



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2016-17

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ
ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΛΙΜΑΝΙΩΝ**

ΕΚΠΟΝΗΣΗ

**ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ ΕΙΡΗΝΗ
Δρ. ΧΗΜΙΚΟΣ**

ΕΠΙΒΛΕΨΗ

Δρ. ΜΠΟΥΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

**ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗΣ ΜΗΧ/ΓΩΝ ΜΗΧ/ΚΩΝ**

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2017 ΑΘΗΝΑ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ : 2016-17

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ
ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΛΙΜΑΝΙΩΝ**

ΕΚΠΟΝΗΣΗ

**ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ ΕΙΡΗΝΗ
Δρ. ΧΗΜΙΚΟΣ**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δρ. Δ. Μπούρης
Αναπληρωτής Καθηγητής
Σχολής Μηχ/γων Μηχ/κών
.....

Δρ. Σ. Βουτσινάς
Καθηγητής
Σχολής Μηχ/γων Μηχ/κών
.....

Δρ. Β. Ριζιώτης
Επίκουρος Καθηγητής
Σχολής Μηχ/γων Μηχ/κών
.....

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	1
Περίληψη	2
Abstract	3
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	4
1.1. Συνεισφορά της ναυτιλίας στην ατμοσφαιρική ρύπανση.....	5
1.2. Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι στα λιμάνια	8
1.3. Επιπτώσεις των ρύπων στην υγεία και στο περιβάλλον.....	14
Κεφάλαιο 2: Κανονισμοί ελέγχου εκπομπών στην ατμόσφαιρα από τη Διεθνή ναυτιλία	18
2.1. Πρωτόκολλο του Κιότο.....	19
2.2. Διεθνής Σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία (MARPOL)	20
Κεφάλαιο 3: Μεταφορά και διασπορά ρυπών στην ατμόσφαιρα.....	25
3.1. Μοντέλα ατμοσφαιρικής διασποράς.....	29
3.2. Το λογισμικό Aermod.....	30
3.2.1. Δομή του λογισμικού Aermod.....	30
Κεφάλαιο 4: Εκτίμηση ρύπων στα λιμάνια.....	33
4.1 Υπολογιστικές μέθοδοι εκπομπών πλοίων.....	34
4.2 Λεπτομερές μέθοδοι υπολογισμού.....	35
Κεφάλαιο 5: Περιγραφή σεναρίου και αποτελέσματα υπολογιστικής μεθόδου.....	37
5.1. Το λιμάνι του Ηρακλείου.....	37
5.2 Περιγραφή της κίνησης εντός του λιμένα Ηρακλείου πλοίων.....	39
5.3 Παραδοχές και αποτελέσματα της υπολογιστικής μεθόδου.....	44
Κεφάλαιο 6:Αποτελέσματα με το λογισμικό Aermod	50
6.1 Συνθήκες υπολογισμού	50
6.2 Ετήσιες ωριαίες συγκεντρώσεις ρύπων και μετεωρολογία.....	52
6.3 Επίδραση μετεωρολογίας.....	59
6.4 Επίδραση θέσης ελλιμενισμού.....	61

Κεφάλαιο 7	
Συμπεράσματα.....	64
Βιβλιογραφία.....	66
Παράρτημα.....	70

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή της Διπλωματικής μου, Μπούρη Δημήτριο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Τεχνολογικών Καινοτομιών Προστασίας Περιβάλλοντος του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ για την ανάθεση της εργασίας, την ενθάρρυνσή του και την καθοδήγησή του σε θέματα κατανόησης του προγράμματος AERMOD καθόλη τη διάρκεια της μεταπτυχιακής εργασίας.

Επιπλέον τα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής και συγκεκριμένα τον Καθηγητή Βουτσινά Σπυρίδων και τον Επίκουρο Καθηγητή Ριζιώτη Βασίλειο της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ, για την αξιολόγηση της Διπλωματικής μου Εργασίας.

Επιπλέον ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον Καθηγητή της σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ, κύριο Ανδρέα Μπουντουβή και Διευθυντή του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών "Υπολογιστική Μηχανική" για την ευκαιρία που μου δόθηκε να παρακολουθήσω το μεταπτυχιακό αυτό πρόγραμμα.

Τέλος ευχαριστώ τους συνεργάτες μου κύριο Ιωάννη Προυσαλίδη και κύριο Λάμπρο Καϊκτσή Αναπληρωτές Καθηγητές και τον Επίκουρο Καθηγητή Χρήστο Παπαδόπουλο της σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων του ΕΜΠ για τις πληροφορίες που μου παρείχαν για τα πλοία καθ'όλη τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου έρευνας.

Τέλος τον φίλο και συνεργάτη Δρ. Αϊβαλή Κωνσταντίνο μεταδιδακτορικό ερευνητή για την πολύτιμη βοήθεια του και τον χρόνο που αφιέρωσε για προβλήματα που αντιμετώπισα με τον Η/Υ κατά τη διάρκεια των υπολογιστικών μου τρεξιμάτων.

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται στον άντρα μου, στα παιδιά μου και στους γονείς μου, για τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζεται στα πλαίσια των απαιτήσεων για την απονομή Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης (ΜΔΕ) σύμφωνα με τον κανονισμό του ΔΠΜΣ «Υπολογιστική Μηχανική» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Στην διπλωματική αυτή εργασία έγινε μια προσπάθεια υπολογισμού των επιπέδων ρύπανσης σε NO_x, SO₂ και PM στην ατμόσφαιρα από τα κρουαζιερόπλοια στην παράκτια περιοχή του Λιμένα Ηρακλείου για το έτος 2016. Επιπλέον με τη χρήση του λογισμικού Aermod υπολογίστηκαν οι μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις όπου και συγκρίθηκαν με τα νομοθετικά όρια, ενώ παράλληλα μελετήθηκε η επίδραση της μετεωρολογίας και της θέσης ελλιμενισμού των πλοίων στις μέγιστες συγκεντρώσεις και στη διασπορά των ρύπων.

Η εργασία αποτελείται από επτά (7) Κεφάλαια. Η διάρθρωση των επιμέρους κεφαλαίων αποτελείται από :

Στο πρώτο κεφάλαιο, αναφέρονται γενικές πληροφορίες για τους κυριότερους ρύπους της ατμόσφαιρας που συναντάται στην περιοχή των λιμανιών και τη συνεισφορά της ναυτιλίας στη ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, 2: αναφέρονται οι κανονισμοί ελέγχου εκπομπών στην ατμόσφαιρα από τη Διεθνή ναυτιλία.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται μία γενική περιγραφή των μοντέλων διασποράς ρύπων και του προγράμματος AERMOD.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται μια πρώτη εκτίμηση των ρύπων στα λιμάνια και παρουσιάζονται οι υπολογιστικές μέθοδοι των ρύπων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, περιγράφεται το σενάριο που έχουμε επιλέξει να εξετάσουμε ενώ παρουσιάζονται οι παραδοχές και οι υπολογισμοί των εκπομπών των ρύπων από την υπολογιστική μέθοδο.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από το λογισμικό Aermod.

Στο έβδομο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας

Abstract

This dissertation is submitted within the framework of the requirements for the award of a Postgraduate Master Degree (MSc) in Computational Mechanics from the National Technical University of Athens.

In the present work, an attempt was made to calculate the pollution levels in NO_x, SO₂ and PM in the atmosphere by the cruise ships in the coastal area of Heraklion Port for the year 2016. In addition, using the Aermod software, the maximum hourly concentrations were calculated and compared with legislative limits, while the effect of meteorology and berth position on maximum concentrations and dispersion of pollutants were also studied.

The work consists of seven Chapters and their substructure consists of:

In the first chapter, general information on the main atmospheric pollutants from shipping and its contribution to air pollution is given.

In Chapter Two: the International Maritime Emission Control Regulations are listed.

The third chapter, describes the pollution dispersion models and the AERMOD software.

The fourth chapter describes the computational methods for emissions estimation.

In the fifth chapter, the study case is described and assumptions and calculations of emissions with computational method are presented.

The sixth chapter presents the results obtained by the Aermod software.

In the seventh chapter, the conclusions of the paper are presented.

1

1. Εισαγωγή

Στις μέρες μας ένα από τα σημαντικότερα θέματα συζήτησης παγκοσμίως είναι η ανάγκη διατήρησης υγιούς φυσικού περιβάλλοντος για την επιβίωση του ανθρώπου και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Όταν αναφερόμαστε στο περιβάλλον, εννοούμε το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα ζωής, την υγεία των κατοίκων, την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες μιας περιοχής (Ζαφειράτος, 2015). Ως εκ τούτου η ποιότητα της ανθρώπινης ζωής εξαρτάται από το περιβάλλον, στοιχεία του οποίου είναι το νερό, το έδαφος το κλίμα και η ατμόσφαιρα. Ο αέρας αποτελεί ένα από τα πιο πολύτιμα φυσικά αγαθά. Αν και είναι γνωστή η μεγάλη σημασία του για τη ζωή, ωστόσο είναι συνεχής η υποβάθμιση της ποιότητας του με την ατμοσφαιρική ρύπανση να έχει πλέον πάρει ανυσηχητικές διαστάσεις. Ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ουσιών (αερίων ή σωματιδιακών ενώσεων ή ενέργειας (θερμότητας, ραδιενέργειας) ώστε ο συνδυασμός ποσοτήτων και διάρκειας να δύναται να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον του (Τσιμπούκης, 2013). Γενικώς η γένεση και απελευθέρωση των ρύπων από την πηγή τους, η μεταφορά, ο μετασχηματισμός και η απομάκρυνση αυτών από την ατμόσφαιρα και τέλος οι επιδράσεις αυτών επί του ανθρώπου, και των οικοσυστημάτων συνθέτουν το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Οι πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ανθρωπογενούς και φυσικής προέλευσης. Οι κυριότερες ανθρωπογενούς πηγές ρύπανσης είναι η καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεταφορές, η βιομηχανία και τα νοικοκυριά, οι βιομηχανικές διεργασίες και η χρήση διαλυτών, για παράδειγμα σε βιομηχανίες χημικών και ορυκτών, η γεωργία και η διαχείριση αποβλήτων. Οι ηφαιστειογενείς εκρήξεις (όπου εκπέμπουν σωματίδια, CO_2 , SO_2 , άλλα αέρια), οι κεραυνοί (NO), οι πυρκαγιές δασών (CO , CO_2 , SO_2 , NO_x , HC , καπνός), η αποσάθρωση από ανέμους (τέφρα, ίχνη από βαρέα μέταλλα), οι βιογενείς εκπομπές (NH_3 , CH_4 , HC , γύρη, σπόροι), η εκνέφωση θαλάσσιου άλατος (αλατούχα σωματίδια, ιχνοστοιχεία), η αποσύνθεση οργανικής ύλης (H_2S , CH_4 , NH_3) και οι μικροβιακές διεργασίες εδαφών (H_2S , CH_4 , NH_3 , NO) είναι παραδείγματα

φυσικών πηγών εκπομπών.

Τα δυσμενή αποτελέσματα που προκαλεί η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι προβλήματα υγείας (που σχετίζονται κυρίως με την εισπνοή αερίων και σωματιδίων), η επιτάχυνση της φθοράς των αρχαίων μνημείων και άλλων κτιρίων, η υποβάθμιση υλικών καθώς και βλάβες στη χλωρίδα μέσα και γύρω από τις αστικές περιοχές. Η ύπαρξη, η συχνότητα και η ένταση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μια αστική περιοχή εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους, όπως είναι η χωρική και η χρονική κατανομή των πηγών ρύπανσης, η έντασή τους, η τοπογραφία της περιοχής και οι επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες. Για κάθε ρύπο ο βαθμός επικινδυνότητας της ρύπανσης εξαρτάται καθοριστικά από την λεγόμενη έκθεση σε αυτήν που είναι συνάρτηση της διάρκειας και της έντασης της ρύπανσης (Μουσιόπουλος, 1999).

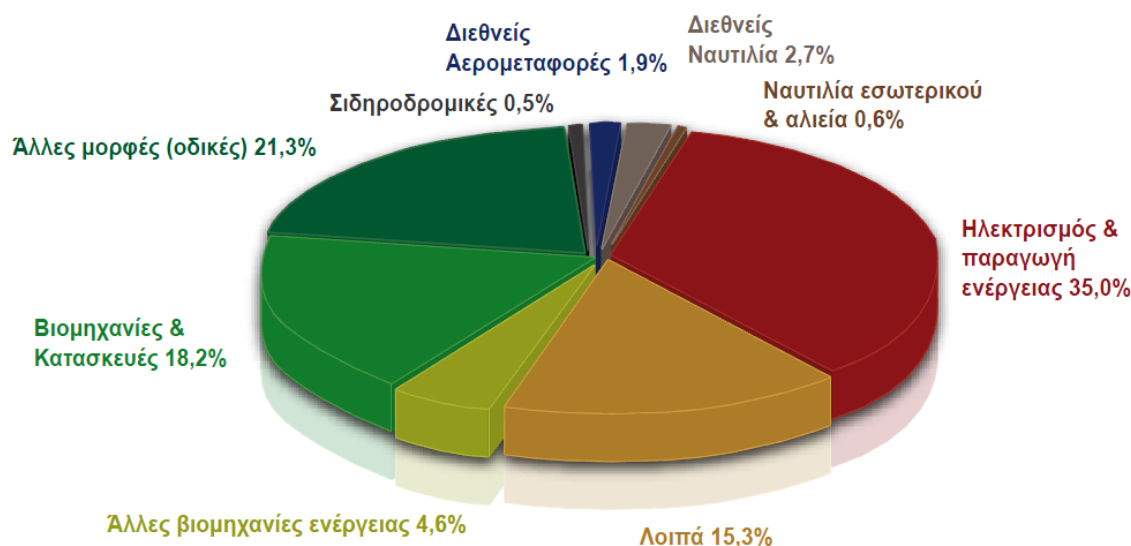
1.1 Συνεισφορά της ναυτιλίας στην ατμοσφαιρική ρύπανση

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την ναυτιλία, κυριαρχεί σήμερα στην διεθνή και ευρωπαϊκή ατζέντα περιβαλλοντικής προστασίας. Εκτός από τους ρύπους που εκπέμπονται στην ανοιχτή θάλασσα, τα πλοία επιβαρύνουν με τις εκπομπές τους και τα λιμάνια που τα φιλοξενούν ενώ μεταφέρονται εύκολα σε μεγάλες αποστάσεις στην ατμόσφαιρα από την θάλασσα στην στεριά και από τη μια ήπειρο στην άλλη. Τα καυσαέρια μετά την εκπομπή τους από τα φουγάρα των πλοίων αραιώνονται αλληλεπιδρώντας με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αραιώσης στο πλούμιο του πλοίου οι δραστικές χημικές ενώσεις μετασχηματίζονται εν μέρει και αποτίθενται στο έδαφος και στην επιφάνεια του νερού. Οι παραπάνω εκπομπές αλλάζουν σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο τη σύνθεση της ατμόσφαιρας και έχουν επιπτώσεις και στο κλίμα αφού κάποια από αυτά χαρακτηρίζονται ως αέρια θερμοκηπίου.

Τα ναυτιλιακά καύσιμα, αποτελούνται κατά κύριο λόγο από υδρογονάνθρακες με το περιεχόμενο του ναυτιλιακού πετρελαίου σε άνθρακα να κυμαίνεται μεταξύ 84,9% και 87,4% (MEPC,2016). Περιέχουν επίσης προσμίξεις, όπως θείο, η περιεκτικότητα των οποίων διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος του καυσίμου (εάν είναι αποσταγματικό – MDO, MGO– ή υπολειμματικό καύσιμο – HFO). Οι εκπομπές καυσαερίων από ένα θαλάσσιο κινητήρα diesel σε μεγάλο βαθμό αποτελούνται από περίσσεια διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμούς, με μικρότερες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του θείου και του αζώτου καθώς και άκαυστων υδρογονανθράκων και σωματιδίων. Δυστυχώς, στις μηχανές εσωτερικής καύσης δεν επικρατούν

πάντα συνθήκες τέλει καύσης, οπότε από την ατελή καύση των καυσίμων μπορεί να προκύψει πλειάδα καυσαερίων: σωματίδια άνθρακα (αιθάλη), CO, άκαυστοι υδρογονάνθρακες ή μερικώς οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες (Heywood, 1988).

Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η εκπομπή CO₂, NO_x και SO₂ από πλοία είναι περίπου 2-3% (εικόνα 1), 10-15% και 4-9% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών, αντίστοιχα (Maritime Shipping, 2008). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τη ναυτιλία εκτιμάται ότι είναι το 3 έως 5% του παγκόσμιου συνόλου, ενώ από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) εκτιμάται ότι το ποσοστό θα αυξηθεί έως και κατά 72% επί του προηγούμενου μέχρι το 2020, εάν δεν ληφθούν μέτρα (Schrooten, 2009). Επίσης, οι εκπομπές καυσαερίων από τα πλοία δίνουν το 18 έως 30% του συνόλου των οξειδίων του αζώτου και το 9% των οξειδίων του θείου παγκοσμίως (Schrooten, 2009, Vidal, 2009).



Εικόνα 1: Συνεισφορά Ναυτιλίας στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂ (Buhaug et.al.,2009).

Ποικίλες έρευνες που επιχειρήσαν την εκτίμηση των παγκόσμιων εκπομπών από τη ναυτιλία δείχνουν ότι τα καυσαέρια των πλοίων αποτελούν σημαντικό κομμάτι των ρυπογόνων ανθρωπογενών εκπομπών. Παρόλα αυτά όπως δείχνει η εικόνα 2 πρωταρχική θέση στους ρύπους κατέχει ο κλάδος των αερομεταφορών (International Chamber of Shipping, 2013). Ο αριθμός των αυτοκινήτων, τα βαρέα φορτηγά και τα τρένα που λειτουργούν εντός των λιμενικών εγκαταστάσεων που αποτελούν την αλυσίδα μεταφοράς, συνεχώς αυξάνεται, σημειώνοντας αξιοσημείωτες ποσότητες καυσαερίων. Συγκεκριμένα, τα τρακτέρ και οι γερανοί που αποτελούν το πιο κοινό εξοπλισμό για τη διακίνηση φορτίων ή η ανάγκη για δύο ρυμουλκά (είναι ένα μικρό μηχανοκίνητο πλοίο με ισχυρές μηχανές για

ρυμουλκήσεις) ανά πλοίο, εκπέμπουν μεγάλα ποσά καυσαερίων λόγω των μεγάλων μηχανών που χρησιμοποιούν. Αυξημένη εμφανίζεται όμως η συνεισφορά των πλοίων σε διοξείδιο του θείου αφού τα περισσότερα ναυτιλιακά καύσιμα είναι μεγάλης περιεκτικότητας σε θείο.



