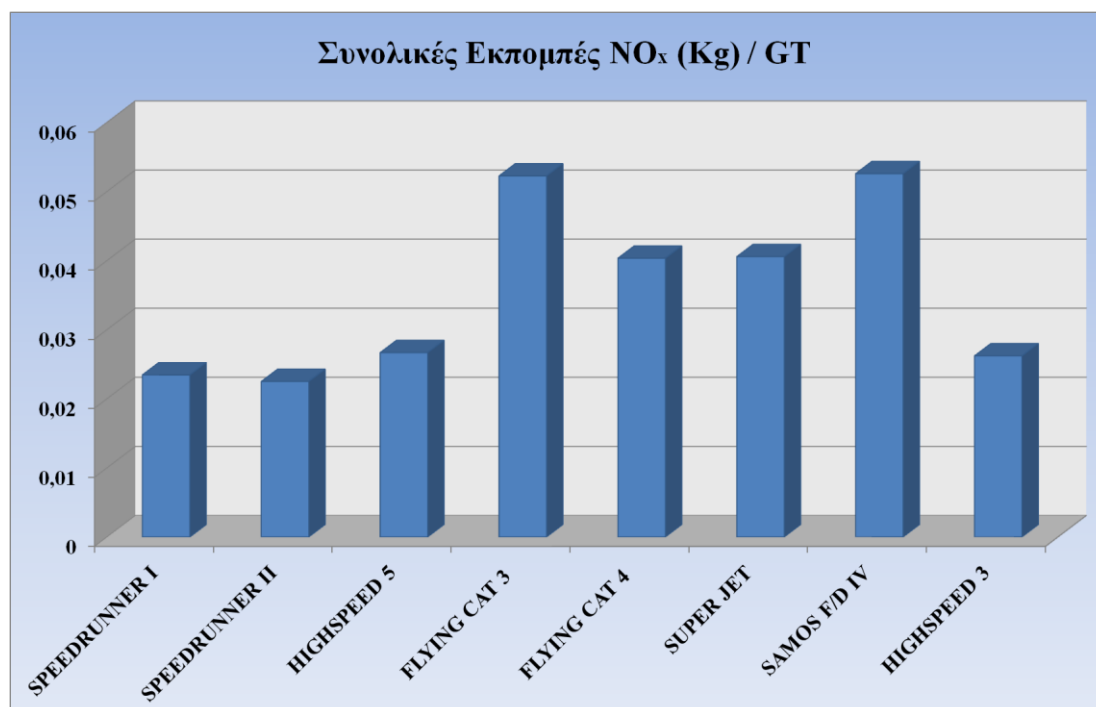
Ο λόγος που παράγεται από την διαίρεση των αέριων εκπομπών από τα πλοία με το gross tonnage τους, είναι εξίσου σημαντικός τα για ταχύπλοα, όσο και για τα

συμβατικά πλοία. Στα τέσσερα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζονται οι συγκεκριμένοι λόγοι για τις εκπομπές CO₂, NO_x, SO₂ και PM.



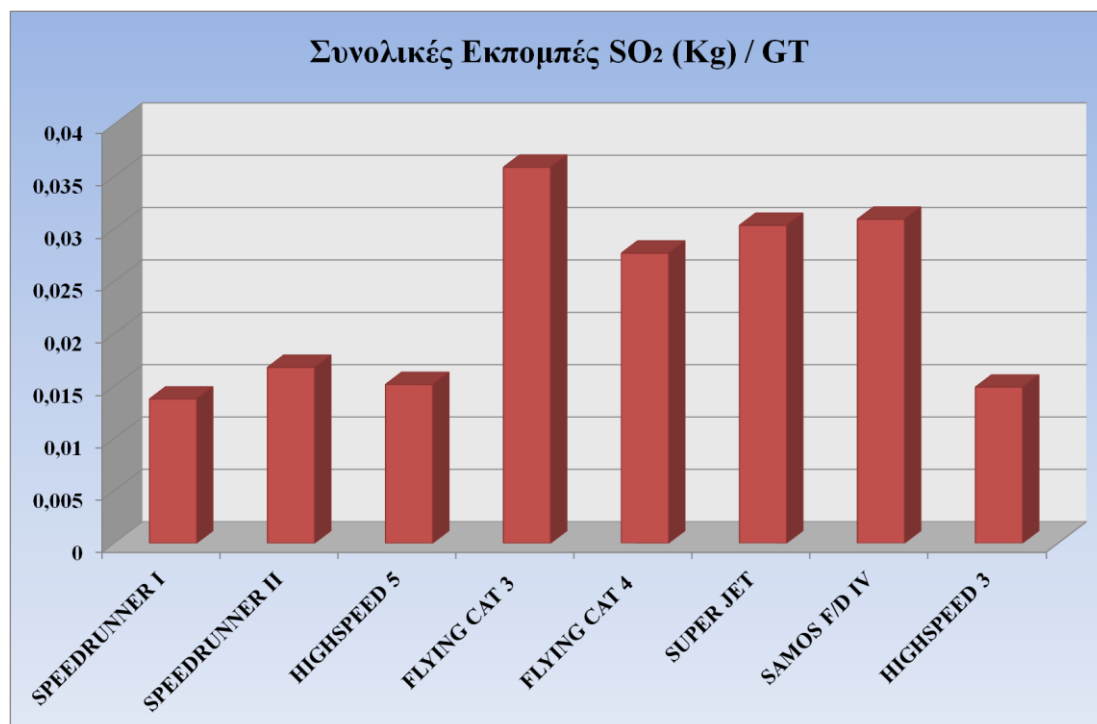
Σχήμα 5- 25

Εκπομπές CO₂ (kg) / GT, ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.

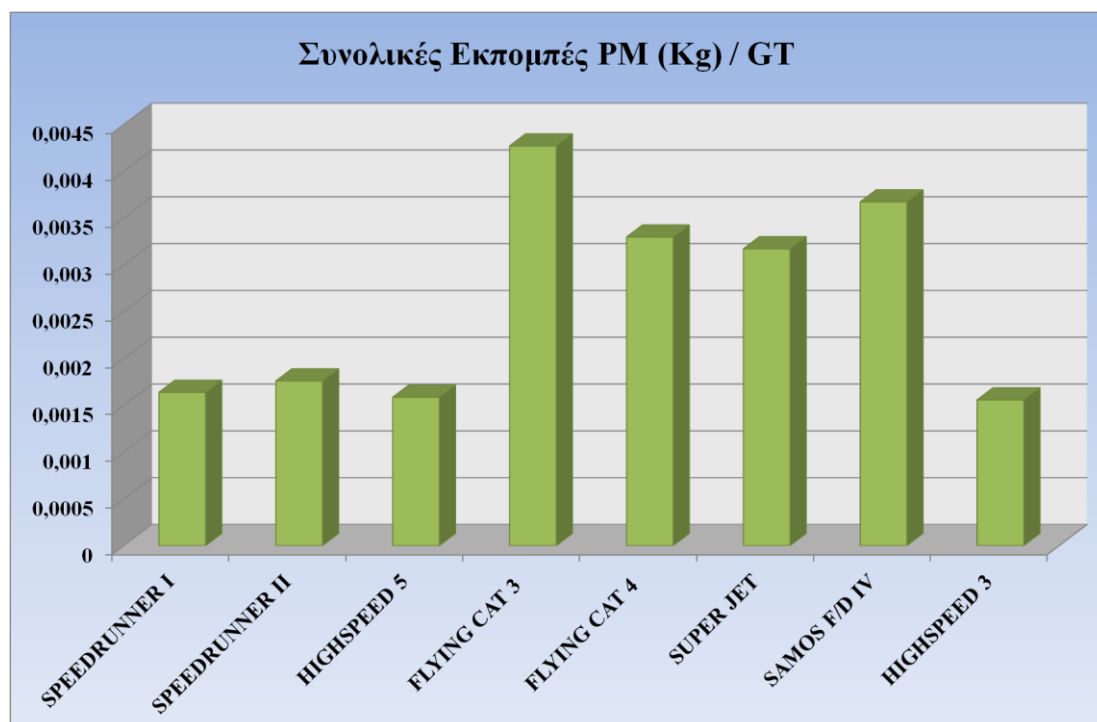


Σχήμα 5- 26

Εκπομπές NO_x (kg) / GT, ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.



Σχήμα 5- 27
Εκπομπές SO₂ (kg) / GT, ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.



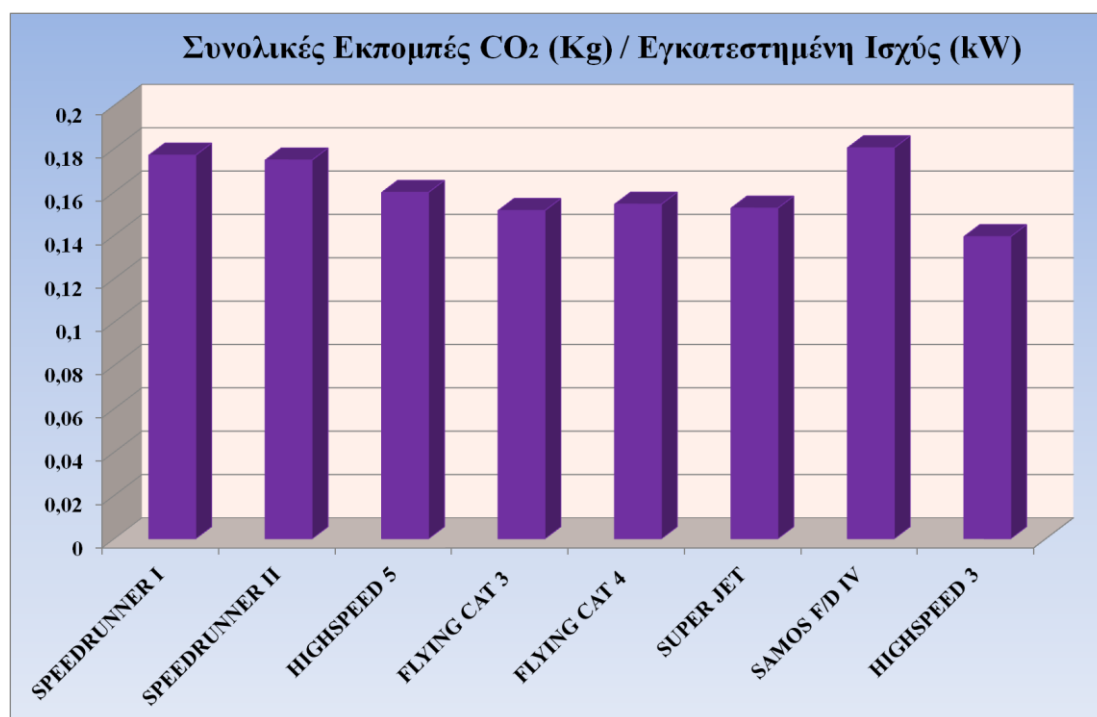
Σχήμα 5- 28
Εκπομπές PM (kg) / GT, ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.

Τα συμπεράσματα από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζουν τα παραπάνω σχήματα είναι πολύπλευρά. Μερικές χαρακτηριστικές μέσες περιπτώσεις εκπομπών, είναι το *SPEEDRUNNER II*, για το διοξείδιο του άνθρακα, με 1.05 kg ανα μονάδα GT, το *HIGHSPEED 3*, για τα οξείδια του αζώτου, με 0.026 kg, με το *SPEEDRUNNER II*, να επαναλαμβάνεται, ως η μέση περίπτωση πλοίου, για το διοξείδιο του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια, με τιμές 0.0168 και 0.0018 kg ανα μονάδα GT, αντίστοιχα.

Κοιτάζοντας κάποιος πιο προσεκτικά το διάγραμμα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, θα παρατηρούσε ότι τα πλοία έχουν χωριστεί σε δύο ομάδες. Υπάρχουν τέσσερα πλοία με πολύ κοντινούς λόγους, που κυμαίνονται λίγο κάτω από το 1 kg (σε μία περίπτωση και ακριβώς στο 1 kg), ανά μονάδα GT. Ακόμα υπάρχει μία δεύτερη τετράδα πλοίων με σχεδόν τις διπλάσιες εκπομπές. Οι δύο αυτές ομάδες μόνο τυχαία δεν σχηματίστηκαν. Η πρώτη αποτελείται από τα μεγαλύτερα ταχύπλοα (DWT και GT) που προσεγγίζουν το νησί, ενώ η δεύτερη από αισθητά μικρότερα πλοία. Ο κανόνας που θέλει τα μεγάλα πλοία να επιτυγχάνουν χαμηλούς λόγους σε αυτούς τους δείκτες, επιβεβαιώνεται για άλλη μία φορά και από τα ταχύπλοα.

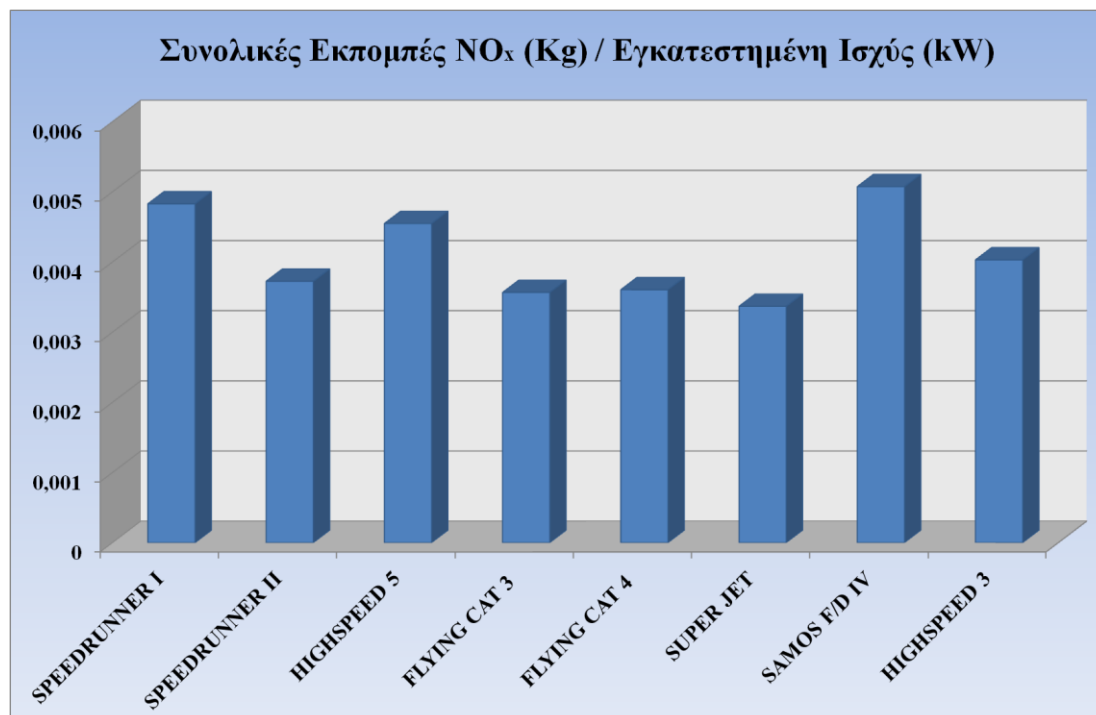
5.3.4 Δείκτης Αέριων Εκπομπών ανα kW Εγκατεστημένης Ισχύος

Με τον δείκτη να έχει περιγραφεί αναλυτικά στην ενότητα που αφορούσε τα συμβατικά πλοία, δεν μένει παρά να εφαρμοσθεί η διαδικασία και στα ταχύπλοα που προσέγγιζαν το νησί της Σαντορίνης. Τα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της διαδικασίας, για τα CO₂, NO_x, SO₂ και PM.



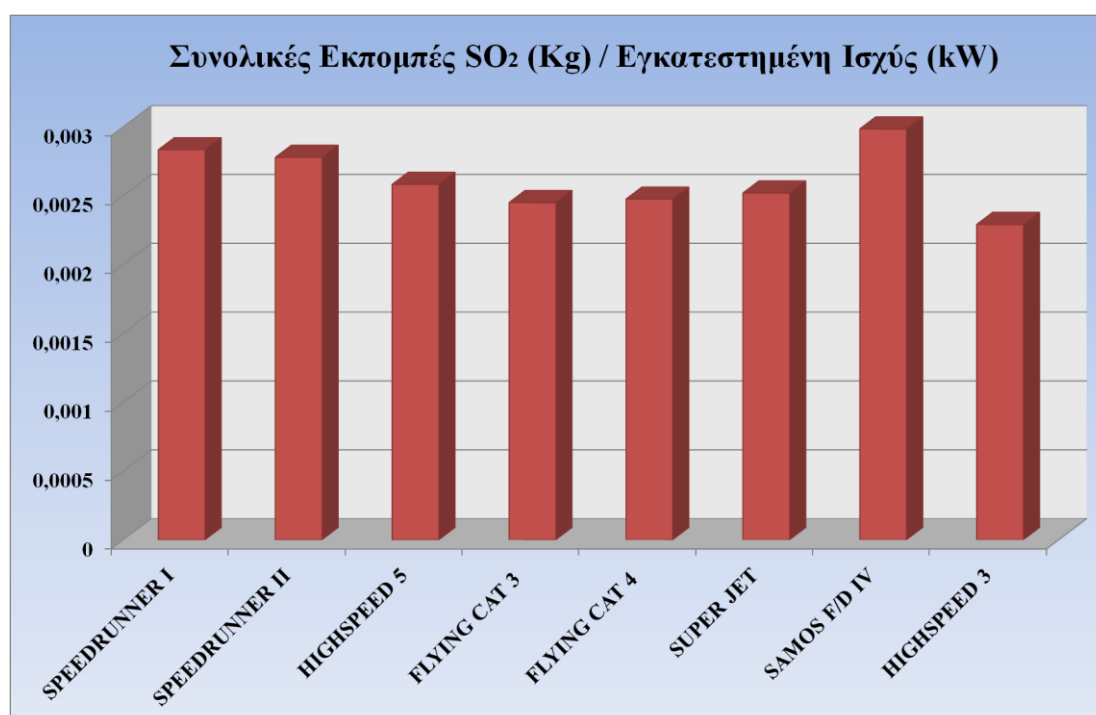
Σχήμα 5- 29

Εκπομπές CO₂ (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.



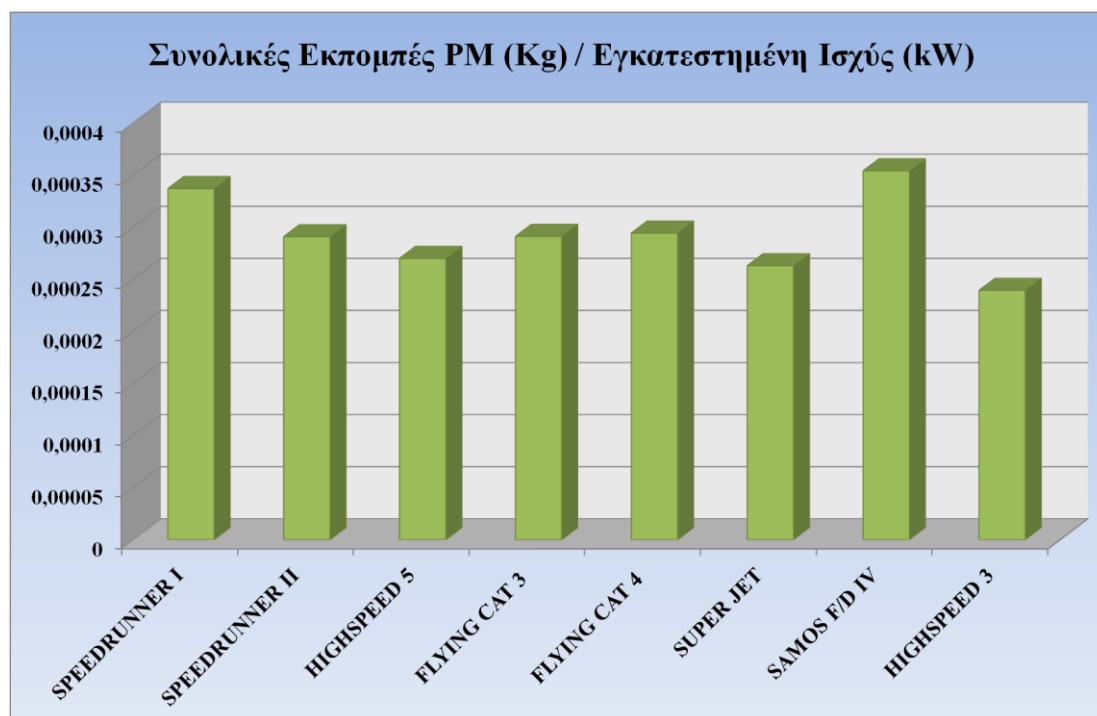
Σχήμα 5- 30

Εκπομπές NO_x (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.



Σχήμα 5- 31

Εκπομπές SO₂ (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.



Σχήμα 5- 32

Εκπομπές PM (kg) / Συνολική Ισχύς (kW), ανά προσέγγιση για ταχύπλοα.

Το πρώτο χαρακτηριστικό που παρατηρείται από τα διαγράμματα, είναι η ομοιομορφία των αποτελεσμάτων. Τα πλοία κινούνται σε αρκετά κοντινούς λόγους. Κανένα πλοίο δεν ξεχωρίζει σημαντικά από την κατανομή των αποτελεσμάτων και έτσι μπορεί να αποδειχτεί η άμεση σχέση που έχει η ισχύς των κύριων μηχανών με τις αέριες εκπομπές. Από τα διαγράμματα θα περιγραφούν μερικές μέσες περιπτώσεις ώστε να δοθεί μία εικόνα για τα επίπεδα των τιμών των λόγων.

Έτσι στο πρώτο διάγραμμα παρουσιάζεται το πλοίο *HIGHSPEED 5*, με τιμή 0.16 kg ανά kW εγκατεστημένης ισχύος. Από το σχήμα που απεικονίζει τις εκπομπές NO_x, το *FLYING CAT 4*, αποτελεί μια μέση περίπτωση, με 0.0036 kg ανά kW. Αντίστοιχα για τα δύο τελευταία διαγράμματα για το διοξείδιο του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια, ξεχωρίζουν το *SUPER JET*, με 0.0025 kg SO₂ ανά kW και το *FLYING CAT 3*, με 0.00029 kg PM ανά kW εγκατεστημένης ισχύος.

Το άμεσο ερώτημα που προκύπτει είναι γιατί όλα τα πλοία δεν έχουν ακριβώς τους ίδιους λόγους. Η απάντηση έρχεται από την ίδια την συνάρτηση υπολογισμού των αερίων. Όσο μεγάλο ρόλο και αν παίζει η ισχύς, υπάρχουν παράγοντες, όπως οι διορθωτικοί συντελεστές (για την ηλικία και το ποσοστό φόρτισης των κινητήρων) και ο χρόνος παραμονής στο λιμάνι, οι οποίοι αν και μικροί, είναι ικανοί να μορφοποιήσουν κατάλληλα τα αποτελέσματα.

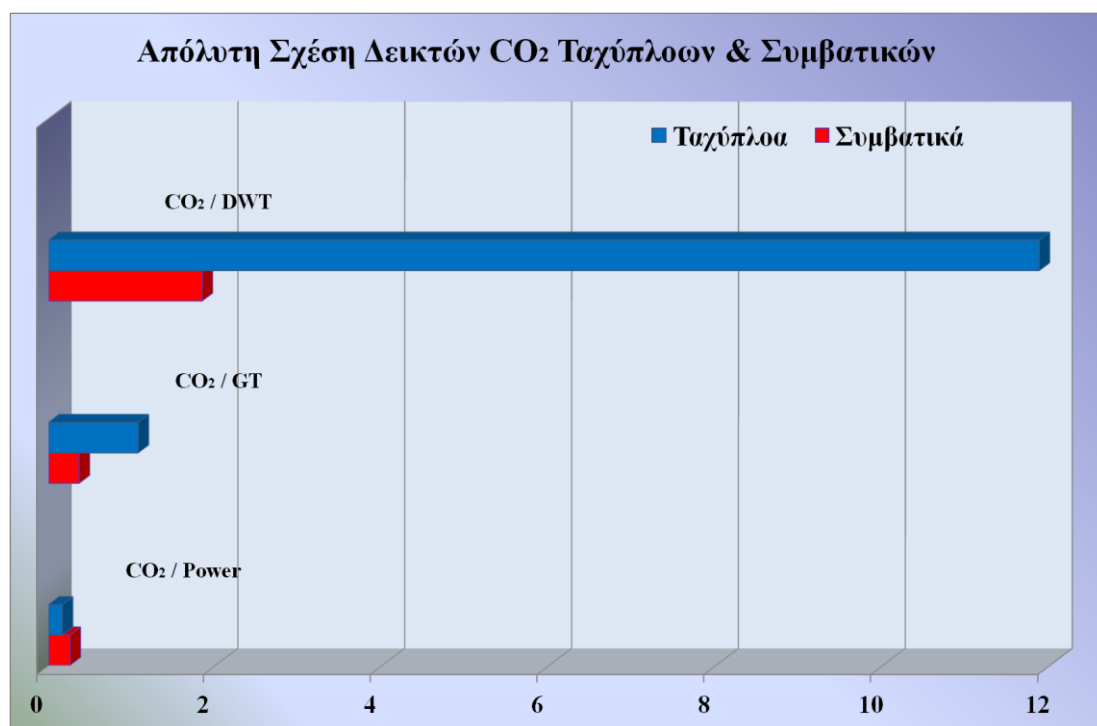
5.4 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Μεταξύ Ταχύπλοων και Συμβατικών Πλοίων

5.4.1 Απόλυτη Σύγκριση Δεικτών (DWT, GT & Ισχύς)

Με τα αποτελέσματα των συμβατικών και των ταχύπλοων πλοίων να έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά, αποφασίστηκε να γίνει μια ευθεία σύγκριση μεταξύ των δύο κατηγοριών πλοίων που προσεγγίζουν το νησί. Η σύγκριση αυτή γίνεται μέσω των δεικτών που έχουν υπολογισθεί στις προηγούμενες υποενότητες. Οι δείκτες αυτοί, αφού επεξεργάστηκαν κατάλληλα, παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν, με σκοπό να δώσουν μια καλύτερη εικόνα σχετικά με τις εκπομπές τους, κατά τη δραστηριοποίησή τους, στον όρμο της Σαντορίνης.

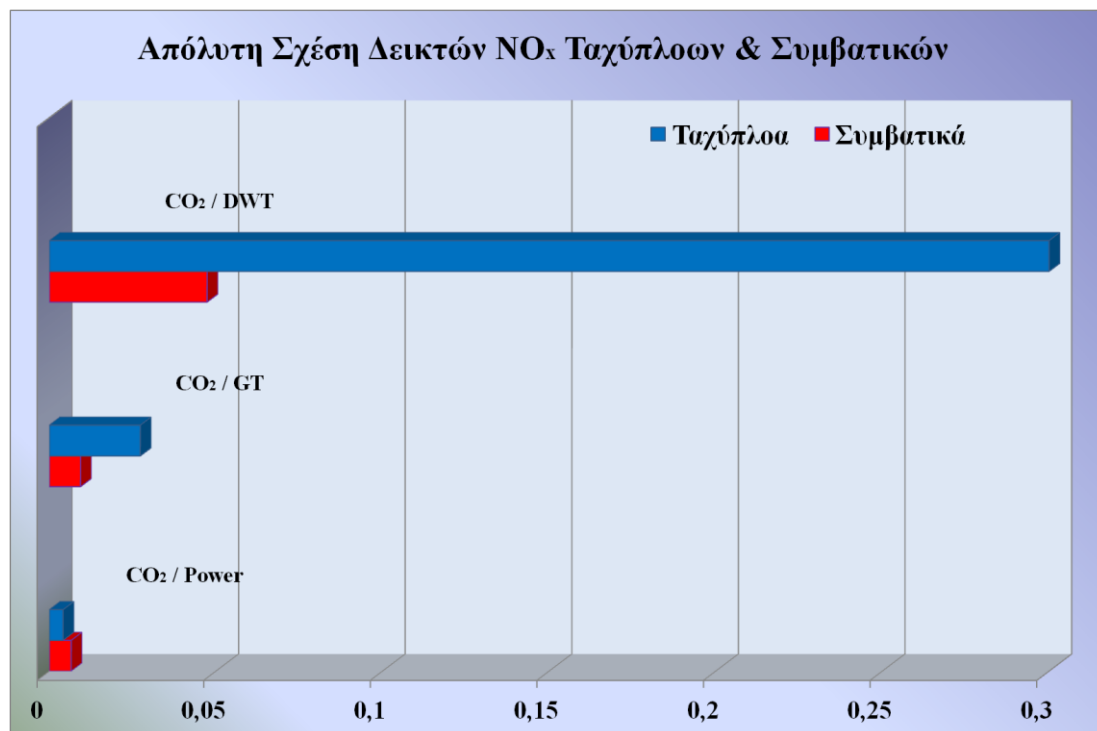
Η τακτική του να παρουσιαστούν οι τιμές των πλοίων συνδυαστικά, σε ένα διάγραμμα, αποφεύχθηκε, από τη μία γιατί τα διαγράμματα ταχυπλόων και συμβατικών, έχουν παρουσιαστεί ξεχωριστά (και είναι εύκολο για τον αναγνώστη να ανατρέξει σε προηγούμενα σημεία της εργασίας και να τα αναζητήσει) και από την άλλη, γιατί λόγω της διαφορετικής φύσης της λειτουργίας τους τα αποτελέσματα ενός κοινού διαγράμματος κινδύνευαν να μην αποτελούν μια εμπειριστατωμένη σύγκριση.

Τα τέσσερα επόμενα διαγράμματα απεικονίζουν τις τιμές των δεικτών για τις εκπομπές CO₂, NO_x, SO₂ και PM, για τα συμβατικά και ταχύπλοα πλοία που προσέγγισαν το νησί το 2007. Οι οριζόντιες ράβδοι, έχουν ομαδοποιηθεί σε ζευγάρια. Το ένα μέρος αφορά την τιμή του δείκτη για τα ταχύπλοα, και το άλλο τα συμβατικά πλοία.



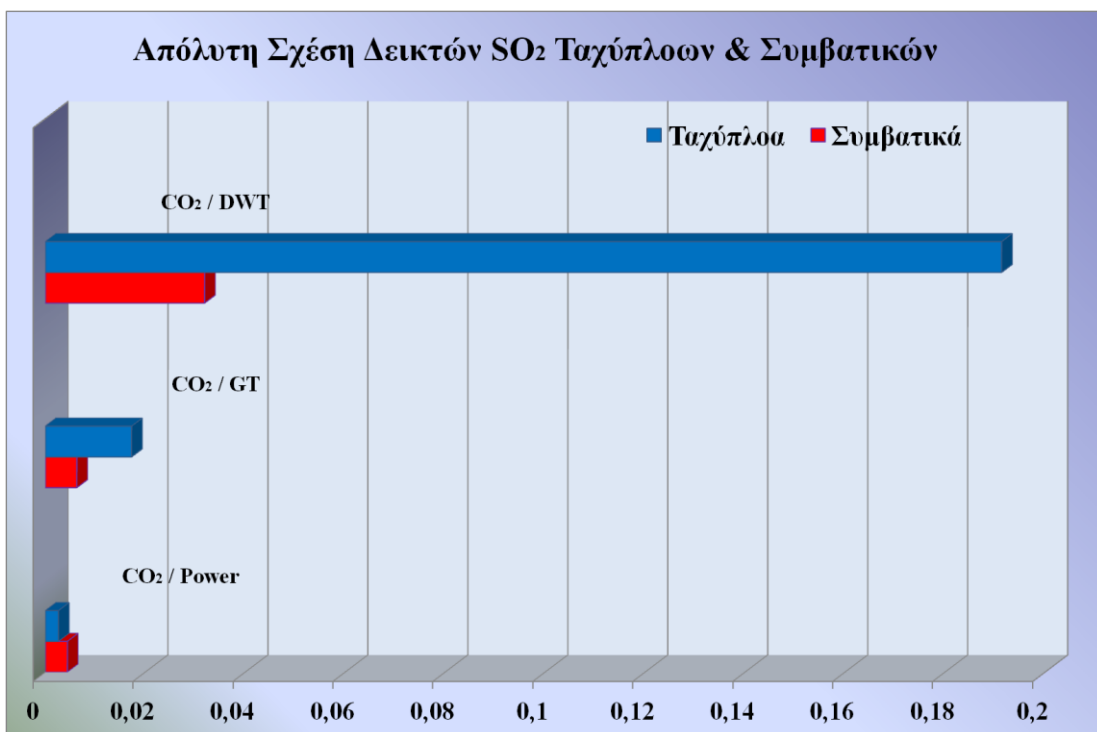
Σχήμα 5- 33

Σύγκριση εκπομπών CO₂ ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.



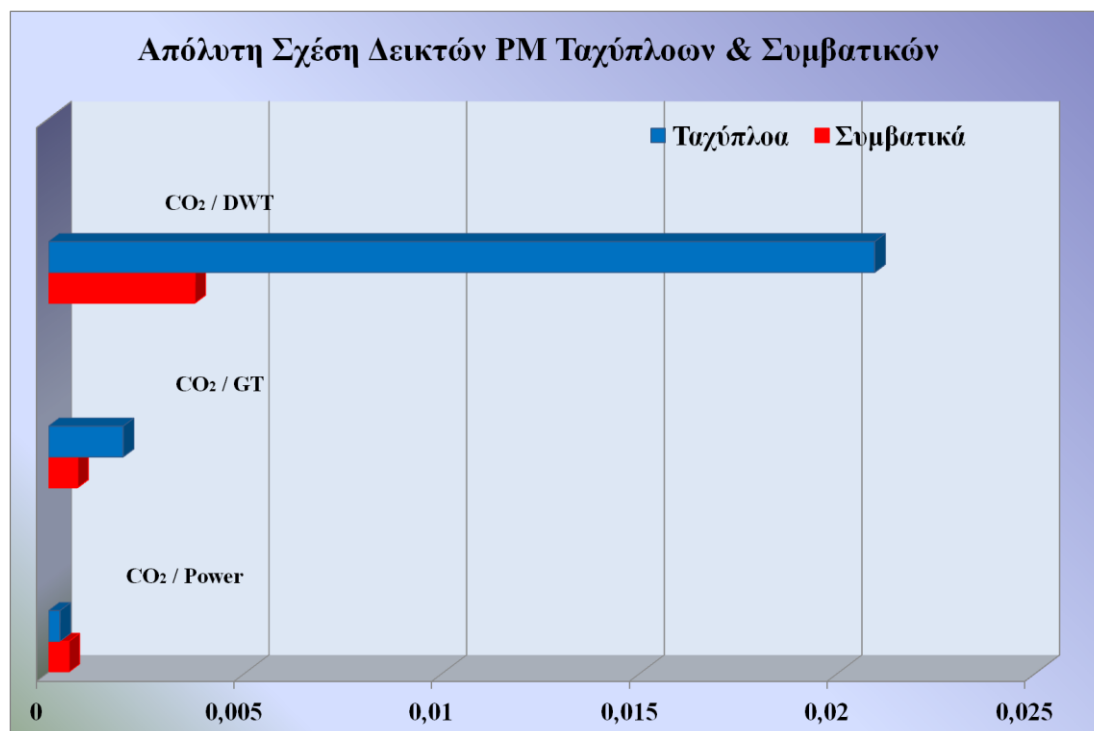
Σχήμα 5- 34

Σύγκριση εκπομπών NO_x ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.



Σχήμα 5- 35

Σύγκριση εκπομπών SO₂ ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.



Σχήμα 5- 36

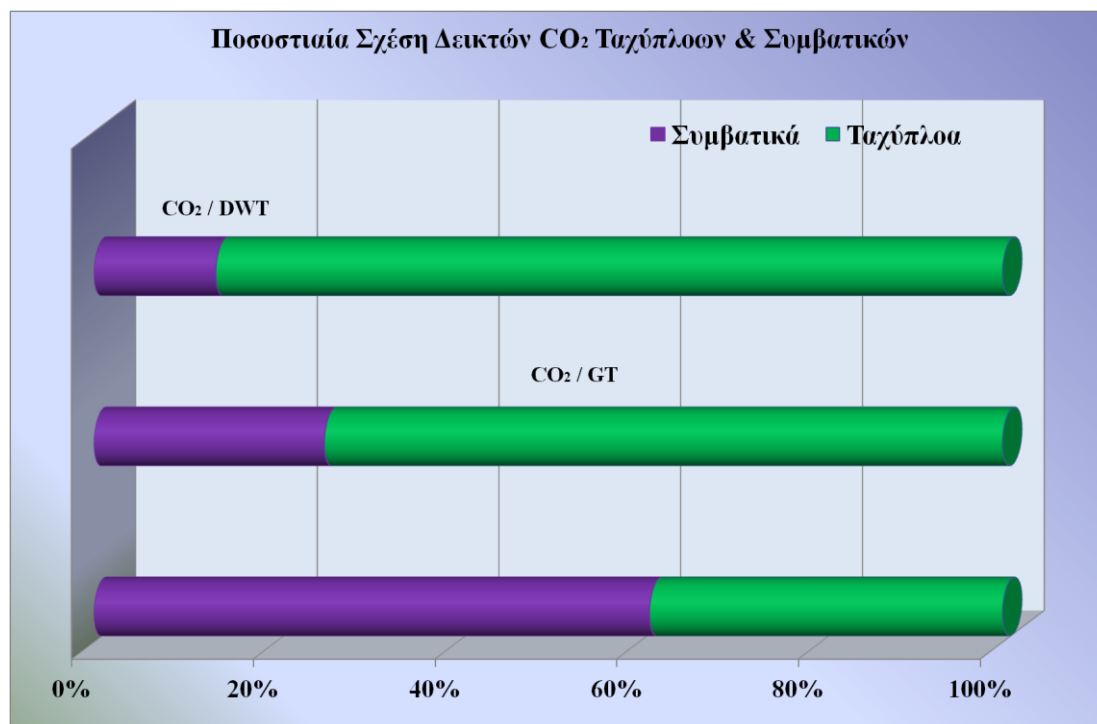
Σύγκριση εκπομπών PM ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.

Από τα διαγράμματα που παρουσιάστηκαν γίνεται φανερή μια ανισορροπία στο ισοζύγιο μεταξύ των δεικτών των ταχύπλοων και των συμβατικών πλοίων. Πιο συγκεκριμένα, στους δείκτες που αφορούν την σύγκριση των εκπομπών με το DWT καθώς και με το GT των πλοίων, τα ταχύπλοα πλοία εμφανίζουν πολύ υψηλότερους δείκτες. Ιδιαίτερα στην περίπτωση του DWT, η διαφορά παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη. Η εικόνα δείχνει να αλλάζει, όταν εισέρχεται το μέγεθος της ισχύος στους δείκτες. Σε αυτή την περίπτωση τα συμβατικά πλοία εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές από τα ταχύπλοα.

Αναλυτικά, μερικές ενδεικτικές τιμές που εξάγονται από τα διαγράμματα για το CO₂, είναι 11.87 kg ανά τόνο DWT, για τα ταχύπλοα, με τα συμβατικά να παρουσιάζουν για τον αντίστοιχο δείκτη, τιμή 1.84. Όσον αφορά τον δείκτη για το GT, τα ταχύπλοα τα εκπέμπουν 1.07 kg ανά μονάδα GT, με τα συμβατικά να βρίσκονται μόλις στο 0.36. Η ανατροπή γίνεται στον δείκτη για την ισχύ με τα συμβατικά να περνούν μπροστά, με 0.25 kg ανα kW εγκατεστημένης ισχύος, την ίδια ώρα που τα ταχύπλοα εκπέμπουν μόλις 0.16 kg ανα kW.

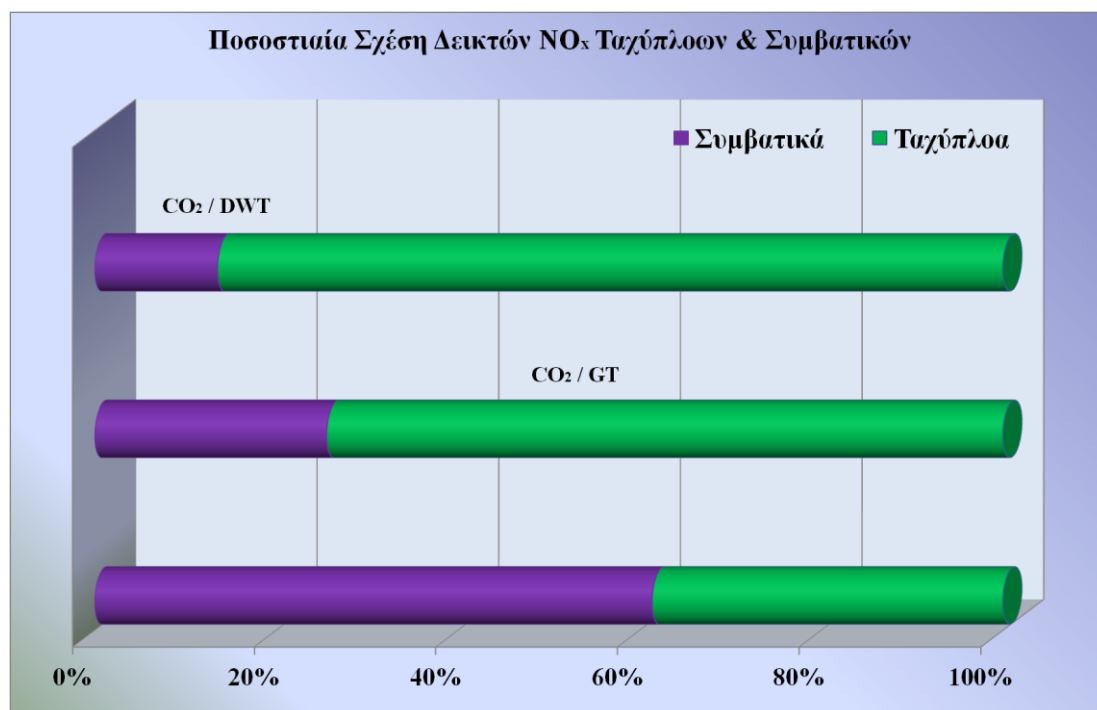
5.4.2 Ποσοστιαία Σύγκριση των Δεικτών

Τα επόμενα τέσσερα διαγράμματα που ακολουθούν λειτουργούν ως επεξήγηση των τεσσάρων που προηγήθηκαν. Έτσι, παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε κατηγορίας πλοίων στους δείκτες εκπομπών (CO₂, NO_x, SO₂ και PM) που αφορούν το DWT, το GT και την ισχύ των κυρίων μηχανών.



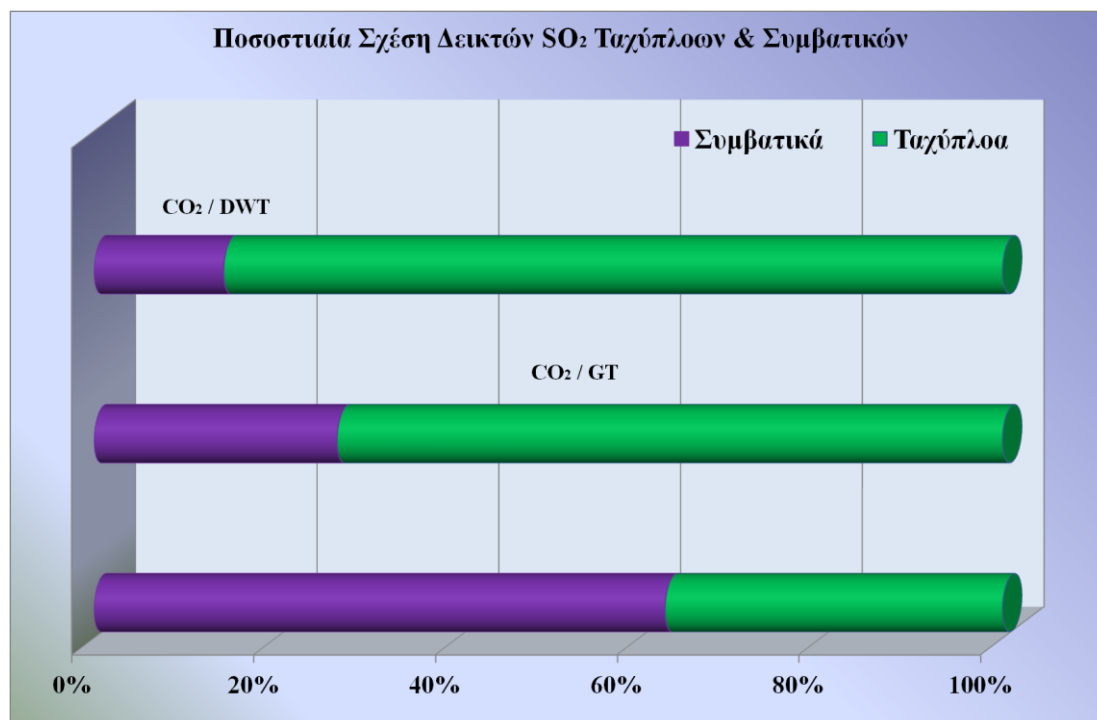
Σχήμα 5- 37

Ποσοστιαία σύγκριση εκπομπών CO₂ ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.



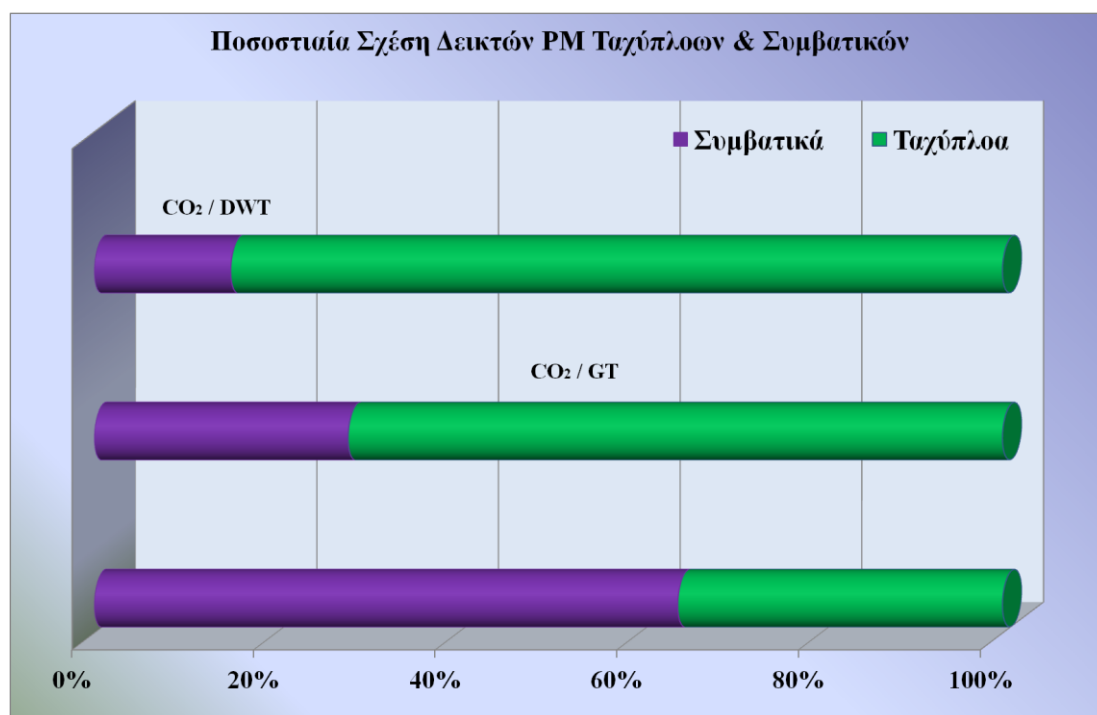
Σχήμα 5- 38

Ποσοστιαία σύγκριση εκπομπών NO_x ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.