Εικόνα 2: Συγκριτικές εκπομπές καυσαερίων από τα μέσα μεταφοράς σε γραμμάρια ανά τόνο εμπορευμάτων που αποστέλλονται εντός ενός χιλιόμετρου (Πιτσιρίκου, 2013).

Η ποιότητα του αέρα σε ένα λιμάνι επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα πλοία που δραστηριοποιούνται σε αυτό. Γενικά, όλες οι δραστηριότητες των πλοίων είναι υπεύθυνες για εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και ιδιαίτερα (Miola, et.al.,2009):

- i. Η πλεύση,
- ii. Η κίνηση εντός του λιμανιού,
- iii. Οι λειτουργίες και κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο όπως ο φωτισμός, η θέρμανση, η ψύξη, ο αερισμός, κλπ., η φόρτωση και εκφόρτωση δεξαμενόπλοιων.
- iv. Οι εργασίες συντήρησης/ κατασκευής/ διάλυσης των πλοίων, οι οποίες πραγματοποιούνται κοντά σε πολλά λιμάνια, είναι επίσης υπεύθυνες για εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, κυρίως σκόνης, σωματιδίων, αερίων (π.χ. από συγκολλήσεις), αερολύματα.
- v. Βασικό πρόβλημα είναι οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από την απολίπανση μετάλλων και τις βαφές. Όσον αφορά τον καθαρισμό της επιφάνειας των σκαφών, την αφαίρεση

χρωμάτων, τις αλλαγές των ανοδίων ψευδαργύρου, και τις βαφές, οι κύριες εκπομπές είναι σκόνη (από την αμμοβολή, τη λείανση κλπ.) και διαλύτες, οι οποίοι περιέχουν πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds) και επικίνδυνους αέριους ρύπους (Hazardous Air Pollutants).

vi. Τέλος, βασικές τροποποιήσεις των πλοίων, παράγουν αμίαντο, βαρέα μέταλλα, υδρογονάνθρακες και ουσίες που καταστρέφουν το όζον.

vii. Εκπομπές μπορούν επίσης να προέρχονται από την αποτέφρωση αποβλήτων στο πλοίο. Στην περίπτωση αυτή, διοξίνες και άλλα βαρέα μέταλλα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα.

Κατά συνέπεια η καταγραφή των εκπομπών σε κάθε λιμάνι ξεχωριστά κρίνεται αναγκαία ώστε να αξιολογηθούν οι δυνατότητες για μειώσεις των εκπομπών και να ποσοτικοποιηθούν οι μειώσεις αυτές με την πάροδο του χρόνου. Οι κεντρικοί φορείς μέσω της καταγραφής μπορούν να χαράξουν πολιτική προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης αποτελεσματικών ρυθμιστικών κανόνων για την μείωση των καυσαερίων σε διεθνές, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο. Παράλληλα, οι τοπικές κοινωνίες και οι υπεύθυνοι διαχείρισης του κάθε λιμένα πρέπει να αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες και να πιέζουν την κεντρική διοίκηση για τον έλεγχο της ναυτιλιακής δραστηριότητας στο λιμάνι και την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης της ρύπανσης του περιβάλλοντος (Συρράκος, 2014).

Μέχρι σήμερα, οι καταγραφές των εκπομπών στα λιμάνια είναι συνήθως ελλειπείς επειδή αφενός οι δραστηριότητες εντός του λιμένα δεν είναι καλά προσδιορισμένες (διαδρομή, χρονικό διάστημα λειτουργίας της κάθε μηχανής, τύπος μηχανών κάθε πλοίου, ανάγκες του κάθε πλοίου σε ενέργεια κατά το χρόνο παραμονής του εντός του λιμένα, χρόνος παραμονής) και αφετέρου οι συντελεστές εκπομπών βασίζονται σε περιορισμένα δεδομένα (Maffii, et.al., 2009). Η καταγραφή των εκπομπών σε κάθε λιμάνι για να είναι αξιόπιστη, πρέπει να βασίζεται σε ακριβή δεδομένα δραστηριότητας του κάθε πλοίου που να περιγράφει τις κινήσεις του πλοίου, την αξιολόγηση της μηχανής του πλοίου, το χρονικό διάστημα λειτουργίας της κύριας ή βοηθητικής μηχανής, τις φορές που κάποια μηχανή τίθεται σε λειτουργία και τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται.

1.2 Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι στα λιμάνια

Οι εκπομπές ρύπων από τα πλοία επηρεάζονται από τις μηχανές τους, τις συνθήκες πλοήγησης και την ποιότητα καύσης και καυσίμων. Η παραγωγή καυσαερίων έχει άμεση σχέση με την κατανάλωση του καυσίμου που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το σχήμα της γάστρας του πλοίου, το φορτίο, την τραχύτητα του κύτους, την κατάσταση του κινητήρα, το χρόνο ελιγμών και παραμονής στο αγκυροβόλιο (Ζαφειράτος, 2015). Τα περισσότερα επιβατηγά πλοία έχουν τις κύριες μηχανές πρόωσης και τις βοηθητικές (γεννήτριες) για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Κατά την φάση του ελλιμενισμού στα περισσότερα πλοία λειτουργούν μόνο οι βοηθητικές μηχανές και κατά συνέπεια οι ρύποι εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από αυτές. Οι κύριες μηχανές τροφοδοτούνται συχνά με χαμηλής ποιότητας βαρύ καύσιμο (heavy fuel oil), ενώ οι βοηθητικές μηχανές χρησιμοποιούν κατά κανόνα (marine diesel oil). Οι εκπομπές των βοηθητικών μηχανών κυρίως των κρουαζιερόπλοιων είναι ιδιαίτερα σημαντικές, διότι αυτά έχουν συνεχή ανάγκη για ενέργεια από τις βοηθητικές μηχανές για την κάλυψη των απαιτήσεων φιλοξενίας τόσο στη θάλασσα όσο και στο λιμάνι.

Τους ίδιους ρύπους, σε διαφορετικές ποσότητες εκπέμπουν όλοι οι τύποι πλοίων οι οποίοι λειτουργούν με κινητήρες συμβατικών ορυκτών καυσίμων (diesel). Οι εκπομπές σωματιδίων από βαρύ καύσιμο είναι μέχρι και 3 φορές μεγαλύτερες, σε μάζα, από αυτές της καύσης ντήζελ και όσον αφορά στον αριθμό των υπερλεπτόκκοκων σωματιδίων, είναι μέχρι 1.5 φορές παραπάνω. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα άκαυστα στοιχεία άνθρακα και κατά συνέπεια τα σωματίδια, αυξάνονται εντυπωσιακά κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πρόσδεσης ή αναχώρησης (μανούβρες) (Μαρκάτος κ.α., 2009).

Οι εκπομπές ρύπων από τα πλοία περιλαμβάνουν κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), οξείδια του αζώτου (NO_x), διοξείδιο του θείου (SO_2) ή και άλλα οξείδια του θείου (SO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες και αιωρούμενα σωματίδια ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της φόρτωσης δεξαμενόπλοιων, η εξάτμιση οδηγεί σε πρόσθετες εκπομπές πτητικών υδρογονανθράκων (VOC, HALON).

Μέσα και γύρω από τα λιμάνια ανιχνεύονται γενικά οι εξής (Miola, et.al., 2009)

:

- τα οξείδια του αζώτου (NO_x)
- το υποξείδιο του αζώτου (N_2O),
- τα οξείδια του θείου (SO_x),
- το μονοξείδιο του άνθρακα (CO),
- αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10} και $\text{PM}_{2.5}$),
- το όζον (O_3),
- οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC)
- και ο μόλυβδος (Pb)

Οξείδια του Αζώτου (NO_x)

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) είναι ανόργανες χημικές ενώσεις όπως το NO και το NO₂. Το NO₂ παράγονται από το οξυγόνο και το άζωτο όταν αυτά βρεθούν σε υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές πιέσεις καύσεως μέσα στον κύλινδρο της μηχανής. Η καύση ορυκτών καυσίμων παράγει μεταξύ άλλων και μονοξείδιο του αζώτου (NO). Αυτό με διάφορες χημικές αντιδράσεις που ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας συμβάλλει στη μετατροπή του σε διοξείδιο του αζώτου (NO₂). Το NO₂ είναι βαρύτερο από τον αέρα, διαλυτό στο νερό σχηματίζοντας νιτρικό οξύ (HNO₃) και νιτρώδες οξύ (HNO₂). Το NO₂ είναι καλό απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας και συμβάλλει τα μέγιστα στην παραγωγή των δευτερογενών ρύπων αέρα όπως του όζοντος. Γενικά οι μέγιστες συγκεντρώσεις NO λαμβάνουν χώρα κατά τα τέλη φθινοπώρου και κατά τον χειμώνα, διότι τότε συμβαίνει το μέγιστο των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, ενώ οι ταχύτητες των ανέμων είναι γενικά μικρές. Αντίθετα οι συγκεντρώσεις του NO₂ δεν φαίνεται να ακολουθούν εποχιακές μεταβολές. Τα NO_x χρήζουν ιδιαίτερης σημασίας καθώς μεγάλες συγκεντρώσεις έχουν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Είναι υπεύθυνα για καρκινογενέσεις, αναπνευστικά προβλήματα ενώ συμβάλλουν στη φωτοχημική ρύπανση και όξινη της ατμόσφαιρας. Στο αναθεωρημένο Παράρτημα VI της MARPOL περιλαμβάνονται σταδιακές μειώσεις εκπομπών NO_x από ναυτικές μηχανές ντίζελ (Marpol 73/78 Annex VI, 2009).

Οξείδια του Θείου (SO_x)

Τα οξείδια του θείου (SO_x) είναι ανόργανες χημικές ενώσεις οι οποίες προέρχονται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων υψηλής πριεκτικότητας σε θείο. Πολλά πλοία για οικονομικούς κυρίως λόγους χρησιμοποιούν βαρύ καύσιμο, το οποίο έχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (90% υψηλότερη από τη βενζίνη ή το συμβατικό πετρέλαιο). Σήμερα, τα ναυτιλιακά καύσιμα παγκοσμίως περιέχουν κατά μέσο όρο 2,7% κ.β. θείο ή 27.000 ppm. Συγκριτικά, το όριο σε θείο για το πετρέλαιο κίνησης είναι 10 ppm, σύμφωνα με την οδηγία 2003/17/EK. Το θείο που περιέχουν τα καύσιμα οξειδώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης στη μηχανή σε οξείδια του θείου, κυρίως SO₂ και SO₃, σε τυπική αναλογία SO₂/SO₃ 15/1 (MAN B&W Diesel, 2004). Το SO₃ με την παρουσία υγρασίας (H₂O) και κάποιου καταλύτη όπως το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), δημιουργεί σωματίδια θειικού οξέος (H₂SO₄) μικροσκοπικού μεγέθους, που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα (αερολύματα). Η διαδικασία αυτή όταν λαμβάνει χώρα στην ατμόσφαιρα δημιουργεί το φαινόμενο της όξινης βροχής. Επίσης επηρεάζει άτομα με αναπνευστικά προβλήματα και προκαλεί αλλοιώσεις σε βλάστηση και

μέταλλα.

Λόγω σοβαρών επιπτώσεων στην υγεία και στο περιβάλλον οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται περιλαμβάνουν όλα τα καύσιμα, εξοπλισμό και συσκευές καύσης, κύριες μηχανές, όσον και τις βοηθητικές. Αυτοί οι έλεγχοι διακρίνονται σε εκείνους που ισχύουν εντός και εκτός των Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών (ECA) οι οποίες αναφέρονται παρακάτω. Οι έλεγχοι επιτυγχάνονται πρωτίστως με περιορισμό της μέγιστης περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ανόργανη ουσία, αδρανής κάτω από κανονικές συνθήκες. Παράγεται κατά την ατελή καύση οργανικών ενώσεων στις μηχανές εσωτερικής καύσης των πλοίων. Σε υψηλά επίπεδα το CO μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στον αερόβιο μεταβολισμό του ανθρώπου ακόμα και θάνατο (Τσιμπούκης, 2013).

Τα αιωρούμενα σωματίδια (Particle Matter)

Τα PM αποτελούν ένα ιδιαίτερα σύνθετο ρύπο, καθώς παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, στην χημική σύσταση και στο σχήμα τους. Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) αποτελούν ένα σύνθετο μίγμα οργανικών και ανόργανων ουσιών και περιλαμβάνουν ατομικό άνθρακα, αιθάλη (soot), στάχτη, πολύ μικρά σωματίδια καυσίμου που δεν κάηκε ή κάηκε ατελώς, άκαυστο λιπαντικό έλαιο, θειικά άλατα, οξείδια μετάλλων και υγρασία. Ειδικά στις εξατμίσεις των πλοίων (Reynolds, 2004), παράγονται κυρίως σωματίδια θεικών και καπνιάς (Agrawal, 2008, Moldanova, 2009). Κυρίως αυτά όλα είναι προερχόμενα από την ατελή καύση του καυσίμου ή από τις ακαθαρσίες στα καύσιμα και στα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται. Η διαφορετική επικινδυνότητα των σωματιδίων ανάλογα με τη διάμετρό τους, οδήγησε στον διαχωρισμό τους από την νομοθεσία σε σωματίδια PM₁₀ (εσπνεύσιμα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 20 μm) και σε σωματίδια PM_{2.5}. Το μεγαλύτερο μέρος από τα εκπεμπόμενα σωματίδια από πλοία είναι μικρών διαστάσεων: μερικές μελέτες θεωρούν ότι το 90% της μάζας είναι σε διαμέτρους μικρότερες από 2.5 μm (PM_{2.5}), ενώ άλλες θεωρούν ότι το σύνολο είναι PM_{2.5} (Μαρκάτος, 2009).

Ουσίες που Καταστρέφουν το Όζον (Ozon Depleting Substances-ODS)

ODS είναι οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) και halons που χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχα σε παλαιότερα συστήματα ψύξης και πυρόσβεσης και φορητό εξοπλισμό. Οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) εισήχθηκαν σαν ενδιάμεση αντικατάσταση των CFCs αλλά έχουν και οι ίδιοι χαρακτηριστεί ως ODS. Ως αποτέλεσμα παγκόσμιας κίνησης, η παραγωγή και χρήση όλων αυτών των υλικών απαγορεύθηκε σταδιακά σύμφωνα με τις διατάξεις του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ. Συστήματα που περιέχουν CFC ή halons δεν επιτρέπεται να εγκαθίστανται σε πλοία που κατασκευάστηκαν την ή μετά την 19 Μαΐου 2005, και νέες εγκαταστάσεις δεν επιτρέπονται μετά την ίδια ημερομηνία σε υπάρχοντα πλοία. Ομοίως, σύστημα ή εξοπλισμός που περιέχει HCFC δεν επιτρέπεται να εγκατασταθεί σε πλοία που κατασκευάστηκαν την ή μετά την 1 Ιανουαρίου 2000 και νέες εγκαταστάσεις τους δεν επιτρέπονται μετά την ίδια ημερομηνία στα υπάρχοντα πλοία (Marpol 73/78 Annex VI, 2009).

Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC)

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds) ή αλλιώς VOC's, είναι οργανικά χημικά των οποίων η πίεση ατμού είναι τουλάχιστον 0,01 kPa στους 25° C, και χαρακτηρίζονται από χαμηλή διαλυτότητα στο νερό. Η υψηλή πίεση ατμού προέρχεται από χαμηλό σημείο βρασμού, που προκαλεί μεγάλους αριθμούς από μόρια να εξατμιστούν ή να εξαχνιστούν από την υγρή ή στέρεα μορφή της ένωσης και να περιέλθουν στον περιβάλλοντα αέρα (International Chamber of Shipping, 2013). Οι πιο σημαντικές πηγές των VOCs είναι διαδικασίες που συμπεριλαμβάνουν διαλύτες, χρώματα, ή χρήση χημικών, καθώς και οι διεργασίες επεξεργασίας αποβλήτων και νερού. Το περιβαλλοντικό πρόβλημα δημιουργήθηκε από την παρουσία των VOCs στα ρεύματα αέρα, αφού πολλοί από αυτούς έχουν δυσάρεστη οσμή ή είναι βλαβεροί. Συμπεριλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα ενώσεων όπως αλκάνια, αλκοόλες, κετόνες, αλδεΐδες, παραφίνες, ολεφίνες, αρωματικούς και αλογονωμένους υδρογονάνθρακες.

Ο έλεγχος σε ορισμένα λιμάνια και τερματικούς σταθμούς των VOC που εκπέμπονται από δεξαμενόπλοια στην ατμόσφαιρα επιτυγχάνεται με την απαίτηση να χρησιμοποιούν συστήματα ελέγχου εκπομπών ατμών του φορτίου. Τέτοιοι έλεγχοι μπορεί να εφαρμόζονται σε ορισμένα λιμάνια και τερματικούς σταθμούς μόνον για ορισμένα μεγέθη πλοίων και κατηγορίες φορτίων. Όλα τα δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν αργό πετρέλαιο πρέπει να έχουν και να εφαρμόζουν αποτελεσματικά εγκεκριμένο για το πλοίο Σχέδιο Διαχείρισης VOC (Marpol 73/78 Annex VI,

2009).

Ο μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος είναι τοξικό μέταλλο που η ύπαρξη του στον αέρα αποτελεί πραγματικό κίνδυνο για την δημόσια υγεία. Η κύρια πηγή του μολύβδου στον αέρα είναι κυρίως στα καύσιμα. Ενώσεις όπως τετραμεθυλιούχος και τετραεθυλιούχος μολύβδος προστίθενται κυρίως στην βενζίνη για την αύξηση των οκτανίων της, ώστε να επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης ισχύος του κινητήρα και η βέλτιστη λειτουργία του. Περίπου το 3% κατά βάρος των αιωρούμενων σωματιδίων στις μεγάλες πόλεις αποτελείται από άλατα μολύβδου (Ζαφειράτος, 2015).

Αέρια του θερμοκηπίου (GHG)

Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2)

Τα καυσαέρια είναι η κύρια πηγή εκπομπών GHG από τα πλοία και το διοξείδιο του άνθρακα είναι το σημαντικότερο GHG, τόσο από πλευράς ποσότητας, όσον και από πλευράς δυνατότητας παγκόσμιας θέρμανσης. Η ναυτιλία εκπέμπει, κατά προσέγγιση το 3% των παγκόσμιων εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Πολυάριθμες έρευνες δείχνουν την ανησυχητική αύξηση των εκπομπών CO_2 σε παγκόσμια κλίμακα που συμβάλει στην όξυνση του φαινομένου του Θερμοκηπίου. Κύριες επιπτώσεις όπως, η παγκόσμια άνοδος της θερμοκρασίας, η υπερθέρμανση του πλανήτη και η στάθμη της θάλασσας είναι κάποιες από τις πιο σημαντικές προκλήσεις που ο παγκόσμιος πληθυσμός έχει να αντιμετωπίσει. Είναι αποδεδειγμένο βάση έρευνας που πραγματοποιήθηκε (International Chamber of Shipping, 2013) ότι ένας μόνο τόνος CO_2 , είναι υπεύθυνος για την άνοδο $0.000000000000015^{\circ}C$ της θερμοκρασίας παγκοσμίως.

Μεθάνιο (CH_4)

Οι εκπομπές των υδρογονανθράκων οφείλονται κυρίως στην ατελή καύση των ορυκτών καυσίμων κυρίως για το βενζόλιο και τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες που είναι ιδιαίτερα τοξικοί για την υγεία καθώς και λόγω της εμπλοκής στο κύκλο της ναυτιλίας του LNG οπότε και παράγεται μεθάνιο, ένα αέριο με υψηλή συμμετοχή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Διαμαντάκης, 2014).

Υποξείδιο του Αζώτου (N_2O)

Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) είναι ακόμα ένα σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου, παρόλο που οι συγκεντρώσεις του στην ατμόσφαιρα δεν είναι τόσο μεγάλες όσο του CO_2 , απορροφά όμως

270 φορές περισσότερη ενέργεια από το CO₂ (Δούβρη, 2009). Συναντάται στα λιμάνια αφού παράγεται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας.

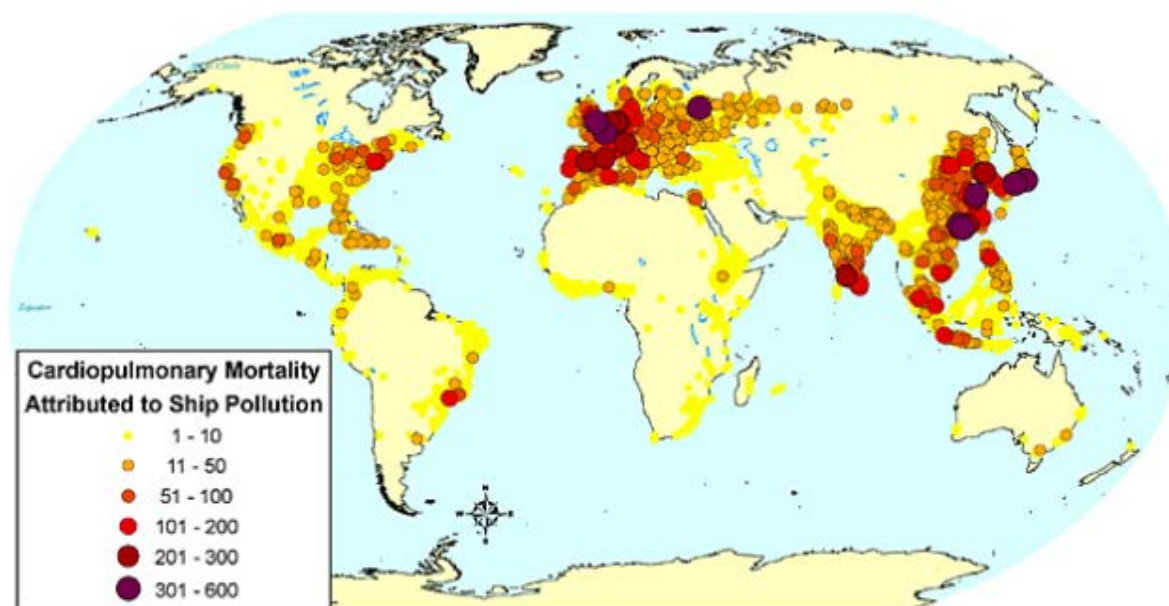
1.3. Επιπτώσεις των ρύπων στην υγεία και στο περιβάλλον

Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει μεγάλες επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στον άνθρωπο. Το SO₂ μετατρέπεται σε θειικό οξύ, προκαλεί μείωση του pH της βροχής και έτσι δημιουργείται η όξινη βροχή. Η όξινη βροχή, ανάλογα με το pH και τον χρόνο έκθεσης, μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα φυτά (κάψιμο των φύλλων των φυτών), στο δέρμα και στο χαρτί, να διαβρώσει μέταλλα και να επιδράσει στα δομικά υλικά. Για παράδειγμα, είναι γνωστό ότι το μάρμαρο (CaCO₃) απορροφά SO₂ και μετατρέπεται σε γύψο (CaSO₄). Ο γύψος είναι πολύ περισσότερο υδατοδιαλυτός από το μάρμαρο, με αποτέλεσμα να παρασύρεται από τη βροχή. Επίσης, ο μοριακός όγκος του γύψου είναι μεγαλύτερος από αυτόν του μαρμάρου, με αποτέλεσμα να προκαλούνται ρωγμές στο μάρμαρο. Τα φαινόμενα αυτά έχουν παρατηρηθεί σε αρχαιολογικούς χώρους της Αθήνας, όπως η Ακρόπολη, και αυτό είχε ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση αγαλμάτων από εξωτερικούς χώρους και την επιβολή μέτρων για τη μείωση του περιεχομένου θείου στο πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης στην Αθήνα ήδη από τη δεκαετία του '80.

Το χαρακτηριστικό των οξειδίων του αζώτου είναι ότι συνεισφέρουν στον σχηματισμό του φωτοχημικού νέφους στην ατμόσφαιρα των πόλεων. Το φωτοχημικό νέφος δημιουργείται όταν τα NO_x και άκαυστοι υδρογονάνθρακες, με μια σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων παρουσία φωτός καταλήγουν στη δημιουργία όζοντος (O₃) και μιας μεγάλης ποικιλίας άλλων οργανικών ουσιών. Το φωτοχημικό νέφος έχει ως αποτέλεσμα ερεθισμό στα μάτια και τους πνεύμονες, καταστροφή των φύλλων στα φυτά κ.ά. Τέλος τα NO_x συνεισφέρουν μαζί με τα SO_x στον σχηματισμό της όξινης βροχής. Όμως οι μεγαλύτερες επιπτώσεις εμφανίζονται στην ανθρώπινη υγεία. Λόγω της περιορισμένης διαλυτότητας του μπορεί και διεισδύει βαθιά στο αναπνευστικό σύστημα, τα πρώτα συμπτώματα μπορούν να εμφανιστούν από χαμηλές συγκεντρώσεις της τάξης των 15 ppm, τσούξιμο στα μάτια και στη μύτη. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από 25ppm και πάνω αρχίζουν τα αναπνευστικά προβλήματα, βήχα με κίτρινο επίχρισμα, αιμόπτυση, βρογχοπνευμονία, πνευμονικό οίδημα, κυάνωση και πυρετό. Έκθεση σε 150-200 ppm μπορεί να οδηγήσει σε θανατηφόρα πνευμονική ίνωση, ταχυπαλμία, υπέρταση και καρδιακή αρρυθμία (WHO World Health Organization, 2013).

Τα αιωρούμενα σωματίδια PM με μέγεθος μεγαλύτερο από 10 μm παγιδεύονται στη μύτη ή τον φάρυγγα και στην συνέχεια απομακρύνονται ή καταπίνονται χωρίς να δημιουργούν ιδιαίτερο πρόβλημα. Τα μικρότερα όμως σωματίδια, και ιδιαίτερα εκείνα με διάμετρο μικρότερη των 2,5 μm,

εισέρχονται στους πνεύμονες, όπου και παραμένουν, και είναι δύσκολη η απομάκρυνσή τους, με αποτέλεσμα την πρόκληση πνευμονικών προβλημάτων. Σύμφωνα με μελέτη (Corbett, et.al., 2009) τα αιωρούμενα σωματίδια από τη ναυτιλία είναι υπεύθυνα για περίπου 60.000 πρόωρους θανάτους ετησίως σε όλο τον πλανήτη από καρδιοαναπνευστικά προβλήματα και καρκίνο του πνεύμονα, με τους περισσότερους να λαμβάνουν χώρα κοντά στις ακτές της Ευρώπης, της Ανατολικής Ασίας και της Νότιας Ασίας, όπου συμπίπτει έντονη ναυτιλιακή δραστηριότητα με μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού. Μελέτες σχετικά με τη γεωγραφική κατανομή της ναυτιλιακής κίνησης έδειξαν ότι το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών λαμβάνουν χώρα στο βόρειο ημισφαίριο, εντός ενός καλά προσδιορισμένου συστήματος διεθνών θαλάσσιων οδών (Endresen, et.al, 2003). Οι Corbett et. al (Corbett, et.al, 1999) εκτιμούν ότι το 85% των αερίων εκπομπών της ναυτιλίας γίνεται στο βόρειο ημισφαίριο και μάλιστα ότι το 52% επιδρά στον βόρειο Ατλαντικό και το 27% στον βόρειο Ειρηνικό. Επίσης, εκτιμάται ότι περίπου το 70% των εκπομπών από την ναυτιλία συμβαίνουν εντός 200 ν.μ., με το 44% αυτών σε απόσταση 50 ν.μ. από την ξηρά (IMO, 2009)



Εικόνα 3:Χάρτης ετήσιας θνησιμότητας λόγω καρδιοπνευμονικών παθήσεων που αποδίδεται σε εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων παγκοσμίως από τις θαλάσσιες μεταφορές (Corbett, et.al, 2007).

Το CO₂, στις συγκεντρώσεις που απαντάται στην ατμόσφαιρα, δεν ενέχει άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, αποτελεί όμως τη βασική αιτία για το σημαντικότερο περιβαλλοντικό ζήτημα της εποχής μας, το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ένα μέρος της ενέργειας που εκπέμπει ο ήλιος διασχίζει την ατμόσφαιρα χωρίς να απορροφηθεί, με τη μορφή κυρίως ορατού φωτός, και θερμαίνει την επιφάνεια του εδάφους και της θάλασσας. Εφόσον η γη θερμαίνεται, εκπέμπει με τη

σειρά της ενέργειας προς το διάστημα, με τη μορφή όμως υπέρυθρης ακτινοβολίας. Στη φυσιολογική σύσταση της ατμόσφαιρας υπάρχουν, σε πολύ μικρές ποσότητες, αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και οι υδρατμοί τα οποία είναι διαφανή στο ορατό φως, γι' αυτό και δεν εμποδίζουν την ακτινοβολία του ήλιου να διασχίσει την ατμόσφαιρα. Όμως δεν είναι διαφανή στην υπέρυθρη ακτινοβολία και απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που εκπέμπεται από τη γη προτού αυτή διαφύγει στο διάστημα. Τα αέρια αυτά με τη σειρά τους επανεκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία, μέρος της οποίας απορροφάται από τη γη, συντελώντας έτσι στην άνοδο της θερμοκρασίας του συστήματος γη ατμόσφαιρα. Με τη διαδικασία αυτή η μέση θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας είναι περίπου 15°C . Τα θερμοσκοπικά αυτά αέρια ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου. Έχει υπολογιστεί ότι αν δεν υπήρχαν στην ατμόσφαιρα τα αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία παγιδεύουν τελικά τη θερμότητα κοντά στην επιφάνεια της Γης, η μέση θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας θα ήταν περίπου -18°C . Μετά τη βιομηχανική επανάσταση, η ανθρώπινη δραστηριότητα (καύση ορυκτών καυσίμων) έχει προκαλέσει αύξηση κατά 40% των συγκεντρώσεων CO_2 σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή (από τα 280 ppm το 1750 στα 400 ppm το 2015). Η αύξηση αυτή έχει συνδεθεί με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή, δηλαδή με το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παράλληλα, αυξάνονται οι συγκεντρώσεις και άλλων ανθρωπογενών αερίων, πέραν του διοξειδίου του άνθρακα, με αποτέλεσμα την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα αέρια αυτά είναι, κατά σειρά σπουδαιότητας το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου και οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs).

Οι επιπτώσεις στην υγεία από το CO προκύπτουν από τη μείωση της παροχής οξυγόνου σε όργανα του σώματος, όπως είναι η καρδιά και ο εγκέφαλος, καθώς και στους ιστούς. Το CO αντιδρά με την αιμοσφαιρίνη κατά 200 φορές εντονότερα από το οξυγόνο και σχηματίζει την ανθρακυλαιμοσφαιρίνη, η οποία αδρανοποιεί μέρος της αιμοσφαιρίνης με επακόλουθο την ελλειμματική οξυγόνωση των ιστών. Η παρατεταμένη έκθεση του ανθρώπου σε CO μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, όπως προβλήματα στην καρδιακή και πνευμονική λειτουργία, προκαλώντας μέχρι και τον θάνατο. Τέλος, το CO συμβάλλει και αυτό στον σχηματισμό αιθαλομίχλης που έκτος των άλλων αρνητικών επιπτώσεων μειώνει και την ορατότητα.

Μια αναφορά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κάθε ρύπου χωριστά παρουσιάζονται στον πίνακα 1 ενώ ο πίνακας 2 περιλαμβάνει μια σύνοψη των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Πίνακας 1. Επιδράσεις ατμοσφαιρικών ρύπων .(Bouma et al., 2005; Doney et al., 2007; Genc et al., 2012; Kaiser et al., 2005; McKinney, Schoch, & Yonavyak, 2007; Phoenix et al., 2012; Stolt et al., 2011).

Ρύποι	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	Επίδραση
NO _x	Ευτροφισμός Οξύνιση Σχηματισμός φωτοχημικών οξειδωτικών και σωματιδίων (νέφος)	Φύση Φύση Υγεία και υλικά
SO ₂	Οξύνιση Σχηματισμός σωματιδίων	Φύση Υγεία
PM	Σκόνη Νέφος	Υγεία Υγεία και υλικά

Πίνακας 2. Ατμοσφαιρική ρύπανση και οι επιπτώσεις της στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. (Κοτρίκλα, 2015).

Ρύποι	SO ₂ , NO _x , PM, VOCs	CO ₂
Χωρική κλίμακα επιπτώσεων	Τοπική, περιφερειακή	Παγκόσμια
Χρονική κλίμακα επιπτώσεων	Βραχυπρόθεσμα, άμεσα Μακροπρόθεσμα, χρόνια	Περισσότερο μακροπρόθεσμα
Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Όξινη βροχή Νέφος Φωτοχημικό νέφος Νέφος αιθαλομίχλης	Φαινόμενο θερμοκηπίου και παγκόσμια θέρμανση Άνοδος στάθμης της θάλασσας Ακραία καιρικά φαινόμενα Επιπτώσεις στους υδατικούς πόρους και τη γεωργία
Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία	Ευθείες: Αναπνευστικά προβλήματα Υγιών ατόμων Ερεθισμός σε μάτια, μύτη, πνεύμονες Άσθμα Χρόνια βρογχίτιδα Καρδιοπάθειες	Έμμεσες που θα οφείλονται σε: Υψηλές θερμοκρασίες Ακραία καιρικά φαινόμενα Προβλήματα με τους υδατικούς πόρους και τη γεωργία κλπ.

2

2. Κανονισμοί ελέγχου εκπομπών στην ατμόσφαιρα από τη Διεθνή ναυτιλία

Τα θέματα που αφορούν τη θαλάσσια ρύπανση ρυθμίζονται κυρίως από την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), μέσω συμβάσεων, πρωτοκόλλων και οδηγιών. Η συνθήκη MARPOL είναι η κύρια διεθνής σύμβαση που καλύπτει την πρόληψη ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τα πλοία είτε από λειτουργικά είτε από τυχαία αίτια. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει λάβει μια σειρά από μέτρα και οδηγίες προκειμένου να μειώσει τους ρύπους από την ναυτιλία. Οι κυριότερες οδηγίες και μέτρα που έχουν ληφθεί είναι:

- Η οδηγία 2001/81/EC όπου δεσμεύει την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στην υποβολή έκθεσης σχετικά με το βαθμό επιρροής στο σχηματισμό του όζοντος από τις εκπομπές αερίων από τις θαλάσσιες μεταφορές.
- Η οδηγία 2005/33/EC που τροποποιεί την 1999/32/EC όπου θέτει αυστηρότερα τα όρια περιεκτικότητας του θείου στα καύσιμα για τα πλοία που κινούνται στα χωρικά ύδατα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Η οδηγία 94/63/EC όπου αναφέρεται στον έλεγχο των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) στους λιμένες που γίνεται η φόρτωση και η εκφόρτωση των σκαφών.
- Ο κανονισμός EC με αριθμό 2037/2000 όπου γίνεται αναφορά σχετικά με τις ουσίες που μειώνουν το στρώμα του όζοντος.
- Το πρόγραμμα ‘Καθαρός Αέρας για την Ευρώπη’ ‘Clean Air for Europe, CAFE’ που αντιμετωπίζει όλες τις πηγές ατμοσφαιρικών εκπομπών.
- Το Έκτο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον (sixth Environment Action Programme) που στοχεύει στην επίτευξη του επιπέδου ατμοσφαιρικής ποιότητας χωρίς αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον, καθώς και στο να σταθεροποιηθούν οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου για την αποτροπή των αφύσικων αλλαγών κλίματος.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων θα πρέπει να υπάρχει συντονισμός των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) ο οποίος πιέζει για όλο και

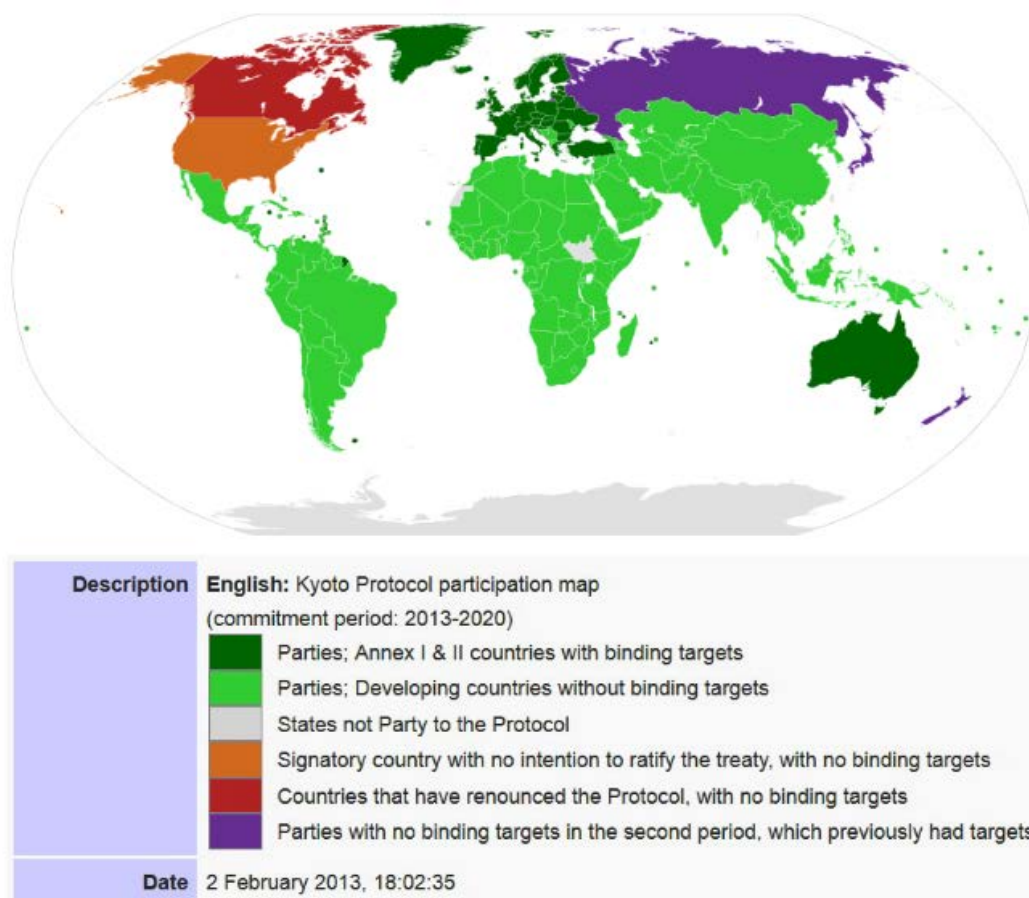
πιο αυστηρά μέτρα προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων από τα πλοία. Επίσης να εφαρμοστούν όλοι οι παραπάνω κανονισμοί καθώς και η οδηγία 2006/339/EC. Η οδηγία αυτή αναφέρεται στην ηλεκτροδότηση των πλοίων από την ξηρά και συνιστά στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης να εξετάσουν τη δυνατότητα δημιουργίας εγκαταστάσεων για την ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά. (Κοτρίκλα, 2015).