Σχήμα 5- 39

Ποσοστιαία σύγκριση εκπομπών SO₂ ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.



Σχήμα 5- 40

Ποσοστιαία σύγκριση εκπομπών PM ανά DWT, GT & Ισχύ, ανά προσέγγιση.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα επιβεβαιώνεται η ανάλυση που έγινε στην προηγούμενη ενότητα, που αφορούσε τις απόλυτες τιμές των δεικτών. Έτσι, μπορεί να γίνει μία ποσοστιαία σύγκριση, αφού για παράδειγμα στο διάγραμμα για το CO₂, στις εκπομπές ανα DWT, τα ταχύπλοα συμμετέχουν με 74.5 % και τα συμβατικά με το υπόλοιπο 15.5 %. Η εικόνα αλλάζει για τον δείκτη της ισχύος, με τα ταχύπλοα να έχουν συμμετοχή 36.4 % την ώρα που τα συμβατικά έχουν το ποσοστό που απομένει και είναι 63.6 %.

5.5 Συνολικές Αέριες Εκπομπές και Δείκτες ανά Επιβάτη ανά Διανυόμενο Μίλι για Τρεις Χαρακτηριστικούς Μήνες στο Νησί

5.5.1 Εισαγωγή

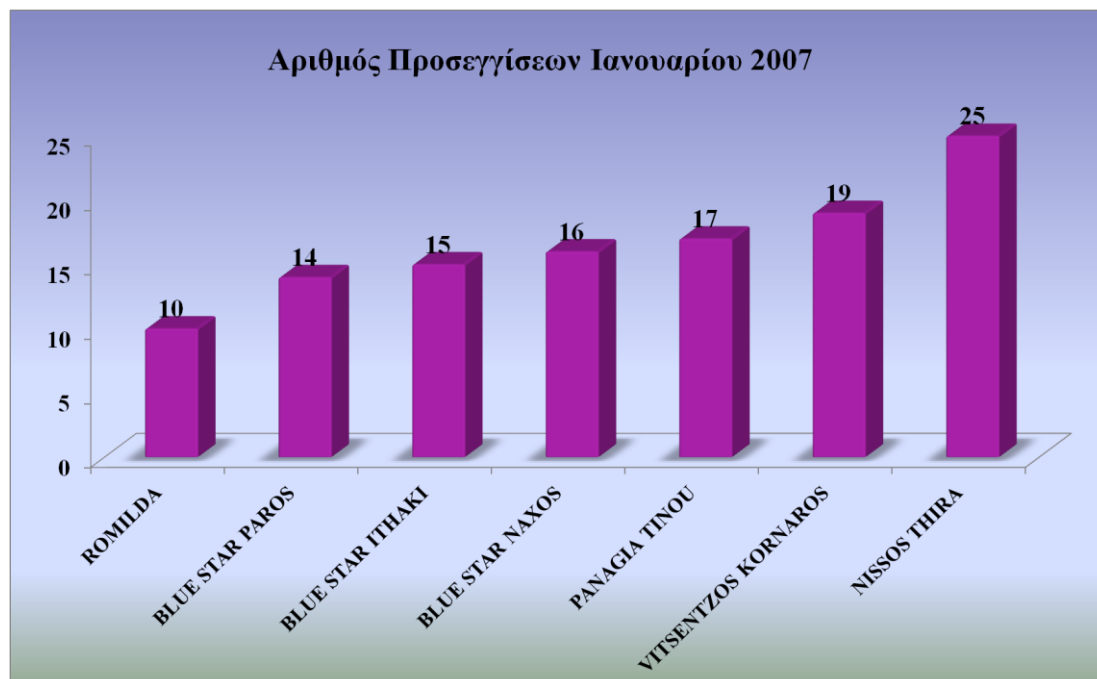
Η συγκεκριμένη ενότητα της μελέτης, μετά την παρουσίαση των συνολικών ποσοτήτων αερίων εκπομπών για τρεις χαρακτηριστικούς μήνες του 2007, επικεντρώνεται σε ένα από τους σημαντικότερους δείκτες της ακτοπλοΐας που αφορά το ενεργειακό αποτύπωμα του κάθε επιβάτη για κάθε διανυόμενο μίλι. Ο συγκεκριμένος δείκτης εντάσσεται σε μία μεγαλύτερη κατηγορία δεικτών, η οποία ανάγει πολλές απόλυτες τιμές σε μία μονάδα με την κατάληξη «ανα επιβάτη ανα διανυόμενο μίλι». Στην περίπτωση της ναυτιλίας ως δεύτερος διαίρετης, μετά τον αριθμό επιβατών, συναντάται το ναυτικό μίλι και το χιλιόμετρο, με το δεύτερο να επικρατεί και στη ξηρά.

Αναλυτικότερα, η παρούσα ενότητα, εστιάζει σε τρεις χαρακτηριστικούς μήνες του έτους, οι οποίοι παρουσιάζουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Έτσι στα επόμενα διαγράμματα αρχικά παρουσιάζονται οι αναλυτικές προσεγγίσεις (port calls) των πλοίων, για τους μήνες Ιανουάριο (χαμηλή περίοδος), Ιούνιο (μέση περίοδος) και Αύγουστο (υψηλή περίοδος). Στη συνέχεια, αφού δοθούν οι συνολικές μηνιαίες ποσότητες αερίων, αναλύεται διαγραμματικά, η ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO₂, NO_x, SO₂ και PM.

Στην τελευταία υποενότητα παρουσιάζονται συγκριτικά διαγράμματα ανάμεσα στους τρεις χαρακτηριστικούς μήνες που μελετώνται. Το συγκεκριμένο σημείο αποτελεί το επίκεντρο της προσπάθειας που έγινε σε αυτή την ενότητα, μιας και τα αποτελέσματα που εξάγονται παρουσιάζουν πραγματικό ενδιαφέρον, σχετικά με τις μεταβολές του δείκτη εκπομπών, ανα επιβάτη, ανα μίλι.

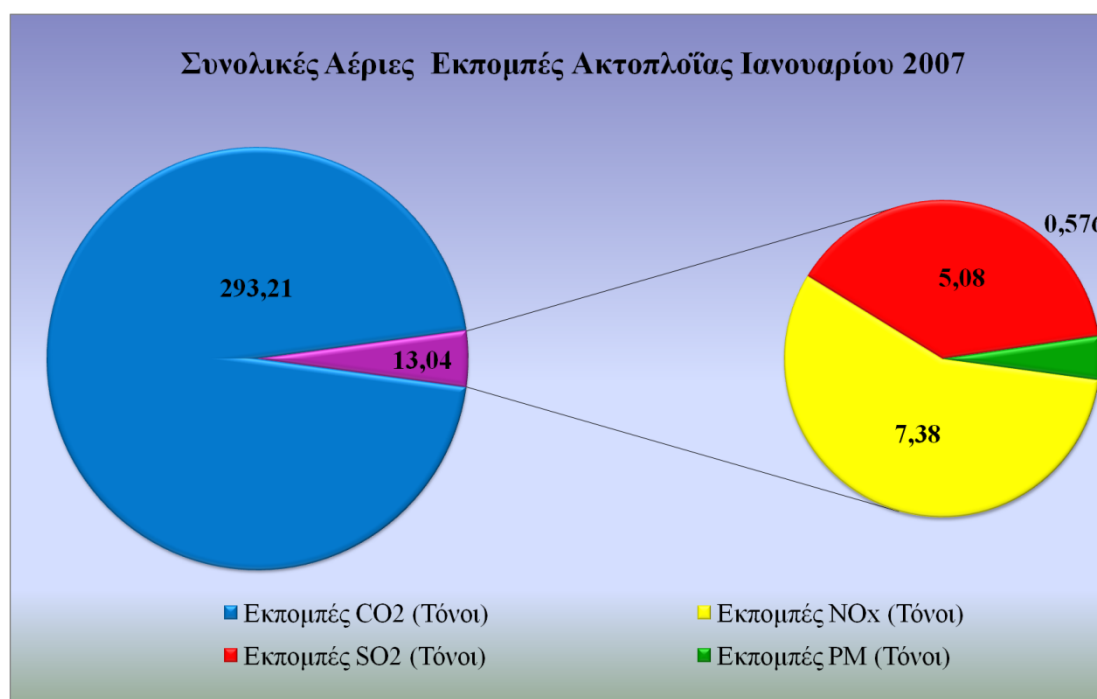
5.5.2 Συνολικές Αέριες Εκπομπές τον Ιανουάριο (Χαμηλή Περίοδος) του 2007

Το σχήμα που ακολουθεί όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, αποτελεί μια απλή απεικόνιση ενός ελάχιστου μέρους των στοιχείων που συλλέχθηκαν από το λιμεναρχείο Θήρας και τα οποία, ύστερα από επεξεργασία, βοήθησαν στη πραγματοποίηση, εκτός των άλλων, και της εξαγωγής του δείκτη εκπομπών, ανά επιβάτη, ανά μίλι. Η παρουσίαση του συγκεκριμένου διαγράμματος κρίθηκε απαραίτητη (ως βοηθητικό στοιχείο για την πλήρη κατανόηση των αποτελεσμάτων που ακολουθούν), πριν την παρουσίαση των διαγραμμάτων για τις συνολικές ποσότητες των αερίων και τις ποσοστιαίες συμμετοχές των πλοίων στο συνολικό αποτύπωμα.



Σχήμα 5- 41

Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε πλοίο τον Ιανουάριο του 2007.



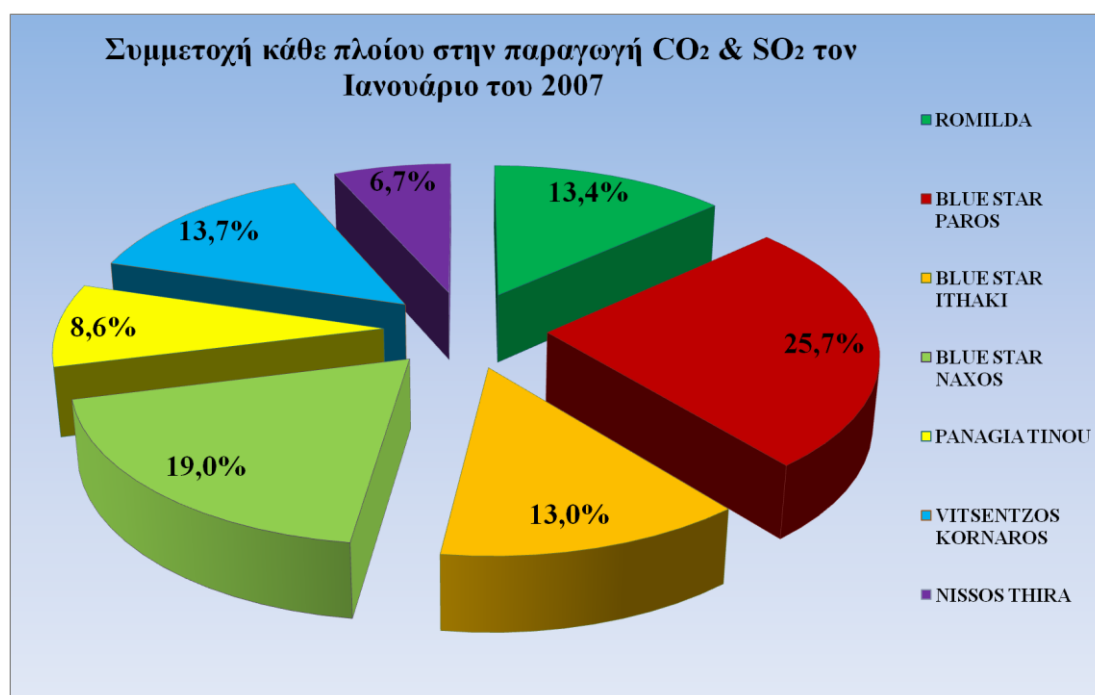
Σχήμα 5- 42

Συνολικές εκπομπές αερίων από ακτοπλοϊκά τον Ιανουάριο του 2007.

Το σχήμα με τις προσεγγίσεις των ακτοπλοϊκών πλοίων έδειξε ότι τον Ιανουάριο του 2007, σύμφωνα με τα στοιχεία του λιμεναρχείου Θήρας, το *NISSOS THIRA*, με 25 κατάπλους και απόπλους, ήταν το πλοίο με τις περισσότερες προσεγγίσεις. Στον αντίποδα βρίσκεται το *ROMILDA*, το οποίο είχε μόλις 10. Είναι κατανοητό ότι βάσει αυτών των αριθμών για τις προσεγγίσεις, προκύπτουν οι συνολικές εκπομπές για κάθε πλοίο μέσα στον μήνα, οι οποίες αθροίζονται για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

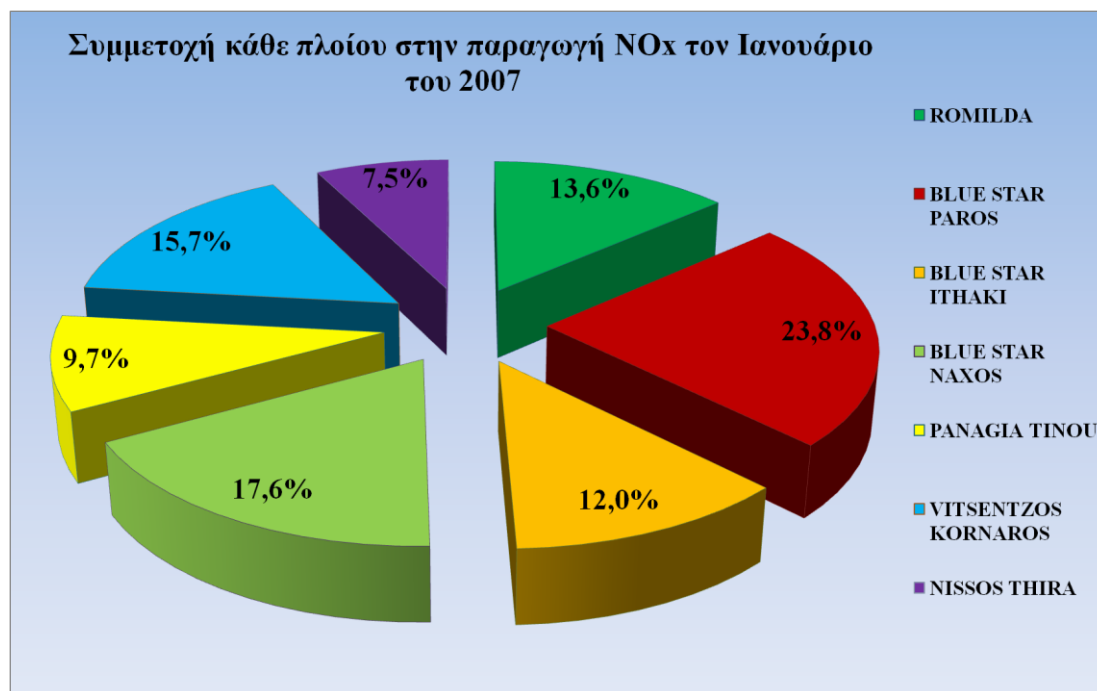
Το σχήμα με τις συνολικές εκπομπές, αποδίδει τα αθροιστικά αποτελέσματα από την ανωτέρω διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές αφορούν τον μήνα Ιανουάριο του 2007 και τις εκπομπές που εκλύθηκαν από πλοία που εξυπηρετούν ακτοπλοϊκά το νησί. Οι τιμές κάθε πλοίου ανά προσέγγιση έχουν δοθεί σε προηγούμενη ενότητα του συγκεκριμένου κεφαλαίου και είναι αυτές που σε συνδυασμό με τον αριθμό των προσεγγίσεων, χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι για την συγκεκριμένη διαδικασία.

Αναλυτικά σε σχέση με τα αποτελέσματα, παρατηρείται ότι υπολογίστηκαν, από τις συνολικά 116 προσεγγίσεις πλοίων στον όρμο του Αθηνιού τον Ιανουάριο, 293.21 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα, 7.38 τόνοι οξειδίων του θείου, 5.08 τόνοι διοξειδίου του αζώτου και 0.576 τόνοι αιωρούμενων σωματιδίων. Τα σχήματα που ακολουθούν, όπως έχει περιγραφεί και σε προηγούμενες παραγράφους, αποτελούν την ποσοστιαία απεικόνιση της συμμετοχής του κάθε πλοίου στις τιμές συνολικών εκπομπών που παρουσιάστηκαν.



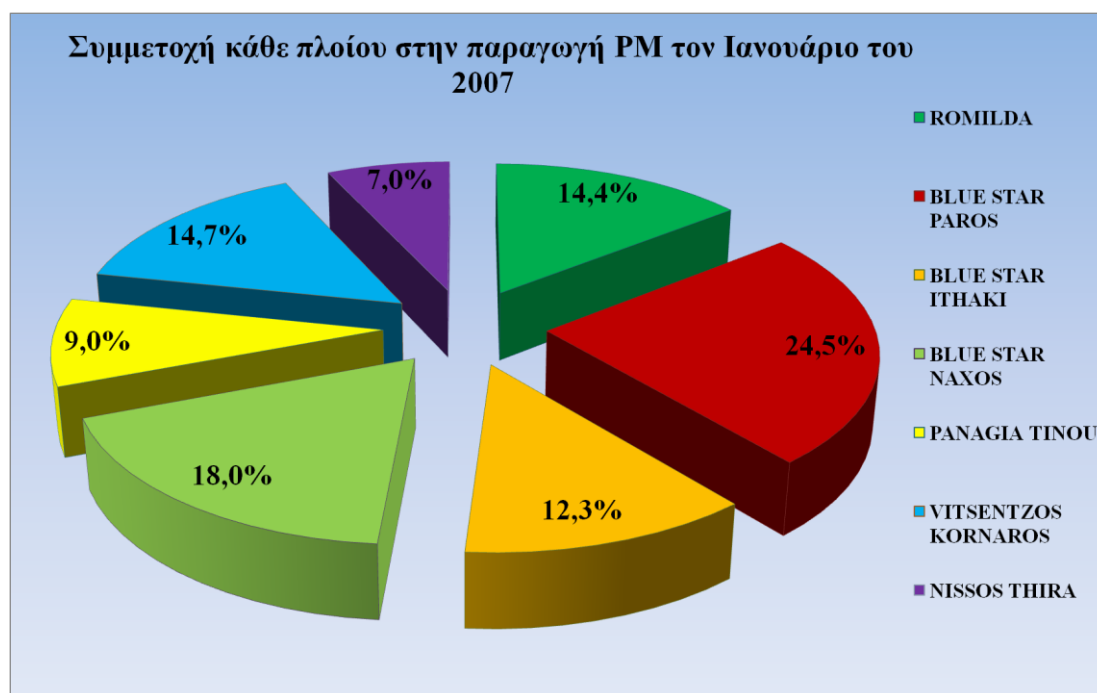
Σχήμα 5- 43

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO₂ & SO₂ τον Ιανουάριο του 2007.



Σχήμα 5- 44

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO_x τον Ιανουάριο του 2007.



Σχήμα 5- 45

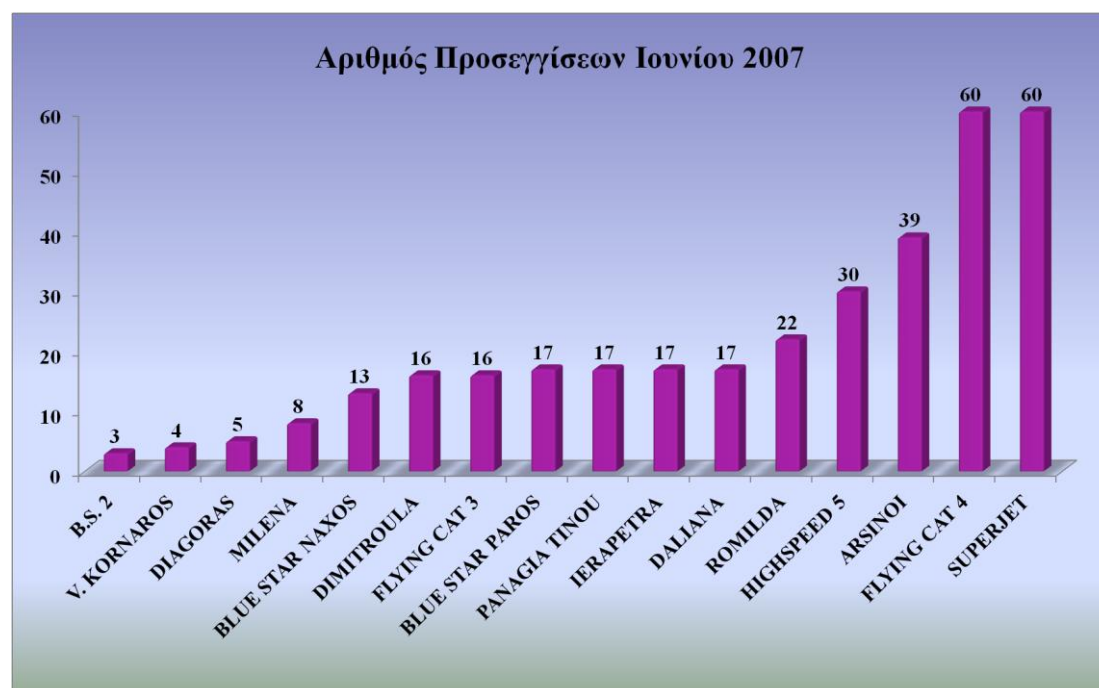
Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM τον Ιανουάριο του 2007.

Τα τρία προηγούμενα σχήματα απέδειξαν ότι η ποσοστιαία συμμετοχή στις μηνιαίες εκπομπές του Ιανουαρίου ήταν ένας συνδυασμός των ποσοτήτων ανά προσέγγιση, αλλά και του αριθμού των επισκέψεων. Έτσι, μπορεί να παρατηρήσει κανείς το πλοίο με τις περισσότερες προσεγγίσεις (*NISSOS THIRA*), να έρχεται τελευταίο στα διαγράμματα, με ποσοστά που κυμαίνονται ανάμεσα στο 6.7 % και 7.5 %. Το πλοίο με την μεγαλύτερη συμμετοχή στις εκπομπές είναι το *BLUE STAR PAROS*, το οποίο παρουσιάζει ποσοστά από 23.8 % μέχρι και 25.7 %.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της σημασίας που έχει ο αριθμός των προσεγγίσεων είναι το παράδειγμα του *BLUE STAR ITHAKI*, το οποίο με παρόμοιες εκπομπές, ανά προσέγγιση, με το *BLUE STAR PAROS*, παρουσιάζει ποσοστά από 12 % μέχρι και 13 %, έχοντας, μέσα στον μήνα, 9 λιγότερες προσεγγίσεις.

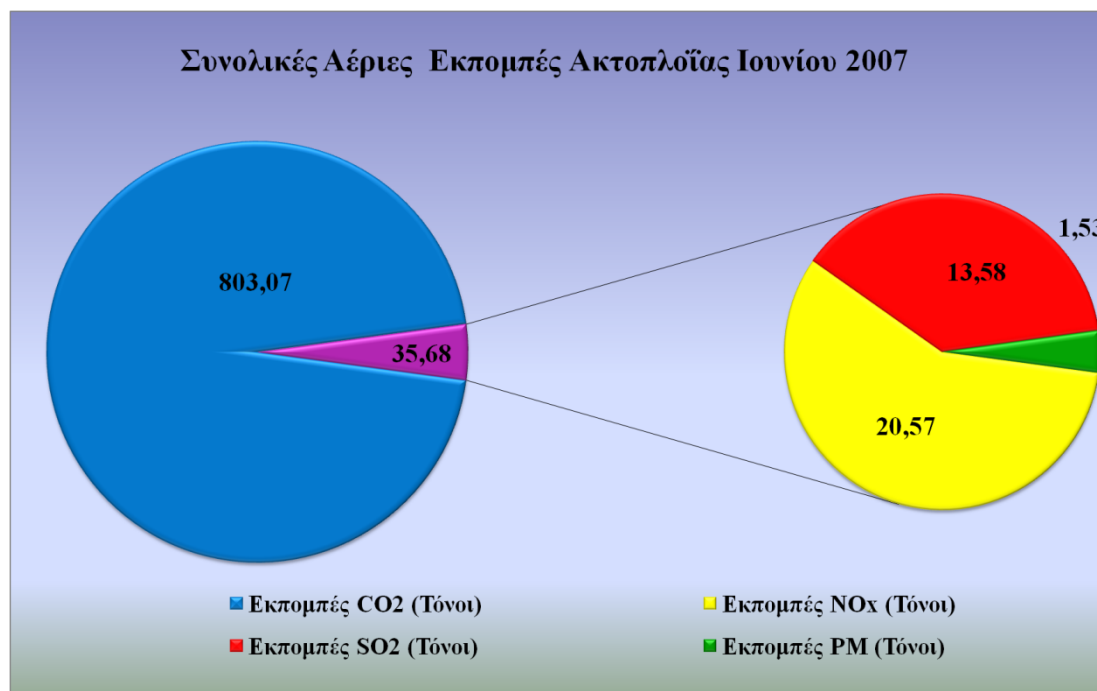
5.5.3 Συνολικές Αέριες Εκπομπές τον Ιούνιο (Μέση Περίοδος) του 2007

Τα σχήματα που ακολουθούν αφορούν την περίοδο του Ιουνίου του 2007, στο νησί της Σαντορίνης και έχουν την ίδια ακριβώς φιλοσοφία με αυτά που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη υποενότητα. Είναι σαφές ότι αν και «μέση περίοδος» αυτή του Ιουνίου, είναι μια εποχή, για το νησί, με αυξημένες προσεγγίσεις πλοίων και με ποσότητες αέριων εκπομπών που ξεφεύγουν κατά πολύ από αυτές του Ιανουαρίου. Ο χαρακτηρισμός της περιόδου ως «μέση», είναι βασισμένος στον αριθμό των προσεγγίσεων των πλοίων. Η επιλογή του Ιουνίου έγινε κατά κύριο λόγο γιατί υπήρχε η ανάγκη να παρουσιαστεί μια σύγκριση μεταξύ δύο καλοκαιρινών μηνών με μέτρια και με μέγιστη κίνηση επιβατών (Ιούνιος, Αύγουστος).

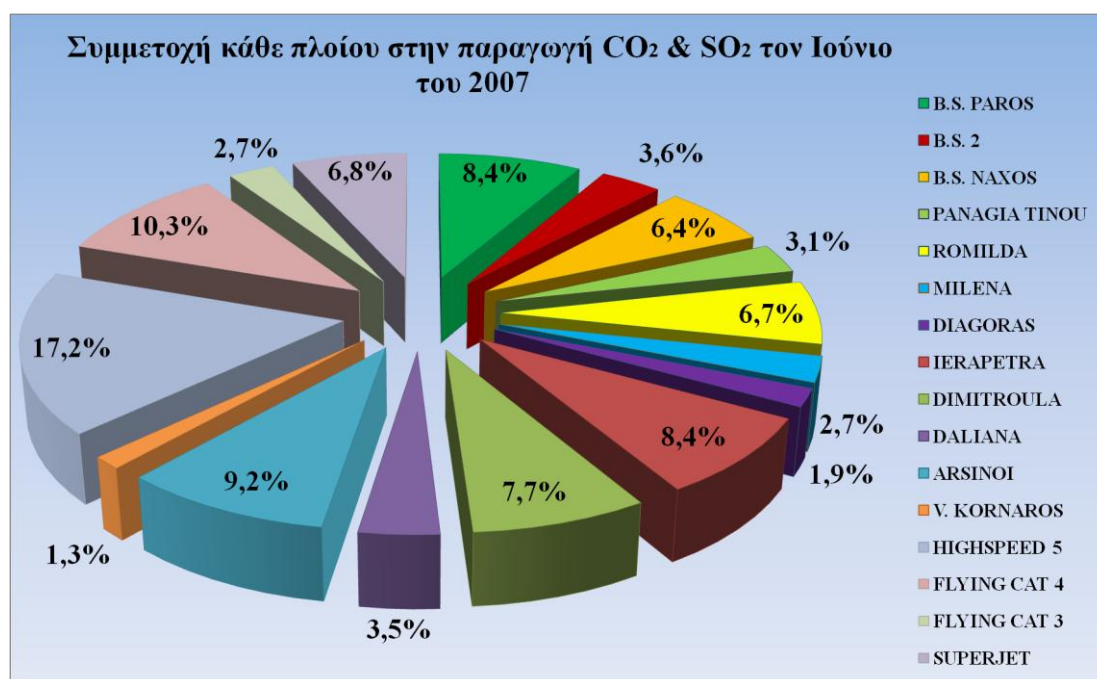


Σχήμα 5- 46

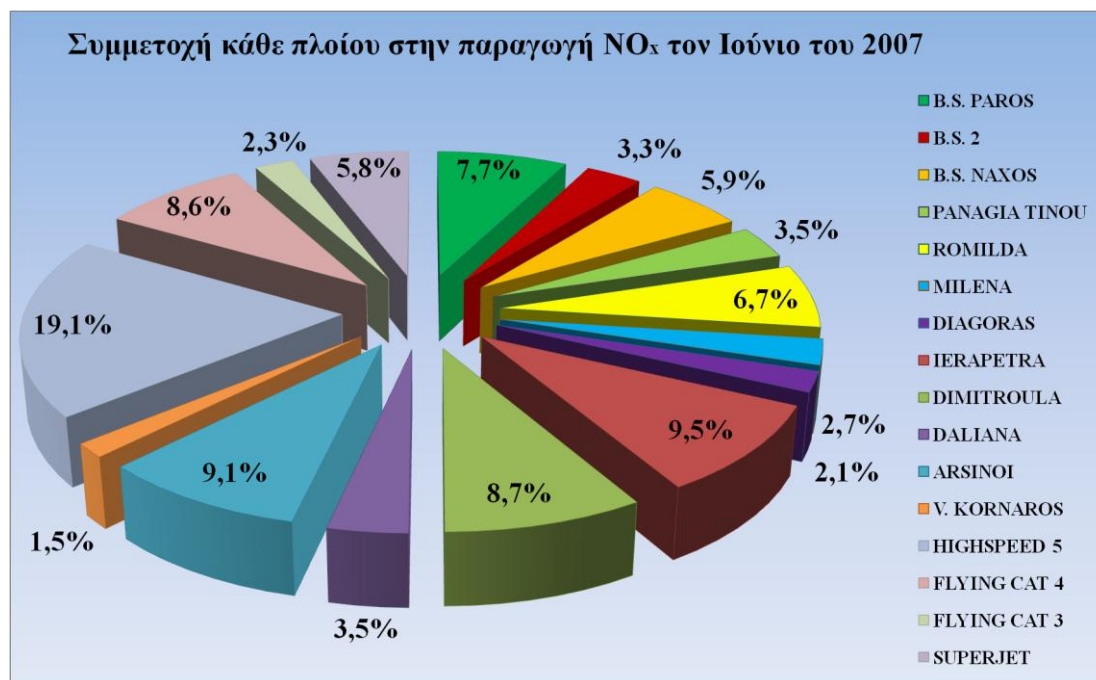
Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε πλοίο τον Ιούνιο του 2007.



Σχήμα 5- 47
Συνολικές εκπομπές αερίων από ακτοπλοϊκά τον Ιούνιο του 2007.

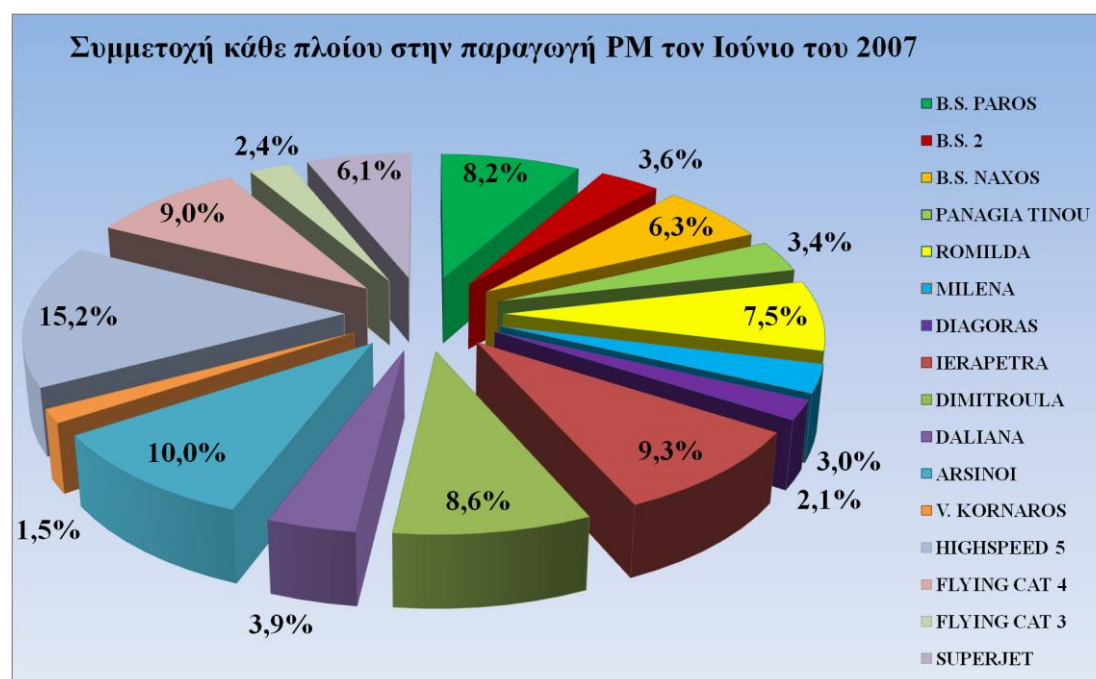


Σχήμα 5- 48
Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO₂ & SO₂ τον Ιούνιο του 2007.



Σχήμα 5- 49

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO_x τον Ιούνιο του 2007.



Σχήμα 5- 50

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM τον Ιούνιο του 2007.

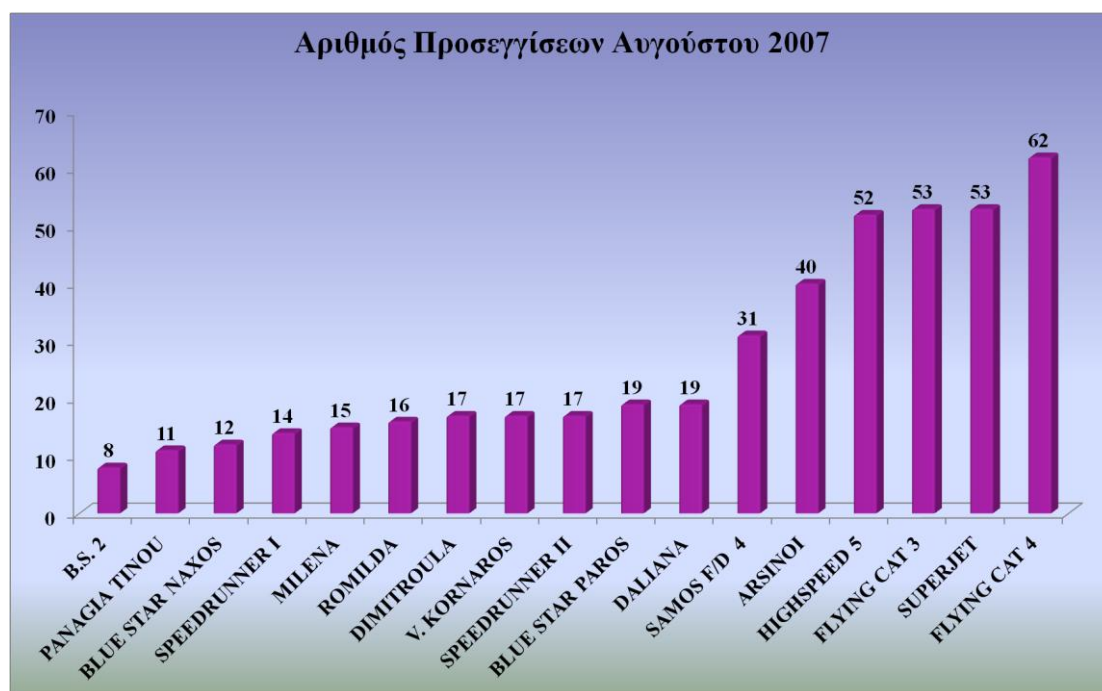
Πριν την παρουσίαση των τεσσάρων τελευταίων διαγραμμάτων για τις ποσοστιαίες συμμετοχές των πλοίων, το σχήμα με τις συνολικές ποσότητες των

αέριων εκπομπών από τα πλοία επιβεβαιώνει την διαφορά μεγέθους στις εκπομπές μεταξύ Ιανουαρίου και Ιουνίου. Έτσι τον Ιούνιο του 2007 και μέσω του μοντέλου υπολογισμού των αέριων εκπομπών, τις παρούσας μελέτης, υπολογίστηκαν 803 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα, 20.57 τόνοι οξειδίων του αζώτου, 13.58 τόνοι διοξειδίου του θείου και 1.53 τόνοι αιωρούμενων σωματιδίων. Παρατηρείται ότι τα συγκεκριμένα ποσά, σε πολλές περιπτώσεις προσεγγίζουν μια αύξηση της τάξης του 300 %.

Όσον αφορά τα σχήματα των ποσοστιαίων συμμετοχών, παρατηρούνται αυξημένα ποσοστά σε πλοία με αρκετά μεγάλο αριθμό προσεγγίσεων. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του *HIGHSPEED 5*, το οποίο με 30 προσεγγίσεις μέσα στο μήνα και με αυξημένες ποσότητες ανά προσέγγιση, κυμαίνεται μεταξύ των ποσοστών του 15.2 % και του 19.1 %. Την ίδια στιγμή το επόμενο πλοίο στην κατάταξη είναι το *FLYING CAT 4*, με ποσοστά ανάμεσα στο 8.6 % και 10.3 %. Το συγκεκριμένο πλοίο, αν και με αρκετά μειωμένες εκπομπές ανά προσέγγιση, προσέγγισε το νησί 60 φορές (2 φορές ημερησίως) μέσα στον μήνα.

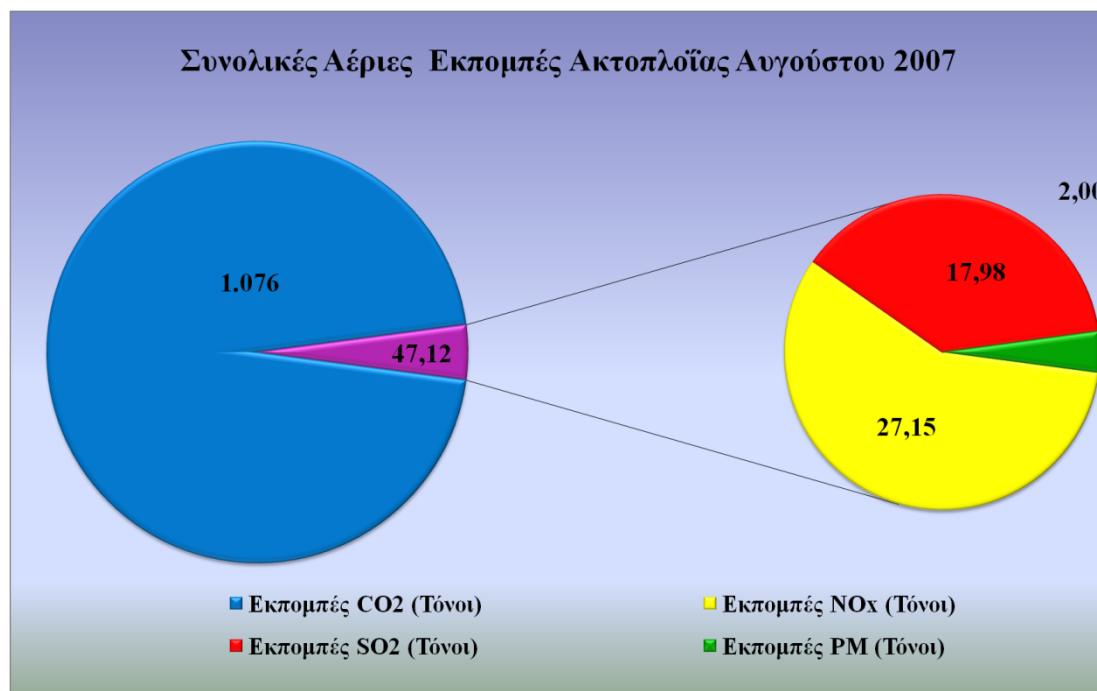
5.5.4 Συνολικές Αέριες Εκπομπές τον Αύγουστο (Υψηλή Περίοδος) του 2007

Ο τρίτος μήνας που μελετάται όσον αφορά τις συνολικές εκπομπές των ακτοπλοϊκών πλοίων στη διάρκεια του, είναι ο μήνας Αύγουστος. Αποτελώντας αναμφισβήτητα, τον μήνα με τις περισσότερες αφίξεις επιβατών όλου του έτους, η εστίαση σε αυτόν, ήταν εκ των ων ουκ άνευ, για την συγκεκριμένη μελέτη. Μια σαφής εικόνα για το Αύγουστο στη Σαντορίνη (από άποψη αέριων εκπομπών της ακτοπλοΐας), αποτυπώνεται με τα διαγράμματα που ακολουθούν.



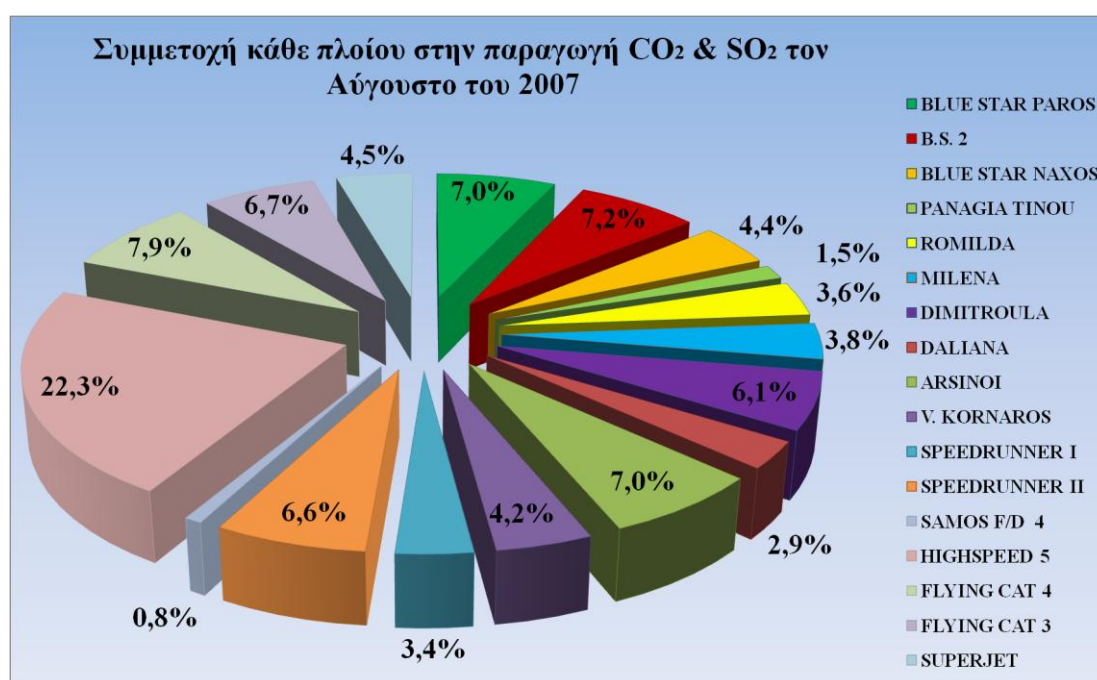
Σχήμα 5- 51

Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε πλοίο τον Αύγουστο του 2007.



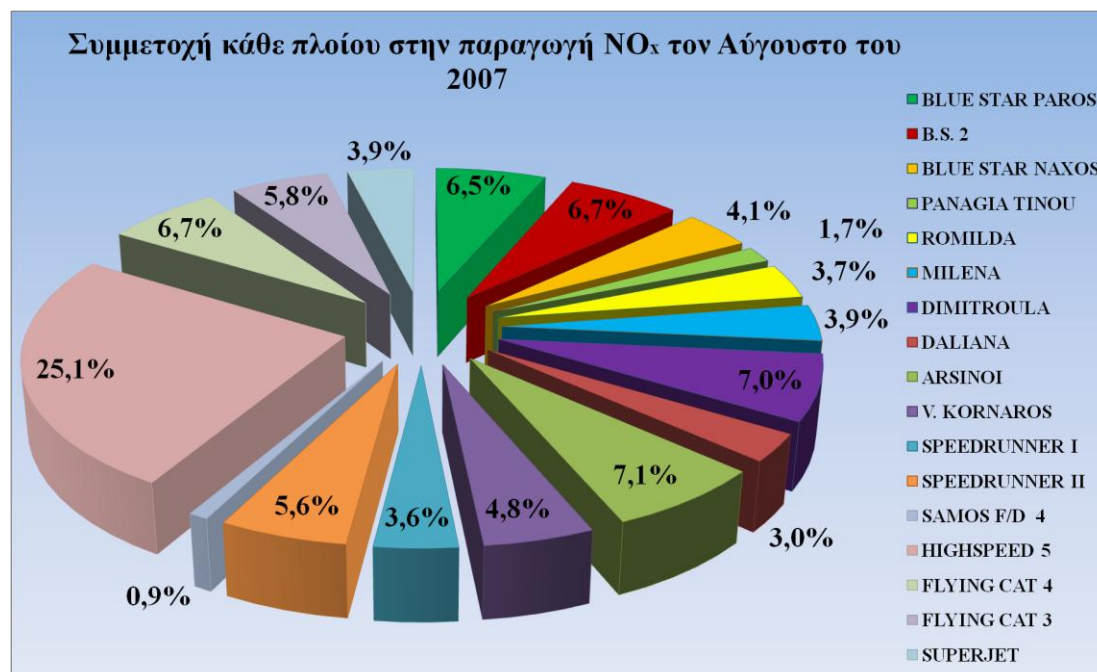
Σχήμα 5- 52

Συνολικές εκπομπές αερίων από ακτοπλοϊκά τον Αύγουστο του 2007.