2.1. Πρωτόκολλο του Κιότο

Το πρωτόκολλο του Κιότο που διαδέχεται τη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές είναι μία από τις σημαντικότερες διεθνείς νομοθετικές πράξεις καταπολέμησης των κλιματικών μεταβολών. Συνιστά ένα σημαντικό βήμα στην καταπολέμηση της θέρμανσης του πλανήτη, επειδή περιλαμβάνει δεσμευτικούς και ποσοτικοποιημένους στόχους περιορισμού και μείωσης των αερίων θερμοκηπίου. Το Πρωτόκολλο του Κιότο αφορά τις εκπομπές έξι αερίων θερμοκηπίου:

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

Συνολικά, τα συμβαλλόμενα κράτη της σύμβασης-πλαισίου (ήτοι οι εκβιομηχανισμένες χώρες) δεσμεύτηκαν συλλογικά να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Οι συνολικές εκπομπές των ανεπτυγμένων χωρών έπρεπε να μειωθούν τουλάχιστον κατά 5 % την περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Η δεύτερη περίοδος δέσμευσης ισχύει για τις εκπομπές μεταξύ 2013-2020. Οι χώρες που συμμετέχουν στη δεύτερη περίοδο δέσμευσης φαίνονται στον παρακάτω χάρτη. (ΥΠΕΚΑ, 2014).



Εικόνα 4: Χώρες που συμμετέχουν στο Πρωτόκολλο του Κυότο στην περίοδο 2013–2020 (Συρράκος, 2014).

2.2. Διεθνής Σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία (MARPOL)

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

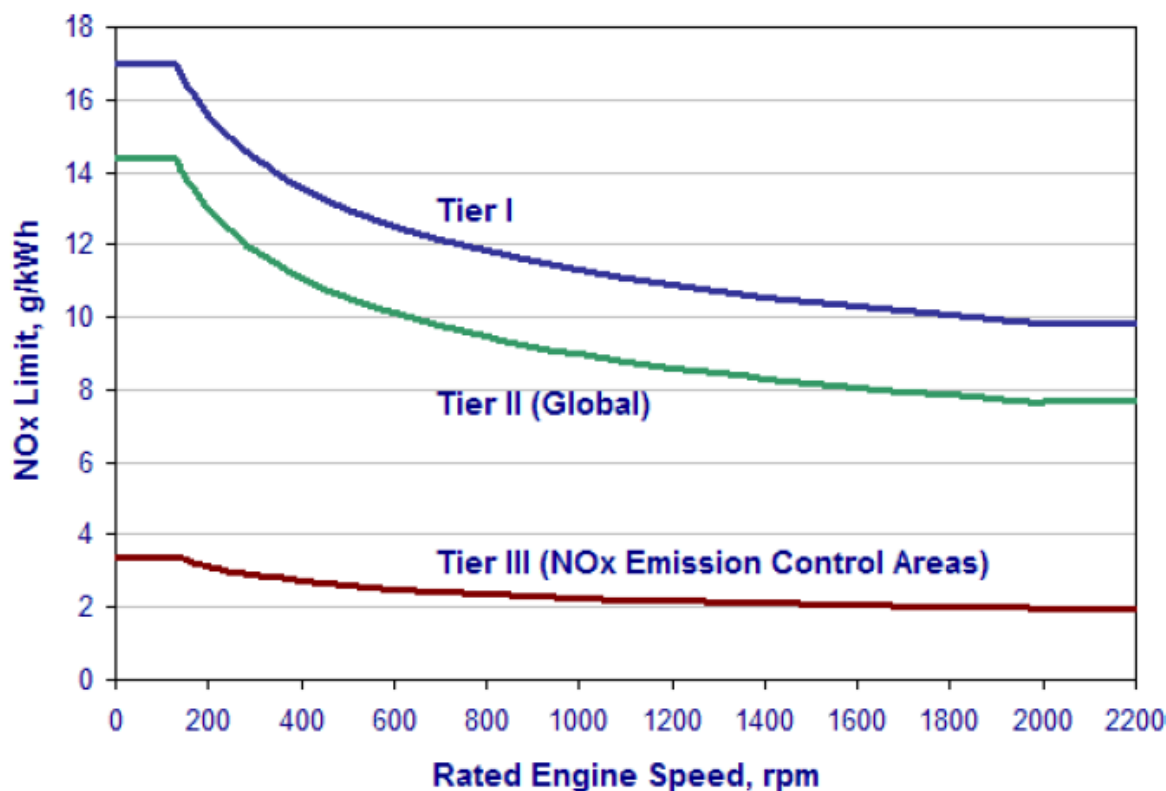
Τα όρια εκπομπών του IMO συνήθως αναφέρονται ως κανόνες Tier I έως III. Οι κανόνες Tier I καθορίστηκαν στην έκδοση του παραρτήματος VI το 1997, ενώ τα πρότυπα Tier II και III εισήχθησαν στο παράρτημα VI με τροπολογίες που εγκρίθηκαν το 2008. Οι τροπολογίες (Tier II - III) του παραρτήματος που εγκρίθηκαν τον Οκτώβριο του 2008 εισήγαγαν απαιτήσεις για νέα ποιότητα καυσίμων από τον Ιούλιο του 2010, κανόνες εκπομπών NO_x - Tier II & III - για τους

νέους κινητήρες και κανόνες εκπομπών NO_x - Tier I - για τους υφιστάμενους προ του 2000 κινητήρες.

Οι Tier I-III τιμές NO_x βασίζονται στις ονομαστικές ταχύτητες κινητήρα (n) που δίνονται σε RPM (στροφές ανά λεπτό). Οι εξισώσεις ορίων εκπομπών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 και παρουσιάζονται γραφικά στην Εικόνα 5. Τα Tier I και Tier II όρια είναι παγκόσμια, ενώ τα πρότυπα Tier III εφαρμόζονται μόνο σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών NO_x.

Πίνακας 3. Tier I-III NO_x όρια εκπομπών για κινητήρες πλοίων (τροποποίηση στο Marpol Παράρτημα VI)

Επίπεδο (Tier)	Ημερομηνία κατασκευής πλοίου (κατά ή μετά την)	Όρια εκπομπών NO _x (g/kWh), n = ονομαστική ταχύτητα του κινητήρα (rpm)		
		n < 130	n = 130-1999	n ≥ 2000
I	1/1/2000	17,0	$45n^{-0,2}$ (π.χ. για n=720 rpm το όριο γίνεται 12,1 g/kWh)	9,8
II	1/1/2011	14,4	$44n^{-0,23}$ (π.χ. για n=720 rpm το όριο γίνεται 9,7 g/kWh)	7,7
III	1/1/2016 για λειτουργία σε NECA	3,4	$9n^{-0,2}$ (π.χ. για n=720 rpm το όριο γίνεται 2,4 g/kWh)	2,0



Εικόνα 5. Επιτρεπόμενες εκπομπές οξειδίων του αζώτου από κινητήρες diesel (Marpol, 2009).

Οι κυριότερες αλλαγές αφορούσαν την προοδευτική μείωση των εκπομπών SO_x, NO_x (και έμμεσα των PM) και την εισαγωγή Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών (Emission Control Areas – ECAs), στις οποίες οι εκπομπές έπρεπε να είναι ακόμη μικρότερες. Η εισαγωγή των Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών (ECA – Emission Control Areas) επιτρέπει την σταδιακή επέκταση εφαρμογής των κανονισμών στο θαλάσσιο χώρο. Οι παρούσες και πιθανές μελλοντικές περιοχές ECAs παρουσιάζονται στην εικόνα 6 και στον πίνακα 4. Η Βόρεια Θάλασσα, συμπεριλαμβανομένων των αγγλικών, τα κανάλια Channel και Dover, οι θάλασσες της Βαλτικής και οι θάλασσες των ακτών της Καλιφόρνιας συμπεριλαμβάνονται στις ειδικές περιοχές ελέγχου των εκπομπών. Ανάλογα με τον αναφερόμενο ρύπο, υφίστανται οι SECA και NECA για τα οξείδια του θείου και του αζώτου αντίστοιχα.



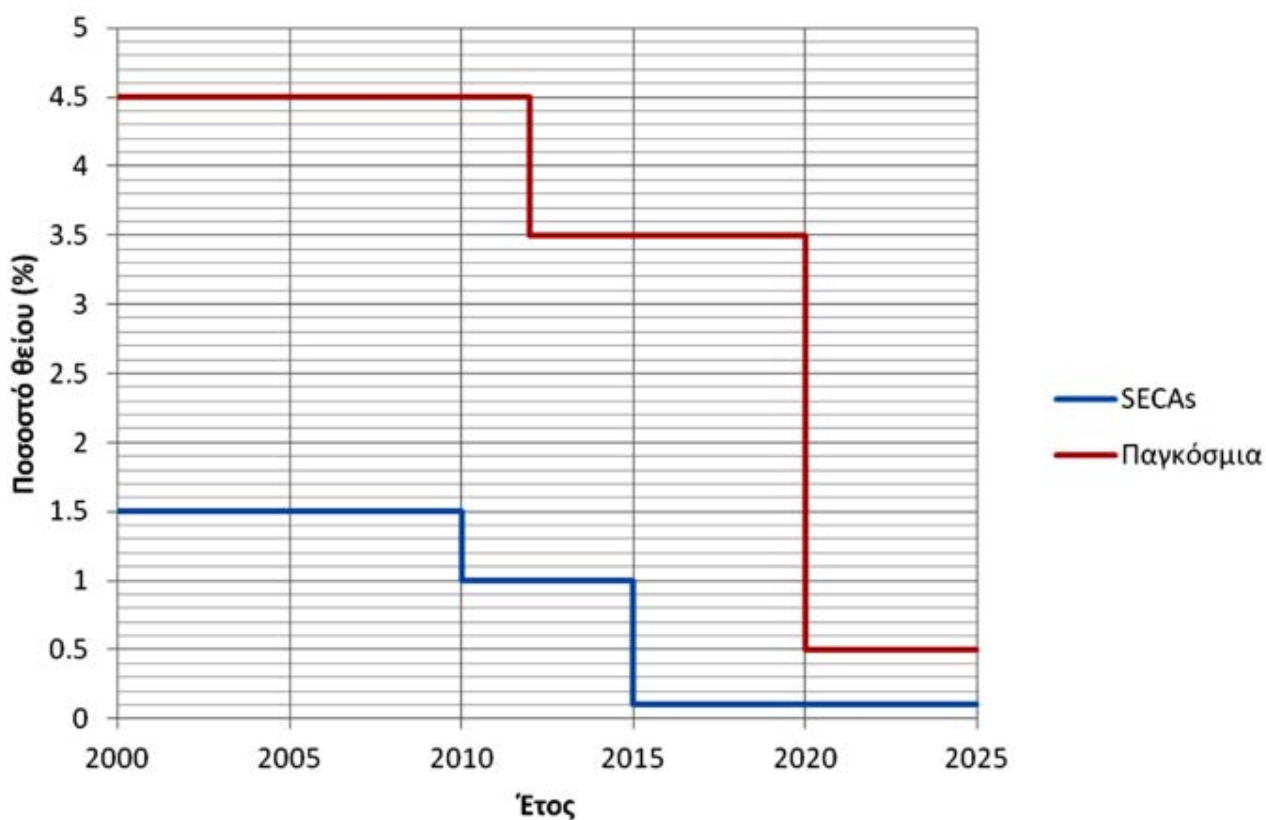
Εικόνα 6 :Οι παρούσες και οι μελλοντικές περιοχές ECAS (Διαμαντάκης, 2014).

Πίνακας 4. Καθιερωμένες ECAs (Κοτρίκλα, 2015).

Περιοχή	Ρύποι	Εφαρμόζεται από
Βαλτική	SO _x	19 Μαΐου 2006
Βόρεια θάλασσα	SO _x	22 Νοεμβρίου 2007
Ακτές της Β. Αμερικής	SO ₂	1 Αυγούστου 2012
	PM	*
	NO _x	*
Περιοχές των ΗΠΑ στην Καραϊβική (ύδατα πλησίον των ακτών του Πουέρτο Ρίκο και των Παρθένων Νήσων των ΗΠΑ)	SO ₂	1 Ιανουαρίου 2014
	PM	*
	NO _x	*

* Ένα πλοίο που κατασκευάστηκε κατά ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2016 και λειτουργεί σε αυτές τις NECA θα πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα Tier III για τα NO_x.

Αρχικά το ένα άνω όριο στο περιεχόμενο σε θείο του καυσίμου πετρελαίου που χρησιμοποιείται από τα πλοία ήταν 4,5% κ.β.. Το όριο αυτό μειώθηκε στο 3,5% το 2012 και προβλέπεται να μειωθεί περαιτέρω στο 0,5% έως το 2020 (πίνακας 4, εικόνα 6). Στις ειδικές περιοχές όπου τα όρια εκπομπών SO_2 είναι αυστηρότερα το περιεχόμενο σε θείο των καυσίμων αρχικά δεν έπρεπε να ξεπερνάει το 1,5% κ.β. Το όριο αυτό μειώθηκε στο 1% το 2010 και έγινε 0,1% από το 2015. Τα πλοία πρέπει να συμμορφωθούν με τον κανονισμό, για το λόγο αυτό εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιούν καύσιμο υψηλής περιεκτικότητας σε θείο και παράλληλα εφαρμόζουν ένα σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων ή χρησιμοποιούν οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία που μειώνει τις εκπομπές SO_2 στα επίπεδα των εκπομπών των καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.



Εικόνα 7. Όρια στην περιεκτικότητα των ναυτιλιακών καυσίμων σε θείο βάσει του Παραρτήματος VI της MARPOL.

Πίνακας 5. Περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο.

Εκτός SECA	Εντός SECA
4,50% (κ.β.) πριν την 1η Ιανουαρίου 2012	1,50% κ.β. πριν την 1η Ιουλίου 2010
3,50% (κ.β.) κατά και μετά την 1η Ιανουαρίου 2012	1,00% κ.β. κατά και μετά την 1η Ιουλίου 2010
0,50% (κ.β.) κατά και μετά την 1η Ιανουαρίου 2020*	0,10% κ.β. κατά και μετά την 1η Ιουλίου 2015

**Ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του ελαφρού καυσίμου (επανεξέταση σκοπιμότητας που θα ολοκληρωθεί το 2018), η ημερομηνία μπορεί να αναβληθεί για την 1η Ιανουαρίου 2025.*

3

3. Μεταφορά και διασπορά ρυπών στην ατμόσφαιρα

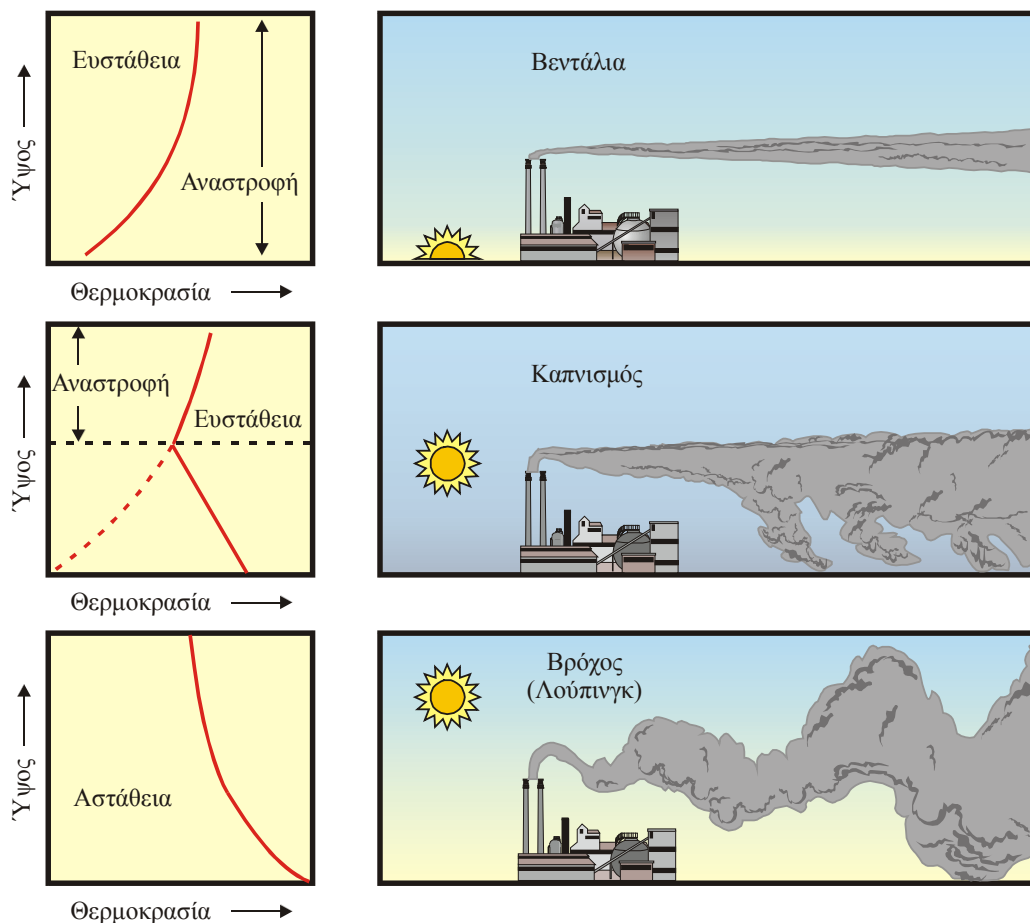
Η μεταφορά και διασπορά των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι μία φυσική διεργασία της ατμόσφαιρας. Ο καπνός μεταφέρεται μακριά από την πηγή από τον μέσο οριζόντιο άνεμο. Η οριζόντια μεταφορά αποτελεί τον πλέον σημαντικό μηχανισμό απομάκρυνσης και αραίωσης των ρύπων. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η ταχύτητα του ανέμου είναι πολύ χαμηλή (άπνοια) οι συνθήκες διασποράς είναι άσχημες και υπάρχει αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης επεισοδίου ρύπανσης σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα εκπομπών. Ταυτόχρονα παρατηρείται και η τυχαία μετατόπιση των ρύπων από τον άνεμο, αφού ο άνεμος μπορεί να αλλάζει ταχύτητα και διεύθυνση.