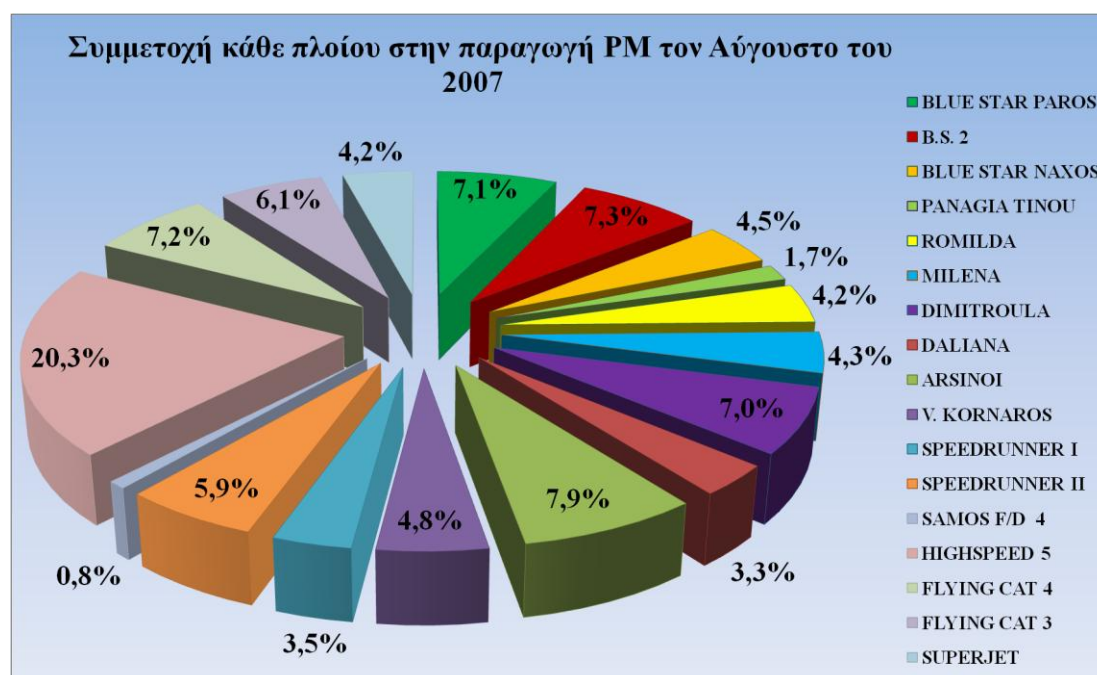
Σχήμα 5- 53

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO₂ & SO₂ τον Αύγουστο του 2007.



Σχήμα 5- 54

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO₂ τον Αύγουστο του 2007.



Σχήμα 5- 55

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM τον Αύγουστο του 2007.

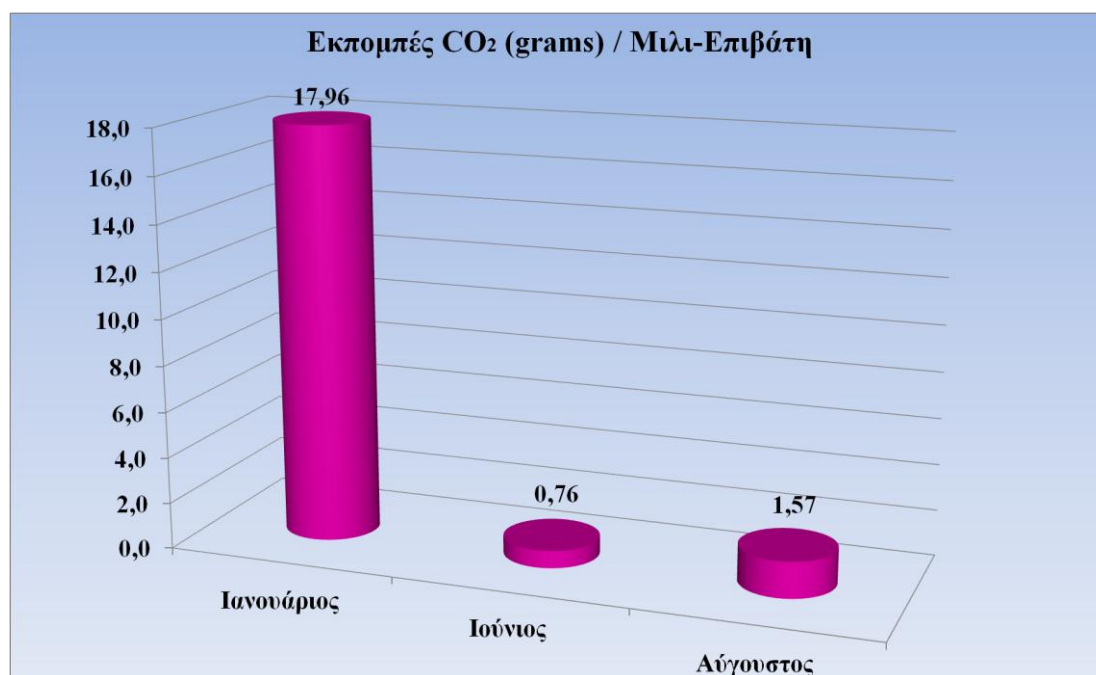
Τα αποτελέσματα από την μελέτη ήταν εντυπωσιακά από άποψη μεγεθών, παρόλα αυτά, δεν προκαλούν έκπληξη σε όποιον τα προσέξει, μιας και οι αυξημένες

προσεγγίσεις (με την πρόσθεση και εκτάκτων δρομολογίων γύρω από την περίοδο του δεκαπενταύγουστου), δικαιολογούν τα ποσά των εκπομπών. Αναλυτικότερα, από τις 456 αφίξεις πλοίων της ακτοπλοΐας τον Αύγουστο του 2007, εκλύθηκαν 1,076 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα, 27.15 τόνοι οξειδίων του αζώτου, 17.98 τόνοι διοξειδίου του θείου και 2.0 τόνοι αιωρούμενων σωματιδίων.

Συνεχίζοντας την ανάλυση με τα διαγράμματα που αφορούν την ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις μηνιαίες εκπομπές των ακτοπλοϊκών, παρατηρείται ότι η ισορροπία μεταξύ προσεγγίσεων και εκπομπών ανά προσέγγιση, τηρείται με ακρίβεια. Μια μέση περίπτωση πλοίου που προσέγγισε το νησί τον Αύγουστο του 2007, είναι το συμβατικό Ε/Γ-Ο/Γ *DIMITROULA*. Το συγκεκριμένο πλοίο με 17 προσεγγίσεις μέσα στον μήνα και με εκπομπές ανά προσέγγιση που κινούνταν γύρω από τους 4.5 τόνους, απέδωσε τελικά ποσοστά που κυμαίνονταν από 6.1 % μέχρι 7.0 %. Το παράδειγμα αυτό (σε συνδυασμό και με τα παραπάνω σχήματα) αποτυπώνει την κατάσταση για τα πλοία που προσέγγιζαν το νησί τον Αύγουστο του 2007.

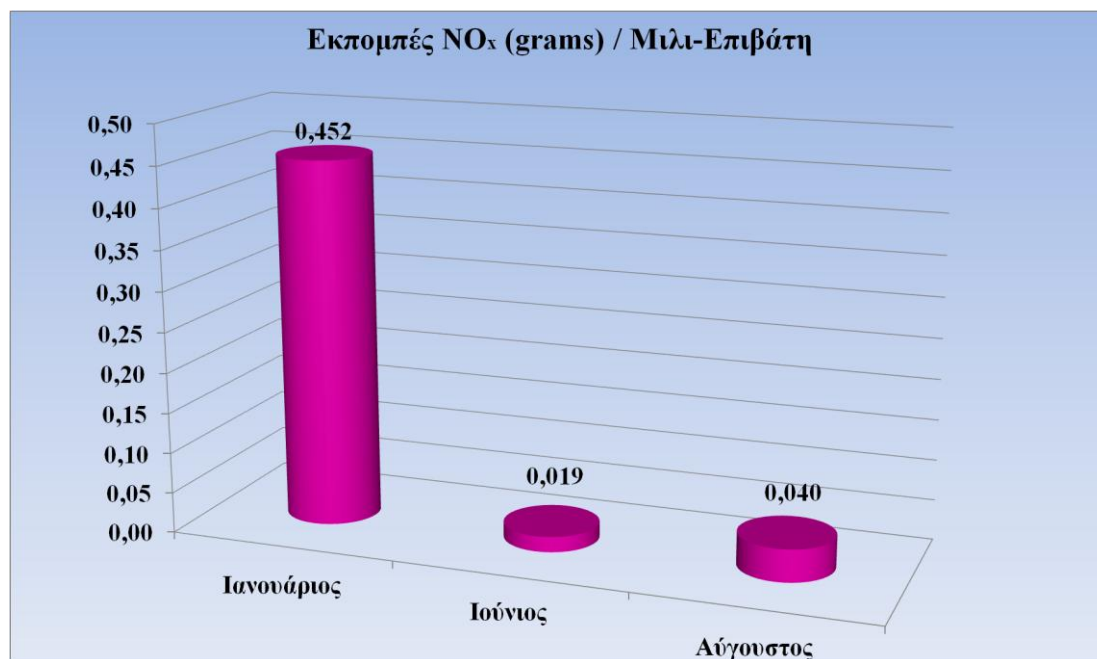
5.5.5 Αέριες Εκπομπές ανά Επιβάτη ανά Διανύμενο Μίλι

Η συγκεκριμένη υποενότητα, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της ενότητας, παρουσιάζει ένα πολύ σημαντικό δείκτη της ναυτιλίας. Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζει το ποσό των εκπομπών που εκλύεται, για κάθε επιβάτη που διακινείται, από ή προς, το νησί και για κάθε μίλι που διανύεται εντός της περιοχής μελέτης. Τα τέσσερα επόμενα διαγράμματα απεικονίζουν για τους τρεις αντιπροσωπευτικούς μήνες του νησιού, την τιμή των δεικτών αυτών, για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων.



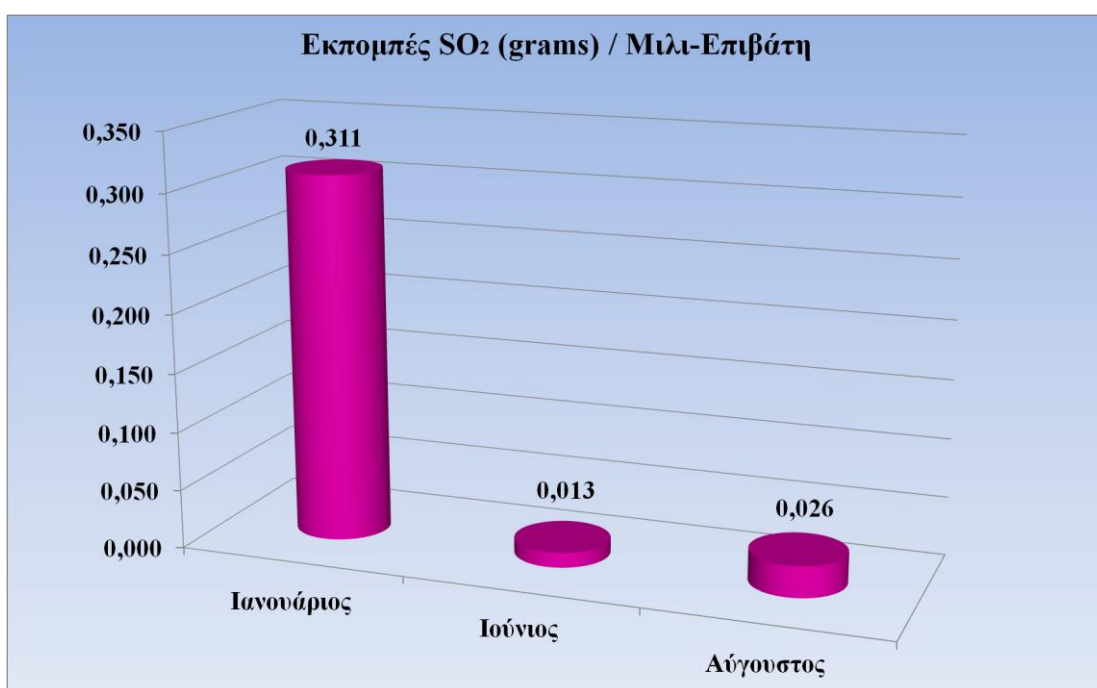
Σχήμα 5- 56

Εκπομπές CO₂ (grams) ανά επιβάτη, ανά διανύμενο μίλι για τρεις σημαντικούς μήνες του 2007.



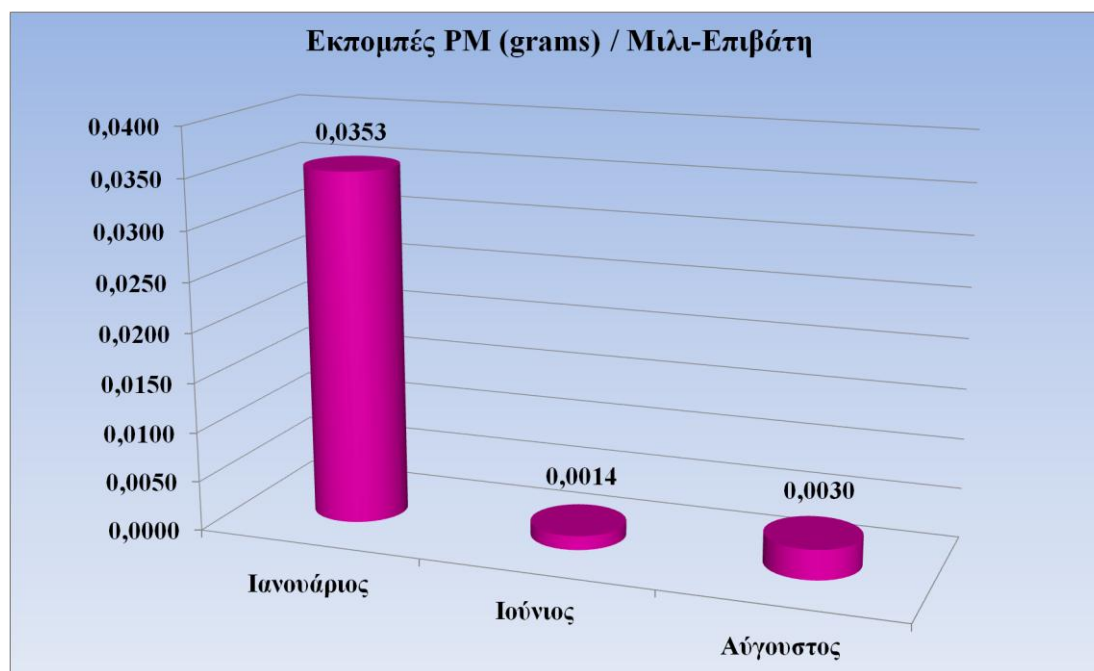
Σχήμα 5- 57

Εκπομπές NO_x (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι για τρεις σημαντικούς μήνες του 2007.



Σχήμα 5- 58

Εκπομπές SO₂ (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι για τρεις σημαντικούς μήνες του 2007.

**Σχήμα 5- 59**

Εκπομπές PM (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι για τρεις σημαντικούς μήνες του 2007.

Παρατηρώντας κάποιος τα τέσσερα παραπάνω διαγράμματα, δεν είναι δύσκολο να προσέξει την πτώση όλων των δεικτών καθώς οι τουριστική περίοδος φθάνει στην κορύφωσή της περνώντας από τον πολύ χαμηλό σε αριθμό προσεγγίσεων Ιανουάριο, στον αυξημένα τουριστικό Ιούνιο και την «ultra high season» του Αυγούστου. Η εξέταση ενός τόσο τεχνικού δείκτη μέσα από την τουριστική σκοπιά, μόνο τυχαία δεν μπορεί να χαρακτηριστεί. Η αυξημένη δρομολογιακή κίνηση, η οποία έχει αρχίσει να σχεδιάζεται από τον χειμώνα, καθώς και τα πρόσθετα δρομολόγια λόγω της εορτής του δεκαπενταύγουστου, εκτοξεύουν τις προσεγγίσεις ακτοπλοϊκών στις 456, όταν η αντίστοιχη τιμή του Ιανουαρίου ήταν μόλις 116.

Αναλυτικότερα, για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, παρατηρείται η τιμή των 17.96 γραμμάρων, ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι στην περιοχή μελέτης. Η τιμή αυτή προήλθε από τη διαίρεση των συνολικών ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες υποενότητες, με τους 11,729 επιβάτες που διακινήθηκαν τον Ιανουάριο του 2007 μέσω του Αθηνιού και τα 1,392 ναυτικά μίλια που διανύθηκαν από τα πλοία της ακτοπλοΐας, εντός της περιοχής μελέτης. Η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε και για τις υπόλοιπες αέριες εκπομπές (SO₂, NO_x και PM) και για τους άλλους δύο μήνες (Ιούνιο και Αύγουστο).

Και στα τέσσερα είδη αέριων εκπομπών που εξετάζονται, ο Ιανουάριος παρουσιάζει έναν εξαιρετικά μεγάλο δείκτη σε σχέση με τους άλλους δύο καλοκαιρινούς μήνες. Χαρακτηριστικό είναι ότι τον Ιούνιο ο δείκτης για το CO₂, ήταν 0.76 γραμμάρια, ανά επιβάτη, ανά μίλι. Η εξαιρετικά μεγάλη διαφορά οφείλεται στην πληρότητα των πλοίων που εξυπηρετούσαν το νησί το 2007. Τον Ιανουάριο

πραγματοποιήθηκαν 116 δρομολόγια, ενώ τον Ιούνιο, σχεδόν τριπλασιάστηκαν στα 344. Η αντίστοιχη αύξηση στους επιβάτες αντί να τριπλασιαστεί, δεκαπλασιάστηκε, με τον αριθμό των επιβατών τον Ιούνιο να είναι 124,172 έναντι του Ιανουαρίου, που ήταν μόλις 11,729.

Είναι κατανοητό ότι με τις αέριες εκπομπές να εξαρτώνται από τον αριθμό των δρομολογίων, οι περισσότεροι επιβάτες θα μείωναν αρκετά σημαντικά τις τιμές του δείκτη για τους μήνες του Ιουνίου και του Αυγούστου. Παρόλα αυτά, ο Αύγουστος δεν συνέχισε την μείωση του δείκτη, αποδεικνύοντας ότι τα δρομολόγια τον συγκεκριμένο μήνα δεν αυξήθηκαν ανάλογα με τον αριθμό των επιβατών (αλλά περισσότερο). Φυσικά η προσέγγιση της συγκεκριμένης μελέτης δεν βασίζεται μονάχα σε μεταβλητές όπως ο αριθμός των δρομολογίων και ο αριθμός των επιβατών. Έτσι, την ποσότητα των εκπομπών επηρεάζουν και πιο σύνθετοι παράγοντες, όπως τα χαρακτηριστικά των πλοίων που εξυπηρετούν το νησί κάθε μήνα, με χαρακτηριστικότερα παραδείγματα τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ τους, την ηλικία της προωστήριου εγκατάστασης και την ταχύτητα με την οποία εισέρχονται στον όρμο της Σαντορίνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ & ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

6.1 Εισαγωγή

Κάθε χρόνο το νησί της Σαντορίνης, από τον Απρίλιο μέχρι και τον Νοέμβριο, υποδέχεται ένα αρκετά σημαντικό αριθμό κρουαζιερόπλοιων. Η συγκεκριμένη κατηγορία πλοίων εκλύει αέριες εκπομπές, οι οποίες κρίθηκε σκόπιμο να υπολογισθούν και να αναλυθούν. Μαζί με αυτές της ακτοπλοΐας, οι αέριες εκπομπές από κρουαζιερόπλοια, αποτελούν την κύρια πηγή επιβάρυνσης του περιβάλλοντος του νησιού. Σκοπός του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις εκπομπές που προέρχονται από τα κρουαζιερόπλοια, που προσέγγισαν τη Σαντορίνη το 2007. Οι διαδικασίες που ακολουθούνται ώστε να περιγραφεί η κατάσταση, περνούν μέσα από μερικά πολύ σημαντικά στάδια.

Αρχικά, με όλα τα απαραίτητα στοιχεία γνωστά και με τις μεθόδους που έχουν περιγραφεί σε προηγούμενα κεφάλαια, εφαρμόστηκε το αναλυτικό μοντέλο υπολογισμού των αέριων εκπομπών από πλοία. Έτσι, προκύπτει η ενότητα που αφορά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για τα κρουαζιερόπλοια. Στη συγκεκριμένη ενότητα, γίνεται μια προσπάθεια να περιγραφεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση από κάθε προσέγγιση πλοίου στο όρμο του νησιού.

Η επόμενη ενότητα του κεφαλαίου, διαπραγματεύεται τις συνολικές αέριες εκπομπές των πλοίων κρουαζιέρας, αλλά και τους εξαγόμενους δείκτες, ανά επιβάτη ανά διανυόμενο μίλι, για τρεις χαρακτηριστικούς μήνες στο νησί. Πιο συγκεκριμένα, επιχειρείται μια αναλυτική παρουσίαση των συνολικών μηνιαίων εκπομπών από κρουαζιερόπλοια τους μήνες Νοέμβριο, Μάιο και Ιούλιο. Η ενότητα ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του δείκτη που περιγράφει τις εκπομπές που αντιστοιχούν σε κάθε επιβάτη, για κάθε διανυόμενο μίλι, σε μηνιαία βάση.

Μια πολύ σημαντική ενότητα είναι αυτή που ακολουθεί εκείνη των συνολικών μηνιαίων εκπομπών και των δεικτών. Στην ενότητα αυτή πραγματοποιείται μια πρόταση για το νησί και υπολογίζονται οι εκπομπές του νησιού για ένα συγκεκριμένο μήνα, στην υποθετική περίπτωση που η πρόταση αυτή είχε υιοθετηθεί. Πιο συγκεκριμένα, μελετάται η επίδραση στη μείωση των αέριων εκπομπών από την υποθετική περίπτωση κατασκευής νέου λιμένα στα Φηρά (με δυνατότητα cold ironing).

Στην τελευταία ενότητα του κεφαλαίου εφαρμόζεται, μέσω ενός εξειδικευμένου λογισμικού, μια διαδικασία στοχαστικής ανάλυσης και προσομοίωσης των αέριων εκπομπών NO_x και PM από κρουαζιερόπλοια. Σκοπός της ενότητας αυτής είναι να μελετηθεί η επίδραση, μερικών πολύ σημαντικών παραμέτρων (που αποτελούν μέρος του αναλυτικού μοντέλου), επί των εκπομπών που εξάγονται ως αποτελέσματα των υπολογισμών.

6.2 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του Μοντέλου για Κρουαζιερόπλοια

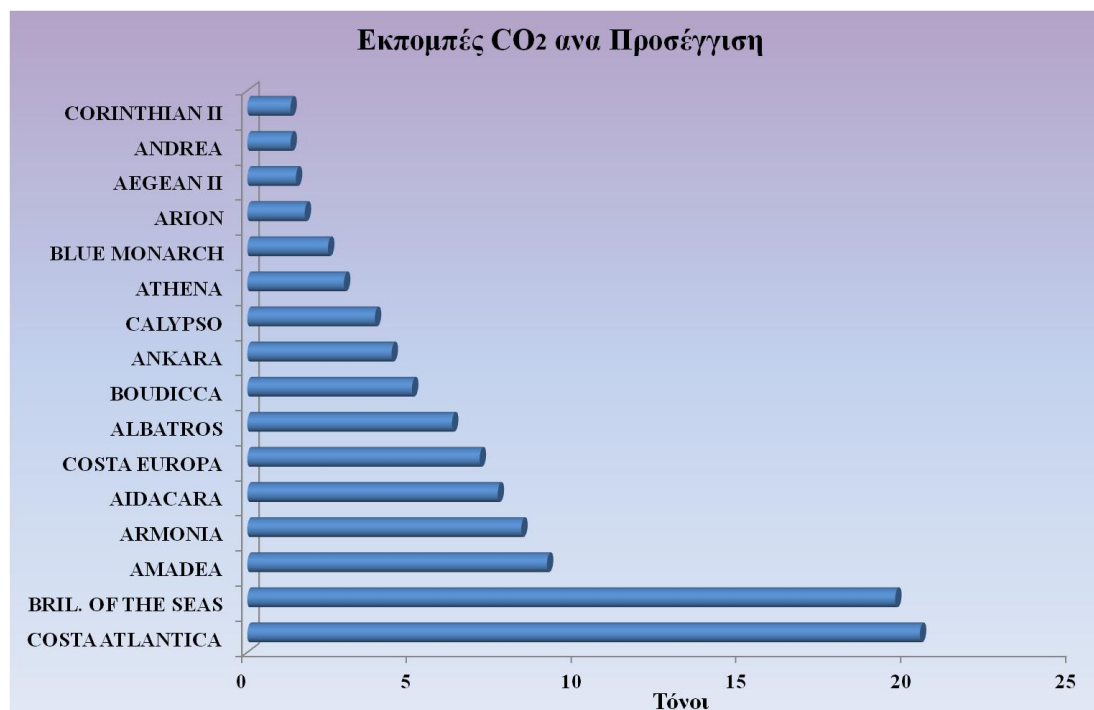
6.2.1 Ομάδες Κρουαζιερόπλοιων

Ο μεγάλος όγκος των αποτελεσμάτων (79 κρουαζιερόπλοια), οδήγησε στον κατάταξη των πλοίων σε 5 ομάδες. Κάθε ομάδα αποτελείται από 16 κρουαζιερόπλοια και σε μία περίπτωση 15. Τα διαγράμματα των ομάδων αποτελούνται από ένα σχήμα

για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ένα για τα οξείδια του αζώτου, ένα για το διοξείδιο του θείου και τέλος ένα σχήμα που απεικονίζει τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων. Τα κρουαζιερόπλοια παρουσιάζονται στον κάθετο άξονα των σχημάτων, ενώ ο οριζόντιος άξονας απεικονίζει, σε τόνους, τις αέριες εκπομπές που εκλύονται ανά προσέγγιση. Κάθε φορά, στο ξεκίνημα της παρουσίασης των διαγραμμάτων και με τη βοήθεια του σχήματος για το CO₂, πραγματοποιείται μια ταξινόμηση των εκπομπών από τις μικρότερες ποσότητες, στις μεγαλύτερες. Η κατάταξη αυτή διατηρείται και στα υπόλοιπα διαγράμματα (NO_x, SO₂ και PM), χωρίς να ανακατατάσσονται τα πλοία βάσει των εκπομπών τους, όπως έγινε στο πρώτο διάγραμμα του διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό επιλέχθηκε, με σκοπό να γίνεται άμεσα διακριτή η αλλαγή της σειράς κατάταξης των πλοίων ανάμεσα στα διαφορετικά είδη εκπομπών.

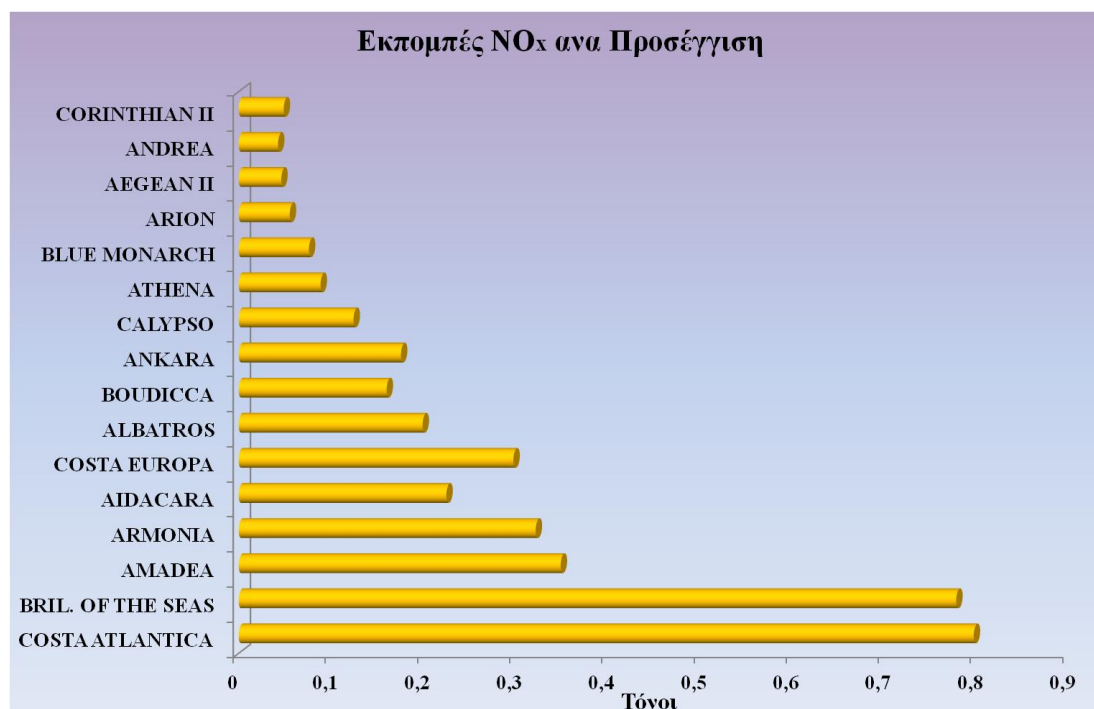
6.2.2 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 1^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων

Στη συγκεκριμένη υποενότητα παρουσιάζονται τα διαγράμματα που απεικονίζουν την απογραφή των αέριων εκπομπών, ανά πλοίο, ανά προσέγγιση, για τα 16 πρώτα κρουαζιερόπλοια που έχουν μελετηθεί. Με την έννοια «απογραφή», εννοείται η προσπάθεια για περιγραφή της συνολικής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, από τις τρεις φάσεις λειτουργίας, που λαμβάνουν χώρα σε κάθε προσέγγιση πλοίου (τον κατάπλου, την παραμονή, και τον απόπλου). Ακολουθούν τα σχήματα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων, με τη σειρά που αναφέρονται.



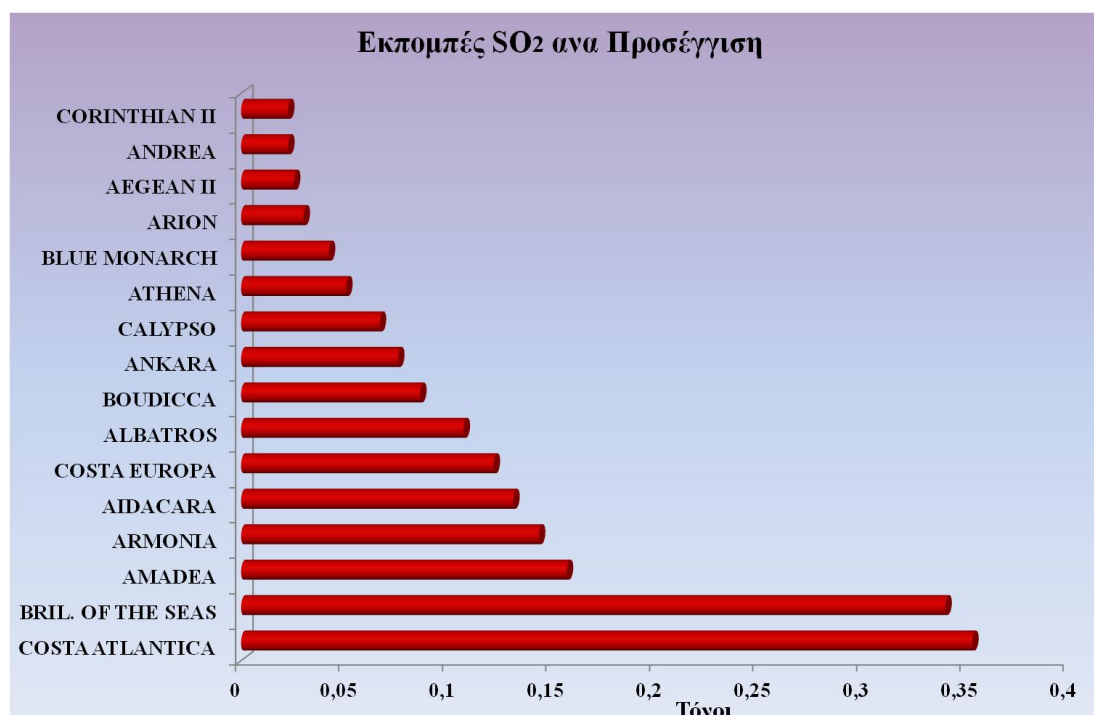
Σχήμα 6- 1

Εκπομπές CO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



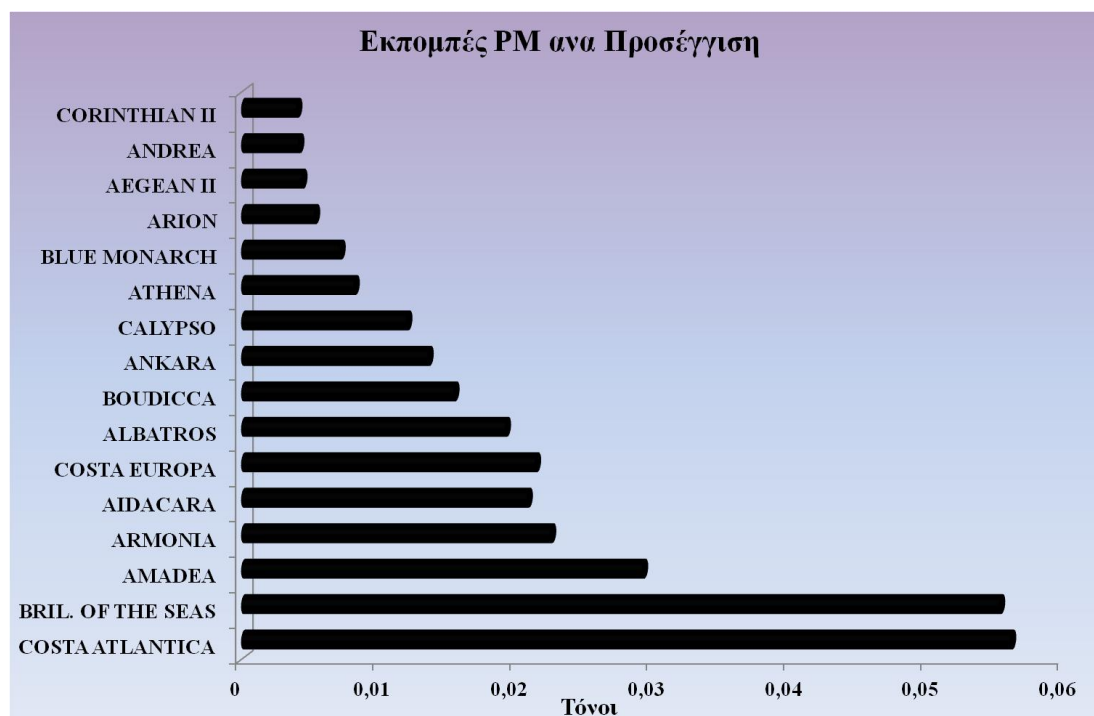
Σχήμα 6- 2

Εκπομπές NO_x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 3

Εκπομπές SO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 4

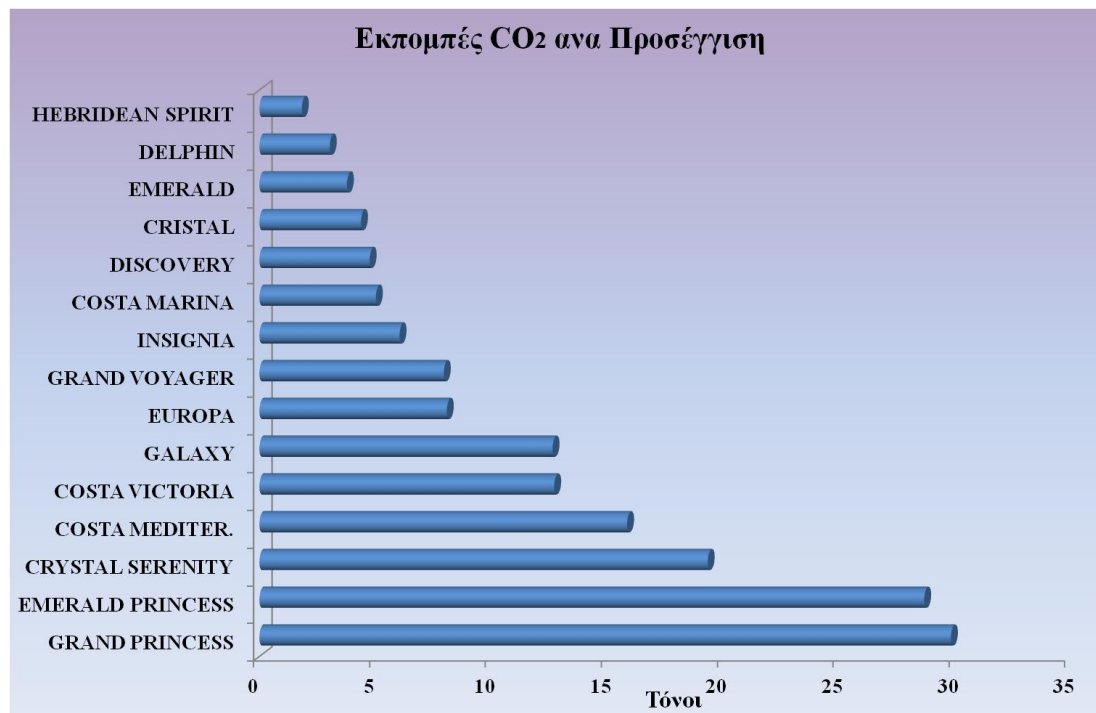
Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.

Παρατηρώντας κάποιος τα διαγράμματα θα προσέξει το μεγάλο εύρος των τιμών που καταγράφονται από τα κρουαζιερόπλοια. Αναλυτικότερα, για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα υπάρχουν κρουαζιερόπλοια όπως τα *ARION*, *AEGEAN II*, *ANDREA* και *CORINTHIAN II*, τα οποία παρουσιάζουν τιμές που κυμαίνονται λίγο πάνω από τον 1.0 τόνο, ανά προσέγγιση. Στον αντίποδα βρίσκονται πλοία όπως το *COSTA ATLANTICA* και *BRILLIANCE OF THE SEAS*, με ποσότητες πολύ κοντά στους 20.0 τόνους CO₂ ανά προσέγγιση. Μία μέση περίπτωση πλοίου από αυτή την κατηγορία, αποτελεί το *ALBATROS*, με 6.2 τόνους διοξειδίου του άνθρακα.

Οι διορθωτικοί συντελεστές για το ποσοστό λειτουργίας των κύριων μηχανών και για την ηλικία της προωστήριου εγκατάστασης κάνουν και στα κρουαζιερόπλοια αισθητή την παρουσία τους, με τα διαγράμματα για τα οξείδια του αζώτου και τα αιωρούμενα σωματίδια να το αποδεικνύουν. Πιο συγκεκριμένα, στα διαγράμματα αυτά, παρατηρούνται συχνές ανακατατάξεις στη σειρά των πλοίων. Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα του *ANKARA* και του *COSTA EUROPA*, τα οποία ξεχωρίζουν αλλάζοντας θέση στη σειρά κατάταξης που είχε διαμορφωθεί από τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα.

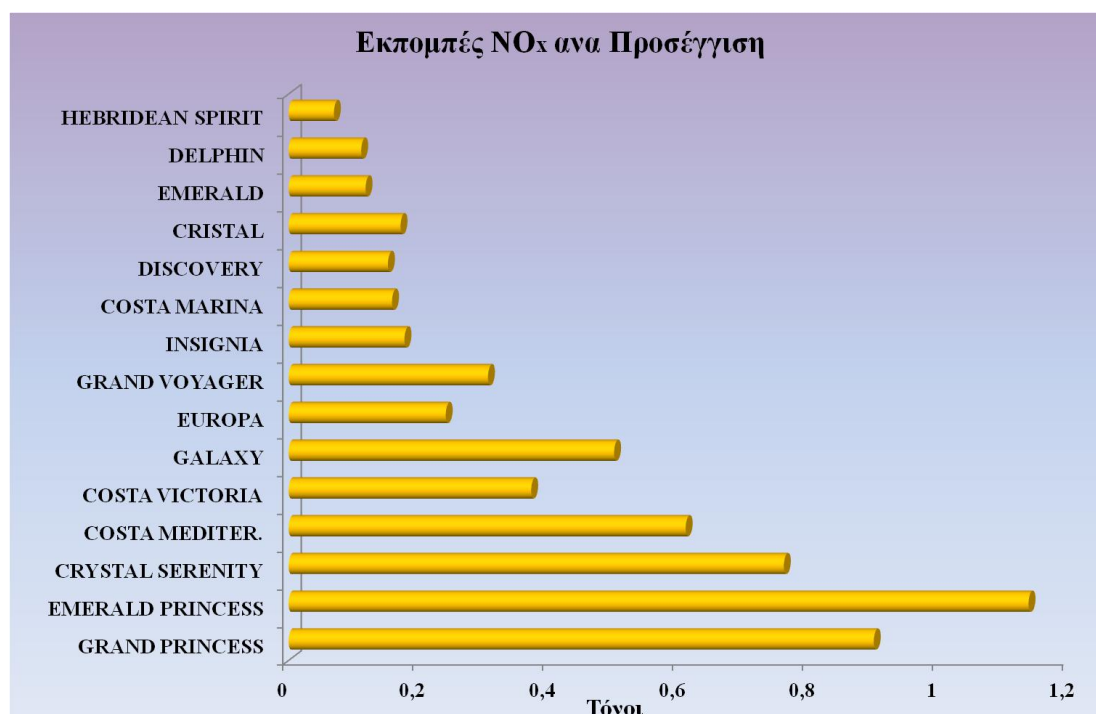
6.2.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 2^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των αέριων εκπομπών από κρουαζιερόπλοια, συνεχίζεται και στην παρούσα υποενότητα, με τη 2^η ομάδα πλοίων να απεικονίζεται στα τέσσερα επόμενα διαγράμματα. Το εύρος τιμών στα διαγράμματα κρίνεται ικανοποιητικό ώστε να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.



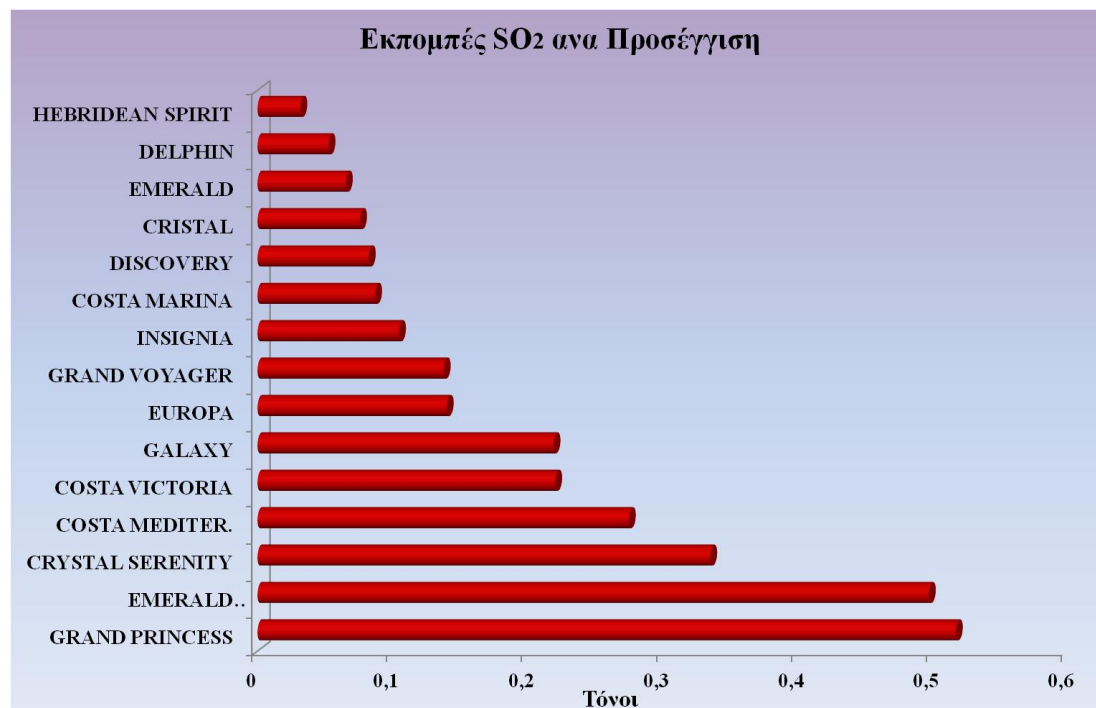
Σχήμα 6- 5

Εκπομπές CO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



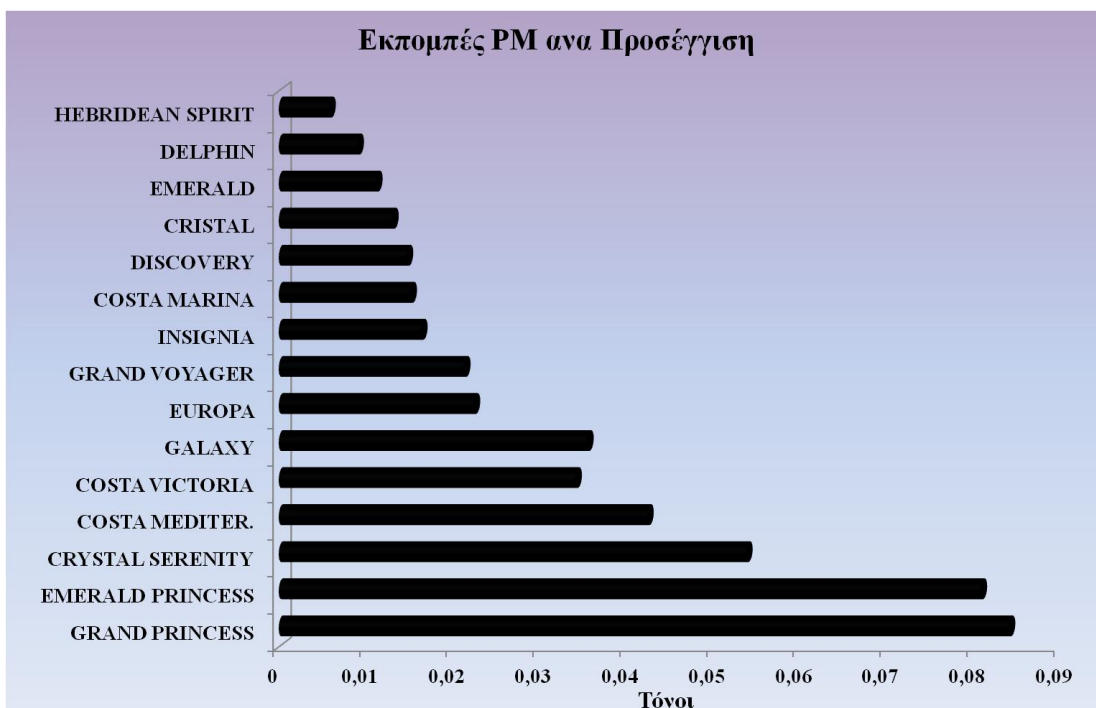
Σχήμα 6- 6

Εκπομπές NO_x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 7

Εκπομπές SO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 8

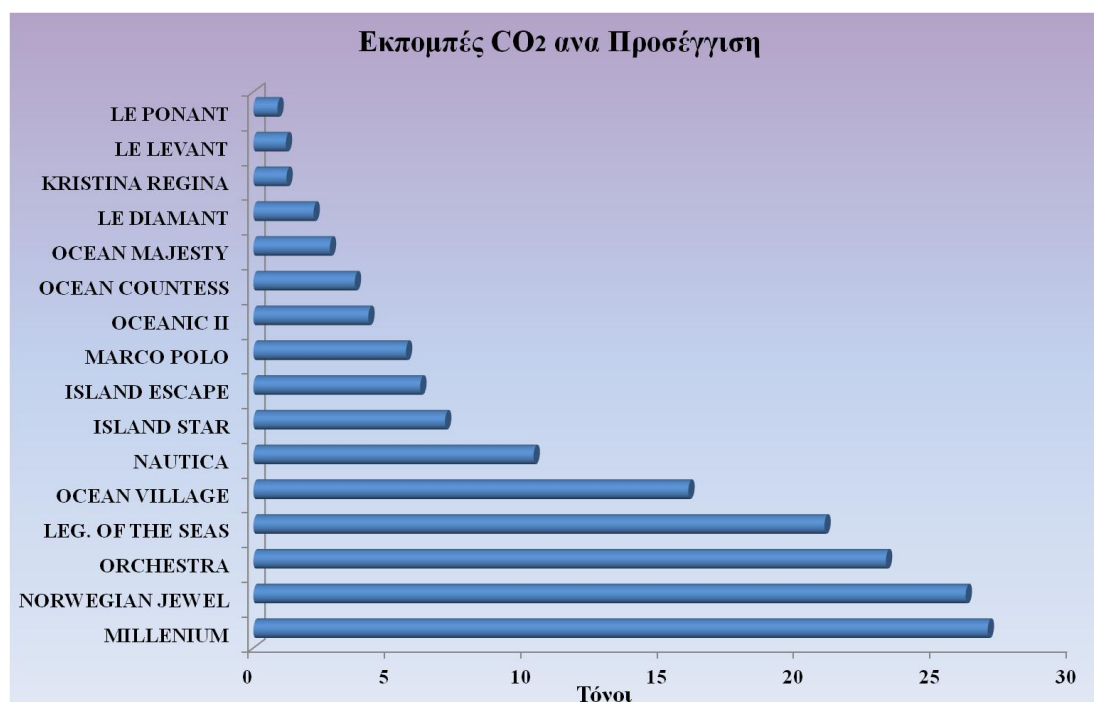
Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.