Οι αναταρακτικές κινήσεις του αέρα (τυρβώδεις στρόβιλοι) είναι υπεύθυνες για την κατακόρυφη μεταφορά και την διαπλάτυνση του πλουμίου, με τελικό αποτέλεσμα την αραίωση. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται διάχυση. Η κλίμακα και η ένταση της αραίωσης εξαρτώνται από τον βαθμό ανατάραξης της ατμόσφαιρας. Τα ρεύματα με υψηλές συγκεντρώσεις αερίων ρύπων αναμειγνύονται με μεγάλους όγκους ατμοσφαιρικού αέρα με αποτέλεσμα την σημαντική αραίωση αυτών. Οι στρόβιλοι προκαλούνται είτε μηχανικά είτε θερμικά. Η θερμική προέλευση των στρόβιλων είναι αποτέλεσμα της ηλιακής ενέργειας, η οποία απορροφάται από το έδαφος και μετατρέπεται σε θερμότητα. Στη συνέχεια η θερμότητα μεταφέρεται μέσω των μηχανισμών αγωγής και μεταφοράς στα χαμηλότερα στρώματα του αέρα και διαφοροποιεί την πυκνότητά τους, οπότε προκαλείται στροβιλώδης κίνηση. Η μηχανική προέλευση των στρόβιλων είναι αποτέλεσμα των διατμητικών τάσεων, αφενός λόγω μοριακής και τυρβώδους συνεκτικότητας του ρευστού και αφετέρου λόγω της τραχύτητας του εδάφους (Γιαννόπουλος, 1994).

Κατά συνέπεια η χρονικά τυχαία ύπαρξη στρόβιλων και διακυμάνσεων ταχύτητας ανέμου υπαγορεύει τη χρήση χρονικά μέσων τιμών των εξεταζόμενων μεγεθών (ταχύτητας, συγκέντρωσης) και όχι στιγμιαίων. Έχει παρατηρηθεί ότι η χρονικά μέση τιμή της συγκέντρωσης του ρύπου σε δεδομένη απόσταση κατάντη της πηγής ακολουθεί κανονική κατανομή (τύπου Gauss) κατά τη εγκάρσια διεύθυνση. Καθώς όμως η απόσταση από την πηγή αυξάνεται, ο ρύπος εξαπλώνεται περισσότερο κατά τις εγκάρσιες διευθύνσεις με αποτέλεσμα την μείωση της συγκέντρωσης. Διαφορά όμως παρατηρείται στις συγκεντρώσεις στο επίπεδο του εδάφους, διότι στην στάθμη του εδάφους συγκεντρώνεται και ο ρύπος που έρχεται απευθείας από την πηγή, αλλά και ο ρύπος που

αντανακλάται στο έδαφος (Γιαννόπουλος, 1994).

Οι αέριοι ρύποι όταν αφήνουν την καμινάδα είναι κατά κανόνα θερμότεροι από τον περιβάλλοντα αέρα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την αρχική ορμή που έχουν τα καυσαέρια όταν φθάνουν στην κορυφή της καμινάδας έχει σαν αποτέλεσμα το πλούμιο να ανυψώνεται μέχρι ενός ορισμένου ύψους. Το ύψος αυτό είναι βέβαια μεγαλύτερο από το κατασκευαστικό ύψος της καμινάδας και ονομάζεται ενεργό ύψος της καμινάδας. Η διαφορά ανάμεσα στο φυσικό και στο ενεργό ύψος της καμινάδας είναι γνωστή ως αρχική ανύψωση του πλουμίου. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αρχική ανύψωση του πλουμίου έχει πολύ μεγάλη σημασία στην ποιότητα του αέρα της περιοχής γιατί μπορεί να αυξήσει το ενεργό ύψος της καμινάδας με ένα παράγοντα 2 έως 10 φορές το κατασκευαστικό ύψος της καμινάδας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη συγκέντρωση εδάφους είναι χονδρικά αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου του ενεργού ύψους εκπομπής, είναι φανερό ότι η ανύψωση του πλουμίου μπορεί, στη ακραία περίπτωση, να μειώσει τις συγκεντρώσεις εδάφους με ένα παράγοντα της τάξης του 100. Η ευστάθεια ορίζεται από την θερμοβαθμίδα (την μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος) η οποία φαίνεται στα αριστερά της εικόνας 8. Για μια δεδομένη ταχύτητα του ανέμου, η μορφή και η τροχιά του πλουμίου σε σχέση με τη διαφορά μεταξύ της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος και της θερμοβαθμίδας του πλουμίου είναι διαφορετική ως ακολούθως.



Εικόνα 8. Η κατακόρυφη ανάπτυξη του πλουμίου για διαφορετικές συνθήκες ευστάθειας στην ατμόσφαιρα (Μελάς, 1997).

Στην κωνική διασπορά η μορφή του πλουμίου μετά την έξοδο από την κορυφή της καμινάδας ανοίγει σαν βεντάλια. Σε αυτήν τη περίπτωση η θερμοβαθμίδα του πλουμίου γ' είναι σχεδόν ίση της θερμοβαθμίδα της ατμόσφαιρας ($\gamma' \approx \gamma$) και παρατηρείται συνήθως όταν έχουμε συννεφιά, άνεμο μια σχετικά ουδέτερη κατάσταση. Συναντάται κατά τη διέλευση μιας καταιγίδας (χαμηλό βαρομετρικό, κυκλώνας) ή κατά την διέλευση ενός μετώπου και μπορεί να συμβεί οποιαδήποτε ώρα μέσα στο 24ωρο.

Η περίπτωση του καπνισμού εμφανίζεται όταν η βάση της θερμοκρασιακής αναστροφής είναι στο ίδιο ύψος με αυτό της καμινάδας. Στο στρώμα της ατμόσφαιρας μεταξύ του εδάφους και του ύψους της κορυφής της καμινάδας επικρατεί αστάθεια ($\gamma' > \gamma$). Μετά το ύψος της κορυφής της καμινάδας επικρατούν ευσταθείς συνθήκες ($\gamma' < \gamma$). Τέλος στην περίπτωση της κατακόρυφης κυκλικής διασποράς (βρόχος) έχουμε έντονα ασταθείς συνθήκες που εμφανίζονται κατά κύριο λόγο το μεσημέρι ή νωρίς το απόγευμα. Οι συνθήκες αυτές δημιουργούν μια έντονη κατακόρυφη κυκλοφορία του αέρα με διαδοχικά ανοδικά και καθόδικα ρεύματα αέρα.

Στην περίπτωση της έντονης ευστάθειας της ατμόσφαιρας όπου η τάση του αέρα δεν αναμιγνύεται σε κάθετη διεύθυνση, η μορφή του πλουμίου εμφανίζεται ελικοειδής όπου $\gamma' < \gamma$ και τις περισσότερες φορές έχουμε θερμοκρασιακή αναστροφή η βάση της οποίας ξεκινάει από πολύ χαμηλά και σχεδόν από το έδαφος.

Η ευστάθεια της ατμόσφαιρας, η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα της και οι θερμοκρασιακές αναστροφές παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στη διάχυση και διασπορά των αέριων ρύπων σε μια περιοχή. Σε συνθήκες ευστάθειας οι τυρβώδεις στρόβιλοι είναι μικρότερης κλίμακας και η κατακόρυφη διάχυση γίνεται αργά ενώ σε συνθήκες μεγάλης αστάθειας οι τυρβώδεις στρόβιλοι είναι μεγαλύτεροι και η διάχυση πολύ έντονη.

Κατά τον χρόνο της παραμονής τους στην ατμόσφαιρα οι ρύποι μπορούν να υφίστανται διάφορους χημικούς μετασχηματισμούς λόγω αντιδράσεων είτε μεταξύ τους είτε με τα συστατικά της καθαρής ατμόσφαιρας. Σε πολλές περιπτώσεις στα προϊόντα των χημικών αντιδράσεων περιλαμβάνονται και νέοι ρύποι οι οποίοι ονομάζονται δευτερογενείς ρύποι σε αντιδιαστολή με αυτούς που εκπέμπονται από τις πηγές οι οποίοι ονομάζονται πρωτογενείς ρύποι.

Η συσσώρευση ρύπων σε μια περιοχή εξαρτάται από τους ρυθμούς εκπομπής των διαφόρων πηγών, από τους ρυθμούς διασποράς και απομάκρυνσης των ρύπων και των ρυθμών παραγωγής ή καταστροφής μέσω χημικών αντιδράσεων. Η διασπορά των ρύπων εξαρτάται σημαντικά από τις τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες και την ατμοσφαιρική ευστάθεια. Προφανώς εξαρτάται και από το είδος και τις ποσότητες των ρύπων. Με δυνατό άνεμο και καλή κατακόρυφη ανάμιξη, οι ρύποι διασπείρονται γρήγορα σε μεγάλο όγκο αέρα.

Όμως η παρουσία πηγών ρύπανσης στην παράκτια ζώνη όπου και είναι του άμεσου ενδιαφέροντός μας, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλές και επίμονες συγκεντρώσεις στην περιοχή. Το τοπικό πεδίο ανέμων στις παράκτιες περιοχές εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις της ξηράς και της θάλασσας με την ηλιακή ακτινοβολία. Κατά την διάρκεια της ημέρας η ξηρά θερμαίνεται πολύ ταχύτερα από την θάλασσα, με αποτέλεσμα να θερμαίνεται και ο υπερκείμενος αέρας. Έτσι λόγω οριζόντιας διαφοράς της πίεσης προκαλείται κίνηση του αέρα στην παράκτια περιοχή από την θάλασσα προς την ξηρά, γνωστή σαν θαλάσσια αύρα. Κατά την διάρκεια της νύχτας η θαλάσσια αύρα ακολουθεί την αντίθετη φορά γνωστή ως απόγειος αύρα, η οποία μεταφέρει τους ρύπους από την πόλη πάνω από την θάλασσα. Η θαλάσσια αύρα που αναπτύσσεται κατά την διάρκεια της επόμενης ημέρας επαναφέρει τους ρύπους στην πόλη. Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της θαλάσσιας αύρας που επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις των ρύπων είναι οι ασθενείς άνεμοι, το μικρό ύψος του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος και η πιθανότητα επανακυκλοφορίας των ρύπων

(Μουσιόπουλος, 1997). Συγκεκριμένα, το ύψος του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος πάνω από την θάλασσα είναι της τάξης των 100 m σε σύγκριση με τυπικές ηπειρωτικές τιμές που είναι περίπου 1500-2000 m. Στην παράκτια ζώνη, η μεταφορά ψυχρού αέρα από την θάλασσα περιορίζει το ύψος του οριακού στρώματος, το οποίο είναι πολύ χαμηλό κοντά στην ακτογραμμή άρα και την κατακόρυφη αραίωση των ρύπων. Το ύψος του θερμικού εσωτερικού οριακού στρώματος αυξάνεται με την απόσταση από την θάλασσα και η παρουσία κάποιας σημαντικής πηγής ρύπανσης κοντά στην ακτογραμμή, δημιουργεί τον κίνδυνο επίμονου καπνισμού (Μουσιόπουλος, 1997)

3.1. Μοντέλα ατμοσφαιρικής διασποράς

Ατμοσφαιρικό μοντέλο ονομάζουμε ένα σύστημα εξισώσεων το οποίο χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις φυσικές ή/και τις χημικές διεργασίες στην ατμόσφαιρα. Είναι εύχρηστα εργαλεία που με μαθηματική περιγραφή της χωρικής και χρονικής κατανομής των ατμοσφαιρικών ρύπων μπορούν να εκτιμήσουν συγκεντρώσεις αντιπροσωπευτικές στο χώρο και στον χρόνο. Μέσες τιμές ρύπων για μεγαλύτερες περιοχές υπολογίζονται εύκολα με μοντέλα ατμοσφαιρικής ρύπανσης αφού με τη χρήση μετρητικών οργάνων οι ρύποι λαμβάνονται σε συγκεκριμένες θέσεις και δεν αντιπροσωπεύουν μεγαλύτερες περιοχές. Επίσης τα μαθηματικά μοντέλα, δίνουν την δυνατότητα να διαχωρίζονται οι επιδράσεις των διαφόρων πηγών ρύπανσης (κυκλοφορία οχημάτων, πλοία, κεντρικές θερμάνσεις) σε διάφορες θέσεις αποδεκτών. Οι μέθοδοι μοντελοποίησης της ποιότητας αέρα μπορούν να καταταγούν σε τέσσερις κατηγορίες: Γκαουσιανά, αριθμητικά, φυσικά και στατιστικά (ή εμπειρικά) μοντέλα.

Τα Γκαουσιανά μοντέλα (ή μοντέλα πλουμίου του Gauss) είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη προσέγγιση για τον υπολογισμό της διασποράς αδρανών ρύπων, ιδιαίτερα για ρυθμιστικούς σκοπούς. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας μοντέλων είναι η απλότητα στη χρήση και οι περιορισμένες απαιτήσεις σε στοιχεία εισαγωγής.

Τα αριθμητικά μοντέλα (numerical models) χρησιμοποιούν ένα σύστημα εξισώσεων οι οποίες βασίζονται στις βασικές αρχές διατήρησης της ορμής, της ενέργειας και της μάζας. Η επίλυση αυτών των εξισώσεων πραγματοποιείται με αριθμητικές μεθόδους. Τα αριθμητικά μοντέλα είναι περισσότερο κατάλληλα για χρήση σε περιπτώσεις πολύπλοκων συνθηκών (εμβαδικές πηγές σε αστικές περιοχές, περιοχές με έντονο ανάγλυφο, πολύπλοκες μετεωρολογικές συνθήκες κ.τ.λ) αλλά έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε δεδομένα εισόδου και υπολογιστική δύναμη.

Τα φυσικά μοντέλα (physical models) βασίζονται σε μικρής κλίμακας αναπαραστάσεις των

φαινομένων σε εργαστήρια (αεροσύρραγγες, δεξαμενές νερού κτλ). Έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε εργαστηριακές εγκαταστάσεις και εξοπλισμό αλλά μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε μελέτες όπως επίδραση κτιρίων στην διασπορά ατμοσφαιρικών ρύπων.

Τέλος στατιστικά ή εμπειρικά μοντέλα (statistical models) χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει πλήρης κατανόηση των φυσικών και χημικών διεργασιών ή υπάρχει έλλειψη των απαραίτητων βάσεων δεδομένων για την χρήση αριθμητικών ή Γκαουσιανών μοντέλων. Είναι πολύ απλά στη χρήση αφού βασίζονται συνήθως σε ημιεμπειρικές στατιστικές σχέσεις ανάμεσα στα επίπεδα ρύπανσης και σε άλλες μεταβλητές (π.χ. θερμοκρασία, άνεμος) οι οποίες προσδιορίζονται από υπάρχουσες χρονοσειρές δεδομένων στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Όπως και στα άλλα προβλήματα περιγραφής της κίνησης ρευστών, ο υπολογισμός της ατμοσφαιρικής διασποράς μπορεί να γίνει κατά βάση με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις, κατά Euler και κατά Lagrange. Με την μέθοδο του Euler η συμπεριφορά του συστήματος εξετάζεται σε ένα σταθερό σύστημα συντεταγμένων και είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος εξέτασης μεταφοράς μάζας. Στη μέθοδο Lagrange οι μεταβολές των συγκεντρώσεων περιγράφονται σχετικά με το μεταφερόμενο μέσο στην προκειμένη περίπτωση ο αέρας (Μουσιόπουλος, 1997).

3. 2. Το Λογισμικό Aermod

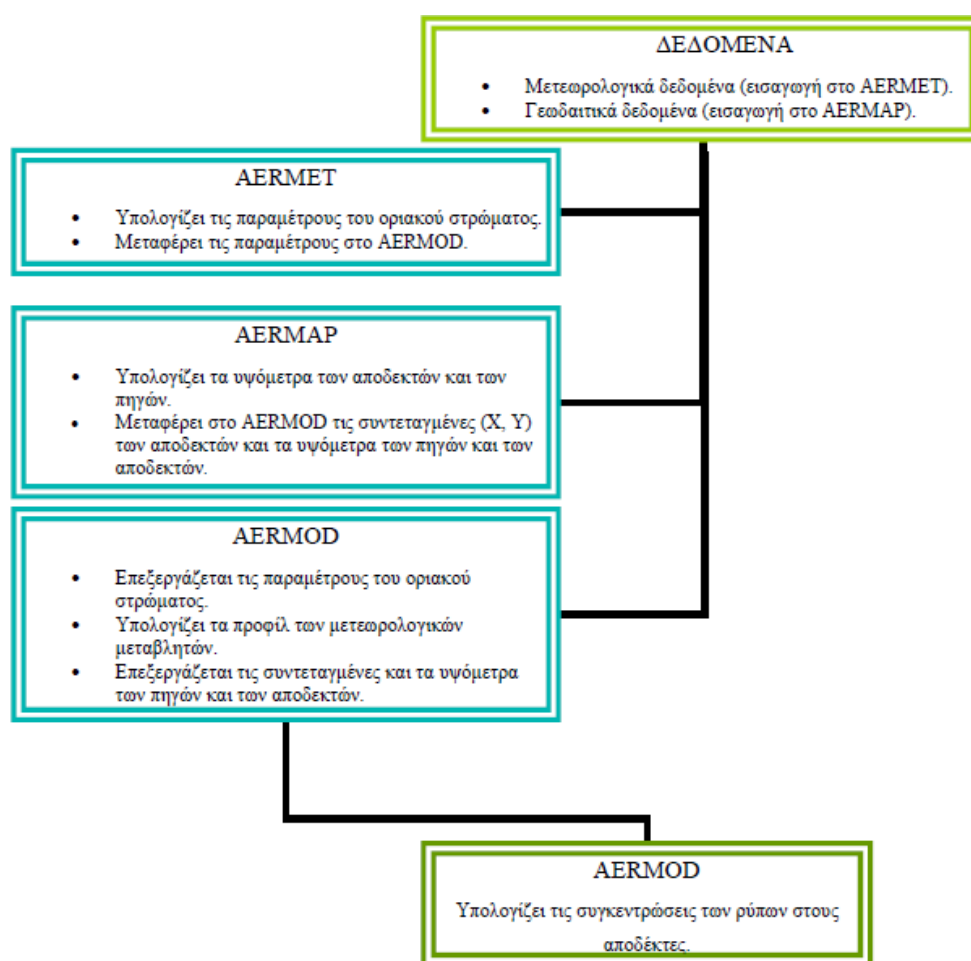
Το μαθηματικό μοντέλο ατμοσφαιρικής διασποράς ρύπων, που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία, αποτελείται από το κύριο πρόγραμμα AERMOD, και δύο λογισμικά προεπεξεργασίας το AERMET και το AERMAP. Το AERMOD χρησιμοποιεί γκαουσιανά μοντέλα διασποράς και η δομή του περιγράφεται παρακάτω.