Η δεύτερη ομάδα κρουαζιερόπλοιων, όπως προαναφέρθηκε, έχει αρκετά ικανοποιητική ποικιλία τιμών. Αναλυτικότερα, στα χαμηλότερα επίπεδα βρίσκεται το πλοίο *HEBRIDIAN SPIRIT*, με 1.8 τόνους διοξειδίου του άνθρακα, 0.07 τόνους οξειδίων του αζώτου, 0.03 τόνους διοξειδίου του θείου και 0.006 τόνους αιωρούμενων σωματιδίων, ανά προσέγγιση στο νησί. Τις μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζει το κρουαζιερόπλοιο *GRAND PRINCESS*, με τιμές ποσοτήτων, 29.8 τόνους CO₂, 0.9 τόνους NO_x, 0.52 τόνους SO₂ και 0.084 τόνους PM. Τη μέση περίπτωση πλοίου, στη συγκεκριμένη ομάδα, αντιπροσωπεύει καλύτερα το κρουαζιερόπλοιο *GALAXY*, με τις ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από αυτό, να είναι 12.65 τόνοι.

Στο διάγραμμα που αφορά τις αέριες εκπομπές των οξειδίων του αζώτου, ξεχωρίζει η αλλαγή στην κατάταξη, για το δεύτερο πλοίο στην κατάταξη που διαμόρφωσαν οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, το *EMERALD PRINCESS*. Το συγκεκριμένο πλοίο περνάει πρώτο στις εκπομπές NO_x με 1.14 τόνους, ξεπερνώντας το *GRAND PRINCESS* με 0.9 τόνους. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διαφορά αυτή προήλθε κυρίως από την διαφορά ηλικίας των δύο πλοίων, η οποία εκφράστηκε μέσω των αντίστοιχων συντελεστών διόρθωσης.

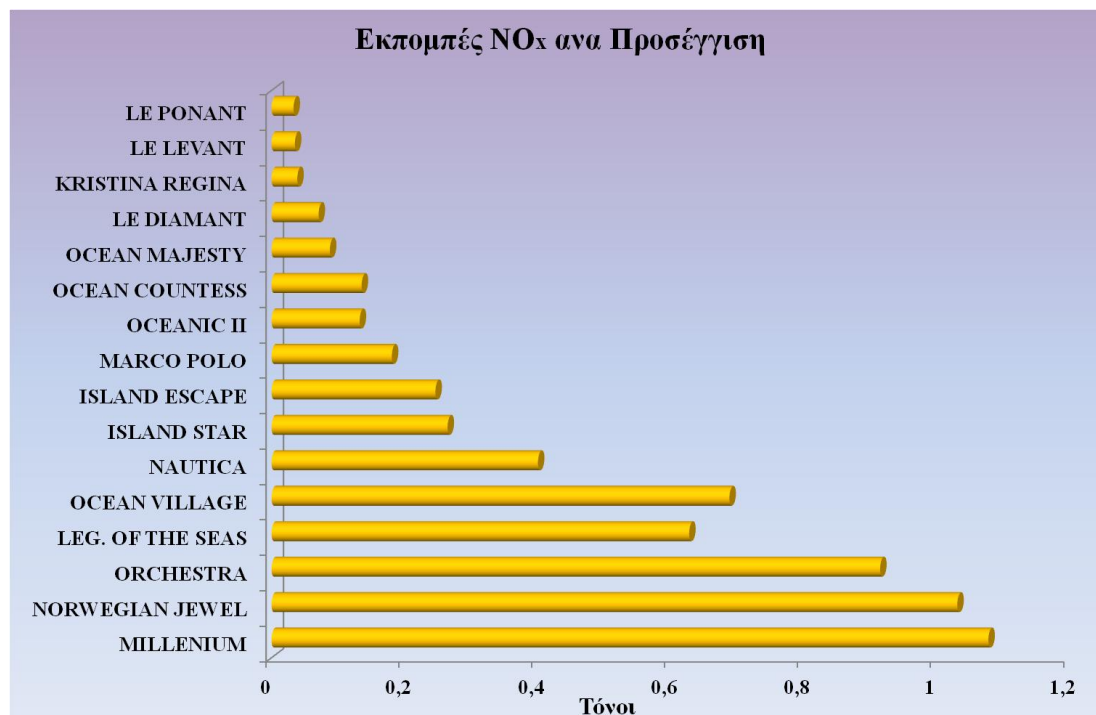
6.2.4 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 3^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων

Η διαδικασία της παρουσίασης των αποτελεσμάτων των αέριων εκπομπών από κρουαζιερόπλοια, βρίσκει συνέχεια με την παρουσίαση και ανάλυση των εκπομπών της τρίτης ομάδας κρουαζιερόπλοιων, η οποία, όπως και οι προηγούμενες ομάδες, παρουσιάζει μια ποικιλομορφία αποτελεσμάτων.



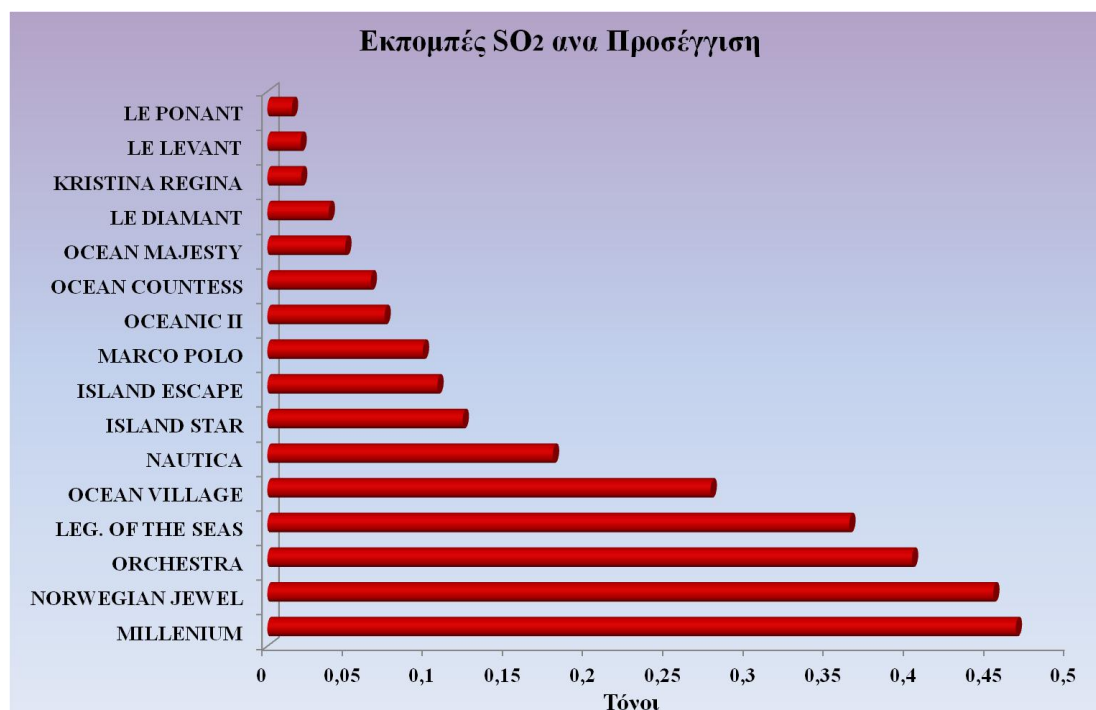
Σχήμα 6- 9

Εκπομπές CO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



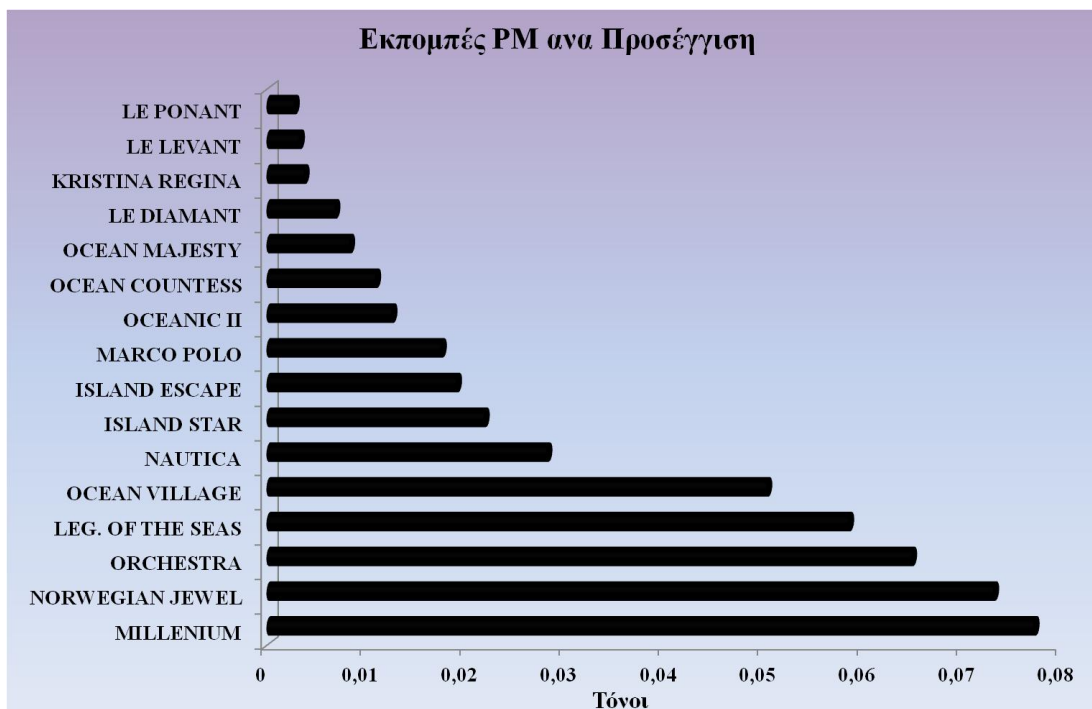
Σχήμα 6- 10

Εκπομπές NO_x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 11

Εκπομπές SO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 12

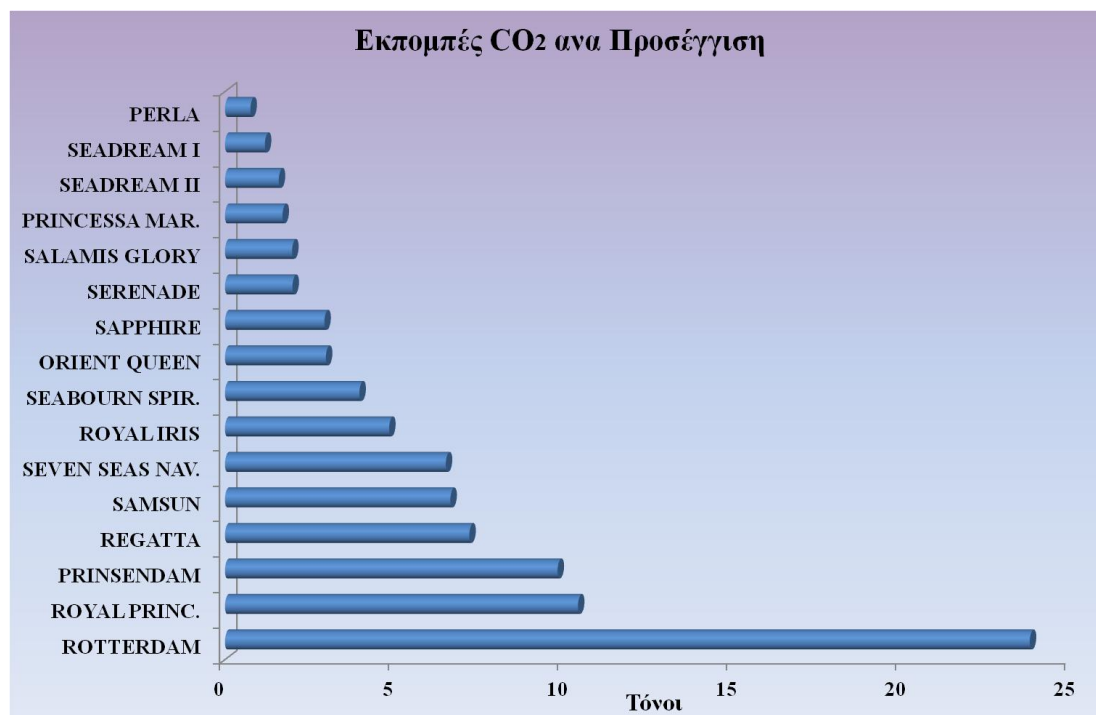
Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.

Η τρίτη ομάδα κρουαζιερόπλοιων, συμβαίνει να περιλαμβάνει τέσσερα πλοία με εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα οι οποίες ξεπερνούν τους 20.0 τόνους ανά προσέγγιση. Το πλοίο με τις περισσότερες εκπομπές ανάμεσα σε αυτά είναι το *MILLENIUM*, με των 90,228 GRT και των 50,000 kW ισχύος, για τις κύριες μηχανές του. Με αυτή την ισχύ, και τους αυξημένους χρόνους παραμονής στο νησί (πολλές φορές και περισσότερο από 15 ώρες), το συγκεκριμένο πλοίο αποδίδει 26.9 τόνους διοξειδίου του άνθρακα, 1.08 τόνους οξειδίων του αζώτου, 0.466 τόνους SO₂, και 0.077 τόνους αιωρούμενων σωματιδίων.

Για να κατανοηθεί κάπως καλύτερα η εικόνα των εκπομπών της συγκεκριμένης ομάδας πλοίων, η προσοχή εστιάζεται, εκτός από τις μέγιστες εκπομπές και στις ελάχιστες και μέσες τιμές εκπομπών. Οι χαμηλότερες εκπομπές υπολογίστηκαν από το πλοίο *LE PONANT*, με 0.88 τόνους CO₂, 0.033 τόνους NO_x, 0.0153 τόνους SO₂ και 0.0027 τόνους PM. Μια μέση περίπτωση πλοίου που προσέγγιζε το νησί το 2007 και ανήκει στην ομάδα πλοίων που εξετάζεται, είναι το κρουαζιερόπλοιο *NAUTICA*. Οι εκπομπές του τελευταίου είναι 10.27 τόνοι CO₂, 0.4 τόνοι NO_x, 0.178 τόνοι SO₂ και 0.0282 τόνοι PM.

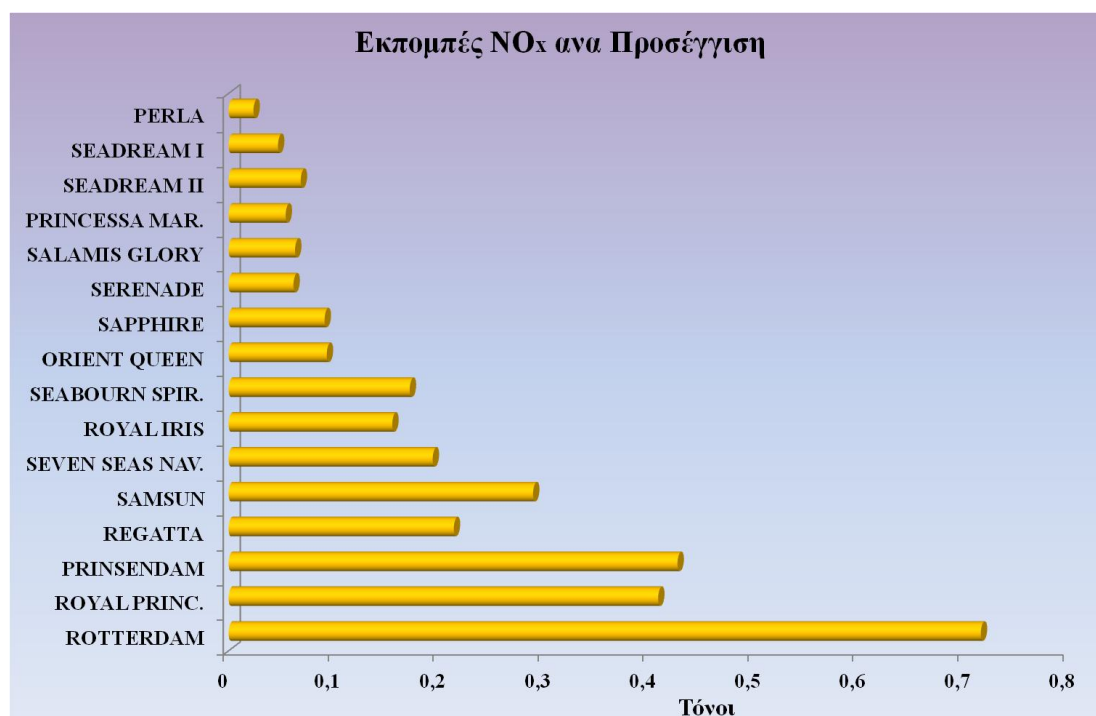
6.2.5 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 4^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η τέταρτη ομάδα πλοίων με τις εκπομπές να κυμαίνονται σε πιο χαμηλά επίπεδα, με μόλις δύο πλοία να ξεπερνούν την τιμή των 10 τόνων συνολικών εκπομπών. Όπως και στις προηγούμενες υποενοτήτες ακολουθούν τα διαγράμματα για τις εκπομπές CO₂, NO_x, SO₂ και PM.



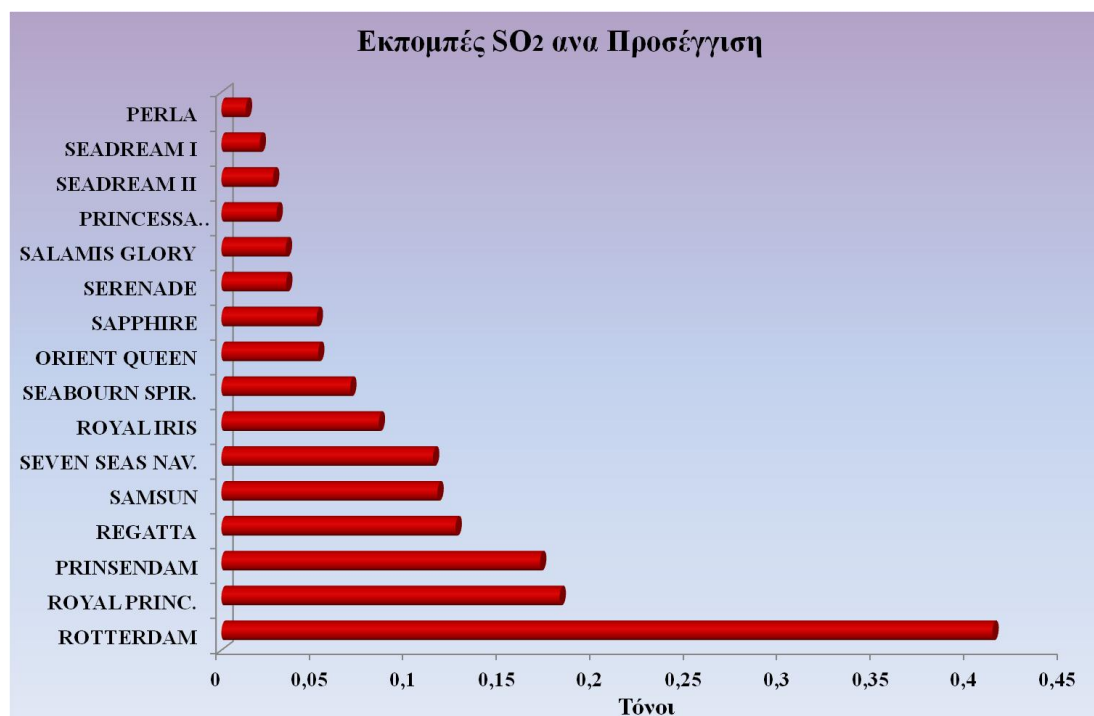
Σχήμα 6- 13

Εκπομπές CO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



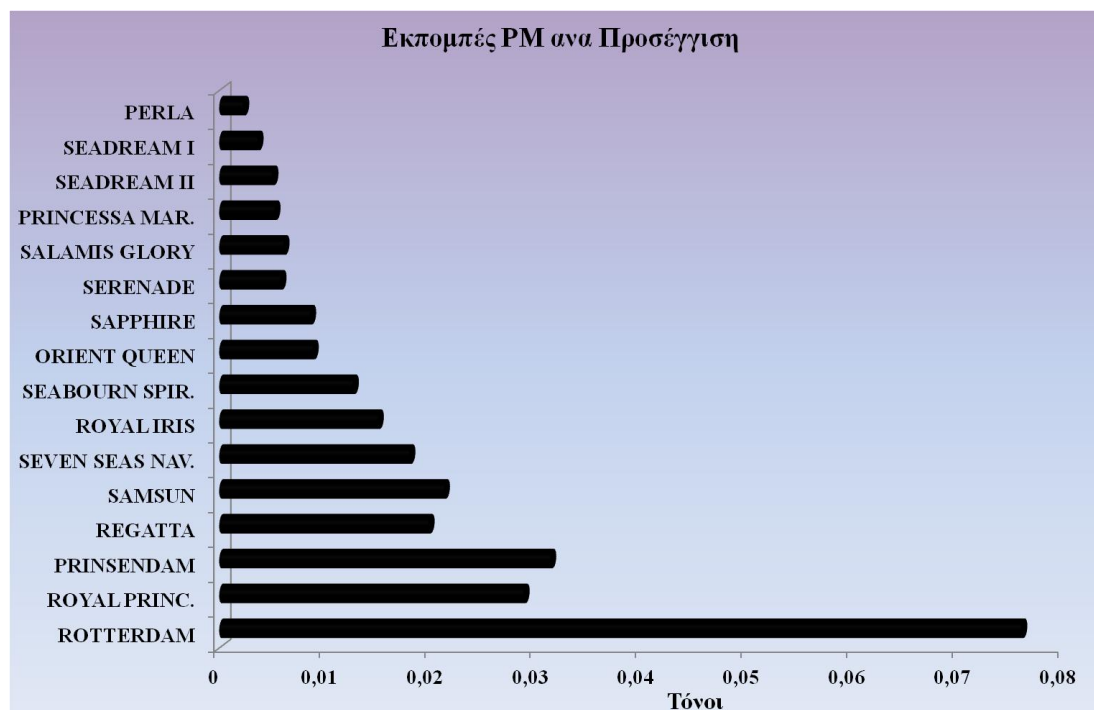
Σχήμα 6- 14

Εκπομπές NO_x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 15

Εκπομπές SO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 16

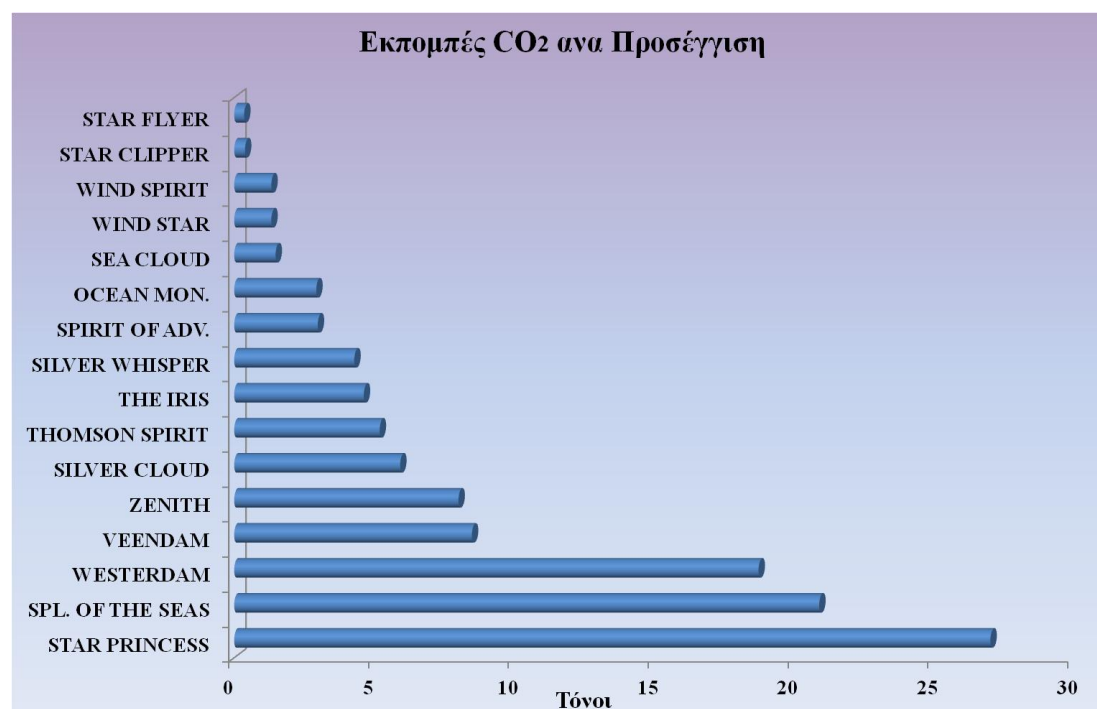
Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.

Οι διαφορές που εμφανίζονται ανάμεσα σε διαφορετικά πλοία στα τέσσερα προηγούμενα διαγράμματα, αντικατοπτρίζουν το μεγάλο εύρος των πλοίων που επισκέπτονται το νησί. Το πλοίο με τις περισσότερες εκπομπές είναι το *ROTTERDAM* με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ του, να φθάνει τα 57,700 kW. Το συγκεκριμένο πλοίο παρήγαγε εντός της περιοχής μελέτης της παρούσας εργασίας (πάντα βάσει των θεωρητικών υπολογισμών του αναλυτικού μοντέλου), 23.8 τόνους CO₂, 0.033 τόνους NO_x, 0.0153 τόνους SO₂ και 0.0027 τόνους PM.

Από τα πλοία με τις λιγότερες ποσότητες εκπομπών, ξεχωρίζει το *PRINCESSA MARISSA*. Το μικρό αυτό κρουαζιερόπλοιο εκφράζει ικανοποιητικά την μικρότερη κατηγορία των πλοίων που προσεγγίζουν το νησί της Σαντορίνης. Χαρακτηριστικά, οι αέριες εκπομπές που υπολογίστηκαν ήταν 1.7 τόνοι CO₂, 0.054 τόνοι NO_x, 0.0295 τόνοι SO₂ και 0.0052 τόνοι PM. Ως αντιπροσωπευτική μέση περίπτωση πλοίου για τη συγκεκριμένη ομάδα, συναντάται το *ROYAL IRIS*. Με 13,504 kW συνολικής ισχύος, οι κινητήρες του εκλύουν στο νησί ανά προσέγγιση 4.85 τόνους διοξειδίου του άνθρακα, 0.156 τόνους οξειδίων του αζώτου, 0.0841 τόνους διοξειδίου του θείου και 0.015 τόνους αιωρούμενων σωματιδίων.

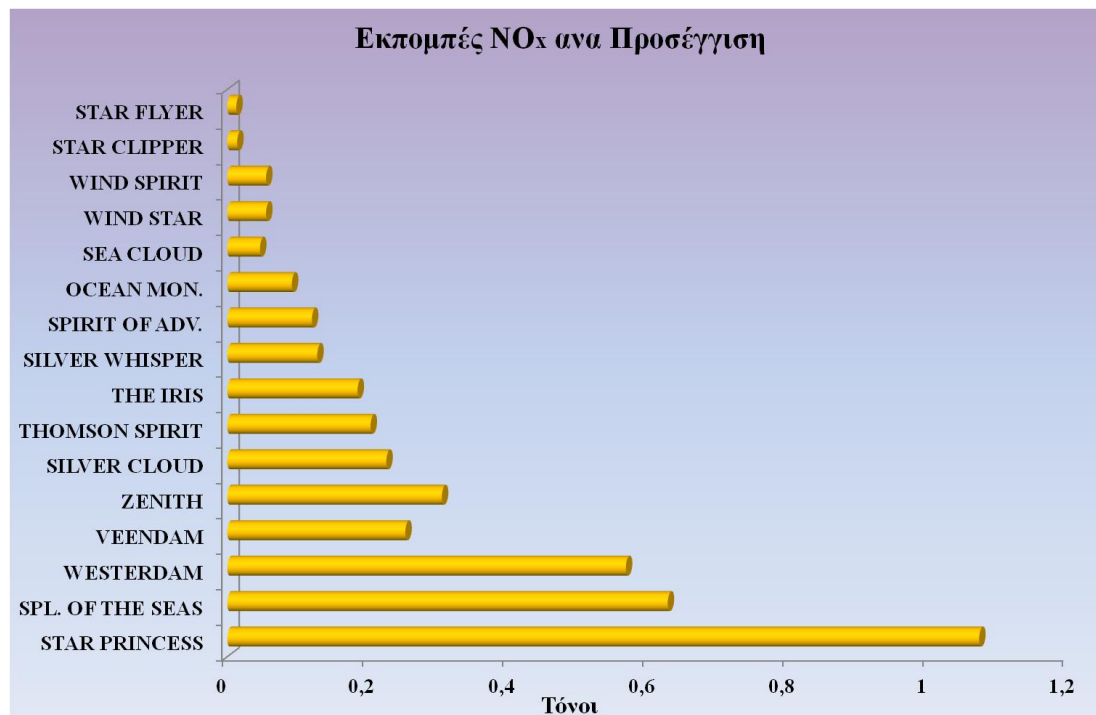
6.2.6 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων της 5^{ης} Ομάδας Κρουαζιερόπλοιων

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των αέριων εκπομπών από τα κρουαζιερόπλοια που προσέγγισαν το νησί της Σαντορίνης το 2007, ολοκληρώνεται με τα τέσσερα διαγράμματα που ακολουθούν. Η 5^η ομάδα πλοίων, σε αντίθεση με την προηγούμενη, που απεικόνιζε κατά κύριο λόγο μικρά προς μεσαία πλοία, αποτελείται από ποικίλες κατηγορίες πλοίων ως προς το μέγεθος.



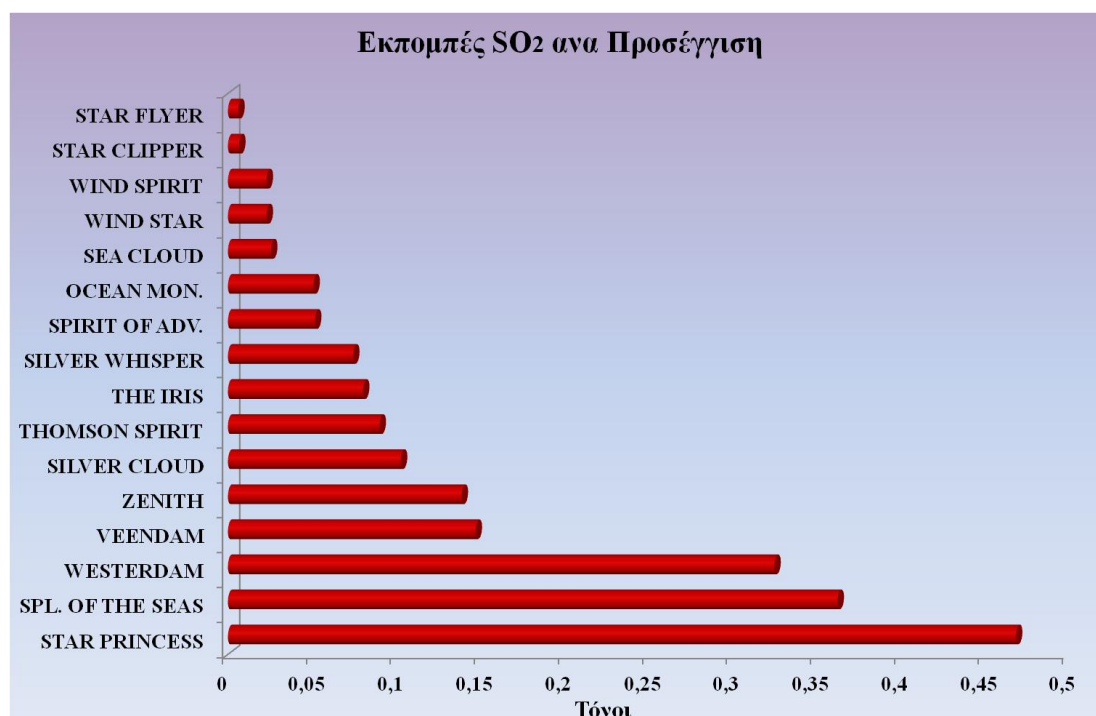
Σχήμα 6- 17

Εκπομπές CO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



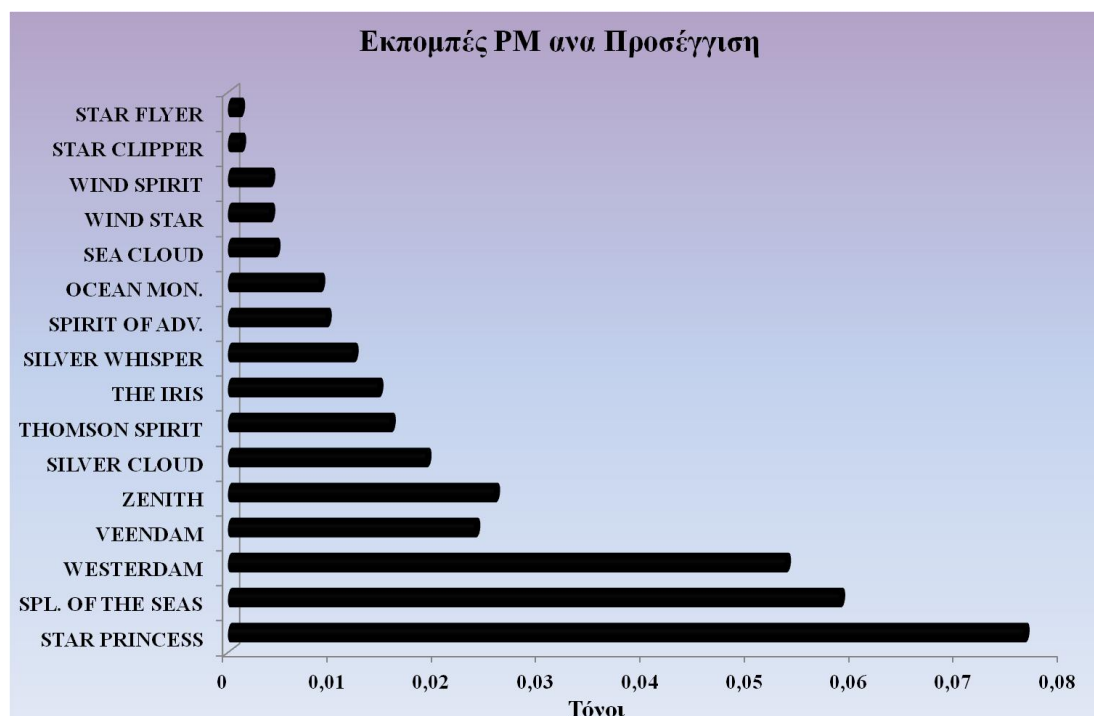
Σχήμα 6- 18

Εκπομπές NO_x κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 19

Εκπομπές SO₂ κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.



Σχήμα 6- 20

Εκπομπές PM κρουαζιερόπλοιων, ανά προσέγγιση στο νησί της Σαντορίνης.

Η ομάδα που κλείνει την παρουσίαση των εκπομπών ανά προσέγγιση για τα κρουαζιερόπλοια που επισκέφτηκαν της Σαντορίνης το 2007, αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του συνόλου των πλοίων. Στο σχήμα απεικονίζονται από μεγάλα πλοία, με τιμές γύρω από τους 20.0 τόνους, μέχρι και πλοία με εκπομπές που δύσκολα ξεπερνούσαν τους 2.0 τόνους συνολικών εκπομπών ανά προσέγγιση. Το πλοίο με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών, είναι το *STAR PRINCESS*. Οι κύριες μηχανές του μεγάλου αυτού κρουαζιερόπλοιου φθάνουν την ισχύ των 63,300 kW, ενώ η μέση παραμονή του στον όρμο των Φηρών σε πολλές περιπτώσεις ξεπερνούσε τις 12 ώρες.

Όπως είναι λογικό, με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, δεν προκαλείται εντύπωση από τους 27.06 τόνους διοξειδίου του άνθρακα, που εκλύονταν ανά προσέγγιση. Από τα διαγράμματα που ακολουθούν αυτό του CO₂, γίνονται γνωστές και οι υπολογισθείσες τιμές για τα οξείδια του αζώτου, το διοξείδιο του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια με τις τιμές τους να είναι 1.073, 0.469 και 0.0762 τόνους, αντίστοιχα. Το πλοίο *WIND STAR*, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα των μικρότερων πλοίων για τη συγκεκριμένη ομάδα, με ποσότητες εκπομπών οι οποίες είναι 1.48 τόνους CO₂, 0.0467 τόνους NO_x, 0.0257 τόνους SO₂ και 0.0039 τόνους PM.

Κλείνοντας αυτή η ενότητα, αυτό που έγινε αντιληπτό από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων είναι ότι υπάρχει αρκετά μεγάλο εύρος εκπομπών, ανάμεσα στα πλοία που προσέγγισαν το νησί το 2007. Ακόμα είναι προφανές ότι στην περίπτωση των κρουαζιερόπλοιων, ο παράγοντας του χρόνου παραμονής στον όρμο των Φηρών, επηρεάζει έντονα το τελικό αποτέλεσμα των συνολικών εκπομπών.

Κάτι τέτοιο δεν συνέβαινε με τα πλοία της ακτοπλοΐας, αφού εκεί οι διαφορές ήταν αισθητά μικρότερες. Στις επόμενες ενότητες θα παρουσιαστούν επιπλέον αποτελέσματα από υπολογιστικές διαδικασίες, που κρίθηκαν χρήσιμες για να αποδοθεί μια ολοκληρωμένη μελέτη των αέριων εκπομπών από κρουαζιερόπλοια στο νησί της Σαντορίνης, το έτος 2007.

6.3 Συνολικές Αέριες Εκπομπές των Πλοίων Κρουαζιέρας και Δείκτες ανά Επιβάτη ανά Διανυόμενο Μίλι για Τρεις Χαρακτηριστικούς Μήνες στο Νησί

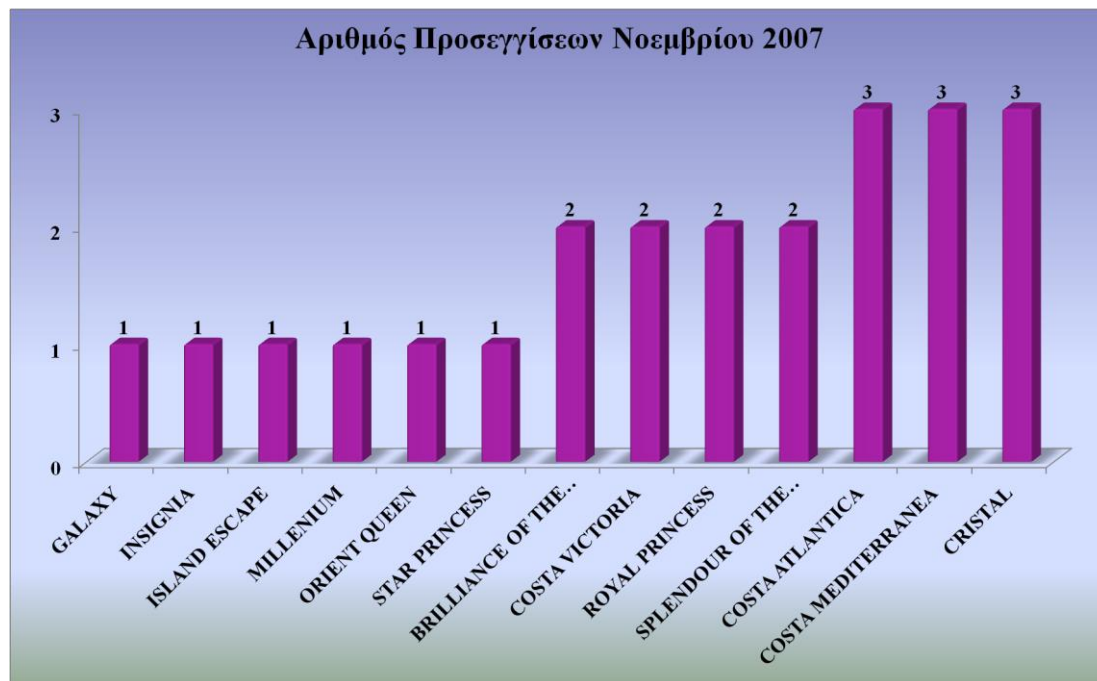
6.3.1 Γενικό Πλαίσιο και Σημασία Δεικτών

Η παρούσα ενότητα ξεκινά με μια αναλυτική παρουσίαση των υπολογισθέντων συνολικών μηνιαίων εκπομπών από κρουαζιερόπλοια, για τρεις πολύ σημαντικούς μήνες για το νησί της Σαντορίνης. Είναι υψίστης σημασίας να αναλυθεί ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκαν οι μήνες Νοέμβριος, Μάιος και Ιούλιος, ως οι σημαντικότεροι της τουριστικής περιόδου των κρουαζιερόπλοιων. Ο κλάδος του τουρισμού που εκφράζεται από τα κρουαζιερόπλοια, παρουσιάζει για το νησί της Σαντορίνης, μία αρκετά εκτεταμένη τουριστική περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο κρουαζιερόπλοιο καταπλέει στο νησί τις πρώτες μέρες του Απρίλη (πολλές φορές και τον Μάρτη), ενώ συνήθως, το τελευταίο αποπλέει από το νησί στα τέλη του Νοέμβρη. Από αυτή την 8-9 μηνών περίοδο και με γνώμονα τον μηνιαίο αριθμό προσεγγίσεων, επιλέχθηκε ο Νοέμβρης ως μήνας χαμηλής περιόδου, ο Μάιος ως μέσης και ο Ιούλιος (όχι ο Αύγουστος αφού παρουσίασε λιγότερες προσεγγίσεις) ως μήνας υψηλής περιόδου.

Την σκυτάλη από την παρουσίαση των συνολικών μηνιαίων εκπομπών CO₂, NO_x, SO₂ και PM, παίρνουν τα διαγράμματα που αφορούν τη συμμετοχή κάθε πλοίου στις εκπομπές αυτές. Αυτό πραγματοποιείται, μέσω των γνωστών (από το Λιμεναρχείο αλλά και την Ένωση Λεμβούχων Θήρας), αριθμών προσεγγίσεων για κάθε ένα από τα 79 κρουαζιερόπλοια που μελετήθηκαν. Η ενότητα κλείνει με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του δείκτη, που περιγράφει το ενεργειακό αποτύπωμα του κάθε επιβάτη, για κάθε διανυόμενο μίλι, σε μηνιαία βάση. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκριτικά (για τους τρεις μήνες), ώστε να γίνει άμεσα αντιληπτή η μεταβολή του ποσού συμμετοχής του κάθε επισκέπτη, στην αύξηση των συγκεντρώσεων των αέριων εκπομπών από πλοία στο νησί της Σαντορίνης.

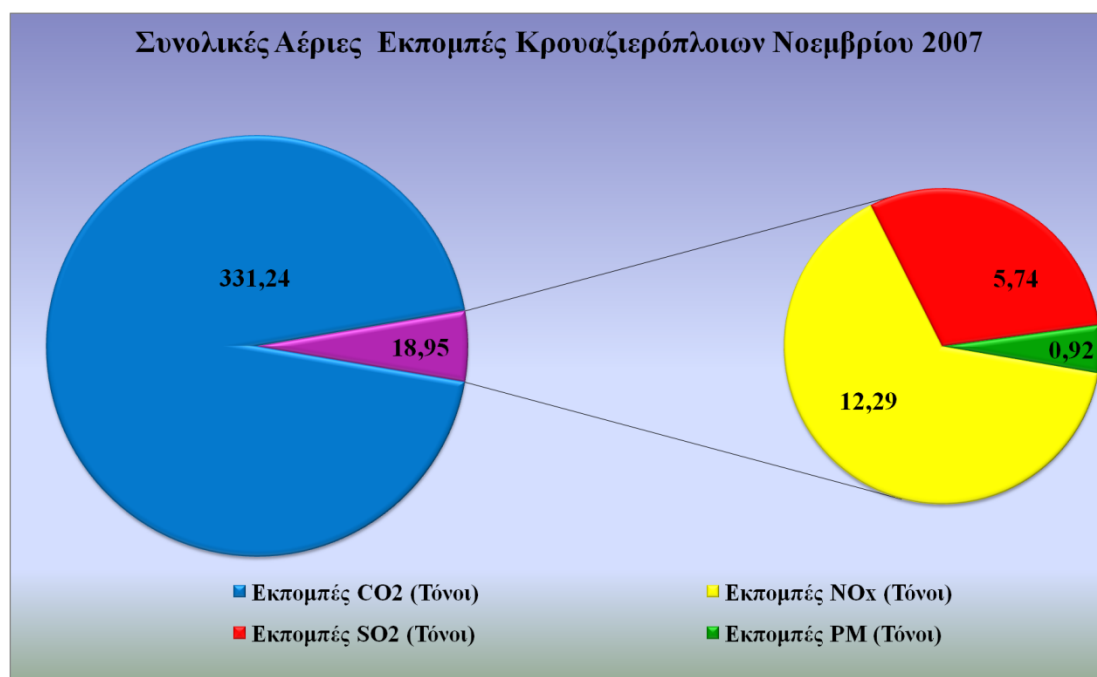
6.3.2 Αέριες Εκπομπές τον Νοέμβριο (Χαμηλός Αριθμός Προσεγγίσεων) του 2007

Το πρώτο σχήμα που παρουσιάζεται, περιγράφει τον αριθμό των προσεγγίσεων, για κάθε ένα από τα 13 πλοία που επισκέφτηκαν το νησί, τον Νοέμβριο του 2007. Ακολουθεί ένα διάγραμμα που απεικονίζει τα συνολικά μεγέθη εκπομπών που υπολογίστηκαν, για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων. Η υποενοότητα ολοκληρώνεται με την παράθεση των σχημάτων που αναλύουν την συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές μηνιαίες εκπομπές.



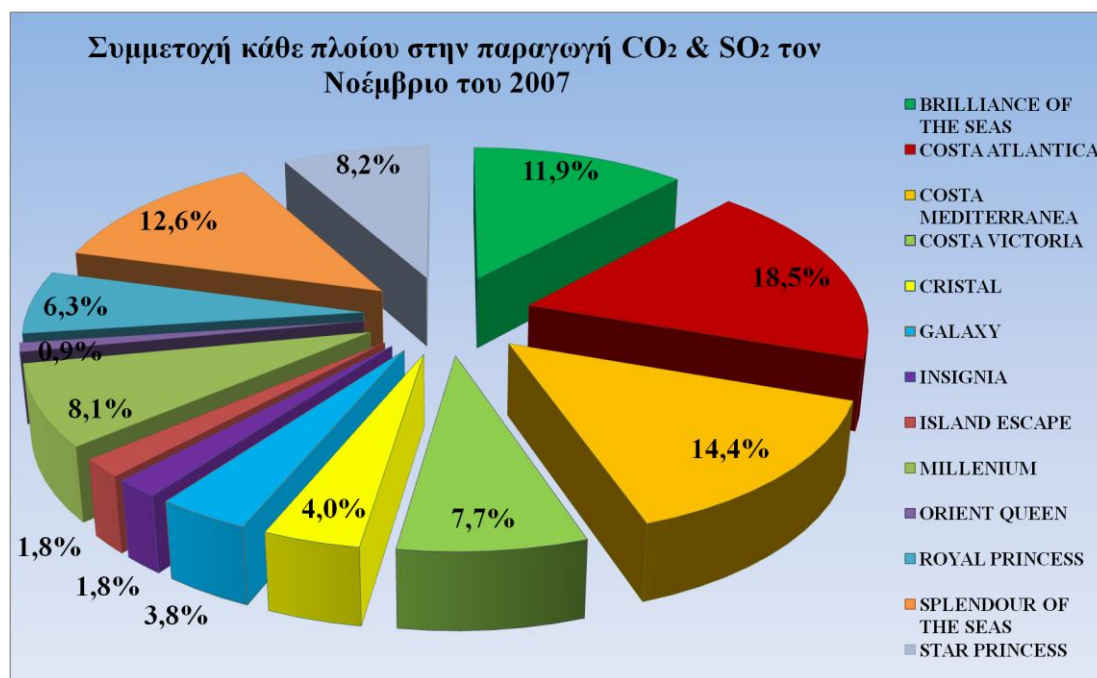
Σχήμα 6- 21

Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε κρουαζιερόπλοιο, τον Νοέμβριο του 2007.



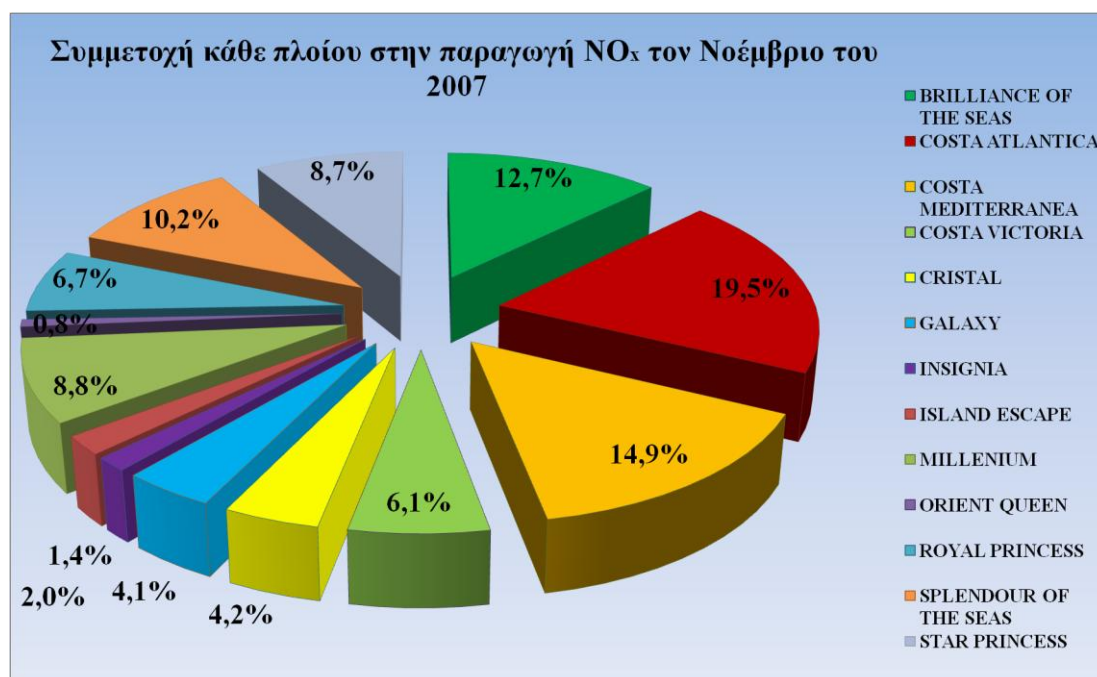
Σχήμα 6- 22

Συνολικές εκπομπές αέριων από κρουαζιερόπλοια, τον Νοέμβριο του 2007.



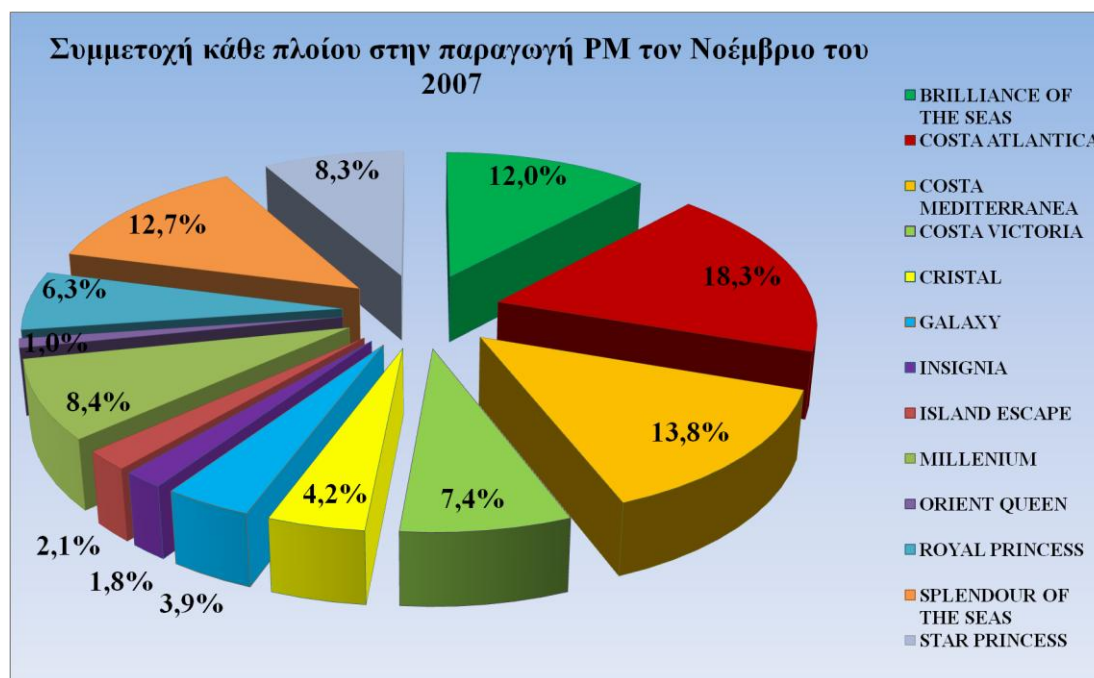
Σχήμα 6- 23

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO₂ & SO₂, τον Νοέμβριο του 2007.



Σχήμα 6- 24

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO_x, τον Νοέμβριο του 2007.



Σχήμα 6- 25

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM, τον Νοέμβριο του 2007.

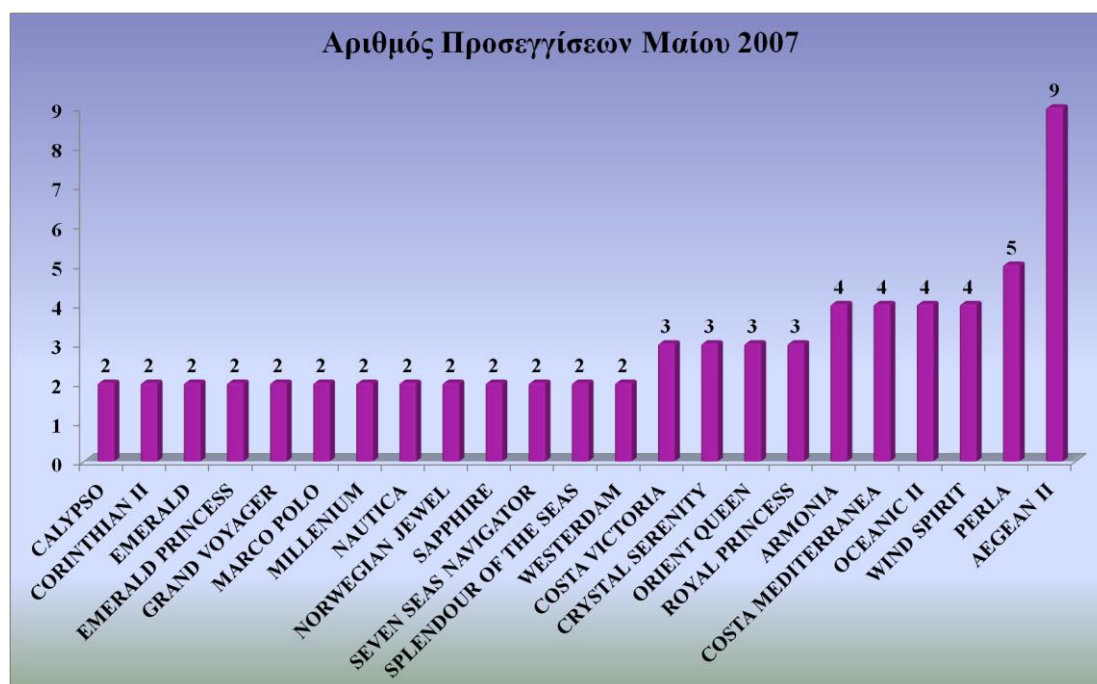
Ο μήνας Νοέμβριος φιλοξένησε αρκετά πλοία, από τα οποία υπήρχαν τρία που επισκέφτηκαν το νησί τρεις φορές, τέσσερα που κατέπλευσαν δυο φορές, ενώ τα υπόλοιπα παρουσίασαν μονάχα μία επίσκεψη. Οι 23 αυτές προσεγγίσεις είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή 331.2 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, 12.3 τόνων οξειδίων του αζώτου, 5.74 τόνων διοξειδίου του θείου και 0.92 τόνων αιωρούμενων σωματιδίων.

Τα σχήματα που περιγράφουν την ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις μηνιαίες εκπομπές, παρουσιάζουν ως πρώτο πλοίο το *COSTA ATLANTICA*, με ποσοστά συμμετοχής από 18.3 %, μέχρι και 19.5 %. Το συγκεκριμένο πλοίο που έφθασε στο νησί τρεις φορές μέσα στο Νοέμβρη του 2007, ήταν ταυτόχρονα και αυτό με τις περισσότερες εκπομπές ανά προσέγγιση. Οι διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στα ποσοστά ανάλογα με το είδος των εκπομπών που εξετάζονται, οφείλονται (όπως έχει αναλυθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο), στους συντελεστές διόρθωσης που υπάρχουν στο μοντέλο και διαμορφώνουν με ακρίβεια τις εκπομπές έχοντας ως βάση, το φορτίου λειτουργίας του κάθε πλοίου και την ηλικία της προωστηρίου εγκατάστασης.

6.3.3 Αέριες Εκπομπές τον Μάιο (Μέσος Αριθμός Προσεγγίσεων) του 2007

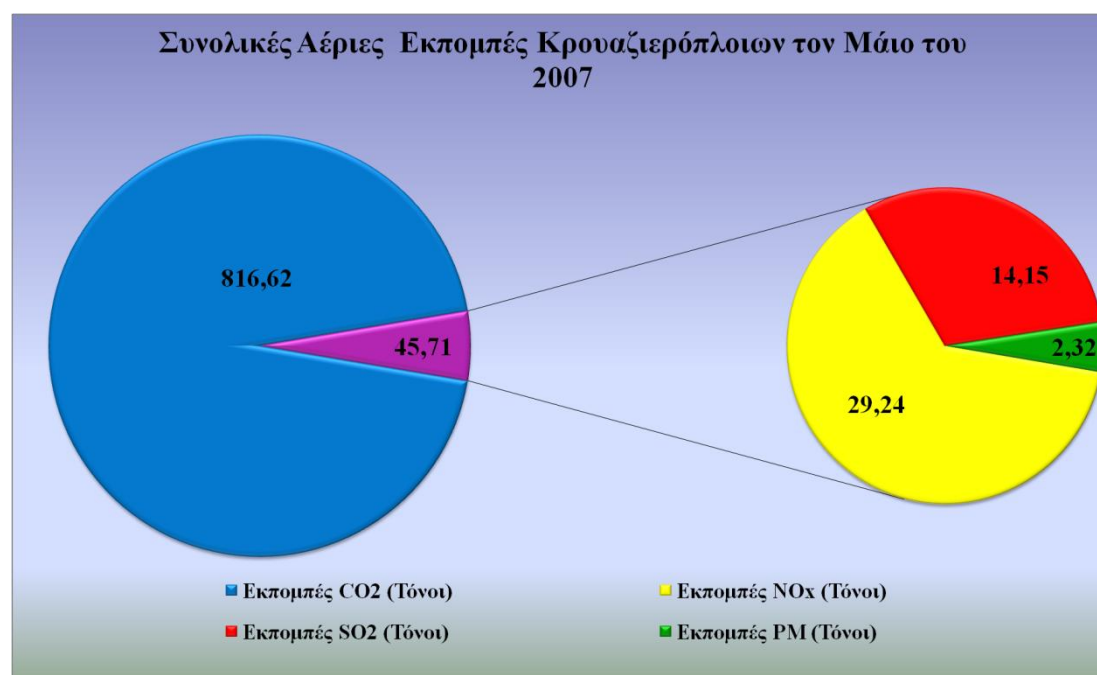
Ο μήνας Μάιος για το νησί της Σαντορίνης είναι ένας αρκετά πλήρης μήνας, από άποψη αφίξεων κρουαζιερόπλοιων. Οι 23 προσεγγίσεις του Νοεμβρίου από 13 διαφορετικά πλοία, τον Μάιο εκτοξεύονται στις 90 προσεγγίσεις 45 διαφορετικών πλοίων (το πρώτο σχήμα με τις προσεγγίσεις απεικονίζει τα πλοία που προσέγγισαν

από δύο φορές και πάνω). Τα διαγράμματα που ακολουθούν φωτίζουν την εικόνα σχετικά με τις αέριες εκπομπές από κρουαζιερόπλοια τον Μάιο του 2007.



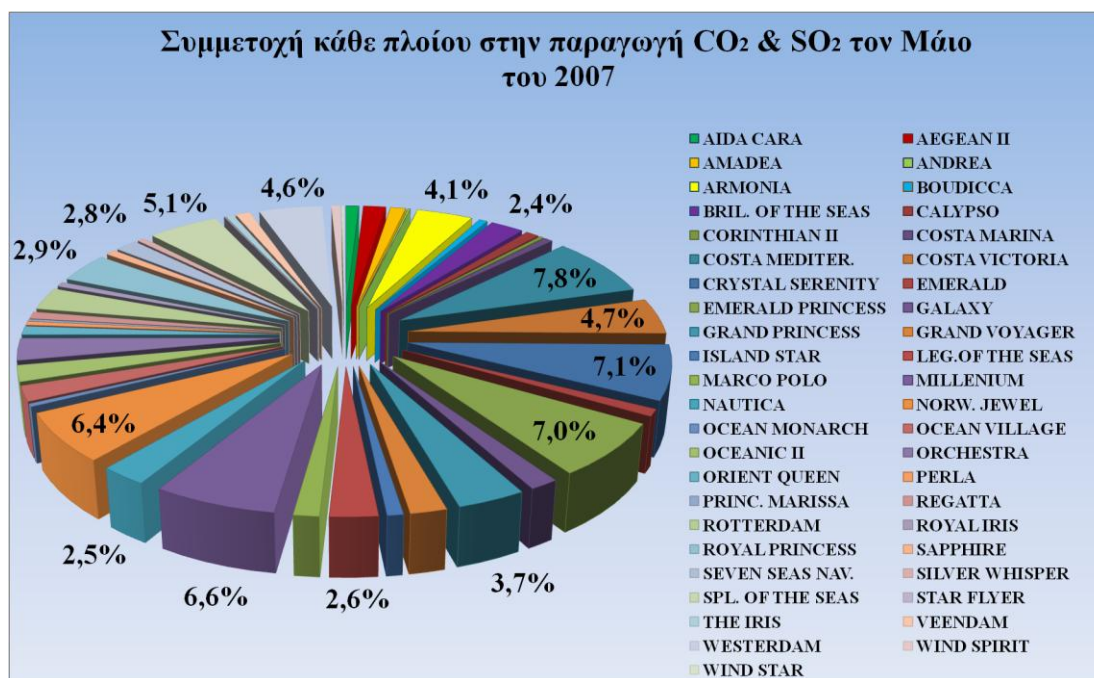
Σχήμα 6- 26

Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε κρουαζιερόπλοιο, τον Μάιο του 2007.



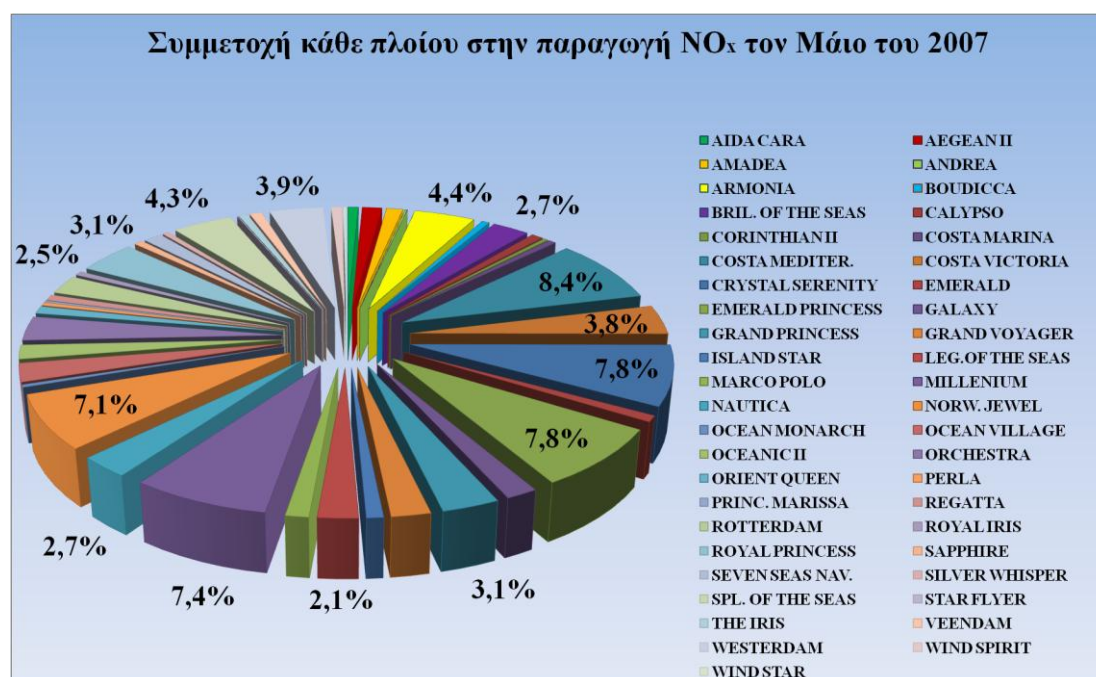
Σχήμα 6- 27

Συνολικές εκπομπές αερίων από κρουαζιερόπλοια, τον Μάιο του 2007.



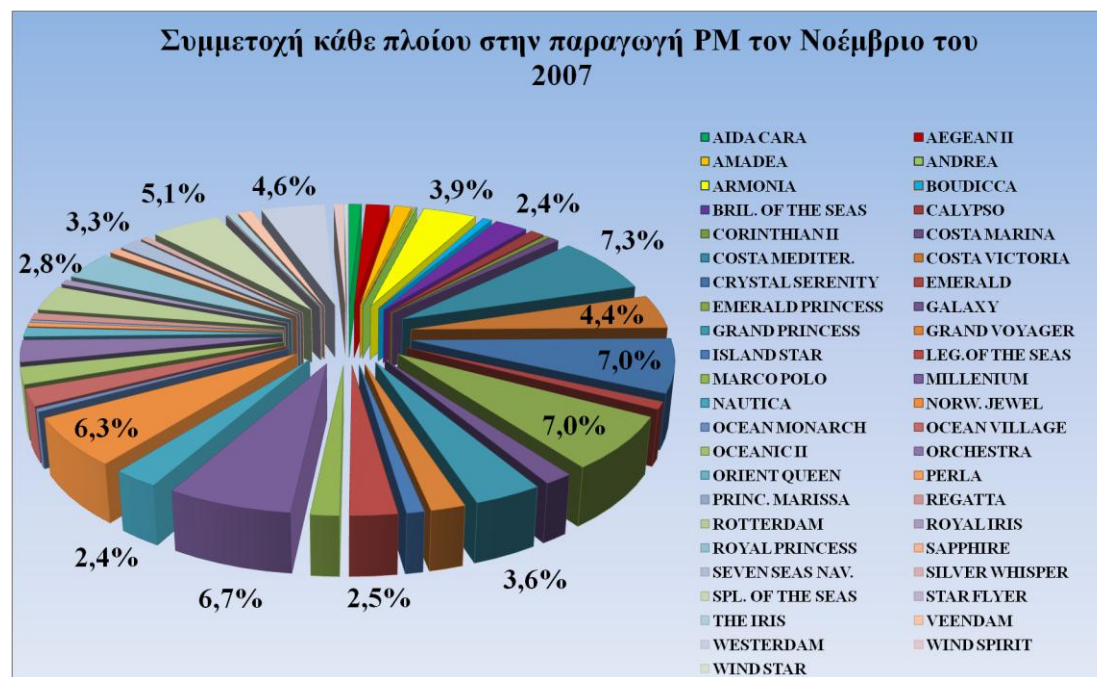
Σχήμα 6- 28

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO₂ & SO₂, τον Μάιο του 2007.



Σχήμα 6- 29

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO_x, τον Μάιο του 2007.



Σχήμα 6- 30

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM, τον Μάιο του 2007.

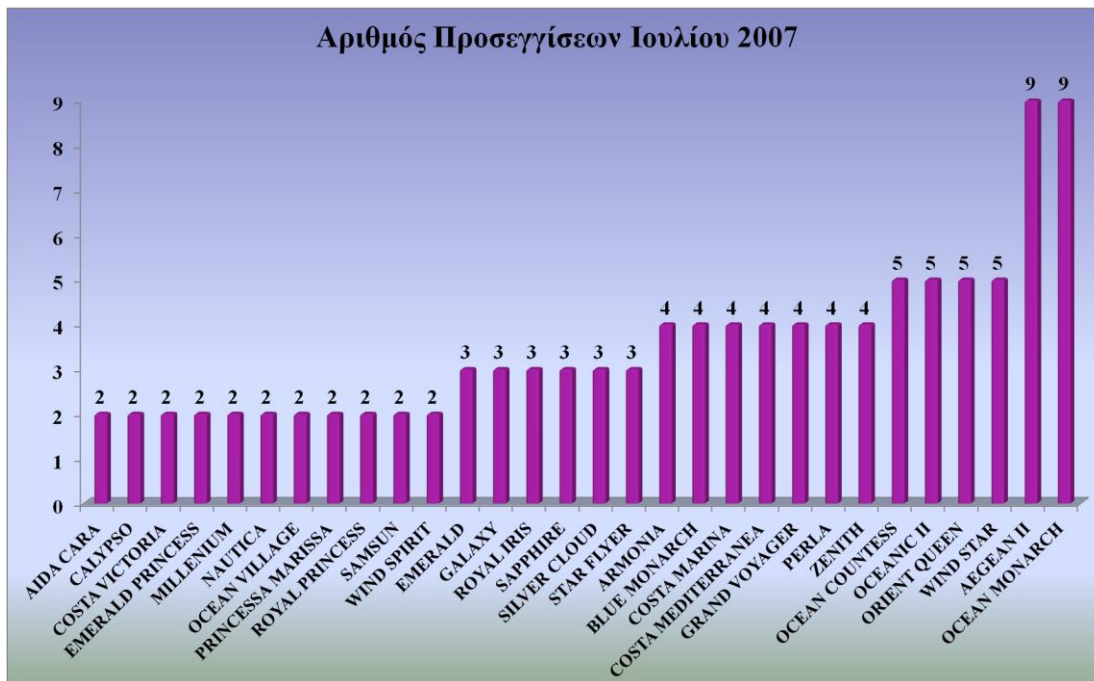
Αρχικά αυτό που παρατηρείται, είναι η αύξηση που παρουσιάζουν οι τιμές του μήνα Μάιου σε σχέση με αυτές του Νοεμβρίου. Από τον αριθμό των προσεγγίσεων, τον αριθμό των διαφορετικών πλοίων, μέχρι και τις συνολικές ποσότητες των αέριων εκπομπών από τα κρουαζιερόπλοια, οι αριθμοί δείχνουν τη διαφορά μεταξύ των δύο αυτών μηνών. Οι συνολικές αέριες εκπομπές, με ποσοστό αύξησης μεγαλύτερο του 240 %, σε σχέση με αυτές του Νοεμβρίου, φθάνουν τους 816.6 τόνους διοξειδίου του άνθρακα, 29.24 τόνους οξειδίων του αζώτου, 14.15 τόνους διοξειδίου του θείου και 2.32 τόνους αιωρούμενων σωματιδίων.

Υψηλό είναι το ενδιαφέρον και στις συμμετοχές των πλοίων στις συνολικές μηνιαίες εκπομπές. Τα πλοία που ξεχωρίζουν είναι τα *CRYSTAL SERENITY*, *COSTA MEDITERRANEA*, *EMERALD PRINCESS* και *MILLENNIUM*. Τα ποσοστά συμμετοχής τους είναι, από 7.0 % μέχρι 7.8 % για το *CRYSTAL SERENITY*, από 7.0 % μέχρι 7.8 % για το *COSTA MEDITERRANEA*, από 7.0 % μέχρι 7.8 % για το *EMERALD PRINCESS* και από 6.6 % μέχρι 7.4 % για το *MILLENNIUM*. Τα δύο τελευταία πλοία, είναι προφανές ότι παρουσιάζουν σαφώς μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών ανά προσέγγιση, αφού κινούνται στα ίδια ποσοστά με τα δύο πρώτα έχοντας μόλις δύο προσεγγίσεις (έναντι τριών και τεσσάρων των δύο πρώτων) μέσα στον μήνα.

6.3.4 Αέριες Εκπομπές τον Ιούλιο (Υψηλός Αριθμός Προσεγγίσεων) του 2007

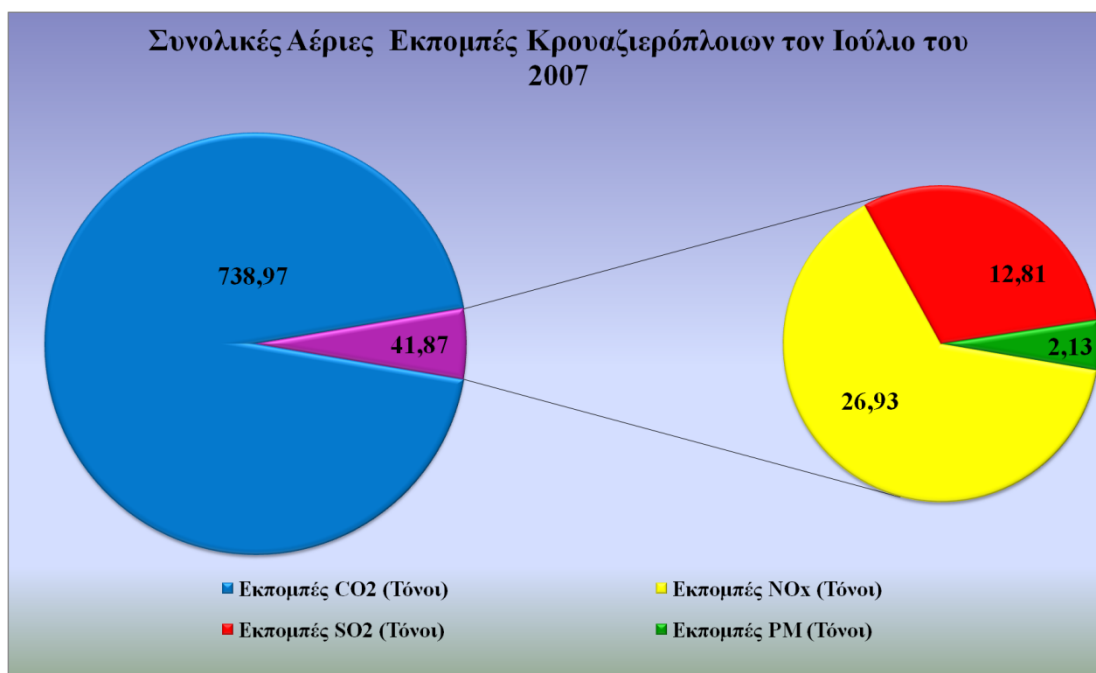
Ο τρίτος και τελευταίος μήνας που εξετάζεται είναι ο μήνας με τον μεγαλύτερο αριθμό προσεγγίσεων από κρουαζιερόπλοια μέσα στο 2007, φθάνοντας τις 121. Το γεγονός που προκαλεί έκπληξη σε σχέση με τον συγκεκριμένο μήνα είναι,

όπως γίνεται φανερό και από τα διαγράμματα που ακολουθούν, ότι οι συνολικές αέριες εκπομπές κινούνται οριακά κάτω από τον μήνα Μάιο. Στο γεγονός αυτό έρχεται να προστεθεί και ο συνολικός αριθμός των επιβατών των κρουαζιερόπλοιων, ο οποίος είναι κατά 3,150 επιβάτες μεγαλύτερος τον Ιούλιο.



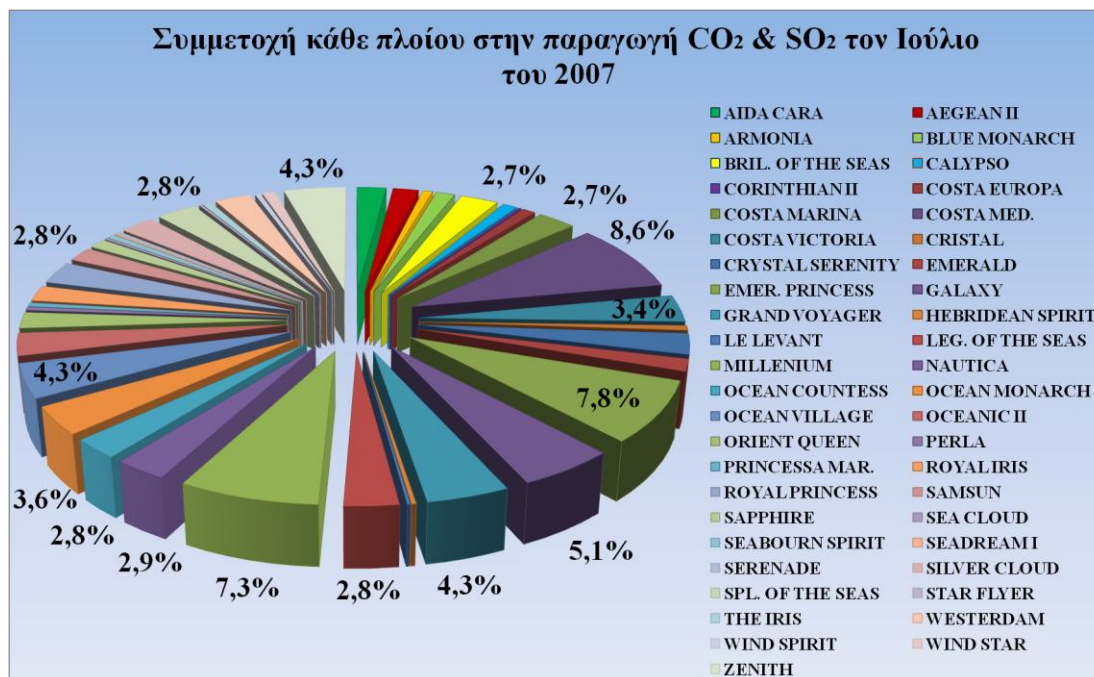
Σχήμα 6- 31

Αριθμός συνολικών προσεγγίσεων για κάθε κρουαζιερόπλοιο, τον Ιούλιο του 2007.



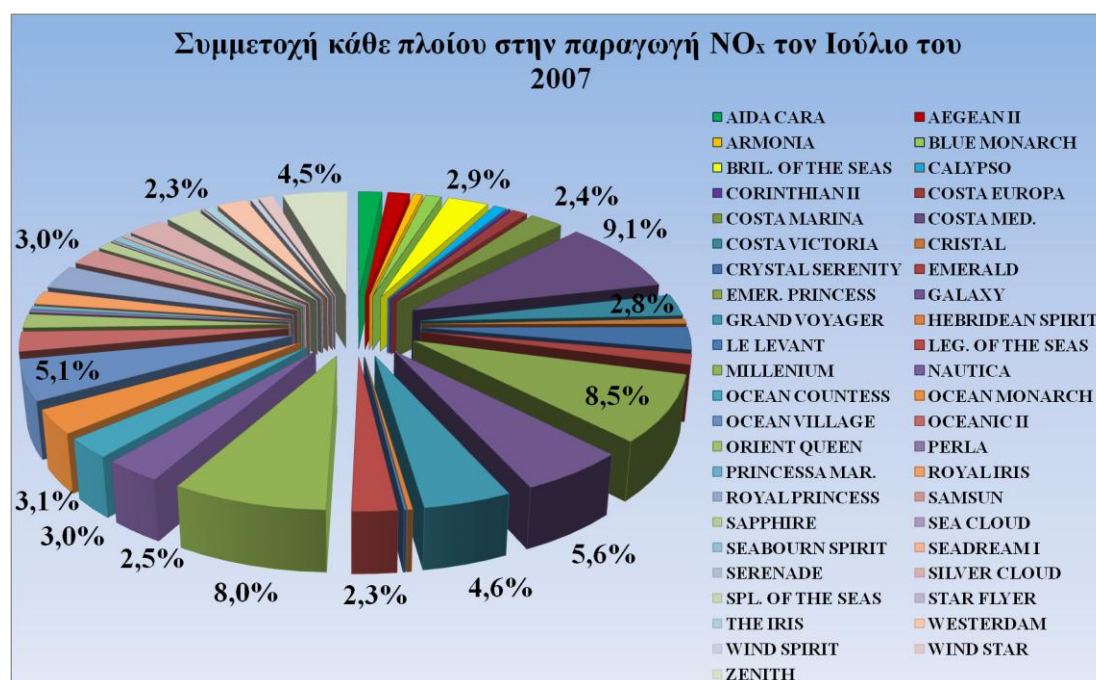
Σχήμα 6- 32

Συνολικές εκπομπές αέριων από κρουαζιερόπλοια, τον Ιούλιο του 2007.



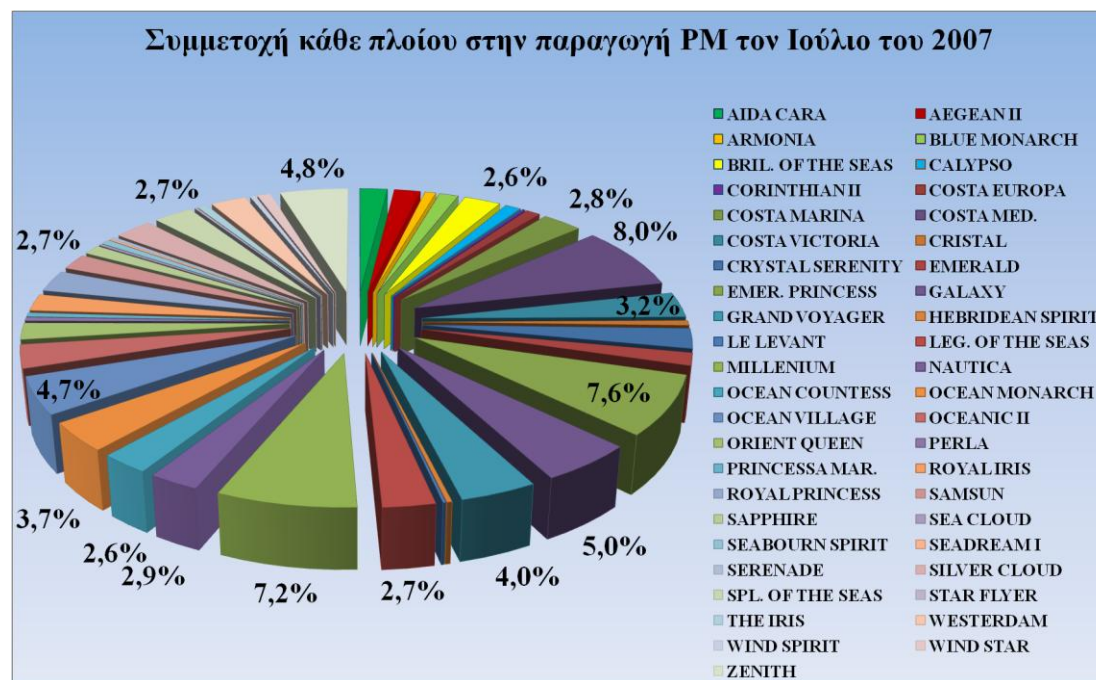
Σχήμα 6- 33

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές CO₂ & SO₂, τον Ιούλιο του 2007.



Σχήμα 6- 34

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές NO_x, τον Ιούλιο του 2007.



Σχήμα 6- 35

Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές PM, τον Ιούλιο του 2007.

Τον Ιούλιο, κατεγράφησαν περισσότεροι από 93,100 επισκέπτες από κρουαζιερόπλοια, οι οποίοι έφθασαν στο νησί ύστερα από 121 προσεγγίσεις 45 διαφορετικών πλοίων. Δεν υπάρχει αμφιβολία, ότι ο Ιούλιος του 2007 ήταν πλήρης μήνας για τον κλάδο των κρουαζιερόπλοιων, στο νησί της Σαντορίνης. Ως αποτέλεσμα, οι αέριες εκπομπές από τα πλοία, δεν θα μπορούσαν να μην είναι αρκετές σε ποσότητα ξεπερνώντας συνολικά τους 780.8 τόνους. Αναλυτικότερα, από αυτούς, οι 738.97 ήταν διοξείδιο του άνθρακα, οι 26.93 ήταν οξείδια του αζώτου, 12.81 τόνοι, ήταν διοξείδιο του θείου, με τους 2.13 τελευταίους τόνους να εκφράζουν το ποσό εκπομπών των αιωρούμενων σωματιδίων.

Τα σχήματα που ακολούθησαν τις συνολικές ποσότητες, παρουσίασαν την συμμετοχή των πλοίων στις εκπομπές του Ιουλίου του 2007 και οδήγησαν σε μερικά χρήσιμα συμπεράσματα. Τα πλοία που ξεχωρίζουν (με ποσοστά που βρίσκονται κατά μέσο όρο πάνω από το 5 %), είναι, τα *COSTA MEDITERRANEA*, *EMERALD PRINCESS*, *MILLENIUM* και *GALAXY*, τα τρία πρώτα εμφανίσθηκαν και τον προηγούμενο μήνα, με το τέταρτο να παίρνει τη θέση του *CRYSTAL SERENITY*. Πρώτο πλοίο σε ποσοστά είναι το *COSTA MEDITERRANEA*, που κυμαίνεται μεταξύ του 8.0 % και 9.1 %. Το συγκεκριμένο πλοίο αν και δεν είναι το πρώτο πλοίο της ομάδας σε εκπομπές ανά προσέγγιση, κατάπλευσε στο νησί τέσσερις φορές. Έτσι άφησε πίσω του πλοία όπως το *MILLENIUM* και το *EMERALD PRINCES*, τα οποία αν και ηγούνται των εκπομπών ανά προσέγγιση, επισκέφτηκαν το νησί από δύο φορές.

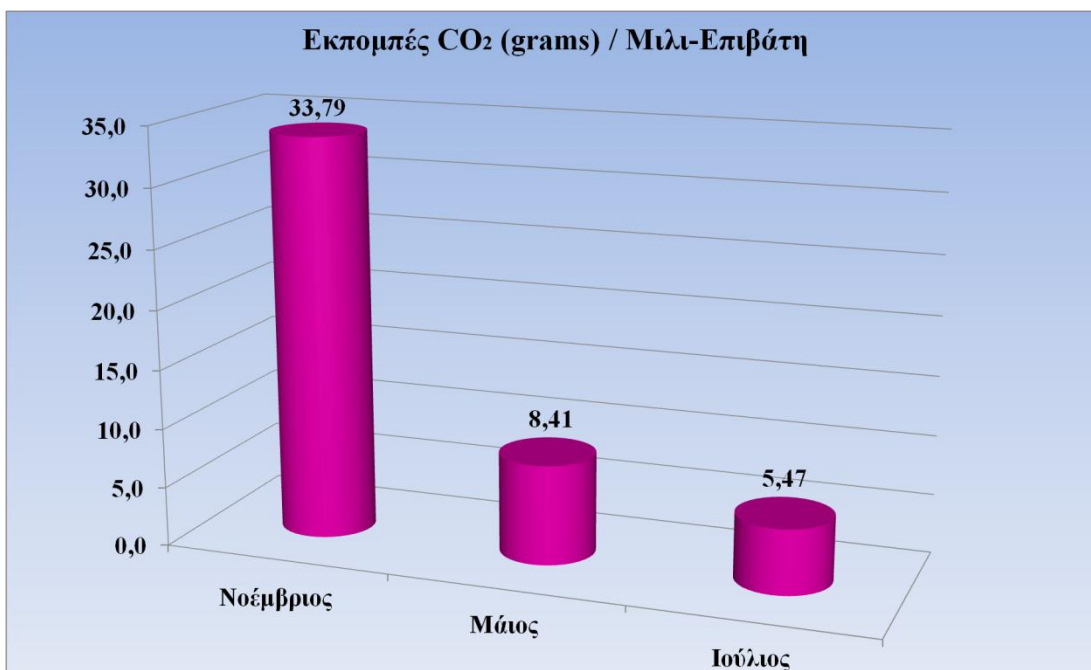
Στις τρεις τελευταίες υποενότητες, έγινε μια προσπάθεια να παρουσιαστεί στον αναγνώστη η ουσία της μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, αναλύεται πώς μια μελέτη που ξεκινάει από την εφαρμογή ενός υπολογιστικού μοντέλου σε ένα πλοίο, μπορεί,

με τα κατάλληλα στοιχεία ως εισόδους, να φθάσει να γίνει μια πλήρης απογραφή αέριων εκπομπών για ένα νησί και για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους.

6.3.5 Αέριες Εκπομπές ανά Επιβάτη ανά Διανυόμενο Μίλι

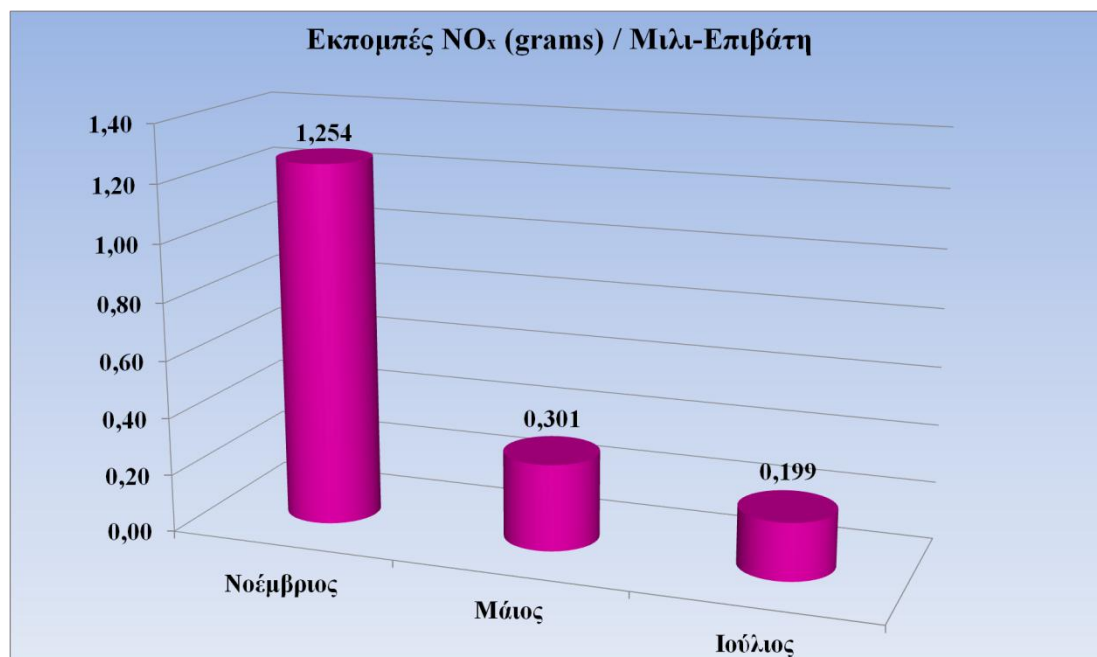
Στη συγκεκριμένη υποενότητα η προσοχή εστιάζεται σε μερικούς παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να μην κάνουν αισθητή την παρουσία τους σε πρώτη ανάγνωση των αποτελεσμάτων, αλλά παίζουν κυρίαρχο ρόλο για τον σχηματισμό μιας εμπειριστατωμένης γνώμης, όσον αφορά, τη σχέση της τουριστικής κίνησης, με την περιβαλλοντική επιβάρυνση του νησιού. Ο δείκτης αέριων εκπομπών ανά επιβάτη ανά διανυόμενο μίλι αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο προς αυτή την κατεύθυνση και όπως και με τα πλοία της ακτοπλοΐας, έτσι και με τα κρουαζιερόπλοια, κρίθηκε σκόπιμο να υπολογισθεί.

Τα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζουν τον συγκεκριμένο δείκτη αναλυτικά για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, το διοξείδιο του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια. Κάθε ένα από τα σχήματα που ακολουθούν αποτελείται από τρεις στήλες. Η πρώτη στήλη από αριστερά, περιγράφει την τιμή του δείκτη για τον Νοέμβριο, με τις δύο επόμενες στήλες προς τα δεξιά να αποδίδουν τις αντίστοιχες τιμές για τον Μάιο και τον Αύγουστο. Οι τιμές του κατακόρυφου άξονα αποδίδουν τις εκπομπές σε γραμμάρια ανά επιβάτη ανά διανυόμενο μίλι.