3.2.1. Δομή του λογισμικού Aermod

Το AERMOD είναι ένα μοντέλο πλουμίου σταθερής κατάστασης, στο οποίο γίνεται η υπόθεση ότι η διασπορά των ρύπων είναι τύπου GAUSS και στην οριζόντια και στην κατακόρυφη διεύθυνση. Εφαρμόζεται τόσο σε αστικές όσο και σε αγροτικές περιοχές, είτε αυτές είναι σχετικά επίπεδες, είτε έχουν έντονο ανάγλυφο. Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί για την προσομοίωση σημειακών, εμβαδικών και πηγών όγκου.

Η εικόνα 9 δείχνει την ροή και την επεξεργασία των δεδομένων στο AERMOD. Ο κύριος σκοπός του AERMET είναι να υπολογίσει τις παραμέτρους του οριακού στρώματος της ατμόσφαιρας, οι οποίες χρησιμοποιούνται από το AERMOD. Επίσης το AERMET περνά όλες τις

μετεωρολογικές μετρήσεις στο AERMOD. Το AERMOD χρησιμοποιεί τις παραμέτρους του οριακού στρώματος και τα μετεωρολογικά δεδομένα για να προσδιορίσει τα προφίλ των απαραίτητων μετεωρολογικών μεταβλητών. Για την επεξεργασία των δεδομένων που περιγράφουν το ανάγλυφο της επιφάνειας μιας γεωγραφικής περιοχής, το AERMOD διαθέτει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας γεωγραφικών δεδομένων, το AERMAP. Το AERMAP επεξεργάζεται αρχεία που δίνουν πληροφορίες για τα υψόμετρα σημείων σε κάναβο, μιας γεωγραφικής περιοχής. Το AERMOD, αφού επεξεργαστεί τα δεδομένα που δέχεται από το AERMET και το AERMAP, υπολογίζει τις συγκεντρώσεις στους αποδέκτες (AERMOD, 2004).



Εικόνα 9. Ροή δεδομένων στο λογισμικό AERMOD (Τσιμπούκης, 2013).

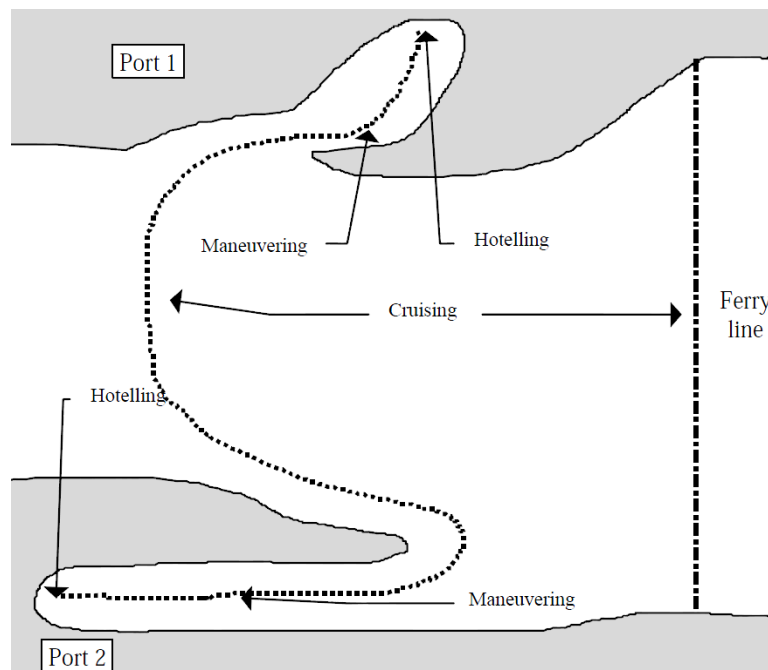
Χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους όπως, η αντανάκλασιμότητα, η τραχύτητα και ο συντελεστής Bowen, μαζί με μετεωρολογικές μετρήσεις (ταχύτητα ανέμου, διεύθυνση ανέμου,

θερμοκρασία ατμόσφαιρας, νεφοκάλυψη) εισάγονται στο AERMET. Μετά το AERMET υπολογίζει τις παραμέτρους του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος: μήκος Monin-Obukhov (L), κλίμακα θερμοκρασίας (θ^*), ύψος ανάμιξης (z_i), ακτινοβολία θερμότητας από το έδαφος (H), κλίμακα ταχύτητας συναγωγής (w^*). Οι παράμετροι αυτές περνούν στο AERMOD, το οποίο υπολογίζει τα κατακόρυφα προφίλ της ταχύτητας ανέμου (u), τις οριζόντιες και κατακόρυφες τυρβώδεις διακυμάνσεις (σ_n, σ_w), την κλίση δυναμικής θερμοκρασίας ($d\theta/dz$) και την δυναμική θερμοκρασία (θ).

4

4. Εκτίμηση ρύπων στα λιμάνια

Η εκτίμηση της ποσότητας ρύπων που εκπέμπουν τα πλοία κατά τη διάρκεια της πλεύσης τους και του ελλιμενισμού τους πραγματοποιείται υπολογίζοντας τους ρύπους σε κάθε δραστηριότητα του πλοίου με τη βοήθεια γνωστών συντελεστών εκπομπών. Ως συντελεστής εκπομπών ορίζεται μια αντιπροσωπευτική τιμή που επιχειρεί να συσχετίσει την εκπεμπόμενη ποσότητα με την λειτουργία των κινητήρων κατά τη διάρκεια της εν λόγω δραστηριότητας. Φυσικά το μέγεθος αυτό σχετίζεται και με το είδος του καυσίμου και με το τύπο του πλοίου. Για τις εκπομπές εντός λιμένας ανάλογα με τον τύπο λειτουργίας του κατά την εκτέλεση ελιγμών ή κατά την αγκυροβολία, δίνεται και ένας αντιπροσωπευτικός τύπος και μέγεθος κινητήρα εν λειτουργία (Συρράκος, 2014). Ο υπολογισμός γίνεται με δεδομένο το συντελεστή φορτίου του κάθε κινητήρα, το είδος του καυσίμου που καταναλώνεται και ο χρόνος που βρίσκεται το κάθε πλοίο σε κάθε φάση λειτουργίας. Η λειτουργία εκτέλεσης ελιγμών (maneuvering) αναφέρεται στην κίνηση του πλοίου με χαμηλή ταχύτητα μεταξύ της εισόδου/εξόδου του λιμανιού και του σημείου όπου αγκυροβολεί το πλοίο, ενώ λειτουργία σε θέση αγκυροβολίας, αναφέρεται στην λειτουργία του πλοίου στη θέση στάσης του μέσα στο λιμάνι.



Εικόνα 10: Γραφική αναπαράσταση των καταστάσεων λειτουργίας (Trozzi,et.al,1998)

Μετά την άφιξή του το πλοίο στο λιμάνι, συνεχίζει να εκπέμπει κατά τη διάρκεια που βρίσκεται στην αποβάθρα (hotelling phase) αφού απαιτείται η συνεχής παραγωγή ισχύος και ηλεκτρισμού, προκειμένου να ικανοποιηθούν ανάγκες όπως ο φωτισμός του πλοίου, θέρμανση, ψύξη, αερισμός. Συγκεκριμένα, τα γνωστά σε όλους μας επιβατηγά – οχηματαγωγά πλοία (ferry boat), δεν έχουν τόσο σημαντικά ποσοστά εκπομπών κατά τη φάση παραμονής στο λιμάνι και των ελιγμών, όσο κατά τη φάση της πλεύσης. Αντιθέτως, τα κρουαζιερόπλοια και η συνεχής λειτουργία των λεβήτων και των βοηθητικών μηχανών κατά τη παραμονή στο λιμάνι, ευθύνονται για τις υψηλές απαιτήσεις ισχύος και κατά συνέπεια για τα μεγάλα ποσοστά εκπομπών. Οι εκπομπές πρέπει να εκτιμούνται ξεχωριστά για κάθε φάση λειτουργίας, προκειμένου να έχουμε ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα.

4.1 Υπολογιστικές μέθοδοι εκπομπών πλοίων

Ο υπολογισμός των εκπομπών ρύπων από τα πλοία αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία αφού εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους, όπως το τύπο του πλοίου και του φορτίου που μεταφέρουν, την διαμόρφωση των συστημάτων τροφοδοσίας ενέργειας, τους κινητήρες, και τέλος των διαφορετικών τρόπων λειτουργίας τους ανάλογα με την περιοχή πλεύσης. Ο υπολογισμός των εκπομπών γίνεται με τον συνδυασμό της απαιτούμενης ενέργειας του πλοίου εκφρασμένης σε κιλοβατώρες (kWh) και ενός συντελεστή εκπομπών σε μονάδες μάζας ρύπου ανά μονάδα ενέργειας από τον κινητήρα, δηλαδή κιλοβατώρες.

Η εξίσωση υπολογισμού είναι (WPCI, 2010):

$$E = E_{\text{ENERGY}} \times EF \quad [\text{eq.1}]$$

όπου ο όρος της ενέργειας (E_{ENERGY}) αποτελεί έναν συνδυασμό της μέγιστης συνεχούς ονομαστικής ισχύος (MCR) σε kW, του συντελεστή φορτίου (LF) που εκφράζει το φορτίο λειτουργίας του κινητήρα ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου και είναι αδιάστατος, και του χρόνου λειτουργίας (Act) σε h σε κάθε κατάσταση λειτουργίας. Ο όρος της ενέργειας δίνεται από την σχέση:

$$E_{\text{ENERGY}} = \text{MCR} \times \text{LF} \times \text{Act} \quad [\text{eq.2}]$$

Ο συντελεστής του κινητήρα πρόωσης υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\text{LF} = (\text{Actual speed} / \text{Max speed})^3 \quad [\text{eq.3}]$$

Ενώ ο χρόνος λειτουργίας είναι ο λόγος της απόστασης (Distance) σε ναυτικά μίλια προς την πραγματική ταχύτητα του πλοίου σε knots:

$$Act = (Distance / AS) \quad [eq.4]$$

4.2. Λεπτομερής μέθοδος υπολογισμού

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν έχουμε λεπτομερή δεδομένα για την κίνηση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά (ισχύς κινητήρα, μέγεθος κινητήρα), τον τύπο καυσίμου και τις ώρες για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου. Για τα εμπορικά πλοία, η συγκεκριμένη μέθοδος υπολογίζει τις εκπομπές από τη ναυσιπλοΐα για ένα ταξίδι, αθροίζοντας τις επιμέρους εκπομπές που προκύπτουν από τις διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου (Νικολουδάκης, 2015)

$$E_{trip} = E_{hotelling} + E_{manoeuvring} + E_{cruising} \quad [eq.5]$$

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

$$E_{trip, i, j, m} = \sum (FC_{j, m, p} \times EF_{i, j, m, p}) \quad [eq.6]$$

όπου E_{trip} είναι οι εκπομπές από ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους), FC η κατανάλωση καυσίμου (σε τόνους) και EF ο συντελεστής εκπομπών ($kg / \text{τόνο}$). Ο συντελεστής i αναφέρεται στον τύπο ρύπων (NO_x , CO_2 , PM), j στον τύπο του κινητήρα (αργής, μεσαίας και υψηλής ταχύτητας diesel, αεριοστρόβιλος, ατμοστρόβιλος), m ο τύπος καυσίμου (bunker fuel oil, marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO) και όπου p οι καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου, κρουαζιέρα (cruising), ελιγμοί (maneuvering) και διανυκτέρευση (hotelling).

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

$$E_{trip, i, j, m} = \sum (T_p \sum (P_e \times LF_e \times EF_{e, i, j, m, p})) \quad [eq.7]$$

όπου, P η ονομαστική ισχύς κινητήρα (kW), T ο χρόνος (σε ώρες), το EF ο συντελεστής εκπομπών (kg/kWh), και e κατηγορία κινητήρα (κύριοι, βοηθητικοί, λέβητες). Συνολικά, προκειμένου να απλοποιήσουμε τη διαδικασία υπολογισμού των εκπομπών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν τύπο υπολογισμού που αφορά τις εκπομπές της κύριας και των βοηθητικών μηχανών ταυτόχρονα κατά τη διάρκεια των ελιγμών και ένα τύπο υπολογισμού που αφορά, τις εκπομπές της κύριας και των βοηθητικών μηχανών, κατά τη θέση αγκυροβολίας (Trozzi, et.al., 1998). Συγκεκριμένα:

$$EM = TM \times [(ME \times LFME \times EFME) + (AE \times LFAE \times EFAE)] \times 10^{-6} \quad [eq.8]$$

$$EB = TB \times [(ME \times LFME \times EFME) + (AE \times LFAE \times EFAE)] \times 10^{-6} \quad [eq.9]$$

Όπου, EM ή EB οι εκπομπές του πλοίου κατά τη διάρκεια των ελιγμών ή στη θέση αγκυροβολίας αντίστοιχα σε τόνους και TM ο χρόνος που απαιτείται κατά τη διάρκεια των ελιγμών (h) και TB ο χρόνος που απαιτείται κατά τη θέση αγκυροβολίας (h). ME και AE είναι η ισχύς των κύριων και των βοηθητικών μηχανών αντίστοιχα σε kW. EFME και EFAE ο συντελεστής εκπομπών για την κύρια και βοηθητική μηχανή αντίστοιχα σε g/kW h. Διαφέρει για τους διάφορους ρύπους. Τέλος το LFME και LFAE είναι ο συντελεστής φορτίου της κύριας και βοηθητικής μηχανής αντίστοιχα. Το LFME στην αγκυροβόληση είναι μηδέν και οι συντελεστές διαφέρουν το χειμώνα και το καλοκαίρι.

Στην περίπτωση των λεβητών (boilers), οι εκπομπές υπολογίζονται με βάση το ρυθμό κατανάλωσης καυσίμου και το χρόνο δραστηριότητας. Ο υπολογισμός γίνεται ως εξής:

$$Eb = F \times T \times EF \quad [eq.10]$$

όπου Eb είναι οι εκπομπές από τα boiler (g), F ο ρυθμός κατανάλωσης καυσίμου (tonne of fuel/hour), T η χρονική δραστηριότητα πλοίου (h) και EF είναι ο συντελεστής εκπομπών (g / tonne of fuel).

5

5. Περιγραφή σεναρίου και αποτελέσματα υπολογιστικής μεθόδου

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε μια μελέτη για τις εκπομπές ρύπων από τα κρουαζιερόπλοια που επισκέφτηκαν το λιμάνι Ηρακλείου το 2016. Είναι γνωστό ότι τα κρουαζιερόπλοια κατά τη παραμονή τους στο λιμάνι ευθύνονται κατά μεγάλο ποσοστό για την ατμοσφαιρική ρύπανση στην περιοχή λόγω της μεγάλης επισκεψιμότητας τους στα ελληνικά λιμάνια, των πολλών ωρών φιλοξενίας τους καθώς και της αυξημένης ενεργειακής τους ζήτησης. Κατά την διάρκεια της αγκυροβόλησης τους έχουν υψηλές απαιτήσεις ισχύος και κατά συνέπεια για τα μεγάλα ποσοστά εκπομπών αφού απαιτούν τη συνεχή λειτουργία των λεβήτων και των βοηθητικών μηχανών τους. Έτσι για εκτίμηση των ρύπων χρησιμοποιήθηκε η απλοποιημένη μορφή υπολογισμού που περιλαμβάνει μόνο τις δύο καταστάσεις λειτουργίας: ελιγμοί και αγκυροβόλιο (eq 8 και 9). Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε ξεχωριστά για τις εκπομπές αέριων ρύπων (NO_x, SO₂ και PM). Το Celestyal Olympia επιλέχθηκε ως αντιπροσωπευτικό κρουαζιερόπλοιο με τις περισσότερες επισκέψεις στο Λιμάνι του Ηρακλείου το έτος 2016 και υπολογίστηκε η ετήσια συνεισφορά του στους ρύπους.

5.1. Το λιμάνι του Ηρακλείου

Η Κρήτη βρίσκεται σε σπουδαία γεωπολιτική θέση, στο κέντρο της Ανατολικής Μεσογείου, στη τομή των διεθνών ναυτιλιακών γραμμών Γιβραλτάρ - Σουέζ και της Μαύρης Θάλασσας με την υπόλοιπη Μεσόγειο. Αποτελεί κέντρο του εμπορίου, εξυπηρετεί στρατιωτικούς σκοπούς και τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει ιδιαίτερη τουριστική ανάπτυξη με αύξηση τόσο στα δρομολόγια των εγχώριων ακτοπλοϊκών γραμμών όσο και της επισκεψιμότητας κρουαζιερόπλοιων.

Το Λιμάνι του Ηρακλείου είναι το δεύτερο λιμάνι της χώρας μετά τον Πειραιά που προσφέρει υπηρεσίες ως λιμάνι αρχής και τέλους κρουαζιέρας. Το Επιβατικό Λιμάνι του Ηρακλείου είναι το τρίτο (3ο) σε διακίνηση επιβατών στην Ελλάδα και εξυπηρετεί ετησίως περίπου 2εκ. επιβάτες και πάνω από 300.000 οχήματα (www.portheraclion.gr). Κάθε μέρα σε τακτική γραμμή προς το λιμάνι του Πειραιά αναχωρούν τουλάχιστον δυο μεγάλα και σύγχρονα πλοία των κρητικών ναυτιλιακών γραμμών, ενώ υπάρχει απευθείας σύνδεση με πολλά λιμάνια του Αιγαίου και με το Λιμάνι της

Θεσσαλονίκης.