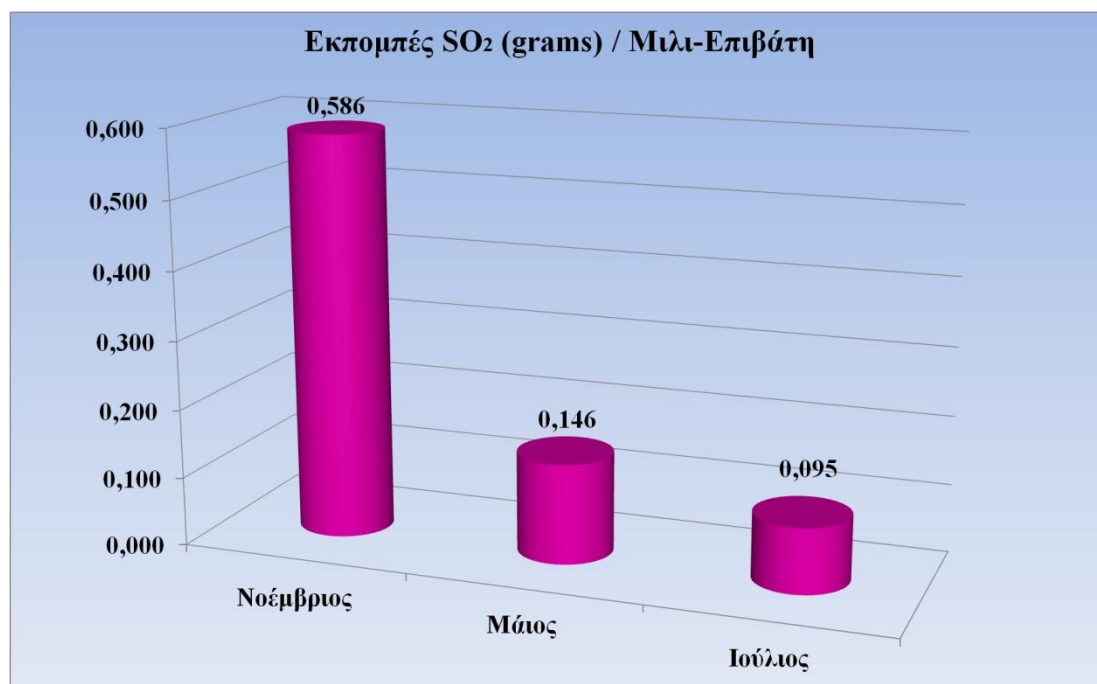
Σχήμα 6- 36

Εκπομπές CO₂ (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι, τριών σημαντικών μηνών του 2007, για τα κρουαζιερόπλοια.



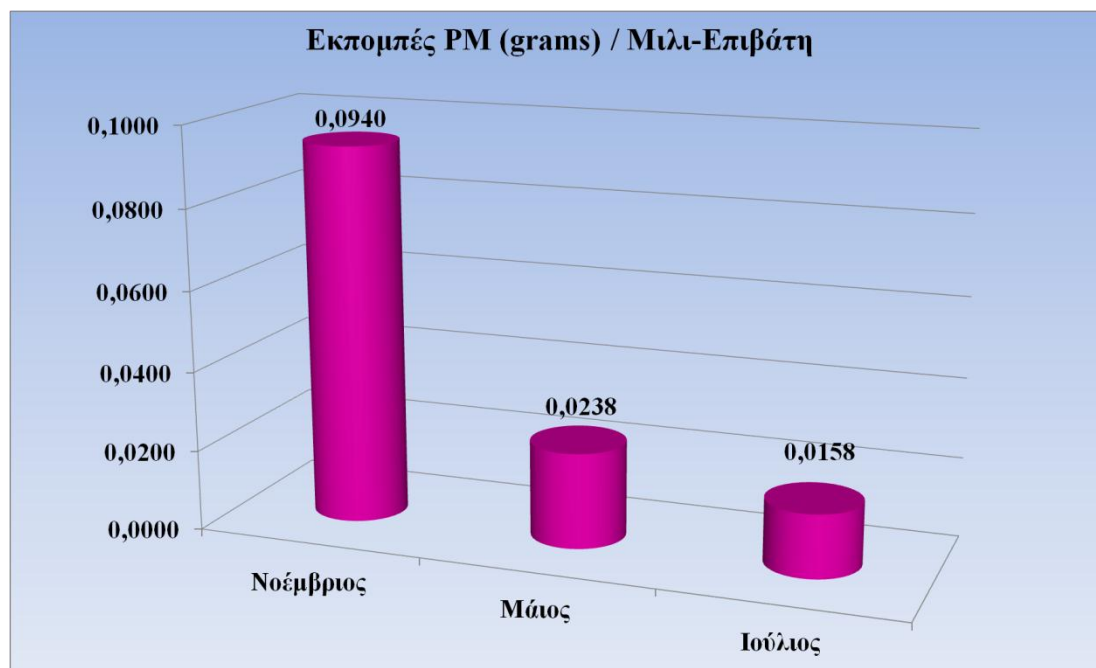
Σχήμα 6- 37

Εκπομπές NO_x (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι, τριών σημαντικών μηνών του 2007, για τα κρουαζιερόπλοια.



Σχήμα 6- 38

Εκπομπές SO₂ (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι, τριών σημαντικών μηνών του 2007, για τα κρουαζιερόπλοια.



Σχήμα 6- 39

Εκπομπές PM (grams) ανά επιβάτη, ανά διανυόμενο μίλι, τριών σημαντικών μηνών του 2007, για τα κρουαζιερόπλοια.

Με τη σημαντικότητα του δείκτη να έχει γίνει κατανοητή και από το προηγούμενο κεφάλαιο, τα σχήματα που προηγήθηκαν απεικόνισαν τις τιμές με τρόπο κατά τον οποίο γίνεται εμφανής η πτωτική τάση του, όσο αυξάνεται η τουριστική κίνηση. Η πρώτη ανάγνωση των διαγραμμάτων δείχνει ακριβώς την τάση αυτή του δείκτη να μειώνεται, ακόμα και με ποσοστά που προσέγγισαν το 400%, σε κάποιες περιπτώσεις. Η αυξημένη αυτή πτώση, όπως θα αναλυθεί και με συγκεκριμένους αριθμούς παρακάτω, οφείλεται στην ανομοιόμορφη αύξηση των εκπομπών σε σχέση με τον μηνιαίο αριθμό των επιβατών, αλλά και των προσεγγίσεων των πλοίων.

Εστιάζοντας στις τιμές του δείκτη, παρατηρείται ότι για το διοξείδιο του άνθρακα κατεγράφησαν τιμές 33.79 γραμμαρίων, ανά μίλι, ανά επιβάτη τον μήνα Νοέμβριο, με τις εκπομπές να μειώνονται στο 8.41 τον Μάιο και ακόμα χαμηλότερα στο 5.47 τον Ιούλιο. Οι αντίστοιχες τιμές του δείκτη για τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου, είναι 1.25 γραμμάρια ανά μίλι, ανά επιβάτη, τον Νοέμβριο, 0.301 τον Μάιο και 0.199 τον Ιούλιο. Μετά την ανάγνωση και των εκπομπών για το διοξείδιο του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια, προκύπτει εύλογα η ερώτηση σχετικά με τις ποσοστιαίες μεταβολές των δεικτών ανάμεσα στους μήνες.

Εξαιρετικό ενδιαφέρον προκαλεί η σχέση ανάμεσα στις τιμές του δείκτη για τον Μάιο και τον Ιούνιο, οι οποίες έχουν μια διαφοροποίηση ανάλογα με το είδος των εκπομπών που εξετάζεται. Έτσι ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πέρασμα των δεικτών από τον Μάιο στον Ιούνιο, περιγράφεται με ποσοστιαίες πτώσεις από 33.7 % για τα αιωρούμενα σωματίδια, μέχρι και 34.9 % για το διοξείδιο του άνθρακα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι καμία από αυτές τις διαφορές δεν θα είχε

παρουσιαστεί εάν δεν χρησιμοποιούνταν εντός της σχέσης του αναλυτικού μοντέλου υπολογισμού των αέριων εκπομπών, δύο πολύ σημαντικοί διορθωτικοί συντελεστές.

Οι συντελεστές $CO_{IT_{Age}}$ και $CO_{IT_{\%MCR}}$ (για την ηλικία και το φορτίο της κύριας μηχανής), έβαλαν σε νέα πλαίσια ολόκληρη την μελέτη εξομοιώνοντας τις αέριες εκπομπές με μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι έγιναν δυνατές παρατηρήσεις όπως για παράδειγμα, ότι ο μήνας Ιούλιος είχε ποσοστιαία περισσότερες εκπομπές SO_2 από NO_x (από τις αντίστοιχες τιμές του Μαΐου). Αυτό θα μπορούσε να συμβαίνει, γιατί τον συγκεκριμένο μήνα οι αναμονές στο λιμάνι ήταν μεγαλύτερες, και ως γνωστόν (μέσω του διορθωτικού συντελεστή $CO_{IT_{\%MCR}}$), σε χαμηλά φορτία οι κινητήρες αυξάνουν την ποσοστιαία έκλυση οξειδίων του αζώτου.

6.4 Επίδραση στη Μείωση των Αέριων Εκπομπών από την Υποθετική Περίπτωση Κατασκευής Νέου Λιμένα στα Φηρά (με Δυνατότητα Cold Ironing)

6.4.1 Υπάρχουσα Κατάσταση για Κρουαζιερόπλοια στον Όρμο των Φηρών

Ο όρμος των Φηρών αντιμετωπίζει μια αρκετά έντονη κυκλοφορία κρουαζιερόπλοιων, με έμφαση τους καλοκαιρινούς μήνες κάθε έτους. Όπως περιγράφηκε και προηγουμένως, τα κρουαζιερόπλοια που επισκέπτονται το νησί σε μία καλοκαιρινή ημέρα είναι αρκετά (ξεπερνούν κατά περιπτώσεις και τα 14 ημερησίως). Τα κρουαζιερόπλοια αυτά, στην πλειονότητα τους, είναι υποχρεωμένα να διατηρούν τις κύριες μηχανές τους σε λειτουργία, σε πολύ χαμηλά φορτία με σκοπό να έχουν μια ασφαλή παραμονή στον όρμο μέχρι τον απόπλου τους.

Από τις περιγραφές του όρμου των Φηρών στο προηγούμενο κεφάλαιο, κατέστη σαφές ότι αποβάθρες ικανές να εξυπηρετήσουν (με οποιονδήποτε τρόπο) κρουαζιερόπλοια, δεν υπάρχουν. Τα τέσσερα ναύδετα που υπάρχουν μπορούν να εξυπηρετήσουν μικρά κρουαζιερόπλοια, αλλά μονάχα σε περιπτώσεις ιδιαίτερα καλών καιρικών συνθηκών. Από την άλλη πλευρά, τίθεται το θέμα της αγκυροβολίας, η οποία, εξαιτίας του μεγάλου βάθους στην περιοχή, καθίσταται πρακτικά αδύνατη. Το μοναδικό σημείο στο οποίο θα μπορούσε να αγκυροβολήσει πλοίο, είναι ένα σημείο ανύψωσης του βυθού (μείωσης του βάθους), το οποίο όμως δεν μπορεί να είναι λειτουργικό για πάνω από ένα πλοίο και πάντα υπό την προϋπόθεση ότι ο καπετάνιος του είναι διατεθειμένος να επιχειρήσει να αγκυροβολήσει κάτω από αυτές τις συνθήκες.

Τα παραπάνω επιβεβαιώνουν ότι τα περισσότερα κρουαζιερόπλοια κατά την επίσκεψή τους στο νησί, βρίσκονται με τις κύριες μηχανές τους σε λειτουργία. Αυτό συμβαίνει, σε μία προσπάθεια να καταφέρουν να σταθεροποιήσουν το πλοίο, κατά τις συχνές αποβιβάσεις και επιβιβάσεις (οι οποίες διαρκούν αρκετές ώρες), αλλά και γενικότερα για την ασφαλή παραμονή τους στον όρμο. Η σταθεροποίηση αυτή (ή διατήρηση θέσης, ή απλά αργή πλευση) πραγματοποιείται με τα συστήματα πρόωσης, τα πηδάλια, αλλά και με άλλα συστήματα (π.χ. bow thrusters). Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται πλοία τα οποία με τις κύριες μηχανές τους σε λειτουργία αποβιβάζουν επιβάτες, ή απλά αναμένουν την ολοκλήρωση της παραμονής, στον όρμο των Φηρών.



Εικόνα 6- 1

Πλοία κρουαζιέρας κατά την παραμονή τους στον όρμο των Φηρών, με ιδανικές καιρικές συνθήκες.



Εικόνα 6- 2

Πλοίο κρουαζιέρας επιχειρώντας την διατήρηση της θέσης του στον όρμο των Φηρών, με έναν ελαφρύ Νοτιοδυτικό άνεμο.

6.4.2 Γενικό Πλαίσιο της Πρότασης για Νέο Λειτουργικό Λιμένα

Οι ανωτέρω διαδικασίες έχουν ως αποτέλεσμα, τα πλοία να εκλύουν σημαντικές ποσότητες αέριων εκπομπών στην ατμόσφαιρα, απλά αναμένοντας τους επιβάτες να ολοκληρώσουν την επίσκεψή τους στο νησί. Η πρόταση της συγκεκριμένης εργασίας συνοψίζεται στη δημιουργία ενός λιμανιού, με θέσεις ελλιμενισμού τεσσάρων κρουαζιερόπλοιων και δυνατότητα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτά, από επίγειες πηγές, κατά τη διάρκεια που είναι ελλιμενισμένα (το γνωστό cold ironing). Η συγκεκριμένη πρόταση επιχειρεί, με την βοήθεια του νέου λιμένα, όχι μόνο να εξαλείψει τις όποιες εκπομπές από τις διαδικασίες που προαναφέρθηκαν, αλλά προχωράει ένα ακόμη βήμα, μηδενίζοντας και τις εκπομπές από τις ηλεκτρογεννήτριες που θα χρησιμοποιούσαν τα πλοία σε ένα συμβατικό λιμένα.

Ως πρώτο στάδιο της διαδικασίας αυτής ήταν να διερευνηθεί η δυνατότητα του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να υποστηρίξει μια τέτοια ενέργεια. Ύστερα από σύντομη έρευνα και επικοινωνία με ανθρώπους του νησιού διαπιστώθηκε ότι, η υπάρχουσα μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον Μονόλιθο της Σαντορίνης, με ονομαστική ισχύ σταθμού 28.214 MW προβλέπεται να αναβαθμιστεί στα 49.078 MW το 2012. Ενδεικτικά, η αναμενόμενη απαιτούμενη ισχύς για τέσσερα κρουαζιερόπλοια μεσαίου μεγέθους που θα ελλιμενίζονται στο υποθετικό λιμάνι είναι περίπου στα 7,000 kW. Περαιτέρω έρευνα σε σχέση με την ηλεκτροδότηση των πλοίων από τη ξηρά ξεφεύγει από το πεδίο ενδιαφέροντος της συγκεκριμένης μελέτης.

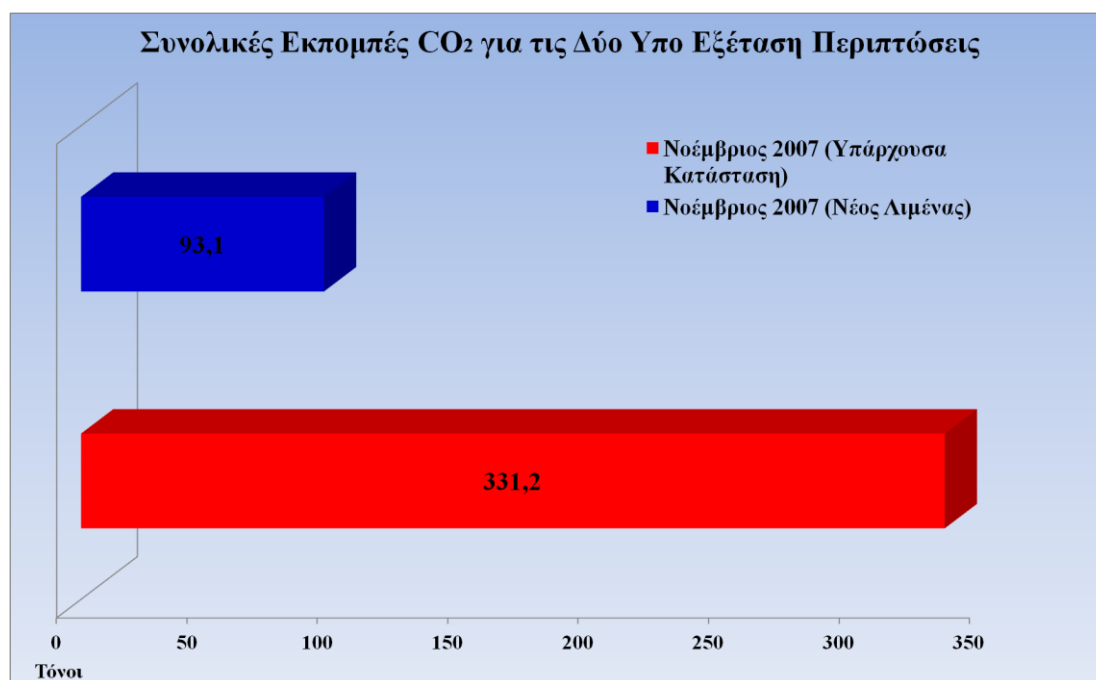
Για το λόγο αυτό, πραγματοποιείται μία σύγκριση, μεταξύ των αποτελεσμάτων των αέριων εκπομπών από κρουαζιερόπλοια με την υπάρχουσα κατάσταση και με τη νέα υποθετική κατάσταση, για ένα συγκεκριμένο μήνα. Ήταν σαφές ότι σε πρώτα στάδια της υποθετικής εφαρμογής, η ηλεκτροδότηση των πλοίων θα καλύπτονταν με μεγαλύτερη ευκολία κατά τους μήνες μεσαίας και χαμηλής τουριστικής περιόδου, όπου τα επίπεδα επισκεψιμότητας είναι μειωμένα. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε ο μήνας Νοέμβριος (ως ενδεικτικός μήνας), με σκοπό να πραγματοποιηθεί μια αναλυτική σύγκριση μεταξύ της υπάρχουσας και της προτεινόμενης κατάστασης.

Από τα αποτελέσματα που ακολουθούν, αποδεικνύεται ότι ένα νέο λιμάνι με τις κατάλληλες προδιαγραφές και με την εγκατάσταση και χρήση συστήματος cold ironing, θα είχε την ικανότητα να συνεισφέρει στη βελτίωση της κατάστασης. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί, ότι πρόκειται για μία προκαταρκτική προσέγγιση, αφού για παράδειγμα δεν υπάρχει ενσωμάτωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στη ξηρά, για την παραγωγή της παραπάνω ενέργειας, που χρειάζεται για την ενεργειακή τροφοδοσία των πλοίων.

6.4.3 Συνολικές Μηνιαίες Εκπομπές Νοεμβρίου 2007 για την Υπάρχουσα Κατάσταση αλλά και για την Πρόταση του Νέου Λιμένα

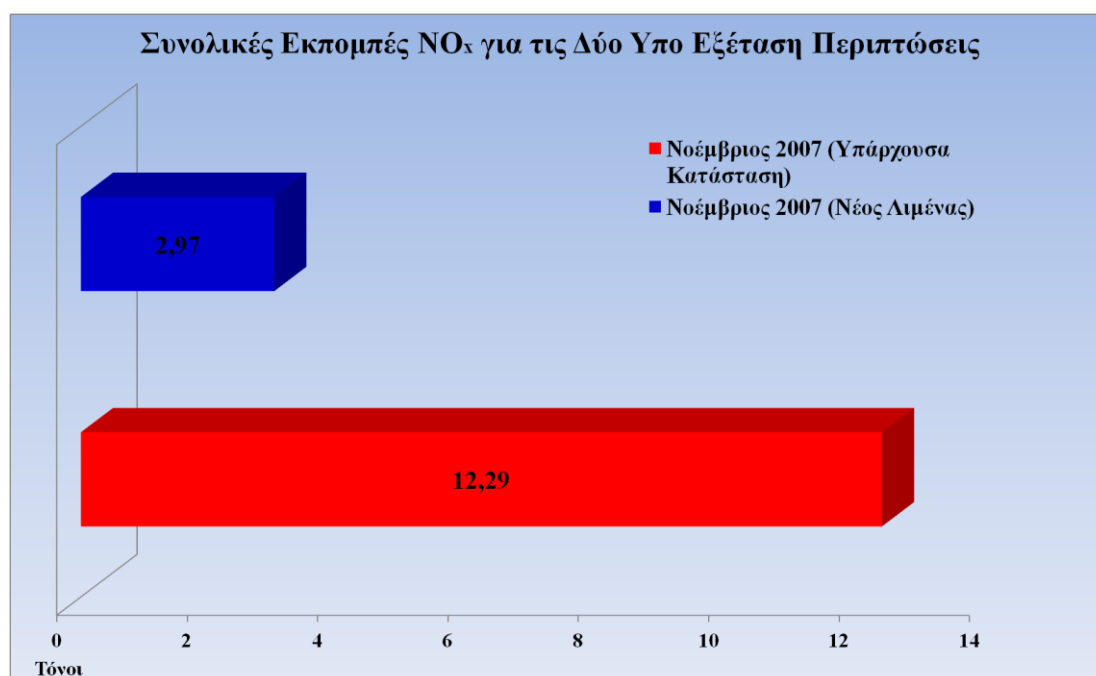
Τα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζουν αυτό που περιγράφεται παραπάνω, απεικονίζοντας συγκριτικά τα αποτελέσματα μεταξύ των δύο καταστάσεων. Στην κόκκινη ράβδο των διαγραμμάτων απεικονίζεται η υπάρχουσα

κατάσταση, με την μπλε να καταγράφει τις τιμές της νέας υποθετικής κατάστασης όπου τα πλοία ελλιμενίζονται και τους παρέχεται ρεύμα από το νησί.



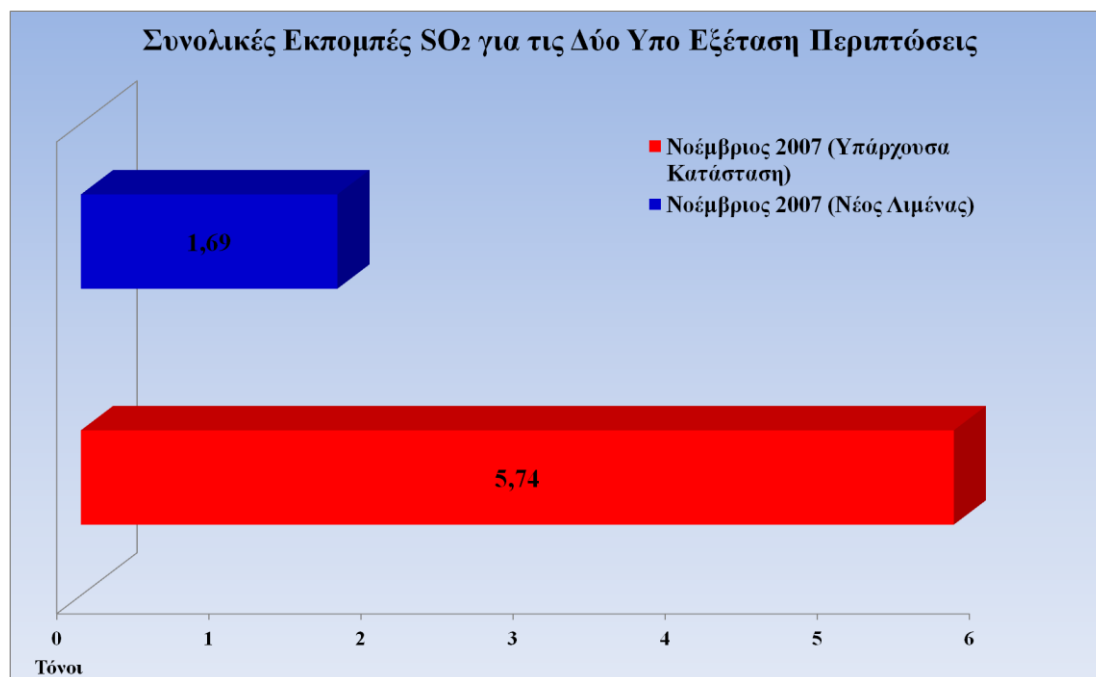
Σχήμα 6- 40

Συνολικές μηνιαίες εκπομπές CO₂ Νοεμβρίου του 2007, για τις περιπτώσεις που εξετάζονται.

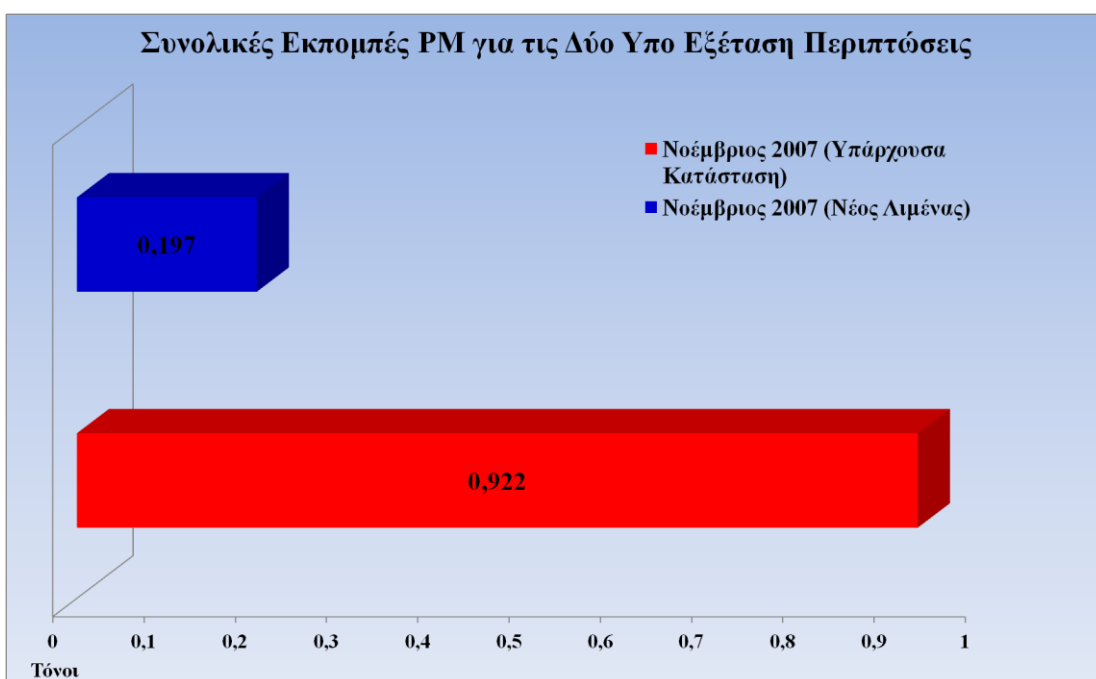


Σχήμα 6- 41

Συνολικές μηνιαίες εκπομπές NO_x Νοεμβρίου του 2007, για τις περιπτώσεις που εξετάζονται.

**Σχήμα 6- 42**

Συνολικές μηνιαίες εκπομπές SO₂ Νοεμβρίου του 2007, για τις περιπτώσεις που εξετάζονται.

**Σχήμα 6- 43**

Συνολικές μηνιαίες εκπομπές PM Νοεμβρίου του 2007, για τις περιπτώσεις που εξετάζονται.

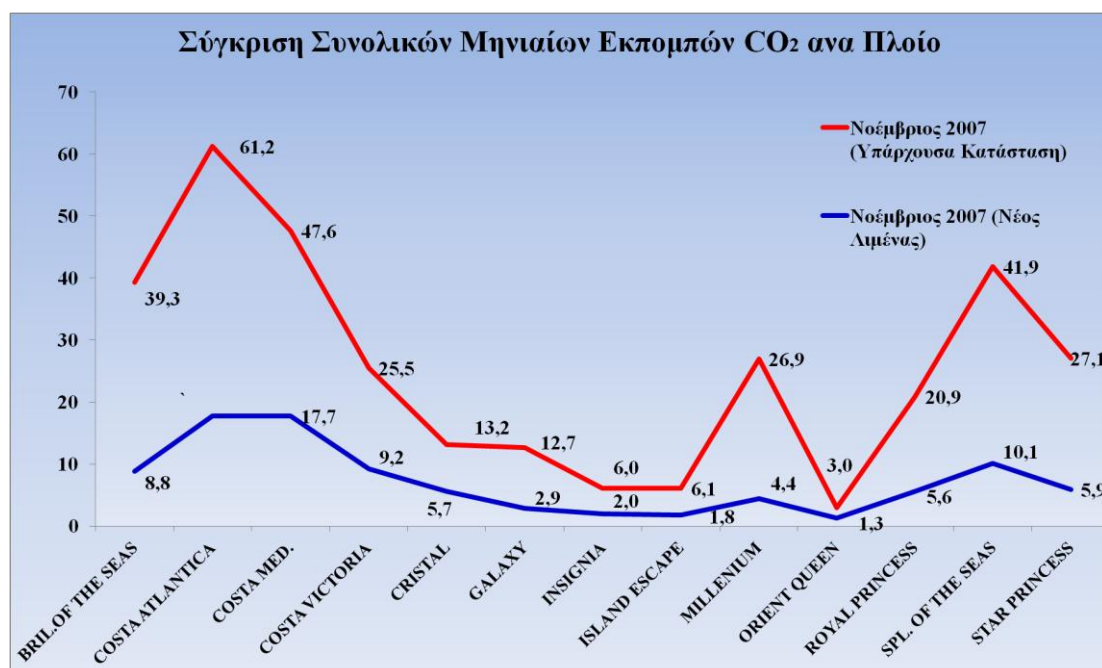
Τα σχήματα απέδειξαν τη θεώρηση που είχε γίνει στην αρχή της υποενοτήτας, σύμφωνα με την οποία, μια κίνηση για ένα νέο λιμάνι, με δυνατότητα cold ironing, θα

μπορούσε να μειώσει δραματικά τους αέριους ρύπους στο νησί. Χαρακτηριστικό είναι ότι από τους 331.2 τόνους CO₂ που υπολογίστηκαν για τον Νοέμβριο 2007, θα μπορούσε να υπάρξει σημαντική μείωση στους 93.1 τόνους, με την υπόθεση της κατασκευής του νέου λιμένα στα Φηρά. Η μείωση αυτή, ποσοστιαία μεταφράζεται σε περικοπή των εκπομπών κατά 71.9 %. Παρόμοια πτωτική τάση, αλλά όχι με αντίστοιχα ποσοστά, ακολουθούν και τα NO_x, SO₂, και PM.

Έτσι οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου, από τους 12.29 τόνους, μειώνονται στους 2.97, παρουσιάζοντας μια πτώση, της τάξης του 75.8 %. Το διοξείδιο του θείου μειώθηκε στους 1.69 τόνους, από 5.74, με τα αιωρούμενα σωματίδια να παρουσιάζουν τη σημαντικότερη πτώση, από τους 0.922 τόνους, στους 0.197, καταγράφοντας ποσοστό μείωσης μεγαλύτερο του 78.5 %. Τα αυξημένα ποσοστά μείωσης για τα NO_x και PM είναι απολύτως δικαιολογημένα. Με την πρόταση για νέο λιμάνι στα Φηρά, ελαχιστοποιείται ο χρόνος λειτουργίας του κάθε πλοίου σε κατάσταση περιορισμένου φορτίου των κύριων μηχανών. Ως γνωστόν οι εκπομπές των NO_x και PM, παρουσιάζονται ιδιαίτερα αυξημένες υπό αυτές τις συνθήκες. Λαμβάνοντας υπόψη τις δύο τελευταίες προτάσεις είναι εύκολο να αντιληφτεί κανείς πως δικαιολογούνται τα μεγαλύτερα ποσοστά μείωσης.

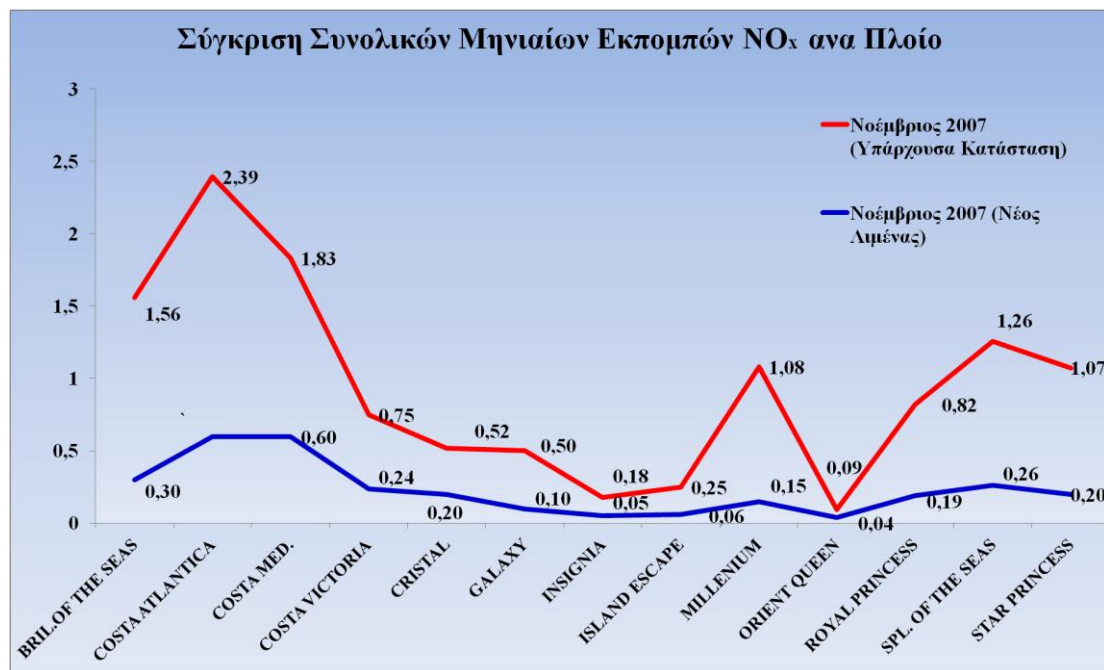
6.4.4 Σύγκριση Συνολικών Μηνιαίων Εκπομπών Νοεμβρίου 2007, ανά Πλοίο για τις Δύο Καταστάσεις που Εξετάζονται

Τα σχήματα της συγκεκριμένης υποενότητας αφορούν την σύγκριση των εκπομπών κάθε πλοίου ξεχωριστά. Έτσι συμπληρώνεται η εικόνα της βελτίωσης, που θα προκαλούσε στο περιβάλλον, η υποθετική κατασκευή ενός νέου λιμανιού. Τα στοιχεία που παρατίθενται, μπορούν να οδηγήσουν σε χρήσιμα συμπεράσματα.



Σχήμα 6- 44

Σύγκριση συνολικών μηνιαίων εκπομπών CO₂, ανά πλοίο.



Σχήμα 6- 45

Σύγκριση συνολικών μηνιαίων εκπομπών NO_x, ανά πλοίο.



Σχήμα 6- 46

Σύγκριση συνολικών μηνιαίων εκπομπών SO₂, ανά πλοίο.



Σχήμα 6- 47

Σύγκριση συνολικών μηνιαίων εκπομπών PM, ανά πλοίο.

Στα τέσσερα παραπάνω σχήματα απεικονίζεται η κατάσταση που επικρατούσε το Νοέμβριο 2007 (κόκκινη καμπύλη), σε σχέση με την υποθετική βελτιωμένη εικόνα (μπλε καμπύλη), με την υποθετική κατασκευή νέου λιμένα στη Σαντορίνη. Με μία πρώτη ανάγνωση, γίνεται σαφές ότι όλες οι τιμές του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των πλοίων ανά επίσκεψη στη Σαντορίνη είναι κατά πολύ μειωμένες

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του *MILLENNIUM*, το οποίο από 26.9 τόνους CO₂ στο παλιό λιμάνι των Φηρών, φθάνει να παράγει 4.4 τόνους, ελλιμενισμένο στο υποθετικό νέο λιμάνι. Ακόμα το *COSTA VICTORIA*, από 25.5 τόνους CO₂, συνολικά τον μήνα Νοέμβριο, αποδίδει μόλις 9.2 τόνους. Η μείωση αυτή δικαιολογείται από τον χρόνο παραμονής των πλοίου στο νησί, που σε πολλές περιπτώσεις πλοίων, μέσα στο 2007, ξεπερνούσε τις 15 ώρες. Τα ποσοστά των πτώσεων διαφέρουν ανάμεσα σε ίδια πλοία για διαφορετικές κατηγορίες εκπομπών, ως αποτέλεσμα των πολύ χρησίων διορθωτικών συντελεστών που υπεισέρχονται στο μοντέλο.

Είναι σαφές ότι με το νέο υποθετικό λιμάνι όλα τα κρουαζιερόπλοια διατηρούν κατά προσέγγιση τον ίδιο χρόνο τις κύριες μηχανές σε λειτουργία, αφήνοντας άλλους παράγοντες, όπως την ισχύ των κύριων μηχανών και την ταχύτητα προσέγγισης, να καθορίσουν (μέσω του αναλυτικού μοντέλου) τις ποσότητες των αέριων εκπομπών. Καταλήγοντας, είναι φανερό η διαπίστωση, μέσω του αναλυτικού μοντέλου υπολογισμού των αέριων εκπομπών της συγκεκριμένης εργασίας, ότι ένα νέο λιμάνι θα βελτίωνε κατά πολύ την περιβαλλοντική εικόνα της Σαντορίνης από πλευράς αέριων ρύπων.

6.5 Στοχαστική Ανάλυση και Προσομοίωση των Αέριων Εκπομπών NO_x και PM από Κρουαζιερόπλοια

6.5.1 Επιλογή των Εκπομπών των Οξειδίων του Αζώτου και των Αιωρούμενων Σωματιδίων

Οι Αέριες εκπομπές των οξειδίων του αζώτου αλλά και των αιωρούμενων σωματιδίων, βρίσκονται ανάμεσα στις πιο επικίνδυνες ενώσεις και ουσίες που εκλύονται από τη ναυτιλία. Όπως έχει, πολύ αναλυτικά, περιγραφεί και σε προηγούμενα κεφάλαια, οι δύο αυτές εκπομπές, ακόμα και αν δεν έχουν την προσοχή της παγκόσμιας κοινότητας στα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα, δεν παύουν να είναι καταστροφικά για την ανθρώπινη υγεία, όταν υπέρ-συγκεντρώνονται.

Πέρα όμως από την ισχυρή επιβάρυνση που προκαλούν στο περιβάλλον, οι δύο αυτές εκπομπές, στο συγκεκριμένο μοντέλο που εξετάζεται, έχουν την ιδιαιτερότητα να διορθώνονται με μερικούς επιπλέον συντελεστές. Οι συντελεστές αυτοί, έχουν σκοπό να αυξήσουν την ακρίβεια στους υπολογισμούς των ποσοτήτων των NO_x και PM. Έτσι θα μπορούσε με ασφάλεια να ειπωθεί ότι ο λόγος που επιλέχθηκαν οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου αλλά και των αιωρούμενων σωματιδίων για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης των εκπομπών, είναι δυσυλόστατος. Στις υποενότητες που ακολουθούν, αναλύεται, εν συντομία, το θεωρητικό υπόβαθρο της στοχαστικής διαδικασίας που ακολουθείται και παρουσιάζονται τα αποτελέσματά της.

6.5.2 Γενικά Στοιχεία για την Προσομοίωση και την Στοχαστική Ανάλυση

Ο σκοπός που πραγματοποιείται η συγκεκριμένη προσέγγιση για τις αέριες εκπομπές (NO_x και PM) από Κρουαζιερόπλοια, είναι για να μελετηθεί η επίδραση μερικών παραμέτρων (οι οποίοι μεταβάλλονται ταυτόχρονα), επί των τελικών ποσοτήτων αέριων. Ακολουθώντας κάποιος τη συγκεκριμένη διαδικασία, δεν αντιμετωπίζει πια τιμές, αλλά μια ευρεία περιοχή τιμών, κάθε σημείο της οποίας περιγράφεται από μία πιθανότητα.

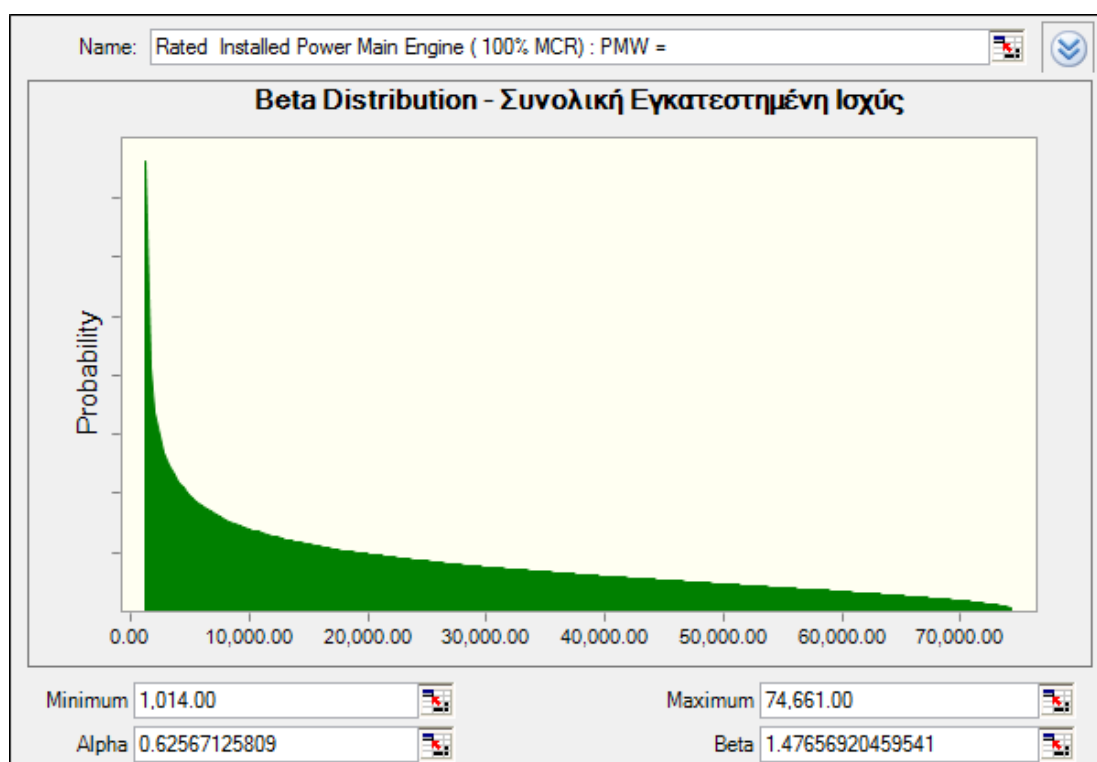
Πιο συγκεκριμένα οι εισοδοί του μοντέλου δεν είναι μερικές διακριτές τιμές, αλλά κατανομές πιθανότητας. Το άμεσο συμπέρασμα, δεν θα μπορούσε να είναι άλλο, από το ότι και το αποτέλεσμα της διαδικασίας, που αποδίδεται ως έξοδος από το μοντέλο προσομοίωσης, θα είναι και αυτό μια κατανομή πιθανότητας. Αυτό συμβαίνει γιατί όταν έστω και μία μεταβλητή εισέρχεται στο μοντέλο με τη μορφή κατανομής πιθανότητας, το αποτέλεσμα είναι λογικό να εξαχθεί στη ίδια μορφή, ακολουθώντας με μεγαλύτερη ακρίβεια την μεταβλητή που έχει το μεγαλύτερο βάρος στο μοντέλο.

Η μέθοδος που ακολουθείται στη συγκεκριμένη προσπάθεια είναι η μέθοδος Monte Carlo, η οποία στην περίπτωση της συγκεκριμένης μελέτης εφαρμόζεται με τη βοήθεια εξειδικευμένου λογισμικού. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο, λαμβάνονται από τις κατανομές (που έχουν δοθεί ως εισοδοί) αρκετές τιμές, οι οποίες μετά από το πέρασμά τους από το αναλυτικό μοντέλο, αποδίδουν ένα μεγάλο αριθμό σεναρίων, που με τη σειρά τους οδηγούν στο τελικό αποτέλεσμα της κατανομής πιθανοτήτων.

6.5.3 Απαιτούμενες Είσοδοι για την Ανάλυση

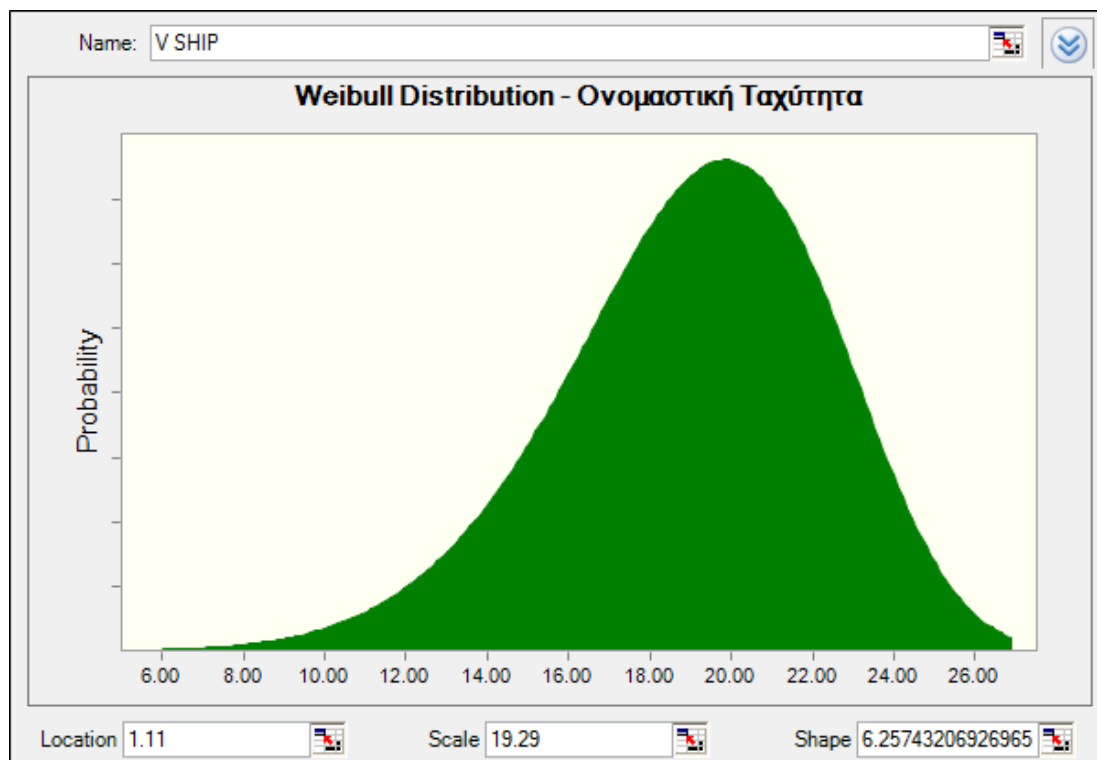
Για τη ακριβή εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων το αναλυτικό μοντέλο υπολογισμού των αέριων εκπομπών χτίστηκε από την αρχή, μόνο που στη συγκεκριμένη περίπτωση (σε αντίθεση με τη διαδικασία που ακολουθούνταν για ένα πλοίο), υπήρχαν τρεις πολύ σημαντικές μεταβλητές οι οποίες δεν συμπεριλαμβάνονταν με τη μορφή απόλυτων τιμών. Πιο συγκεκριμένα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς κάθε πλοίου, η ονομαστική του ταχύτητα, καθώς και ο μέσος χρόνος παραμονής του στον όρμο της Σαντορίνης για το 2007, εισέρχονταν στο μοντέλο με τη μορφή κατανομών πιθανοτήτων.

Τα τρία επόμενα διαγράμματα, απεικονίζουν τις κατανομές που περιέγραψαν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις μεταβλητές που προαναφέρθηκαν. Έτσι ξεκινώντας με το πρώτο σχήμα απεικονίζεται η κατανομή «Beta», που ακολούθησαν οι τιμές πιθανοτήτων για την εγκατεστημένη ισχύ των πλοίων. Ακολουθεί η κατανομή πιθανοτήτων για τις ονομαστικές ταχύτητες των πλοίων που προσέγγισαν το νησί το 2007, οι οποίες εκφράζονται από την κατανομή «Weibull». Το τρίτο σχήμα απεικονίζει μία κατανομή «Negative Binomial», η οποία περιγράφει τις κατανομές των πιθανοτήτων, για τον μέσο χρόνο παραμονής στον όρμο της Σαντορίνης.



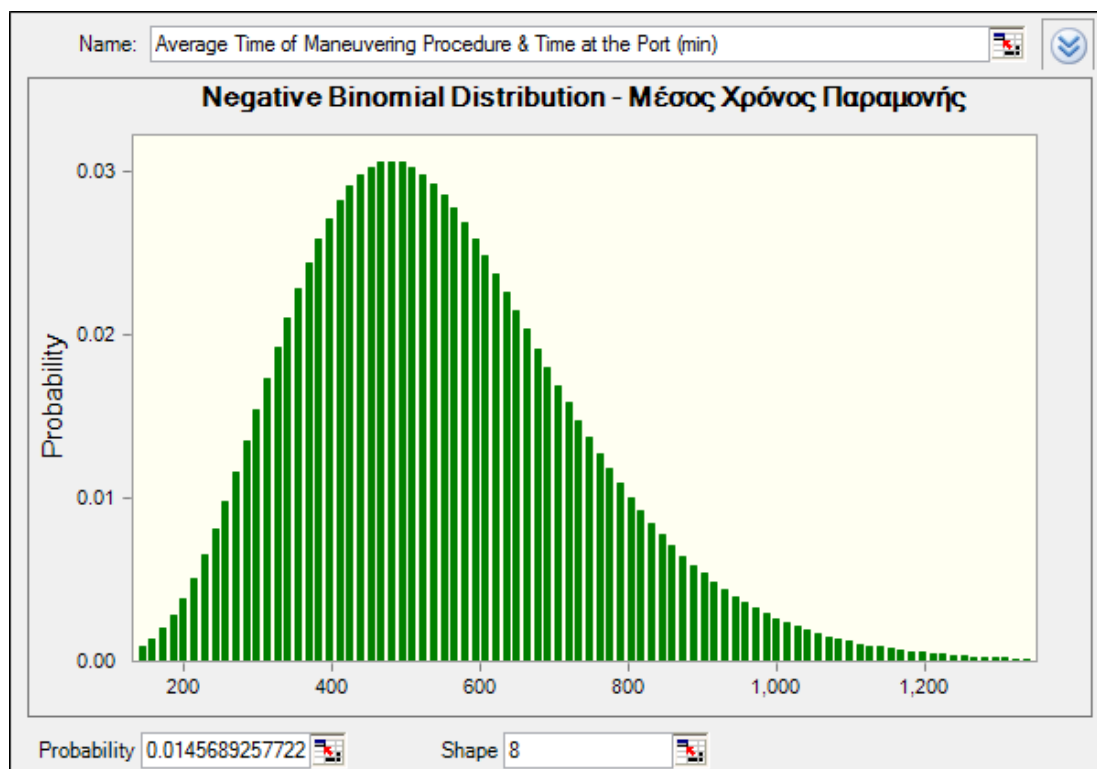
Σχήμα 6- 48

Κατανομή «Beta», για την συνολική εγκατεστημένη ισχύ των κρουαζιερόπλοιων.



Σχήμα 6- 49

Κατανομή «Weibull», για την ονομαστική ταχύτητα των κρουαζιερόπλοιων.



Σχήμα 6- 50

Κατανομή «Negative Binomial», για τον μέσο χρόνο παραμονής των κρουαζιερόπλοιων.

Από τα παραπάνω διαγράμματα που παρουσίασαν όλες τις μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο με τη μορφή κατανομής, ξεχωρίζει το πρώτο το οποίο απεικονίζει την συνολική εγκατεστημένη ισχύ των πλοίων. Η συγκεκριμένη κατανομή θα παίξει τον κυρίαρχο ρόλο στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων για τις ποσότητες των αέριων εκπομπών, κάτι που είχε γίνει σαφές και σε προηγούμενο κεφάλαιο, αλλά και σε συγκεκριμένα σημεία του παρόντος κεφαλαίου.

6.5.4 Ανάλυση της Διαδικασίας που Ακολουθήθηκε

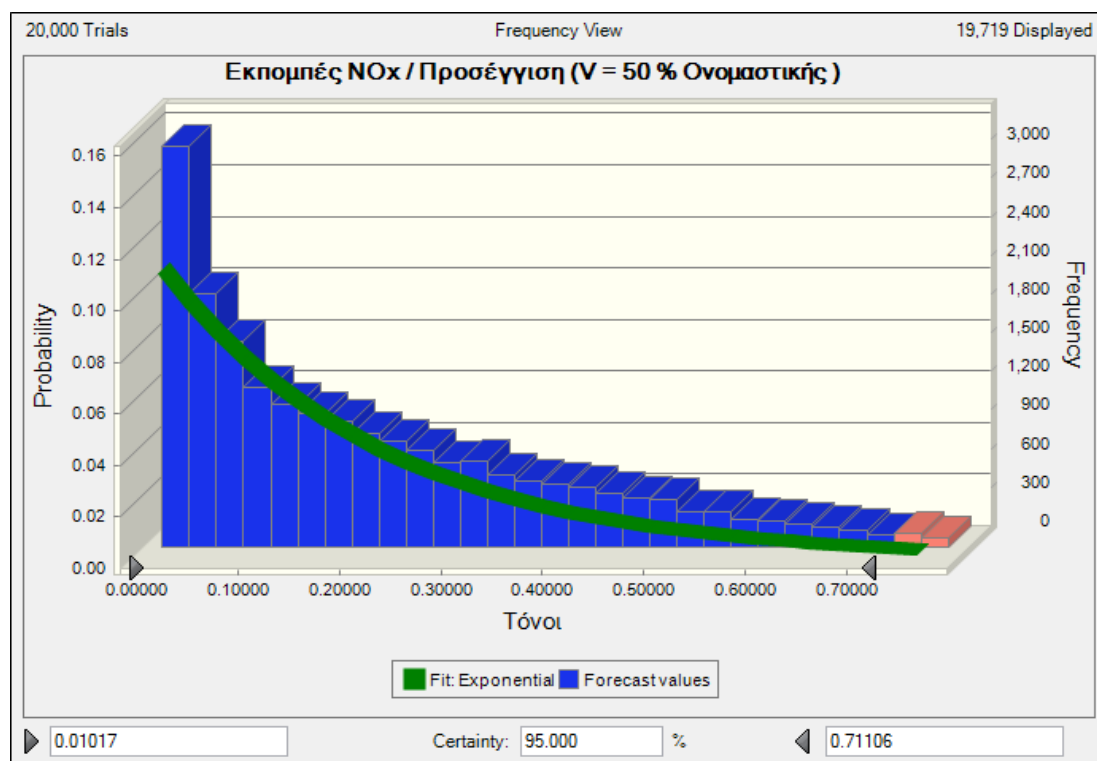
Εκτός από τις τρεις πολύ σημαντικές μεταβλητές που αναλύθηκαν, άλλοι όροι του μοντέλου είναι:

- Οι βασικοί συντελεστές εκπομπών για NO_x και PM,
- Τα επίπεδα φόρτισης των κύριων μηχανών (για Sector 1, 2 και 3),
- Οι διορθωτικοί συντελεστές για τα επίπεδα φόρτισης των κύριων μηχανών (για Sector 1, 2 και 3),
- Τα ποσοστά της ονομαστικής ταχύτητας (για Sector 1 και 2),
- Οι αποστάσεις σε Ναυτικά Μίλια (για Sector 1 και 2) και
- Οι χρόνοι λειτουργίας των κύριων μηχανών για Sector 1 και 2, στα αντίστοιχα φορτία.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, ήταν να επαναλαμβάνεται κάθε φορά η διαδικασία πραγματοποιώντας το λογισμικό 20,000 δοκιμές, για διακριτές τιμές του ποσοστού επί της ονομαστικής ταχύτητας που θα είχε το πλοίο στον Sector 1 (5 ναυτικά μίλια του απόπλου και 5 του κατάπλου). Οι διακριτές αυτές τιμές ξεκινούσαν από το 50 % (που είναι και το σταθερό ποσοστό της ταχύτητας για τον Sector 2) και ανά 10 % (60, 70, 80, 90) έφθαναν στο 100%, με μία ενδιάμεση εφαρμογή για 93 %, που είναι και το ποσοστό που χρησιμοποιήθηκε στο αναλυτικό μοντέλο. Έτσι ως έξοδος υπήρχε ένα αναλυτικό διάγραμμα για κάθε μία από τις ποσοστιαίες τιμές που αναφέρθηκαν.

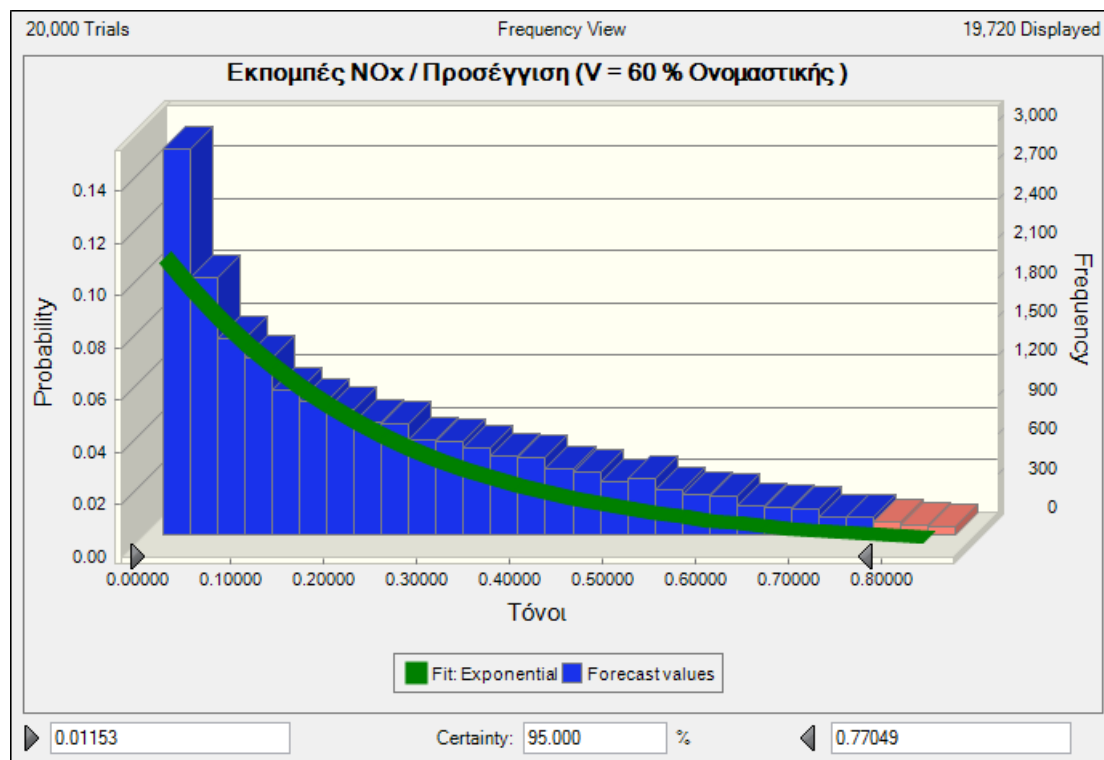
6.5.5 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου «Monte Carlo» για τις Εκπομπές Οξειδίων του Αζώτου (NO_x)

Η συγκεκριμένη υποενότητα είναι αφιερωμένη στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων από τη διαδικασία που ακολουθήθηκε. Το πρώτο διάγραμμα περιγράφει την κατανομή των πιθανοτήτων για τις εκπομπές διοξειδίου του αζώτου από κρουαζιερόπλοια που έπλεαν στον Sector 1, αναπτύσσοντας το 50 % της ονομαστικής τους ταχύτητας. Μετά το πρώτο σχήμα, ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα για τα ποσοστά 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 93 % και 100%.



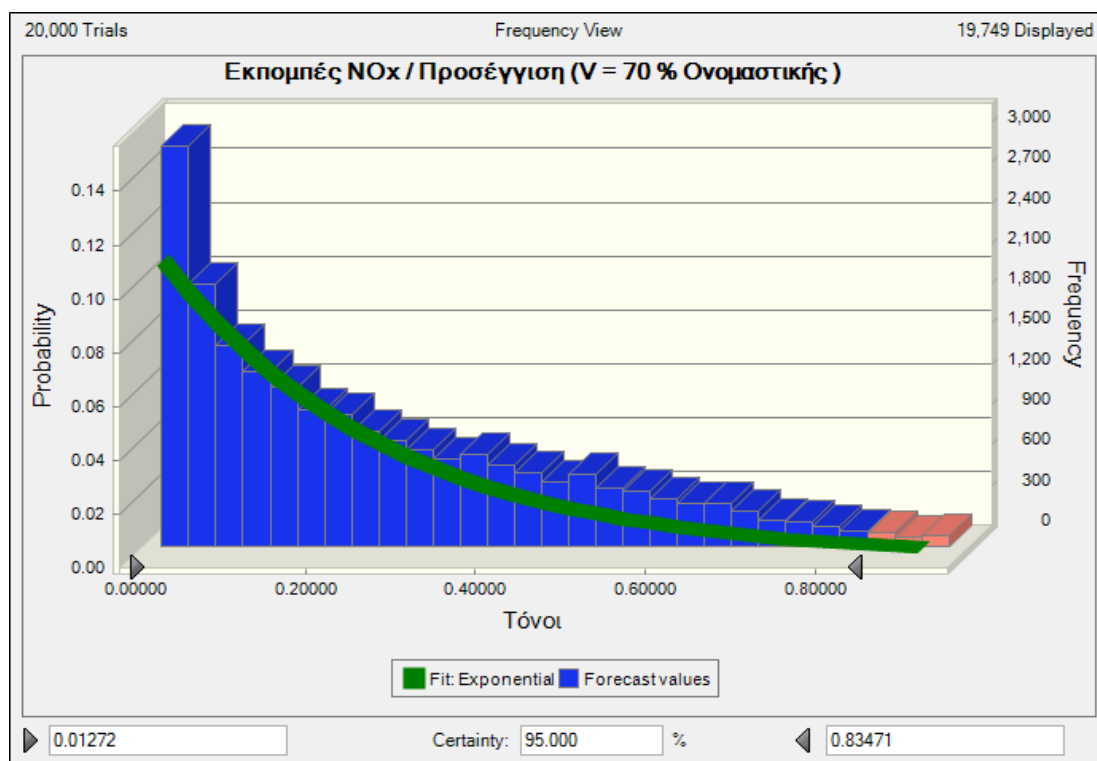
Σχήμα 6- 51

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO_x, με 50 % της ονομαστικής ταχύτητας.



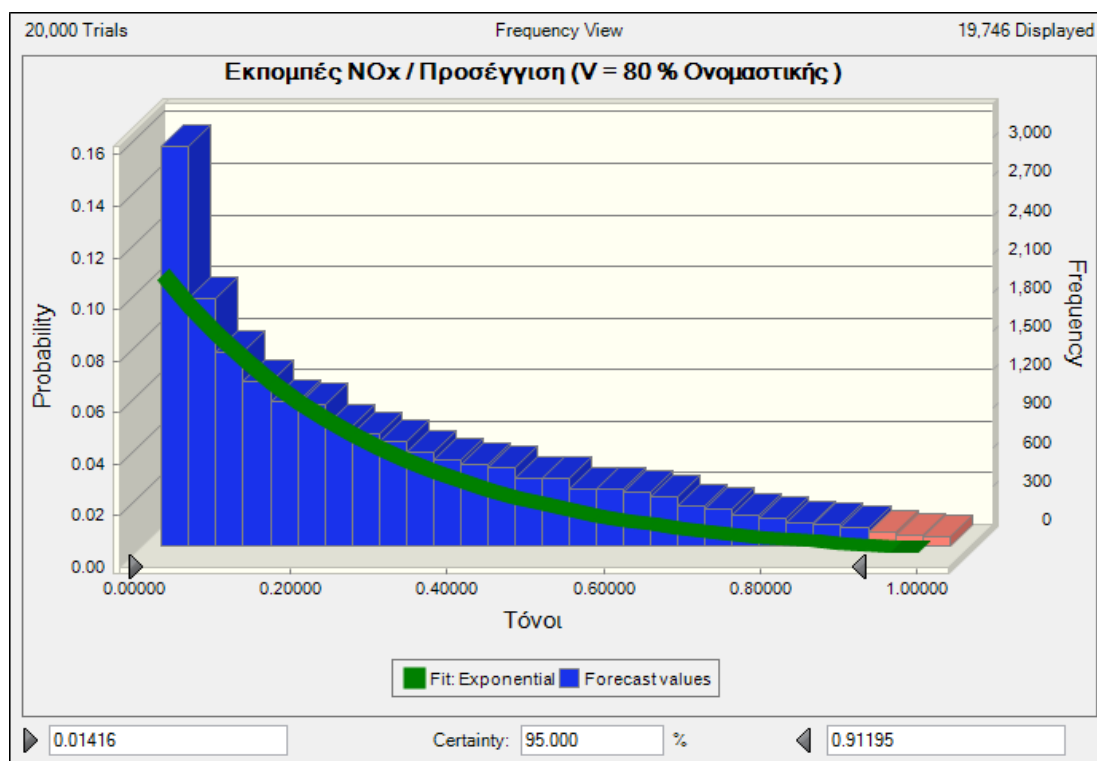
Σχήμα 6- 52

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO_x, με 60 % της ονομαστικής ταχύτητας.



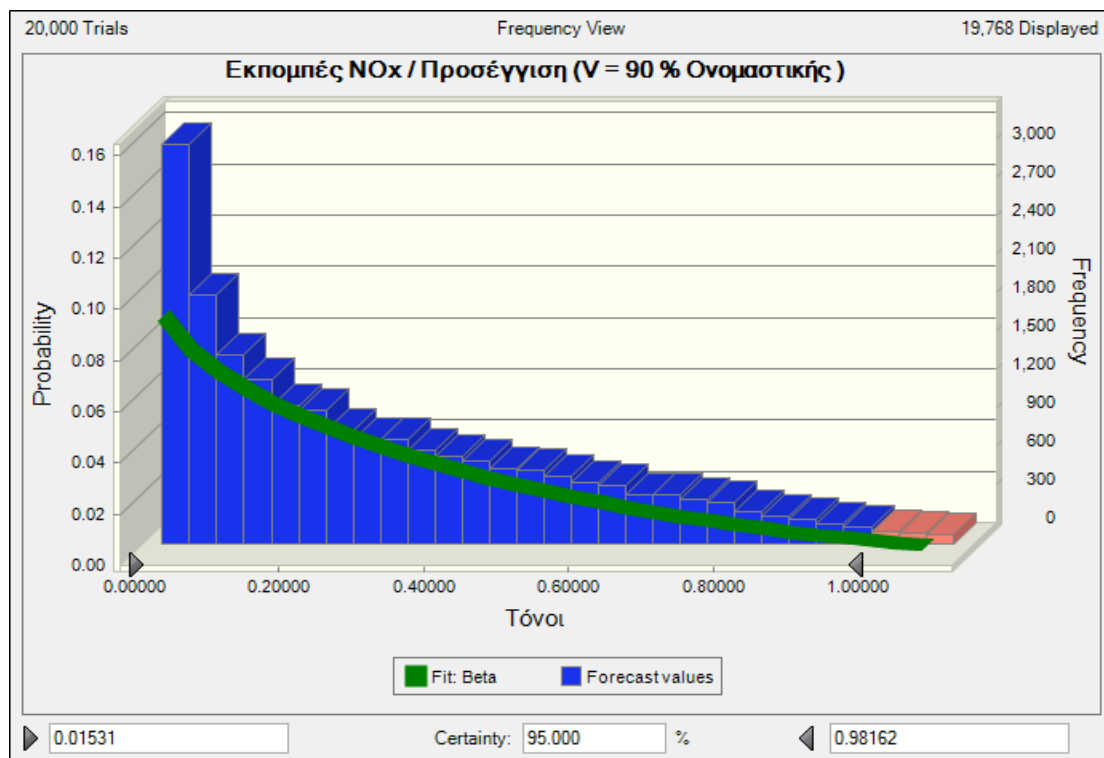
Σχήμα 6- 53

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO_x, με 70 % της ονομαστικής ταχύτητας.



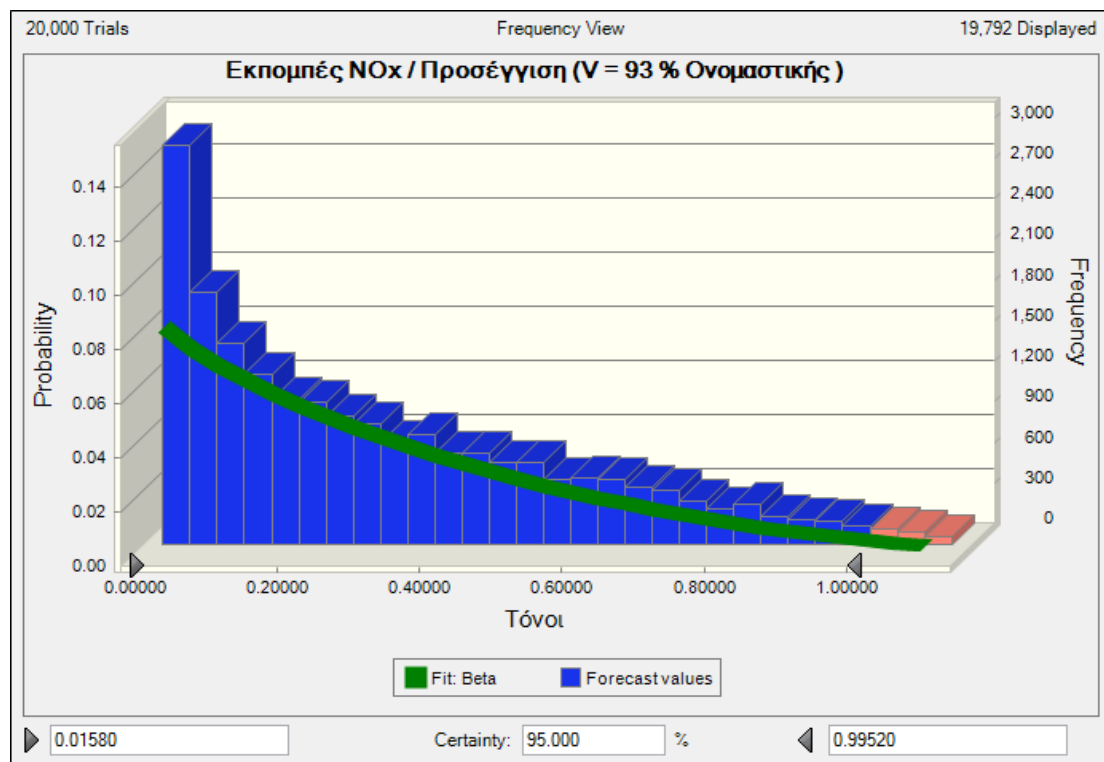
Σχήμα 6- 54

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO_x, με 80 % της ονομαστικής ταχύτητας.



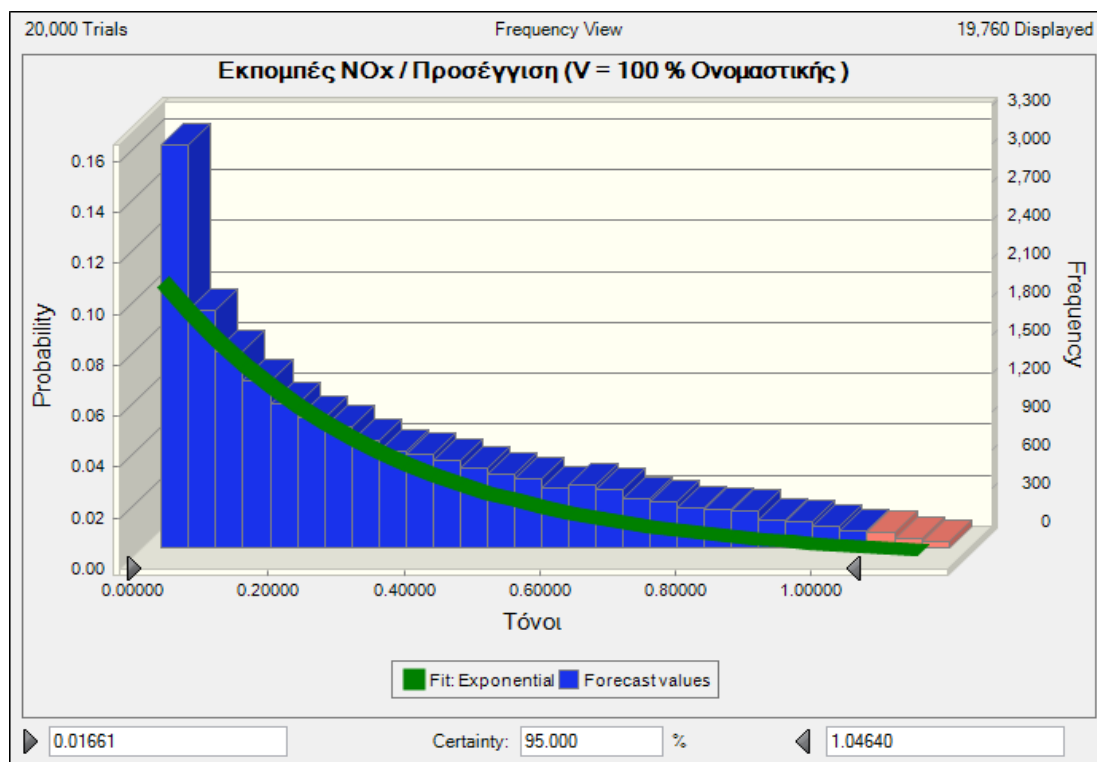
Σχήμα 6- 55

Κατανομή «Beta», για τις εκπομπές NO_x, με 90 % της ονομαστικής ταχύτητας.



Σχήμα 6- 56

Κατανομή «Beta», για τις εκπομπές NO_x, με 93 % της ονομαστικής ταχύτητας.

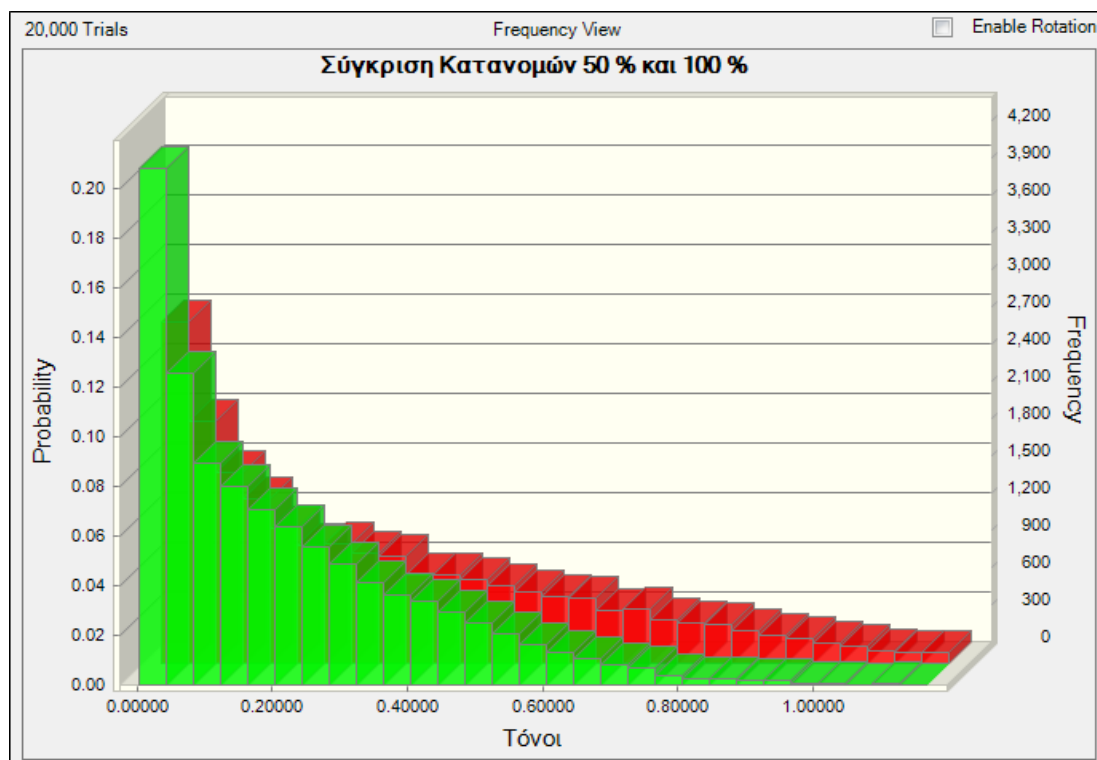


Σχήμα 6- 57

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές NO_x, με 100 % της ονομαστικής ταχύτητας.

Από τα αποτελέσματα των παραπάνω διαγραμμάτων, το χρήσιμο στοιχείο που προκύπτει, είναι η μορφή των κατανομών των πιθανοτήτων, για κάθε διαφορετικό ποσοστό επί της ονομαστικής ταχύτητας των πλοίων. Έτσι για ένα πλοίο με συγκεκριμένη ονομαστική ταχύτητα, η απόφαση του καπετάνιου για τη ταχύτητα που θα αναπτύξει (ποσοστιαία επί της ονομαστικής), στα 5 πρώτα μίλια της εισόδου στον όρμο της Σαντορίνης και στα 5 τελευταία, έχει μια επίδραση στις εκπομπές, η οποία μπορεί να περιγραφεί από τα παραπάνω σχήματα.

Εστιάζοντας στο πρώτο σχήμα, για 50 % της ονομαστικής ταχύτητας των πλοίων, παρατηρείται ότι εμφανίζεται μια κατανομή «Exponential», οι ομαδοποιημένες τιμές της οποίας, κινούνται σε πιθανότητες που φθάνουν μέχρι και το 15.5 %. Παρατηρείται ακόμα ότι οι υψηλές τιμές πιθανοτήτων (μεγαλύτερες από 5 %), είναι συγκεντρωμένες κοντά στον κατακόρυφο άξονα και κατά συνέπεια σε εκπομπές NO_x, οι οποίες προσεγγίζουν μέχρι και τους 0.1 τόνους. Αντίστοιχα, για την παραγωγή ποσότητας 0.475 - 0.500 τόνων NO_x από ένα πλοίο, η πιθανότητα μειώνεται στο 2 %. Καθώς εξετάζονται και τα επόμενα διαγράμματα (με μεγαλύτερα ποσοστά % επί της ονομαστικής ταχύτητας), η βασική μορφή δεν αλλάζει σημαντικά. Αυτά που αλλάζουν είναι τα ποσοστά. Έτσι για παράδειγμα στο διάγραμμα για ταχύτητα πλοίων που φθάνει το 93 %, για την παραγωγή ποσότητας 0.475 - 0.500 τόνων NO_x (όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα), η πιθανότητα προσεγγίζει το 3.5 % (από 2.0 % που ήταν στο προηγούμενο παράδειγμα). Στο παρακάτω σχήμα παρατίθενται στο ίδιο σχήμα οι δύο κατανομές που προκύπτουν για 50 % και για 100 % της ονομαστικής ταχύτητας των πλοίων.



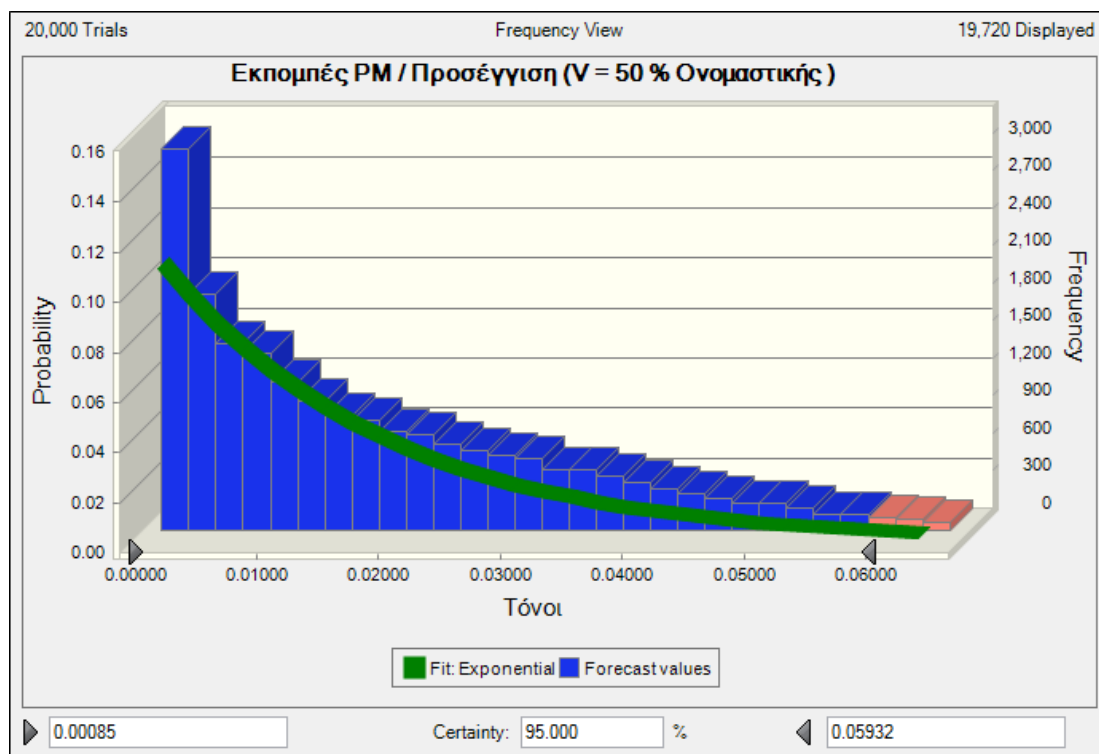
Σχήμα 6- 58

Σύγκριση κατανομών, με 50 % και 100 % της ονομαστικής ταχύτητας, για τις εκπομπές NO_x .

Με τον πράσινο χρωματισμό διακρίνεται η κατανομή «Exponential», για 50 % της ονομαστικής ταχύτητας των πλοίων. Με κόκκινο χρώμα είναι η κατανομή «Beta», η οποία αφορά το 100 % της ονομαστικής ταχύτητας. Από το ποσοστό του 50 %, μέχρι και αυτό του 100 %, παρατηρήθηκε ότι η κατανομή άλλαξε από «Exponential», σε «Beta». Ακόμα, όπως προαναφέρθηκε οι συγκέντρωση των πιθανοτήτων μεταφέρθηκε σε πιο δεξιά σημεία του άξονα των ποσοτήτων, αποδεικνύοντας ότι σε μεγαλύτερες ταχύτητες είναι πιο πιθανό μια προσέγγιση ενός πλοίου να αποδώσει περισσότερες εκπομπές. Κάτι τέτοιο είναι πολύ φυσιολογικό να συμβαίνει μιας και για μεγαλύτερες ταχύτητες, απαιτούνται υψηλότερες φορτίσεις από τις κύριες μηχανές των πλοίων και κατά συνέπεια, εκλύονται περισσότερες εκπομπές.

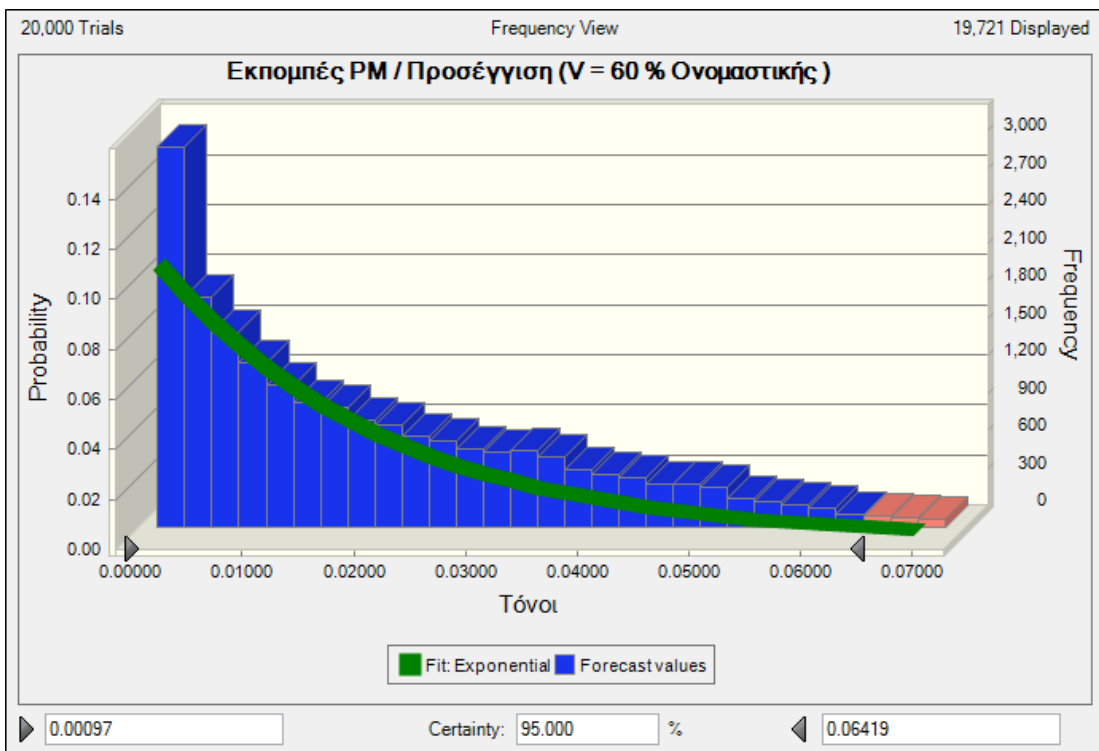
6.5.6 Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου «Monte Carlo» για τις Εκπομπές Αιωρούμενων Σωματιδίων (PM)

Πριν γίνει η παρουσίαση των κατανομών για τις εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων, πρέπει να τονισθεί ότι η γενικότερη μορφή των κατανομών σε «Exponential» και «Beta», οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στην κατανομή της ισχύος που χρησιμοποιήθηκε ως είσοδος στο μοντέλο. Η συγκεκριμένη μεταβλητή-κατανομή, παίζει τον κυρίαρχο ρόλο στο μοντέλο των αέριων εκπομπών και είναι απόλυτα φυσιολογικό τα αποτελέσματα να προσεγγίζουν την κατανομή της. Ακολουθούν τα αποτελέσματα για τις εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων.



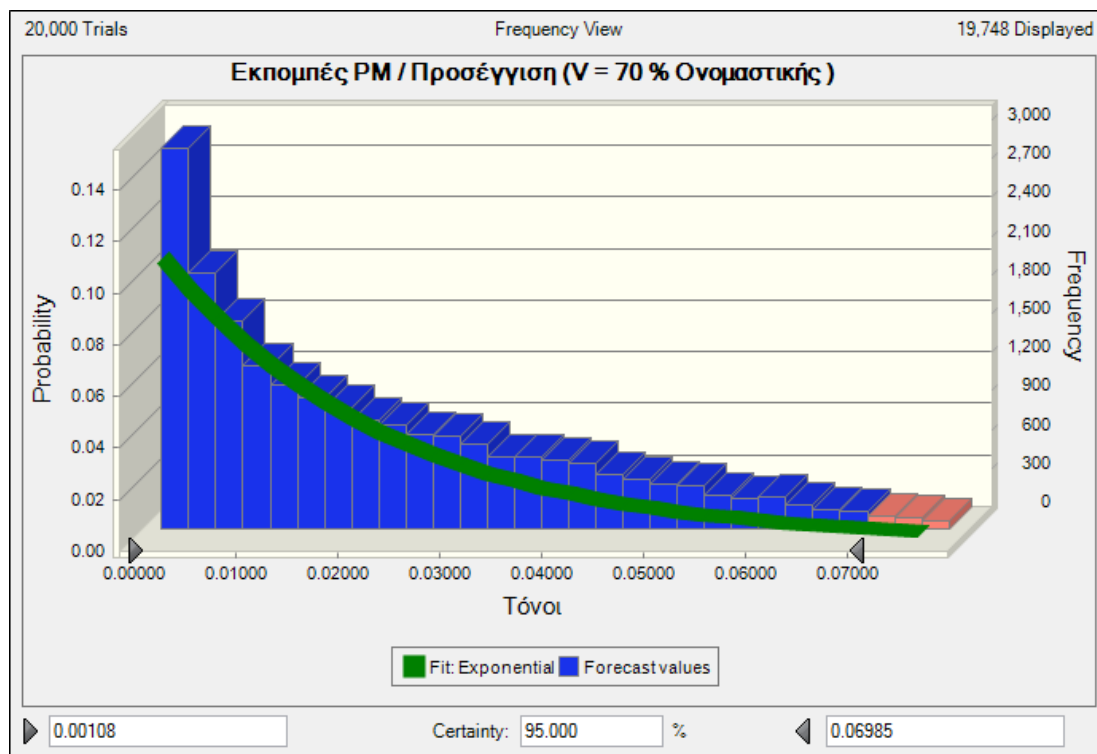
Σχήμα 6- 59

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 50 % της ονομαστικής ταχύτητας.



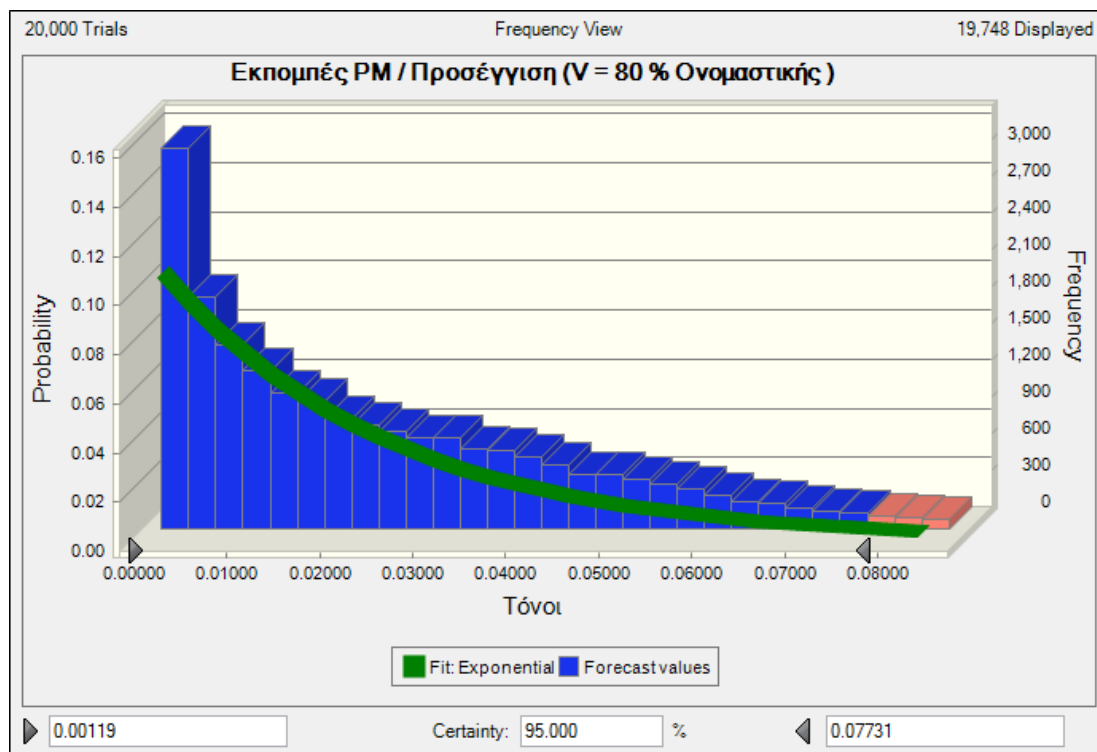
Σχήμα 6- 60

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 60 % της ονομαστικής ταχύτητας.



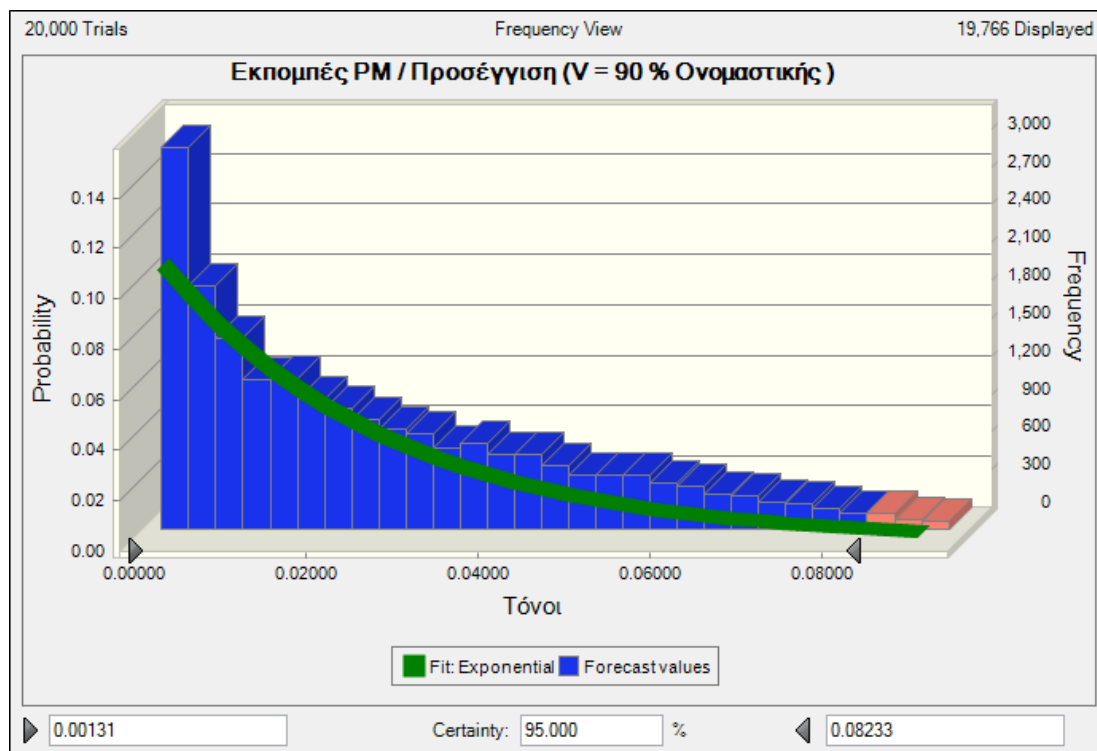
Σχήμα 6- 61

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 70 % της ονομαστικής ταχύτητας.