Το Λιμάνι του Ηρακλείου βρίσκεται στη μέση περίπου της βόρειας ακτογραμμής της Κρήτης στην συμβολή τριών ηπείρων με γεωγραφικό πλάτος και μήκος 35.16N και 25.10E αντίστοιχα (Πιτσιρίκου, 2013). Αποτελεί την κύρια πύλη εισόδου-εξόδου της πόλης και του νησιού και καλή οδική διασύνδεση προς την πόλη του Ηρακλείου, το αεροδρόμιο Νίκος Καζαντζάκης και την Εθνική Οδό (Ε.Ο.90) του Βορείου Οδικού Άξονα της Κρήτης (εικόνα 11).



Εικόνα 11: Το Λιμάνι Ηρακλείου σε μικρή απόσταση από το Αεροδρόμιο και το κέντρο της πόλης (www.portheraclion.gr).

Στην εικόνα 12 φαίνεται το λιμάνι του Ηρακλείου και στην εικόνα 13 ο χάρτης του λιμανιού που δείχνει τις θέσεις αγκυροβόλησης των καραβιών καθώς και κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά του λιμανιού.



Εικόνα 12: Λιμάνι Ηρακλείου (www.portheraclion.gr).



Συμβολισμός:

- Επιβατηγά
- Φορτηγά
- Δεξαμενόπλοια
- Ταχύπλοα
- Ρυμουλκά, Πλοηγοί
- Κότερα & άλλα
- Αλιευτικά
- Βοηθ. Ναυσιπλοΐας
- Απροσδιόριστο
- Πλοία Κινούμενα
- Αγκυροβολημένα

Εικόνα 13: Χάρτης λιμανιού (www.portheraclion.gr).

5.2. Περιγραφή της κίνησης των κρουαζιερόπλοιων εντός του Λιμένα Ηρακλείου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην ενότητα 3.1 τα πλοία μόλις μπουν μέσα στο λιμάνι πρέπει να σταματήσουν και στη συνέχεια με κατάλληλους ελιγμούς να πλησιάσουν αργά την προκαθορισμένη εκείνη θέση που θα πλευρίσουν. Ταυτόχρονα, γίνεται πρόσδεση των σχοινιών του πλοίου στις δέστρες του κρηπιδότοιχου και με έλξη τους σιγά και αργά με βαρούλκα του ίδιου του πλοίου, παίρνει τη τελική σταθερή θέση του στον κρηπιδότοιχο όπου και προσδένεται. Πιο συγκεκριμένα όταν το πλοίο περάσει το στόμιο της εισόδου του λιμανιού και μέχρι αυτό να πάρει τη τελική οριστική του θέση στον κρηπιδότοιχο περνάει και σταματάει σε μία θέση πάνω στην πορεία της εισόδου του. Μετά πρέπει να εκτελέσει ορισμένους ελιγμούς και αργά να πλησιάσει σε παράλληλη θέση στον κρηπιδότοιχο στον οποίο προβλέπεται να πλευρίσει. Αφού πλευρίσει στον κρηπιδότοιχο

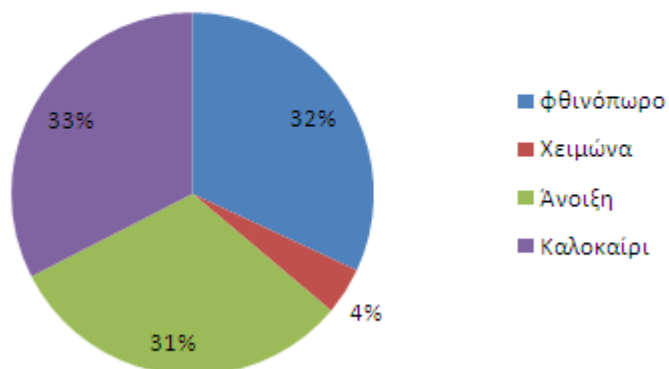
θα προσδεθεί στις δέστρες του, για όσο χρονικό διάστημα χρειαστεί (hotelling phase). Στην αποχώρηση του θα πραγματοποιήσει πάλι ελιγμούς ώστε να αποκτήσει τη κατάλληλη κατεύθυνση για την έξοδο του από το λιμάνι του Ηρακλείου. Η αποβάθρα και οι βασικές διαδρομές που εκτελούνται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Ηρακλείου απεικονίζονται στην εικόνα 14. Η κίτρινη πορεία Δκίτρινο = 1,7 km που φαίνεται είναι το δρομολόγιο που ακολουθούν συνήθως όταν μπαίνουν και βγαίνουν από το λιμάνι και είναι αυτή που χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς των ρύπων. Η κόκκινη διαδρομή Δκόκκινο = 1,5 km δεν χρησιμοποιείται σχεδόν ποτέ από τα κρουαζιερόπλοια (Πιτσιρίκου, 2013, Συρράκος, 2014).



Εικόνα 14: Πορείες εντός του λιμένα του Ηρακλείου προς τα σημεία πρόσδεσης των κρουαζιερόπλοιων. Δκόκκινο = 1,5 km , Δκίτρινο = 1,7 km (Συρράκος, 2014).

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνονται τα ποσοστά επισκεψιμότητας των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου ανά εποχή και αυτό μας οδήγησε να ασχοληθούμε με τους φθινοπωρινούς, ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες του έτους 2016.

Επισκέψεις Κρουαζιερόπλοιων στο Λιμάνι του Ηρακλείου το έτος 2016



Εικόνα 15: Ποσοστά επισκεψιμότητας κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου του έτους 2016 ανά εποχή.

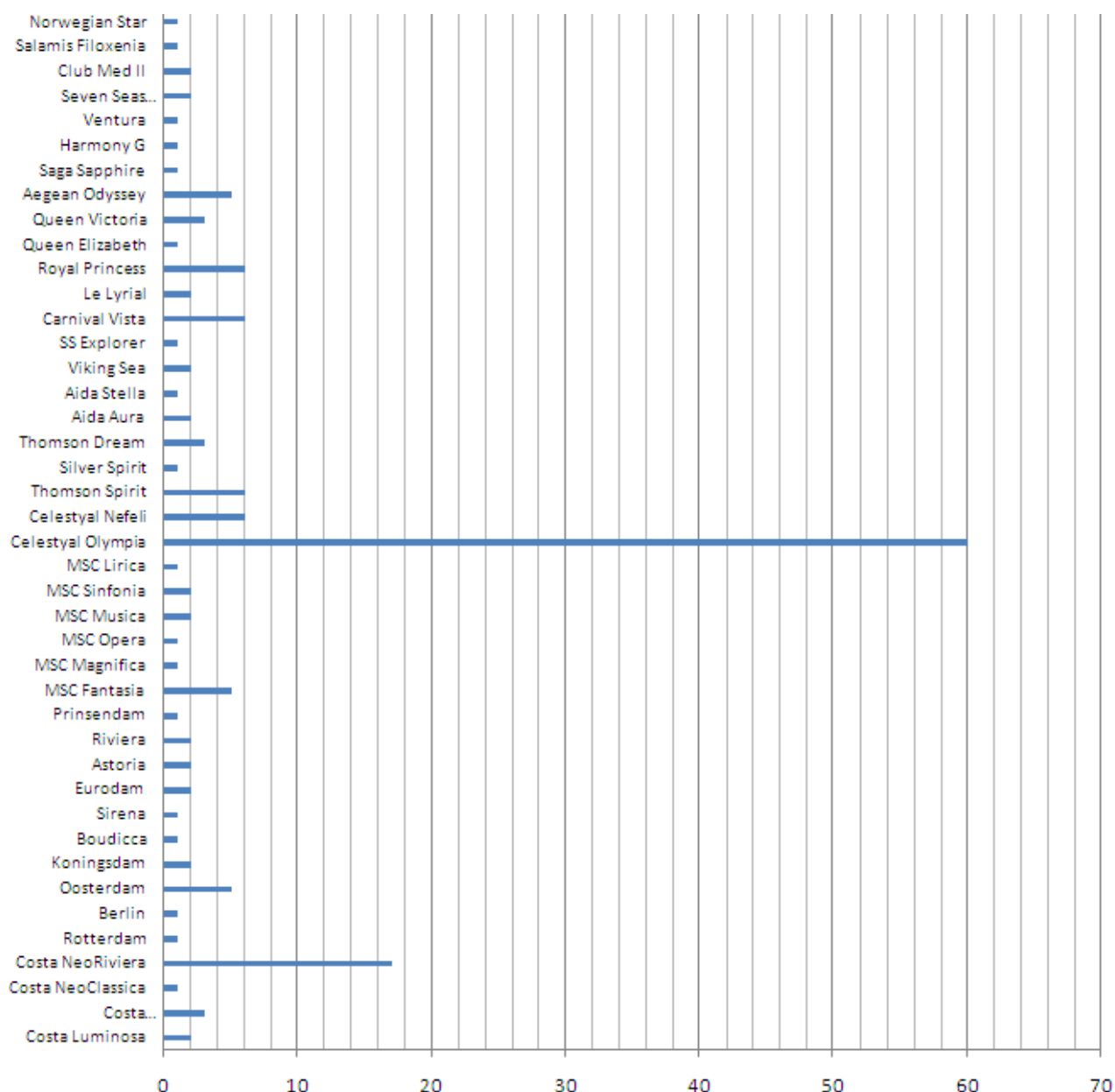
Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τα δρομολόγια και τις ώρες παραμονής των κρουαζιερόπλοιων για το έτος 2016, συγκεντρώθηκαν από την επίσημη ιστοσελίδα του λιμένος Ηρακλείου. Από επεξεργασία των διαθέσιμων στοιχείων επιλέχθηκε για τους υπολογισμούς μας το κρουαζιερόπλοιο Celestyal Olympia. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω ραβδόγραμμα το κρουαζιερόπλοιο αυτό έχει συνολικά την μεγαλύτερη επισκεψιμότητα στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2016. Στους πίνακες 6 και 7 αλλά και στο ραβδόγραμμα που ακολουθεί (εικόνα 16) φαίνεται ξεκάθαρα η μεγάλη συνεισφορά του Celestyal Olympia αφού έχει 60 επισκέψεις ετησίως με συνολικό χρόνο παραμονής του στο λιμάνι του Ηρακλείου να φθάνει τις 390 h έναντι των 1480.5 h. Δείχνει δηλαδή ότι η παραμονή του ξεπερνάει το 25% του συνολικού χρόνου παραμονής όλων των κρουαζιερόπλοιων. Επιπλέον όπως είδαμε και στην εικόνα 15 τα κρουαζιερόπλοια έχουν μεγαλύτερα ποσοστά επισκεψιμότητας στο λιμάνι του Ηρακλείου τους φθινοπωρινούς, ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες (σε ποσοστά 32%, 31% και 33% αντίστοιχα) και ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξεως του 4% τον χειμώνα. Όμως το Celestyal Olympia δεν προσδένει καθόλου στο λιμάνι τον χειμώνα (πίνακας 6) και έτσι δεν θα μας απασχολήσουν οι μήνες Δεκέμβριος, Ιανουάριος και Φεβρουάριος.

Πίνακας 6: Επισκέψεις και ώρες παραμονής του Celestyal Olympia στο λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2016.

Μήνες	Επισκέψεις Του Celestyal Olympia	Συνολικές Ώρες Παραμονής
Ιανουάριος	0	0
Φεβρουάριος	0	0
Μάρτιος	6	39
Απρίλιος	8	52
Μάιος	8	52
Ιούνιος	9	58.5
Ιούλιος	9	58.5
Αύγουστος	8	52
Σεπτέμβριος	9	58.5
Οκτώβριος	3	19.5
Νοέμβριος	0	0
Δεκέμβριος	0	0
Σύνολο	60	390

Πίνακας 7: Συνολικός χρόνος παραμονής κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2016.

Μήνες	Συνολικός Χρόνος Παραμονής όλων των κρουαζιερόπλοιων (h)	Συνολικός Χρόνος Παραμονής Celestyal Olympia (h)
Ιανουάριος	28.5	0
Φεβρουάριος	14	0
Μάρτιος	138.5	39
Απρίλιος	179	52
Μάιος	122	52
Ιούνιος	153.5	58.5
Ιούλιος	164.5	58.5
Αύγουστος	131	52
Σεπτέμβριος	241	58.5
Οκτώβριος	215.5	19.5
Νοέμβριος	64	0
Δεκέμβριος	29	0
Σύνολο	1480.5	390



Εικόνα 16: Συνολικός ετήσιος αριθμός επισκέψεων του κάθε κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2016.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν για το κρουαζιερόπλοιο Celestyal Olympia στην υπολογιστική μέθοδο, ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων Sea-web (<https://www.ihs.com>). Το κρουαζιερόπλοιο όπως φαίνεται και στην εικόνα 17 διαθέτει 4 4-χρόνες κύριες μηχανές (main engines) Wärtsila Sulger 8ZL40/48 με συνολική ισχύ 16476 KW (4119 KW η κάθε μηχανή) και 5 βοηθητικές μηχανές (auxiliary generators) Wärtsila 6R32 με συνολική ισχύ 8600KW (1720KW η καθεμία).

The screenshot displays the technical specifications for the Celestyal Olympia cruise ship on the IHS Maritime website. The page is organized into several sections:

- Ship Information:** Ship Name: CELESTYAL OLYMPIA, IMO/LR No.: 7927984, Call Sign: 9HA3027, MMSI No.: 229051000, Flag: Malta, Operator: Celestyal Cruises SA, Shipbuilder: Wartsila Ab - Helsinki.
- Shiptype:** Passenger/Cruise, Gross: 37,773, Deadweight: 5,000, Year of Build: 1982, Status: In Service/Commission.
- Machinery Overview:** 4 oil engines with clutches, flexible couplings & single reduction geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 145 rpm Total Power: Mcr 16,476kW (22,400hp) Service Speed: 20.50kts.
- Prime Mover Detail:** Design: Sulzer, Engine Builder: Oy Wartsila Ab - Finland, 4 x 8ZL40/48, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical), 8 Cy, 400 x 480, Mcr: 4,119 kW (5,600 hp) at 530 rpm.
- Auxiliary Engines:** Design: Wartsila, Engine Builder: Wartsila, 5 x 6R32, 4 Stroke 6Cy, 320 x 350.
- Boilers:**
- Auxiliary Generators:** Aux Generator: 5 x 1,720kW 450V 60Hz a.c.
- Bunkers:**

A sidebar on the left lists various categories like Ownership, Commercial History, Class, Surveys, CONSTRUCTION, CARGO & GEAR, MACHINERY, CLASSIFIED, Event Timeline, Photographs, Equasis, Inmarsat, MOVEMENTS, Fixtures, and Ship Performance. A 'Feedback' button is visible on the right side of the page.

Εικόνα 17: Τεχνικά χαρακτηριστικά του κρουαζιερόπλοιου Celestyal Olympia (<https://www.ihs.com>)

5.3. Παραδοχές και αποτελέσματα της υπολογιστικής μεθόδου

Λόγω έλλειψης τεχνικών χαρακτηριστικών στη βάση δεδομένων σε ορισμένα πλοία, κυρίως όσον αφορά τους βοηθητικούς κινητήρες και το είδος καυσίμου που χρησιμοποιούν έγιναν κάποιες παραδοχές προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία υπολογισμού. Συγκεκριμένα, υποθέτουμε ότι:

1. το μεγαλύτερο ποσοστό κρουαζιερόπλοιων, υποστηρίζονται μηχανικά από diesel ηλεκτρική διάταξη κινητήρα (2-χρονους και 4-χρόνους). Οι κύριες μηχανές, δίνουν κίνηση στο πλοίο κατά τη πλοήγηση και κατά τους ελιγμούς και οι βοηθητικές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για άλλες λειτουργίες.
2. Χρησιμοποιούνται μεσαίας ταχύτητας κινητήρες (medium speed diesel engines).
3. Χρησιμοποιούν ως καύσιμο το marine diesel oil.
4. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η βάση δεδομένων δεν περιέχει στοιχεία για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών μηχανών. Αυτό συμβαίνει, διότι βάση νομοθεσίας οι ίδιοι οι πλοιοκτήτες δεν υποχρεώνονται να παραχωρούν τα στοιχεία των βοηθητικών μηχανών. Στη συγκεκριμένη υπολογιστική μέθοδο, χρησιμοποιήθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών γεννητριών (auxiliary generators). Κατά την διάρκεια του ελλιμενισμού τα πλοία δεν σβήνουν καθόλου τις βοηθητικές μηχανές τους (ηλεκτρομηχανές) οι οποίες είναι συνεχώς σε λειτουργία.
5. Βάση υπολογισμού (Πιτσιρίκου, 2013), θεωρήθηκε ότι η απόσταση που διανύει το

κρουαζιερόπλοιο από το σημείο που θα περάσει το στόμιο του λιμανιού μέχρι το σημείο που θα αγκυροβολήσει είναι 1.70 km.

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

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

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

Για τους υπολογισμούς των εκπομπών ρύπων χρησιμοποιήθηκε η απλοποιημένη υπολογιστική μέθοδος εξισώσεις 8 και 9 για τους ελιγμούς και την αγκυροβόληση αντίστοιχα. Ο πίνακας 8 περιλαμβάνει τις τιμές των φορτίων μηχανής και τους συντελεστές εκπομπών για την κύρια και την βοηθητική μηχανή.

Πίνακας 8: Συντελεστές φορτίου και συντελεστές εκπομπών ρύπων κύριας και βοηθητικής μηχανής αντίστοιχα ((Πιτσιρίκου, 2013, EMEP/EEA, 2013).

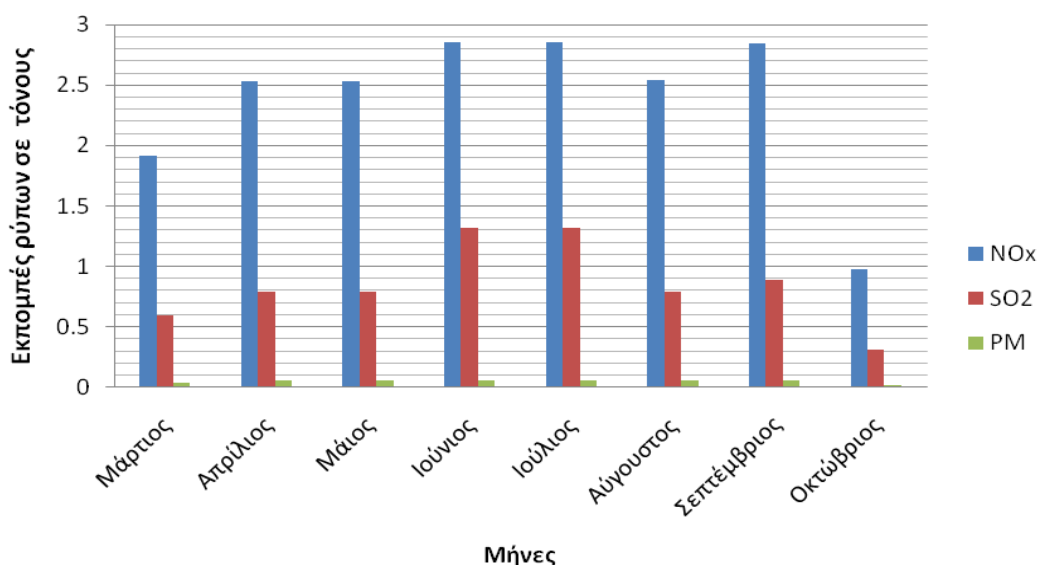
Engine power	Load Factor (Summer) manouvering	Load Factor (Summer) berthing	Load Factor (Rest of the year) manouvering	Load Factor (Rest of the year) berthing	Emission Factor (NO _x) (g/kwh)	Emission Factor (SO ₂) (g/kwh)	Emission Factor (PM) (g/kwh)
Main	0.2	0	0.2	0	13.9	4.5	0.9
Auxiliary	0.75	0.6	0.6	0.4	10.6	4.3	0.3

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Πίνακας 9: Ετήσιες εκπομπές ρύπων του κρουαζιερόπλοιου Celestyal Olympia στο λιμάνι του Ηρακλείου το 2016.

Μήνας	Αφίξεις	Συνολικός Χρόνος Παραμονής (h)	Εκπομπές NO _x (τόνοι)	Εκπομπές SO ₂ (τόνοι)	Εκπομπές PM (τόνοι)	Μηνιαίο Σύνολο (τόνοι)
Ιανουάριος	0	0	0	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0	0	0	0
Μάρτιος	6	39	1.914	0.597	0.042	2.553
Απρίλιος	8	52	2.535	0.789	0.056	3.380
Μάιος	8	52	2.535	0.789	0.056	3.380
Ιούνιος	9	58.5	2.854	1.320	0.063	4.237
Ιούλιος	9	58.5	2.854	1.320	0.063	4.237
Αύγουστος	8	52	2.543	0.791	0.056	3.390
Σεπτέμβριος	9	58.5	2.846	0.885	0.062	3.793
Οκτώβριος	3	19.5	0.981	0.308	0.022	1.311
Νοέμβριος	0	0	0	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0	0	0	0
Ετήσιο Σύνολο	60	390	19.062	6.799	0.420	26.281

Το ετήσιο συνολικό ποσό εκπομπής αέριων ρύπων από το κρουαζιερόπλοιο Celestyal Olympia υπολογίστηκε να είναι 26.281 τόνοι για το έτος 2016 που αντιστοιχεί σε συνολικό χρόνο παραμονής του πλοίου 390 ώρες. Συγκεκριμένα οι εκπομπές NO_x αποτέλεσαν το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών 19.062 τόνοι. Τα υψηλότερα ποσά εκπομπών NO_x υπολογίστηκαν κατά τη διάρκεια του Ιουνίου και Ιουλίου με 2.854 τόνους στον καθένα και ακολουθεί ο μήνας Αύγουστος με 2.543 τόνους. Κάτι αναμενόμενο αφού θεωρείται τουριστική περίοδος με αυξημένη κινητικότητα κρουαζιερόπλοιων. Ακολουθεί στις μετρήσεις η εκπομπή SO₂ με συνολικά 6.799 τόνους ετησίως με μεγαλύτερη πάλι ποσότητα εκπομπής κατά τη διάρκεια του Ιουνίου και Ιουλίου με 1.32 τόνους στον κάθε μήνα. Το SO₂ παράγεται από τη χρήση καυσίμων υψηλής περιεκτικότητας σε θείο κατά συνέπεια οι εκπομπές αυτές μπορούν να περιοριστούν με τη κατανάλωση καλύτερης ποιότητας καυσίμων με μειωμένη περιεκτικότητα σε θείο. Η ετήσια εκπομπή των αιωρούμενων σωματιδίων PM βρέθηκε 0.420 τόνοι πολύ μικρότερη σχετικά με τους άλλους ρύπους που περιγράψαμε. Είναι πολύ σημαντικό που τα ποσοστά των μικροσκοπικών σωματιδίων διατηρούνται ιδιαίτερα χαμηλά, αφού είναι αυτά που προκαλούν τους μεγαλύτερους κινδύνους στην υγεία. Στο παρακάτω ραβδόγραμμα απεικονίζονται συγκριτικά οι ποσότητες των ρύπων (NO_x, SO₂ και PM) ανά μήνα για το έτος 2016 και φαίνονται οι μεγάλες διαφορές στις συγκντρώσεις των PM.



Εικόνα 17: Ετήσιες εκπομπές ρύπων (NO_x, SO₂, PM) του κρουαζιερόπλοιου ανά μήνα για το έτος 2016.

Οι εκπομπές αερίων ρύπων από τους κινητήρες των πλοίων εντός του λιμένα, κατά τον ελλιμενισμό τους στην περίπτωση των κρουαζιερόπλοιων συμβάλλουν σημαντικά στις συνολικές εκπομπές. Με βάση τους υπολογισμούς οι συνολικές εκπομπές NO_x ετησίως για τη φάση ελλιμενισμού αγγίζουν τους 18.65 τόνους, ενώ οι εκπομπές για τη φάση των ελιγμών τους 0.41 τόνους, αντίστοιχα (πίνακας 10).

Πίνακας 10: Οι εκπομπές ρύπων NO_x σε τόνους, ανά μήνα για τις καταστάσεις ελιγμών και αγκυροβόλησης.

celestial olympia	man(Nox ton)	berth (Nox)	total
Ιανουάριος	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0
Μαρτιος	0.048698937	1.864824	1.913523
Απριλιος	0.048698937	2.486432	2.535131
Μάιος	0.048698937	2.486432	2.535131
Ιουνιος	0.056737404	2.797236	2.853973
Ιουλιος	0.056737404	2.797236	2.853973
Αυγουστος	0.056737404	2.486432	2.543169
Σεπτεμβριος	0.048698937	2.797236	2.845935
Οκτωβριος	0.048698937	0.932412	0.981111
Νοεμβριος	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0
total	0.413706896	18.64824	19.06195

Στην περίπτωση του SO₂ έχουμε 6.63 τόνους ρύπου για την περίπτωση της αγκυροβόλησης έναντι 0.17 τόνους για την κατάσταση ελιγμών (πίνακας 11). Πολύ μικρότερο είναι και το ποσοστό κατά τη διάρκεια των εκπομπών για τα PM 0.40 τόνους έναντι 0.017 τόνους αυτή των ελιγμών (πίνακας 12). Το αυξημένο ποσοστό εκπομπών κατά τη παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι, οφείλεται στη συνεχή λειτουργία των βοηθητικών κινητήρων και λεβήτων για τις ώρες παραμονής τους.

Πίνακας 11: Οι εκπομπές ρύπων SO₂ σε τόνους, ανά μήνα για τις καταστάσεις ελιγμών και αγκυροβόλησης.

celestial olympia	man(SO ₂ ton)	(berth (SO ₂))	total
Ιανουάριος	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0
Μαρτιος	0.019696652	0.576888	0.596585
Απριλιος	0.019696652	0.769184	0.788881
Μάιος	0.019696652	0.769184	0.788881
Ιουνιος	0.022183372	1.297998	1.320181
Ιουλιος	0.022183372	1.297998	1.320181
Αυγουστος	0.022183372	0.769184	0.791367
Σεπτεμβριος	0.019696652	0.865332	0.885029
Οκτωβριος	0.019696652	0.288444	0.308141
Νοεμβριος	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0
total	0.165033377	6.634212	6.799245

Πίνακας 12: Οι εκπομπές ρύπων PM σε τόνους, ανά μήνα για τις καταστάσεις ελιγμών και αγκυροβόλησης

celestial olympia	man(PM ton)	(berth (PM))	total
Ιανουάριος	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0
Μαρτιος	0.002023483	0.040248	0.042271
Απριλιος	0.002023483	0.053664	0.055687
Μάιος	0.002023483	0.053664	0.055687
Ιουνιος	0.002196975	0.060372	0.062569
Ιουλιος	0.002196975	0.060372	0.062569
Αυγουστος	0.002196975	0.053664	0.055861
Σεπτεμβριος	0.002023483	0.060372	0.062395
Οκτωβριος	0.002023483	0.020124	0.022147
Νοεμβριος	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0
total	0.01670834	0.40248	0.419188

Όπως ήταν αναμενόμενο, οι εκπομπές στο αγκυροβόλιο ήταν υψηλότερες το καλοκαίρι, όταν η ζήτηση ισχύος της βοηθητικής μηχανής για τις ξενοδοχειακές υπηρεσίες κορυφώνεται και ελαχιστοποιούνται το φθινόπωρο. Ο λόγος εκπομπών λ = εκπομπές από κίνηση και ελιγμούς/ εκπομπές από παραμονή στο αγκυροβόλιο, αυξάνεται το φθινόπωρο και την άνοιξη και μειώνεται το καλοκαίρι, παρόλο που η επισκεψιμότητα στο λιμάνι είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι. Αυτό συμβαίνει διότι η αύξηση των εκπομπών από παραμονή στο αγκυροβόλιο είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των ελιγμών.

Η ευρεία εποχιακή διακύμανση των εκπομπών στο λιμάνι του Ηρακλείου οφείλεται αφενός στην αυξημένη κίνηση κατά τους θερινούς μήνες και αφετέρου και κυριότερα στις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά την παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο αγκυροβόλιο, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη μέθοδο υπολογισμού των εκπομπών με τον συντελεστή φορτίου κινητήρα (κύριου και βοηθητικού). Οι συντελεστές φορτίου είναι αυξημένοι κατά τους θερινούς μήνες (πίνακας 8).

6

6. Αποτελέσματα με το λογισμικό AERMOD

Οι συγκεντρώσεις των ρύπων διοξειδίου του θείου SO_2 , ολικών οξειδίων του αζώτου NO_x και των μικροσωματιδίων PM καταγράφονται στις θέσεις των αποδεκτών με την χρήση του λογισμικού AERMOD της Εταιρίας Περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) των ΗΠΑ. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν τα ανεμολογικά δεδομένα του έτους 2016 τα οποία είναι πολύ κοντά στο σήμερα και σχετικά πλήρη. Έτσι για όλες τις ημέρες του 2016 που το Celestyal Olympia επισκέφτηκε το λιμάνι του Ηρακλείου πραγματοποιήθηκαν με επιτυχία τα υπολογιστικά τρεξίματα με το AERMOD εκτός από τις ημέρες 17/4/2016, 12/6/2016, 31/7/2016 και 18/9/2016 λόγω έλλειψης μετεωρολογικών δεδομένων. Τέλος, η απεικόνιση των αποτελεσμάτων έγινε με το λογισμικό μετεπεξεργασίας AERPLOT. Το AERPLOT χρησιμοποιεί τα αρχεία εξόδου του AERMOD και επιστρέφει αρχεία, τα οποία εισάγονται στο ευρέως διαδεδομένο λογισμικό Google Earth. Με τη διαδικασία αυτή, στο Google Earth εμφανίζονται όλοι οι κόμβοι του υπολογιστικού πλέγματος, χρωματισμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε με τη βοήθεια μιας χρωματικής παλέτας να μπορούν να είναι ορατές οι περιοχές στις οποίες η συγκεντρωση του εν λόγω ρύπου είναι μεταξύ κάποιων τιμών (σχετικά μικρού εύρους).

6. 1. Συνθήκες υπολογισμού

Η μελέτη αυτή επικεντρώνεται στην πρόβλεψη των συγκεντρώσεων NO_x , SO_2 και PM που παράγονται από το αντιπροσωπευτικό κρουαζιερόπλοιο Celestyal Olympia στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2016 με την χρήση του λογισμικού AERMOD. Έτσι τοποθετήθηκε η πηγή (καμινάδα του πλοίου) στην προτεινόμενη θέση (www.heraklionport.gr) αγκυροβόλησης κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι. Με τη βοήθεια του GoogleEarth εντοπίζονται οι συντεταγμένες της πηγής και η θέση αυτή απεικονίζεται στην εικόνα 21 ως κεντρική (zero_zero). Οι ημέρες που επιλέχθηκαν για τα υπολογιστικά τρεξίματα του AERMOD είναι οι πραγματικές ημέρες όπου το Celestyal Olympia επισκέπτεται το λιμάνι του Ηρακλείου κατά τη διάρκεια όλου του έτους 2016. Το

ημερολόγιο επισκέψεων βρίσκεται στην επίσημη ιστοσελίδα του λιμανιού (www.heraklionport.gr).

Στους πίνακες 13 και 14 φαίνονται οι ημέρες για τους αντιπροσωπευτικούς μήνες Σεπτέμβριο και Ιούλιο. Παρατηρείται λοιπόν ότι οι επισκέψεις πραγματοποιούνται Κυριακές και Πέμπτες με κάποιες μικρές εξαιρέσεις ενώ οι ώρες που έρχεται και φεύγει από το λιμάνι είναι πάντα 5:30 το πρωί με 12:00 το μεσημέρι δηλαδή έχει διάρκεια παραμονής 6.5 ώρες και είναι όλες πρωινές ώρες. Αν και το πλοίο έμενε στο λιμάνι πάντα για τις 6.5 αυτές τις πρωινές ώρες πραγματοποιήθηκαν και τρεξίματα θεωρώντας ότι η πηγή (καμινάδα πλοίου) ήταν εκεί όλο το 24ώρο. Αυτό έγινε για να είναι εφικτή η συσχέτιση της διασποράς ρύπων με τις μετεωρολογία αφού έτσι θα εξεταστούν και άλλες ώρες της ημέρας (μεσημέρι, απόγευμα και βράδυ). Έξαλλου το Aermod κρατάει στη μνήμη του συγκεντρώσεις μόνο της προηγούμενης ώρας άρα αυτό δεν θα επηρεάσει τα αποτελέσματά μας. Παρόλα αυτά πραγματοποιήθηκαν και τρεξίματα με την πηγή ενεργή μόνο το διάστημα αυτό που το πλοίο πραγματικά προσδένει στο λιμάνι και συγκεκριμένα για τις ώρες 5:00-12:00.

Πίνακας 13: Ημερολόγιο επισκέψεων του Celestyal Olympia για το μήνα Σεπτέμβριο 2016.

Σεπτέμβριος 2016					
Πλοίο	Ημερομηνία	Ημέρα	Ωρα	Διάρκεια Παραμονής (h)	Επιβάτες
Celestyal Olympia	1/9/2016	Πέμπτη	05:30-12:00	6,5	1664
	4/9/2016	Κυριακή	05:30-12:00	6,5	1664
	8/9/2016	Πέμπτη	05:30-12:00	6,5	1664
	11/9/2016	Κυριακή	05:30-12:00	6,5	1664
	15/9/2016	Πέμπτη	05:30-12:00	6,5	1664
	18/9/2016	Κυριακή	05:30-12:00	6,5	1664
	22/9/2016	Πέμπτη	05:30-12:00	6,5	1664
	25/9/2016	Κυριακή	05:30-12:00	6,5	1664
	29/9/2016	Πέμπτη	05:30-12:00	6,5	1664

Πίνακας 14: Ημερολόγιο επισκέψεων του Celestyal Olympia για το μήνα Ιούλιο 2016.

Ιούλιος 2016					
Πλοίο	Ημερομηνία	Ημέρα	Ώρα	Διάρκεια Παραμονής (h)	Επιβάτες
Celestyal Olympia	3/7/2016	Κυριακή	05:30-12:00	6,5	1664
	7/7/2016	Πέμπτη	05:30-12:00	6,5	1664
	10/7/2016	Κυριακή	05:30-12:00	6,5	1664
	14/7/2016	Πέμπτη	05:30-12:00	6,5	1664
	17/7/2016	Κυριακή	05:30-12:00	6,5	1664
	21/7/2016	Πέμπτη	05:30-12:00	6,5	1664
	24/7/2016	Κυριακή	05:30-12:00	6,5	1664
	28/7/2016	Πέμπτη	05:30-12:00	6,5	1664
	31/7/2016	Κυριακή	05:30-12:00	6,5	1664

6. 2. Ετήσιες ωριαίες συγκεντρώσεις ρύπων και μετεωρολογία

Στη περίπτωση των NO_x και του SO₂ τα τρεξίματα έγιναν για μέσες ωριαίες τιμές ενώ για τα PM για μέσες 24-ωρες τιμές ώστε να μπορέσουν να συγκριθούν με τα νομοθετικά όρια (Πίνακας 15). Τα τρεξίματα έγιναν με το πλοίο αγκυροβολημέβο στο λιμάνι για όλο το 24ώρο.

Πίνακας 15: Τα νομοθετικά όρια για τους ρυπαντές (The Ministry of Climate and Environment, 2004).

Αέριοι Ρύποι	Συγκέντρωση	Χρονικό Διάστημα	Περιθώριο ανοχής
SO ₂	350 µg/m ³	1 hour	Η οριακή τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 24 φορές το ημερολογιακό έτος
	125 µg/m ³	24 hours	Η οριακή τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 3 φορές το ημερολογιακό έτος
NO ₂	200 µg/m ³	1 hour	Η οριακή τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 18 φορές το ημερολογιακό έτος
	40 µg/m ³	1 year	
PM ₁₀	50 µg/m ³	24 hours	Η οριακή τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 30 φορές το ημερολογιακό έτος
	40 µg/m ³	1 year	

Οι μέγιστες μέσες τιμές κάθε ημέρας για όλους τους μήνες όπως αυτές προκύπτουν από τα αποτελέσματα του Aermod είναι συγκεντρωμένα στον πίνακα που ακολουθεί και για τους τρεις

ρύπους. Φαίνεται λοιπόν ότι υπάρχουν μέρες (έντονα μαυρισμένα γράμματα) που υπερβαίνουν τα όρια της νομοθεσίας για την περίπτωση του NO_x. Όπως φαίνεται οι περισσότερες υπερβάσεις γίνονται τον μήνα Ιούνιο όπου και στις 16/6/2016 παρατηρείται η μέγιστη υπέρβαση όλου του χρόνου.

Πίνακας 16: Μέγιστες μέσες τιμές για NO_x, SO₂ και PM για όλο το έτος 2016.

	Μέγιστη μέση ωριαία τιμή NO _x (μg/m ³)	Μέγιστη μέση ωριαία τιμή SO ₂ (μg/m ³)	Μέγιστη μέση ωριαία τιμή PM (μg/m ³)
Σεπτέμβριος			
1/9/2016	33.4188	10.3427