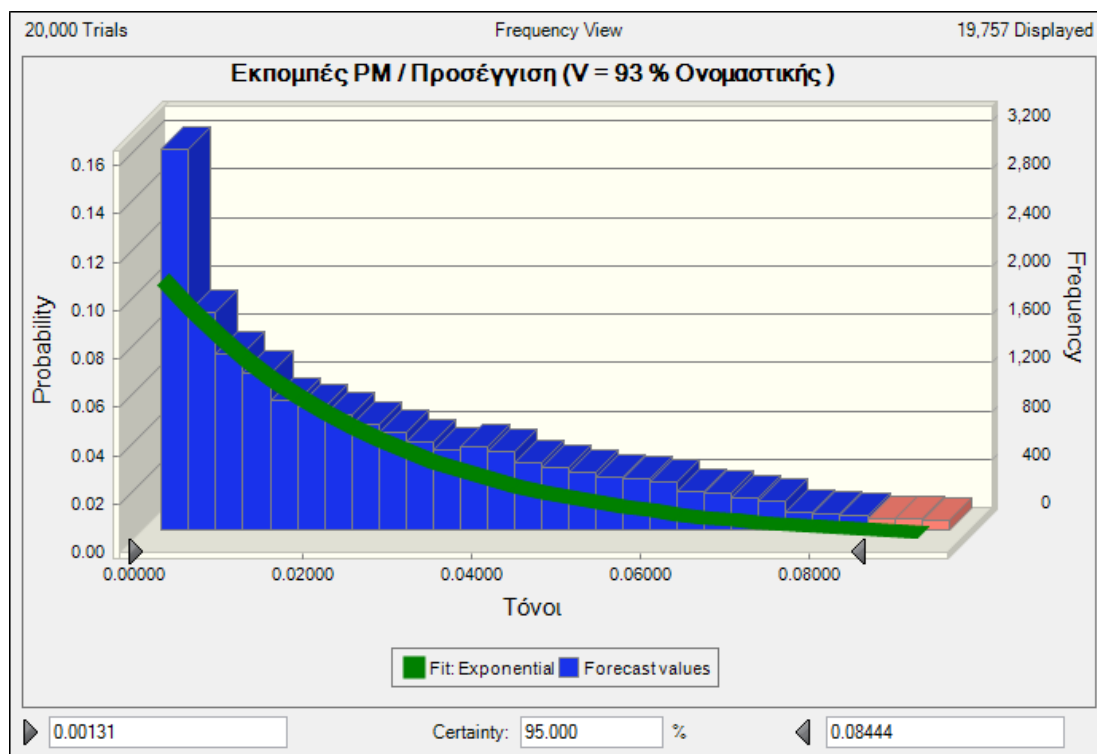
Σχήμα 6- 62

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 80 % της ονομαστικής ταχύτητας.



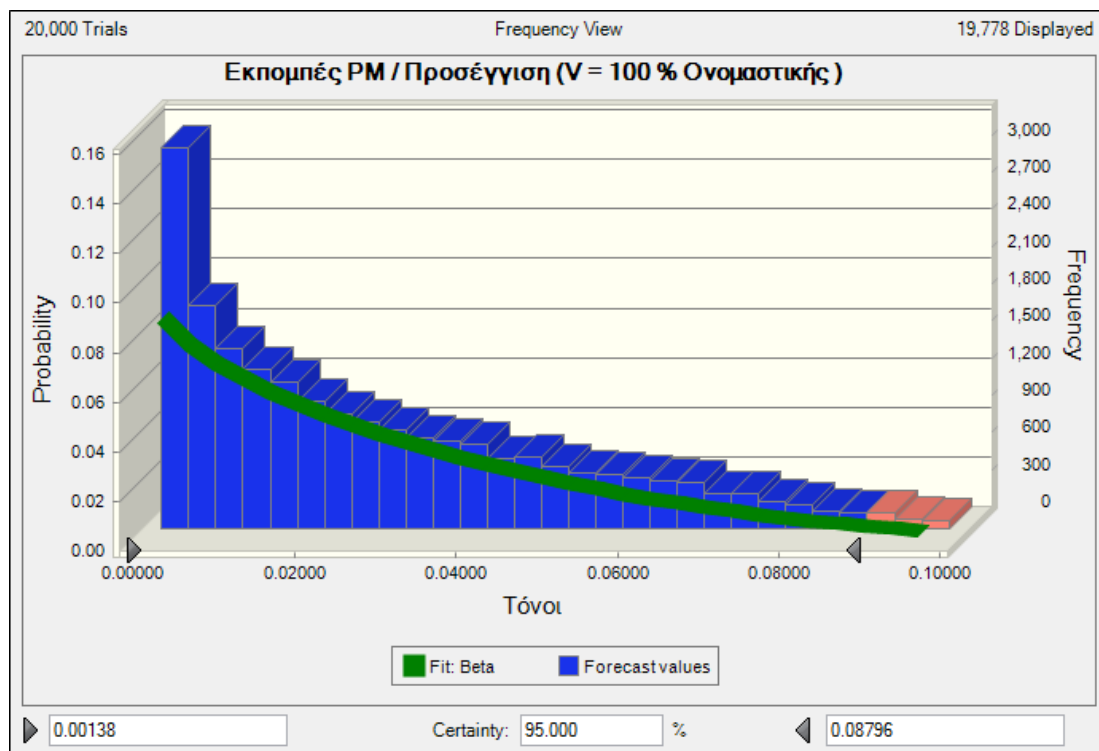
Σχήμα 6- 63

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 90 % της ονομαστικής ταχύτητας.



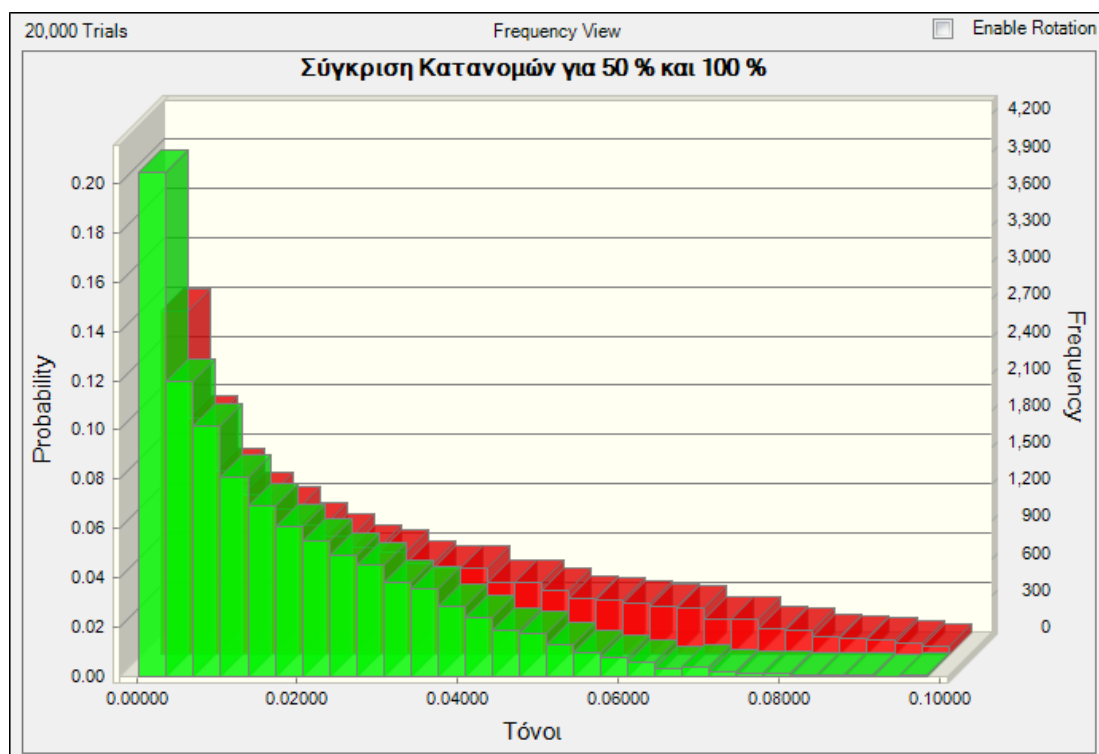
Σχήμα 6- 64

Κατανομή «Exponential», για τις εκπομπές PM, με 93 % της ονομαστικής ταχύτητας.



Σχήμα 6- 65

Κατανομή «Beta», για τις εκπομπές PM, με 100 % της ονομαστικής ταχύτητας.



Σχήμα 6- 66

Σύγκριση κατανομών, με 50 % και 100 % της ονομαστικής ταχύτητας, για τις εκπομπές PM.

Με την ολοκλήρωση της παράθεσης των κατανομών για την προσομοίωση των αέριων εκπομπών των αιωρούμενων σωματιδίων, μπορεί να γίνει μια ανάλυση των αποτελεσμάτων, παρόμοια με αυτή που πραγματοποιήθηκε και για τα οξείδια του αζώτου. Έτσι, παρατηρώντας κάποιος το πρώτο διάγραμμα για το 50 % της ονομαστικής ταχύτητας των πλοίων, δεν είναι δύσκολο να προσέξει την παρόμοια συγκέντρωση των αποτελεσμάτων (με πιο γραμμικό τρόπο από το αντίστοιχο διάγραμμα για τα NO_x). Προσεγγιστικά, η παραγωγή από ένα πλοίο, 0.0075 - 0.0100 τόνων αιωρούμενων σωματιδίων, σε μία προσέγγιση, περιγράφεται από την πιθανότητα με τιμή κοντά στο 7 %. Για μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών, της τάξης των 0.0500 - 0.0525 τόνων, η πιθανότητα πέφτει στο 1 %.

Όπως και με τις κατανομές των οξειδίων του αζώτου, έτσι και στην περίπτωση των αιωρούμενων σωματιδίων, οι τιμές των πιθανοτήτων μεταφέρονται προς τα δεξιά του διαγράμματος διατηρώντας πάντα την μορφή «Exponential» ή «Beta», που τις περιγράφει. Αυτό αποδεικνύεται και από το συγκριτικό διάγραμμα που παρατίθεται στο τέλος. Η πράσινες ομάδες τιμών περιγράφουν την «Exponential» κατανομή για το 50 % της ονομαστικής ταχύτητας των κρουαζιερόπλοιων, με τις κόκκινες να αντιστοιχούν στην «Beta» κατανομή, για ταχύτητες στο 100 % της ονομαστικής. Οι πράσινες τιμές που ηγούνται στη αρχή του άξονα των ποσοτήτων, αρχίζουν να φθίνουν όσο οι ποσότητες PM αυξάνονται, πηγαίνοντας προς τα δεξιά του άξονα.

Με την ενότητα αυτή για την στοχαστική ανάλυση και προσομοίωση των αέριων εκπομπών NO_x και PM από κρουαζιερόπλοια, κλείνει ένα από τα σημαντικότερα κεφάλαια της συγκεκριμένης μελέτης, που αφορούσε τα κρουαζιερόπλοια που προσέγγιζαν το νησί της Σαντορίνης το 2007. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν ήταν πολλά και πολυσήμαντα, για ένα νησί που στηρίζει ένα εξαιρετικά μεγάλο μέρος της οικονομικής του βιωσιμότητας στα πλοία κρουαζιέρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΟΥΛΕΙΑ

7.1 Γενικά Συμπεράσματα

Το νησί της Σαντορίνης αποτέλεσε την ιδανική περιοχή εφαρμογής της απογραφής των αέριων εκπομπών από πλοία σε τοπική κλίμακα. Από την αρχή της μελέτης, σκοπός ήταν, η παρουσίαση της γενικής εικόνας που επικρατεί, σε σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση που προέρχεται από επιβατηγά πλοία (συμβατικά και ταχύπλοα) και κρουαζιερόπλοια, στο νησί της Σαντορίνης. Συμπληρωματικά με την απογραφή των εκπομπών, πραγματοποιήθηκαν και αρκετές ακόμα χρήσιμες διαδικασίες.

Ξεκινώντας από το στάδιο των υπολογισμών για τον δείκτη EEDI, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι δύο κατηγορίες πλοίων που μελετήθηκαν, είχαν (σε γενικές γραμμές) ικανοποιητική συμπεριφορά. Έτσι, συμβατικά και ταχύπλοα πλοία κατά την τοποθέτηση τους στα διαγράμματα που περιείχαν την «Baseline», της αποδεκτής συμπεριφοράς (της μελέτης της Δανίας στην 58^η MEPC), έδειξαν να τη ακολουθούν, με ελάχιστα πλοία να αποκλίνουν αισθητά. Ένα σημαντικό συμπέρασμα ήταν ότι τα 25 ετών (κατά μέσο όρο), πλοία της συμβατικής ακτοπλοΐας παρουσίασαν ικανοποιητική εικόνα ακόμα και αν ο δείκτης αναφέρεται σε μελλοντικά πλοία.

Στους υπολογισμούς που αφορούν το αναλυτικό μοντέλο υπολογισμού των αέριων εκπομπών, τα συμπεράσματα ήταν πολύπλευρα. Αρχικά επιβεβαιώθηκε, με τη βοήθεια παρόμοιων μελετών, ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου ήταν συγκρίσιμα με αντίστοιχες προσπάθειες. Για τα πλοία της ακτοπλοΐας και συγκεκριμένα για τον δείκτη που σχετίζει τις αέριες εκπομπές των πλοίων με το DWT, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πλοία με αυξημένη μεταφορική ικανότητα παρουσιάζονται πιο αποδοτικά, ακόμα και αν εμφανίζουν πολλαπλάσιες εκπομπές σε σχέση με μικρότερα πλοία. Αντίστοιχα ήταν τα συμπεράσματα και για τους δείκτες του GT.

Η σύγκριση των δεικτών για DWT, GT και συνολική εγκατεστημένη ισχύ, μεταξύ συμβατικών και ταχύπλοων πλοίων, απέδειξε ότι για τους δείκτες που αφορούν το DWT και το GT των πλοίων, τα ταχύπλοα πλοία εμφανίζουν πολύ υψηλότερες τιμές. Η κατάσταση ανατρέπεται, για τον δείκτη της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος, με τα συμβατικά πλοία να εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές από τα ταχύπλοα.

Ένα πολύ ενδιαφέρον χαρακτηριστικό που έκανε την εμφάνισή του μέσα από τα διαγράμματα, ήταν εμφάνιση ευδιάκριτων ποσοστιαίων διαφορών ανάμεσα στα διαγράμματα για τις αέριες εκπομπές CO₂, NO_x, SO₂ και PM, ανά προσέγγιση. Οι διαφορές αυτές ήταν αποτέλεσμα της αποτελεσματικής λειτουργίας των συντελεστών Corr_{Age} και Corr_{%MCR}, για την ηλικία της προωστηρίου εγκατάστασης και το ποσοστό φόρτισης των κύριων μηχανών, που αφορούν τις εκπομπές NO_x και PM. Παρόμοιες διαφορές εμφανίζονταν, για τον ίδιο λόγο, και στα σχήματα που περιέγραφαν τις ποσοστιαίες συμμετοχές κάθε πλοίου στις συνολικές εκπομπές ενός μήνα για CO₂, NO_x, SO₂ και PM.

Τα αποτελέσματα των εκπομπών ανά επιβάτη, ανά μίλι για τα πλοία της ακτοπλοΐας απέδειξαν ότι οι τελικές τιμές του λόγου, στηρίζονται στη λεπτή ισορροπία, ανάμεσα στον αριθμό των μηνιαίων προσεγγίσεων, στον αριθμό των επιβατών, στον τύπο και το μέγεθος των πλοίων που προσεγγίζουν, καθώς και σε άλλους σημαντικούς παράγοντες. Σε γενικές γραμμές, μήνες με υψηλότερη τουριστική κίνηση απέδωσαν χαμηλότερες τιμές δεικτών.

Τα κρουαζιερόπλοια, στο στάδιο του υπολογισμού των αέριων εκπομπών ανά προσέγγιση, παρουσίασαν ένα αρκετά μεγάλο εύρος εκπομπών, αποδεικνύοντας τη ποικιλομορφία (σε ισχύ, ονομαστική ταχύτητα και άλλα) των πλοίων που επισκέφτηκαν το νησί το 2007. Σημαντικό ρόλο στις μεγάλες αυτές διαφορές, έπαιξε και η μεταβλητή του χρόνου παραμονής στο λιμάνι. Τα κρουαζιερόπλοια μπορούσαν να έχουν διαφορά αρκετών ωρών, όσον αφορά τον χρόνο παραμονής στο νησί. Αντίστοιχο ζήτημα δεν υπήρχε στα πλοία της ακτοπλοΐας στα οποία ο χρόνος, διέφερε μόλις για λίγα λεπτά. Για αυτόν τον λόγο, ο χρόνος δεν αποτέλεσε σημαντική αιτία, για διεύρυνση της διαφοράς των αέριων εκπομπών ανά προσέγγιση ανάμεσα σε δύο πλοία.

Ο δείκτης των εκπομπών ανά επιβάτη, ανά μίλι για τα κρουαζιερόπλοια παρουσίασε πτωτικές τάσεις από τους μήνες της χαμηλής τουριστικής κίνησης μέχρι τους αντίστοιχους μήνες της υψηλής περιόδου. Η αυξημένη αυτή πτώση, πηγάζει από την ανομοιόμορφη αύξηση των εκπομπών, σε σχέση με τον μηνιαίο αριθμό των επιβατών, αλλά και των προσεγγίσεων των πλοίων, μεταβλητές οι οποίες δεν ακολούθησαν παρόμοια πορεία. Ακόμα, πολύ σημαντικό ρόλο διαδραμάτισαν και οι εξαιρετικά υψηλές πληρότητες των πλοίων τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο.

Το κομμάτι που αφορούσε την κατασκευή ενός νέου υποθετικού λιμένα στα Φηρά, με δυνατότητα cold ironing, αποκάλυψε μερικές αρκετά ενδιαφέρουσες πτυχές του ζητήματος. Αρχικά αναφέρεται ότι η υπόθεση για κατασκευή νέου λιμένα, με θέσεις ελλιμενισμού για 4 κρουαζιερόπλοια και η δυνατότητα ηλεκτροδότησής τους, απέδειξε τη δυνητική μείωση των μηνιαίων ρύπων κατά μεγάλο ποσοστό. Εντυπωσιακές ήταν και οι διακυμάνσεις των πτώσεων ανάμεσα σε διαφορετικά πλοία.

Συγκεκριμένα, τα ποσοστά πτώσεων των εκπομπών ανάμεσα στα πλοία παρουσίαζαν διαφοροποιήσεις (ανάμεσα στο νέο και το παλιό λιμάνι) και εξαρτιόνταν κυρίως από τον μέσο χρόνο παραμονής κάθε πλοίου στο νησί. Αναλυτικότερα, με το υποθετικό λιμάνι όλα τα κρουαζιερόπλοια διατηρούν (προσεγγιστικά) τον ίδιο χρόνο τις κύριες μηχανές σε λειτουργία, αφήνοντας άλλους παράγοντες, όπως την ισχύ των κύριων μηχανών και την ταχύτητα προσέγγισης, να καθορίσουν (μέσω του αναλυτικού μοντέλου) τις τελικές ποσότητες ανά προσέγγιση.

Το τελευταίο τμήμα των υπολογισμών που αφορούσε τη στοχαστική ανάλυση και προσομοίωση των αέριων εκπομπών NO_x και PM από κρουαζιερόπλοια, με τις

κατανομές που παρουσιάστηκαν, απέδειξε με συγκεκριμένες πιθανοθεωρητικές τιμές, ότι σε μεγαλύτερα ποσοστά επί της ονομαστικής ταχύτητας ενός πλοίου, είναι πολύ πιο πιθανό μια προσέγγιση ενός πλοίου να αποδώσει περισσότερες εκπομπές. Το συμπέρασμα ήταν αναμενόμενο, μιας και για μεγαλύτερες ταχύτητες, απαιτούνται υψηλότερες φορτίσεις στις κύριες μηχανές των πλοίων και κατά συνέπεια, οι αέριες εκπομπές αυξάνονται. Ακόμα, παρατηρήθηκε η ύψιστη σημασία του όρου της ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος για το μοντέλο. Η γενικότερη μορφή των κατανομών ακολούθησε (κατά προσέγγιση) την κατανομή της ισχύος που χρησιμοποιήθηκε, η οποία είχε ληφθεί, από τα πλοία που προσέγγισαν το νησί το 2007.

Ο στόχος της παρούσας εργασίας για την παρουσίαση της γενικής εικόνας που επικρατεί, σε σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση που προέρχεται από πλοία, στο νησί της Σαντορίνης, έδειξε να επιτυγχάνεται. Θα ήταν πολύ χρήσιμο για την χώρα αλλά και για την ναυτιλία γενικότερα, να πραγματοποιηθούν και άλλες παρόμοιες μελέτες και σε άλλα λιμάνια της νησιωτικής (και όχι μόνο) χώρας.

7.2 Προτάσεις για Μελλοντική Δουλειά

Οι λύσεις για την παραγωγική εκμετάλλευση των στοιχείων της παρούσας μελέτης, με σκοπό να απεικονιστεί, με ακόμα πιο ακριβή τρόπο, η κατάσταση στο νησί, θα μπορούσαν να είναι πολλές. Μια βασική διεργασία που θα μπορούσε να γίνει επάνω στο μοντέλο της παρούσας μελέτης, για βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, σε μηνιαία και ετήσια βάση, θα ήταν να μελετηθούν και τα εμπορικά πλοία (καθώς και όλες οι υπόλοιπες κατηγορίες πλοίων εκτός από τα ακτοπλοϊκά και τα κρουαζιερόπλοια), που προσεγγίζουν το νησί.

Όπως είναι φυσιολογικό μια τέτοια διαδικασία θα απαιτούσε την 24ωρη παρακολούθηση της θαλάσσιας κυκλοφορίας του νησιού, μέσω του AIS (Automatic Identification System), μιας και οι κινήσεις των εμπορικών πλοίων στο νησί θα ήταν δύσκολο να καθοριστούν (όπως έγινε με τα ακτοπλοϊκά και τα κρουαζιερόπλοια). Παρόλα αυτά, το αποτέλεσμα θα ήταν μια πλήρης απογραφή των αέριων εκπομπών από τη ναυτιλία για το νησί της Σαντορίνης.

Ένας τομέας που θα μπορούσε να μελετηθεί, ώστε να εδραιώσει την δυνατότητα της εφαρμογής στην πράξη, μερικών εκ' των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας, θα ήταν η έρευνα γύρω από τη πρόταση που έγινε για την κατασκευή λιμένα με δυνατότητα για cold ironing (με ενεργειακή τροφοδοσία τεσσάρων πλοίων). Ενδιαφέρον θα ήταν να πραγματοποιηθεί μια μελέτη εφαρμοσιμότητας του cold ironing στο νησί, η οποία θα βασιζόταν στην παρούσα εργασία, λαμβάνοντας από αυτή χρήσιμα στοιχεία, όπως τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται σε συνάρτηση με το χρόνο, στη διάρκεια ενός έτους.

Μια ακόμα πρόταση που θα μπορούσε να εφαρμοσθεί, ως συνέχεια της παρούσας μελέτης, θα ήταν η χρήση ενός εξειδικευμένου αναλυτικού μοντέλου διάχυσης των αέριων εκπομπών από τις πηγές (Όρμος Φηρών, Όρμος Αθηνιού και διάυλος 12 μιλίων), προς όλες τις πιθανές κατευθύνσεις. Η παρούσα μελέτη συνεισφέροντας με τις ποσότητες των εκπομπών αλλά και με τη γνώση της χρονικής περιόδου που παρήχθησαν (προσεγγιστικά, με ακρίβεια μερικών δεκάδων λεπτών), θα επέτρεπε στην νέα μελέτη να εφαρμόσει τη σχέση διάχυσης. Η σχέση αυτή θα πρέπει να λάβει υπόψη της, πολλαπλούς παράγοντες όπως τα κλιματικά χαρακτηριστικά, τα αέρια ρεύματα, τις πιέσεις, τα ποσοστά υγρασίας, καθώς και άλλες πολλές λεπτομέρειες που θα προέκυπταν στην πορεία μιας τόσο ενδιαφέρουσας προσέγγισης.

Καταλήγοντας θα μπορούσε να αναφερθεί, ότι ο τομέας της μελέτης των αέριων ρύπων από τη ναυτιλία αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα του κλάδου, το οποίο απασχολεί πολλούς από αυτούς που ασχολούνται με τα προβλήματα του και ψάχνουν τρόπους να τα εξαλείψουν. Η απογραφή των αέριων εκπομπών από τα πλοία σε τοπική κλίμακα, στερείται πλήθους μελετών, σε σχέση με τις αντίστοιχες που έχουν εκπονηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο. Το γεγονός αυτό, από μόνο του, αποτελεί το καλύτερο κίνητρο για νέες μελέτες, με θέμα το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1^ο Κεφάλαιο

- (1) Corbett J.J. and Fischbeck P.S., 1997. Emissions from Ships, *Science*, 278 (5339).
- (2) Carlton J.S., Danton S.D., Gawen R.W, Lavender K.A., Mathieson N.M., Newell A.G., Reynolds G.L., Webster A.D., Wills C.M.R, and Wright A.A., 1995. Marine Exhaust Emissions Research Programme, report, Lloyd's Regist. Eng. Serv., London.
- (3) Endresen Ø. and Sørgård E., 1999. Reference values for ship pollution, Rep. 99-2034, Det Norske Veritas, Oslo.
- (4) Endresen Ø., Mjelde A., Sverud T., and Sørgård E., 1999. Data and models for quantification of ship pollution, Rep. 98-2059, Det Norske Veritas, Oslo.
- (5) Psaraftis H.N., Kontovas C.A., 2008. "Ship Emissions Study," National Technical University of Athens, report to Hellenic Chamber of Shipping, <http://www.martrans.org/emis/emis.htm>, May 2008.
- (6) European Commission and ENTEC UK Limited, 2002. Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, DG ENV.C1, Eur. Comm., Brussels.
- (7) Endresen O., Sørgård E., Sundet J.K., Dalsøren S.B., Isaksen I.S.A., Berglen T.F. and Gravir G., 2003. Emission from international sea transportation and environmental impact, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108.
- (8) Corbett J.J. and Koehler H.W., 2003. Updated emissions from ocean shipping, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, No. D20.
- (9) Gerilla G.P., Teknomo K. and Hokao Kazunori., 2005. Environmental Assessment of International Transportation of Products, *Journal of the Eastern Asia society for Transportation studies*, Vol. 6.
- (10) Wang C., Corbett J.J. and Firestone J., 2007. Modeling Energy Use and Emissions from North American Shipping: Application of the Ship Traffic, Energy, and Environment Model, *Environmental Science and Technology*, 41 (9), 3226-3232.
- (11) Eyring V., Isaksen I.S.A., Berntsen T., Collins W.J., Corbett J.J., Endresen O., Grainger R.G., Moldanova J., Schlager H., and Stevenson D.S., 2010. Transport impacts on atmosphere and climate: Shipping, *Atm. Env.*, 44, 4735-4771, doi:10.1016/j.atmosenv.2009.04.059.

(12) Buhaug Ø., Corbett J.J., Endresen Ø., Eyring V., Faber J., Hanayama S., Lee D.S., Lindstad H., Mjelde A., Pålsson C., Wanquing W., Winebrake J.J. and Yoshida K., 2008. Updated Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships: Phase I Report, International Maritime Organization (IMO), London, UK, p. 129.

(13) Eyring, V., Koehler H.W., van Aardenne J., Lauer A., 2005. Emissions from international shipping: 1. The last 50 years, J. Geophys. Res. 110, D17305.doi:10.1029/2004JD005619.

(14) Endresen Ø., Sørgård E., Behrens H.L., Brett P.O., Isaksen I.S.A., 2007. A historical reconstruction of ships fuel consumption and emissions, Journal of Geophysical Research 112, D12301. doi:10.1029/2006JD007630.

(15) Fearnleys, 2007. Fearnleys Review 2007. The Tanker and Bulk Market and Fleets, Oslo.

(16) Corbett J.J., Koehler H.W., 2004. Considering alternative input parameters in an activity-based ship fuel consumption and emissions model: reply to comment by Øyvind Endresen et al. on “Updated emissions from ocean shipping”, Journal of Geophysical Research 109, D23303. doi:10.1029/2004JD005030.

(17) Jalkanen J. P., Johansson L., Kukkonen J., Brink A., Kalli J. and Stipa T., 2011. Extension of an assessment model of ship traffic exhaust emissions for particulate matter and carbon monoxide, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 11, 22129–22172.

2^ο Κεφάλαιο

(1) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Valencia, Spain.

(2) Goodess C., 2009. Climate Change Booklet B7, Lucinda Project.

(3) Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε., 2002. Κλιματική Αλλαγή, Εθνικό Πρόγραμμα Μείωσης Εκπομπών Αερίων Φαινομένου Θερμοκηπίου (2000-2010), Αθήνα.

(4) Ζάνης Π., 2008. Σημειώσεις για την Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας, Σελ 26, Θεσσαλονίκη.

(5) Αυγουστίδη Β., 2010. Αρχίζοντας από τα Βασικά, Maritech No 1, Πειραιάς.

- (6) Μελάς Δ., Ασωνίτης Γ. και Αμοιρίδης Β., 2000. Κλιματική Αλλαγή, Εκδόσεις Αθηνά, Αθήνα.
- (7) Chahine, M.T., Chen, L., Dimotakis, P., Jiang, X., Li Q., Olsen E.T., Pagano T., Randerson, J. and Yung Y.L., 2008 Satellite Remote Sounding of Mid-Tropospheric CO₂, Geophys. Res. Lett., 35, L17807, Pasadena, California.
- (8) United Nations, 1998. Kyoto Protocol, United Nations Framework Convention on Climate Change, Kyoto, Japan.
- (9) Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, 2003. The Kyoto Protocol -What just is in it-, Environmental Factsheet No. 12, February 2003, Goteborg, Sweden.
- (10) Δίκτυο Μεσόγειος SOS: <http://medsos.gr/medsos>.
- (11) European Union, Regional Policy, 2009. Κλιματική Αλλαγή – Απαντήσεις σε Περιφερειακό Επίπεδο, Panorama Inforegio No 31, Βρυξέλλες, Βέλγιο.
- (12) Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Γεωργίας και Αγροτικής Ανάπτυξης, 2008. Η Γεωργία στην ΕΕ – Απαντώντας στην Πρόκληση των Κλιματικών Αλλαγών, Βρυξέλλες Βέλγιο.
- (13) Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2008. Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για την Περίοδο 2008-2012, Αθήνα.
- (14) Τσάδαρη Β., Χρήστου Α. και Πεردικάρης Ν., 2005. Ηλεκτροπαραγωγή και Εκπομπές CO₂. Απαιτήσεις, Δεσμεύσεις και Ενέργειες, «Λιγνίτης και Φυσικό Αέριο στην Ηλεκτροπαραγωγή της Χώρας» Δημερίδα ΤΕΕ, ΕΒΕΑ, 09-10/06/2005, Αθήνα.
- (15) Τίγκας Κ., Γιαννακίδης Γ., Καρυστιανός Μ., Σακελλαρίδης Ν., Νάκος Χ., Μάντζαρης Γ., Κίλιας Β., Χαβιαρόπουλος Τ., Τσελεπής Σ., Χρήστου Μ. και Καρύτσας Κ., 2008. Η Διείσδυση των Τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμησης Ενέργειας στο Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα εν Όψει των Ευρωπαϊκών Στόχων του 2020, Συνέδριο 2011-2020: Η δεκαετία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Αθήνα.
- (16) Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2004. Οδηγία 2004/101/ΕΚ, Συμβούλιο της 27^{ης} Οκτωβρίου 2004, Στρασβούργο.
- (17) Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2006. Οδηγία 2006/32/ΕΚ, Συμβούλιο της 5^{ης} Απριλίου 2006, Στρασβούργο.

(18) Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2008. Οδηγία 2008/101/EK, Συμβούλιο της 19^{ης} Νοεμβρίου 2008, Στρασβούργο.

(19) Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2009. Οδηγία 2009/29/EK, Συμβούλιο της 23^{ης} Απριλίου 2009, Στρασβούργο.

(20) Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2010. Annual Inventory Submission under the Convention and the Kyoto Protocol for greenhouse and other gases for the years 1990-2008, Αθήνα.

(21) WWF Ελλάς, 2011. Περιβαλλοντική Πολιτική: <http://politics.wwf.gr>.

(22) Witt M. J., Hawkes L. A., Godfrey M. H., Godley B. J. and Broderick A. C., 2009. Predicting the impacts of climate change on a globally distributed species: the case of the loggerhead turtle, Penryn, Cornwall, UK.

(23) Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY), 2011. <http://www.hnms.gr>.

(24) Τσιβγέλη Μ., 2010. Ακραία καιρικά φαινόμενα: Μαρτυρίες της συντελούμενης κλιματικής αλλαγής; Ανεμολόγια Νο 63, Σελ 14-15, Αθήνα.

(25) European Environment Agency (EEA), 2008. Impacts of Europe's changing climate -2008 indicator-based assessment, Report No 4/2008, Copenhagen, Denmark.

(26) Χατζής Γ., 2006. Επιπτώσεις των Κλιματικών Αλλαγών στον Ευρωπαϊκό Χώρο και η Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Αντιμετώπιση τους, Αθήνα.

(27) Αποστολάκη Μ., 2007. Αειφόρος ανάπτυξη στο νησί Σαντορίνη (Θήρα), Ερευνητικό Έργο, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, Δίκτυο Αειφόρων Νήσων Δάφνη, Αθήνα.

(28) Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, Γενική Διεύθυνση Περιφέρειας, Διεύθυνση ΠΕ. ΧΩ., 2010. Ανανέωση και τροποποίηση της 68797/14.1.98 ΚΥΑ, «Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων του Αυτόνομου Σταθμού Παραγωγής (ΑΣΠ) ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ στη Θήρα» για τη λειτουργία του ΑΣΠ Ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ ΑΕ στη Νήσο Θήρα, Ερμούπολη, Σύρος.

(29) Παγώνη Ι., Ψαράκη Β., 2010. Η Συμμετοχή των Αεροσκαφών στις Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα-Έρευνα στον Ελληνικό Εναέριο Χώρο, επιστημονικό συνέδριο «Οι Αερομεταφορές του Σήμερα και του Αύριο», Αθήνα.

(30) Ευθυμόπουλος Η., Κάραλης Γ., Εμμανουηλίδης Γ., Στρατηγική Μελέτη για την Εξοικονόμηση Ενέργειας την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και την μείωση των Εκπομπών στα Νησιά του Αιγαίου, Ενεργειακό Γραφείο Του-Αιγαίου. Ίος.

(31) Covenant of Mayors, 2011. <http://www.eumayors.eu>.

(32) Δίκτυο Αειφόρων Νησιών Αιγαίου (ΔΑΦΝΗ), 2011. Σύμφωνο των Δημάρχων: <http://www.dafni.net.gr>.

(33) Κουτσογιάννης Δ. και Ξανθόπουλος Θ., 1997. Τεχνική Υδρολογία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

(34) Η φυσική στο διαδίκτυο, 2011. Βασικά στοιχεία για το φαινόμενο του Θερμοκηπίου: <http://www.physics4u.gr/faq/greenhouse.html>.

(35) Μαγουλάς Κ. και Αμπελιώτης Κ., 2008. Κλιματικές Αλλαγές και Ατμόσφαιρα. ΥΠ.Ε.Π.Θ., Αθήνα.

(36) Ασπρούλη Π., 2010. Σύγχρονες Τεχνολογίες Ατμοηλεκτρικών Σταθμών Ηλεκτρικής Ενέργειας, Θεσσαλονίκη.

(37) Jol A., Kurnik B., Füssel H. M., van Minnen J., Voigt T. and Coppini G., 2010. The European Environment, State and Outlook 2010, Understanding Climate Change, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

(38) European Environment Agency (EEA), 2009. Greenhouse gas emission trends and projections in Europe, Copenhagen, Denmark.

(39) Καπαράκης Α., 2010. Μεθάνιο, Η Ωρολογιακή Βόμβα της Κλιματικής Αλλαγής, ΣΩΛΟΝ: <http://www.solon.org.gr>.

(40) European Environment Agency (EEA), 2010. National emissions reported to the UNFCCC and to the EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism, Copenhagen, Denmark.

(41) Ramanujan K., 2005. Methane's impacts on climate change may be twice previous estimate, <http://www.nasa.gov>.

(42) Παπαγιάννης Α., 2003. Σημειώσεις του μαθήματος «Φυσική Περιβάλλοντος», Ε.Μ.Π., Σ.Ε.Μ.Φ.Ε., Τομέας Φυσικής, Αθήνα.

(43) Andersson C., Langner J. and Bergström R., 2007. Interannual variation and trends in air pollution over Europe due to Climate variability during 1958-2001 simulated with a regional CTM coupled to the ERA40 reanalysis, Tellus No 59B: 77-98.

3^ο Κεφάλαιο

(1) Corbett J. J. and Fischbeck P.S., 2000. Emissions from waterborne commerce in United States continental and inland waters, Environmental Science, Tech 34.

(2) Wright A.A., 1998. Marine Diesel Engine Emissions, Trans.I. Mar. E Part 4, pp. 345-364.

(3) International Maritime Organization (IMO), 2011. <http://www.imo.org>.

(4) International Maritime Organization (IMO), 2008. Report of the Working Group on Greenhouse Gas Emissions from Ships, Prevention from Air Pollution from Ships, Intersessional Meeting of the Greenhouse Gas Working Group, 2nd session, Agenda item 4, MEPC 58/WP.8.

(5) International Maritime Organization (IMO), 2008. Guidelines of Marpol Annex VI and the NO_x Technical code Guidelines for certification of tier III engines utilizing exhaust gas after-treatment, 58th session Agenda item 5, Submitted by the United States.

(6) International Maritime Organization (IMO), 2008. Methodology for Design CO₂ Index Baselines and Recalculation thereof, Prevention from Air Pollution from Ships, Intersessional Meeting of the Greenhouse Gas Working Group, Agenda item 4, MEPC 58/4/8, Submitted by Denmark.

(7) International Maritime Organization (IMO), 2011. Report of the Joint Industry Working Group preparing Industry Guidelines to facilitate consistent application of the EEDI, Prevention from Air Pollution from Ships, Intersessional Meeting of the Greenhouse Gas Working Group, Agenda item 5, MEPC 62/5/21.

(8) International Chamber of Shipping, 2009. Shipping, World Trade and the Reduction of CO₂ Emissions, United Nations Framework Convention on Climate Change (COP15), International Maritime Organization World Maritime Day 2009, «Climate Change: A Challenge for IMO Too», London, UK.

(9) Διακουλάκη Δ., Γλυκογιάννη Ά. και Δελιγιάννης Α., 2003. Περιβαλλοντικά Σήματα-Σχέδιο Έκθεσης Δεικτών Αειφορίας-ΕΛΛΑΔΑ 2003, Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης, Αθήνα.

(10) Ζάνης Π., 2008. Σημειώσεις για την Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας, Σελ 8-11, Θεσσαλονίκη.

(11) Γεγεντάκης Ι., 1999. Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Επιπτώσεις, Έλεγχος και Εναλλακτικές Τεχνολογίες, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

(12) Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011. Κλίμα: <http://ec.europa.eu/clima>.

(13) Eyring V., Corbett J.J., Lee D.S. and Winebrake J.J., 2007. Brief summary of the impact of ship emissions on atmospheric composition, climate, and human health, document submitted to the Health and Environment sub-group of the International Maritime Organization on 6 November 2007.

(14) The Network for Transport and Environment (Sweden), 2007. <http://www.ntm.a.se>.

(15) Γεωργούλιας Α.Κ., 2006. Μελέτη του Ολικού Φόρτου της Ατμόσφαιρας σε Διοξείδιο του Θείου από Δορυφορικές και Επίγειες Παρατηρήσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής, Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη.

(16) European Environment Agency (EEA), 2005. The European Environment-State and Outlook 2005, Copenhagen, Denmark.

(17) Andreae M.O. and Jaeschke W.A., 1992. Exchange of sulphur between biosphere and atmosphere over temperate and tropical regions, in sulphur cycling on the continents: wetlands, terrestrial ecosystems, and associated water bodies. SCOPE No 48, pp. 27-61, Wiley, Chichester, 1992.

(18) Αποστολοπούλου Α., 2006. Περιβαλλοντική Γεωχημική Μελέτη του Περιβάλλοντος του Λιμένα Πατρών Πανεπιστήμιο Πατρών, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας, Πάτρα.

(19) International Maritime Organization (IMO), 2011. Pollution Prevention: <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Pages/Default.aspx>

(20) Air Pollution & Climate Secretariat (AirClim), 2011. IMO MARPOL Convention, Emissions Control Areas: http://www.airclim.org/policy/sub6_4.php

- (21) Det Norske Veritas (DNV): <http://www.dnv.com/>.
- (22) HELMEPA (HELLENIC MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMITEE), 2009. Πρόταση για Νέα Περιοχή ECA, HELMEPA Navigator, Τεχνικό Δελτίο, Τεύχος 48.
- (23) California Code of Regulations, 2009. Fuel Sulfur and Other Operational Requirements for Ocean-Going Vessels within California Waters and 24 Nautical Miles of the California Baseline, California, USA.
- (24) Μελάς Δ., Αλεξανδροπούλου Α., Αμοιρίδης Β., Κακαρίδου Μ. και Σουλακέλλης Ν., 2000. Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Εκδόσεις Αθήνα, Αθήνα.
- (25) Χαλκίδης Θ., 2002. Μελέτη της Αντίδρασης Αναγωγής των Οξειδίων του Αζώτου με Προπυλένιο Παρουσία Περίσσειας Οξυγόνου σε Καταλύτες Rh, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πάτρα.
- (26) European Environment Agency (EEA), 2010. Sector share of nitrogen oxides emissions (EEA member countries), Copenhagen, Denmark.
- (27) Δέτσης Μ., 2009. Σχηματισμός και Εκπομπή NO_x από 2-Χ Κινητήρες Ντίζελ. Συσχετισμός τους με την Λειτουργική Κατάσταση του Κινητήρα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, Αθήνα.
- (28) Νικητάκος Ν., 2010. Κοπεγχάγη 2009 και Θαλάσσιες Μεταφορές. Εισήγηση στα πλαίσια του συνεδρίου «Κοπεγχάγη 2009-Το Περιβάλλον στη Δίνη μιας Παγκόσμιας Κρίσης, Πάντειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
- (29) International Maritime Organization (IMO), 2011. Nitrogen Oxides (NO_x)-Regulation 13: [http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx).
- (30) International Maritime Organization (IMO), 2008. Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to Amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as Modified by the Protocol of 1978 (Revised MARPOL Annex VI), Annex 13 Resolution MEPC. 176(58), Adopted on 10 October 2008.
- (31) Ζάνης Π., 2008. Σημειώσεις για την Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας, Σελ 42, Θεσσαλονίκη.

(32) Διαδικτυακός Τόπος Τομέα Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών (Σ.Ε.Μ.Φ.Ε.) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου <http://www.physics.ntua.gr/>.

(33) De Leeuw F., Horálek J., 2009. Assessment of the health impacts of exposure to PM_{2.5} at a European level, ETC/ACC Technical Paper 2009/1, The European Topic Centre on Air and Climate Change (ETC/ACC), Netherlands.

(34) United States Environmental Protection Agency (EPA), 2011. Fine Particle (PM_{2.5}) Designations: <http://www.epa.gov/pmdesignations>.

(35) European Environment Agency (EEA), 2010. National emissions reported to the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP Convention), Copenhagen, Denmark.

(36) Harman J., Marcus H., 2008. Understanding Shipboard Air Emissions Issues and Their Impact on Ship Design, Prepared for the American Bureau of Shipping, Massachusetts Institute of Technology, Boston, Massachusetts, U.S.A.

(37) Harrould-Kolieb E., 2008. Shipping Impacts on Climate: A Source with Solutions, Oceana, Washington, D.C., USA.

(38) International Maritime Organization (IMO), 2010. Reduction of emissions of black carbon from shipping in the Arctic, Prevention from Air Pollution from Ships, Submitted by Norway, Sweden and the United States, Intersessional Meeting of the Greenhouse Gas Working Group, Agenda item 4, MEPC 60/4/24.

(39) Green E., Winebrake, J. and Corbett, J. J., 2007. Opportunities for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Ships, annex to document MEPC 58/INF.21.

(40) Lack D., 2008. Light Absorbing Carbon Emissions from Commercial Shipping, Geophysical Research Letters, Vol. 35, L13815.

(41) Ramanathan V. and Carmichael G., 2008. Global and Regional Climate Changes due to Black Carbon, Nature Geoscience.

(42) Corbett J. J., Lack D. A., Winebrake J. J., Harder S., Silberman J. A., and Gold M., 2010. Arctic shipping emissions inventories and future scenarios, Atmospheric Chemistry and Physics, doi: 10.5194/acp-10-9689-2010.

4^ο Κεφάλαιο

(1) International Maritime Organization (IMO), 2008. Methodology for Design CO₂ Index Baselines and Recalculation thereof, Prevention from Air Pollution from Ships, Intersessional Meeting of the Greenhouse Gas Working Group, Agenda item 4, MEPC 58/4/8, Submitted by Denmark.

(2) International Maritime Organization (IMO), 2011. Report of the Joint Industry Working Group preparing Industry Guidelines to facilitate consistent application of the EEDI, Prevention from Air Pollution from Ships, Intersessional Meeting of the Greenhouse Gas Working Group, Agenda item 5, MEPC 62/5/21.

(3) International Maritime Organization (IMO), 2009a. Auxiliary engine power on passenger ships and supplementary diesel electric systems, Consideration of the Energy Efficiency Design Index for New Ships, Intersessional Meeting of the Greenhouse Gas Working Group, 2nd session, Agenda item 2, Submitted by Denmark.

(4) Kopke M. and Sames P., 2009. Energy Efficiency Design Index for High Speed Crafts, 10th International Conference of Fast Sea Transportation FAST 2009, Athens, Greece.

(5) Corbett J.J. and Koehler H.W., 2003. Updated emissions from ocean shipping, Journal of Geophysical Research, Vol. 108, No. D20.

(6) Chiffi C., Fiorello D., Schrooten L., De Vlieger I., 2007. Ex-Tremis, Exploring non road Transport Emissions in Europe – Interim Report, Emissions in Europe – Annex to Final Report, IPTS - Institute for Prospective Technological Studies, DG-JRC, Seville, Spain.

6^ο Κεφάλαιο

(1) Psaraftis H.N., Kontovas C.A., 2008. "Ship Emissions Study", National Technical University of Athens, report to Hellenic Chamber of Shipping, <http://www.martrans.org/emis/emis.htm>, May 2008.

(2) Hapag-Lloyd Official Web-site, 2011. <http://www.hapag-lloyd.com>.

(3) Sustainable Shipping Web-site, 2011. <http://www.sustainableshipping.com>.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή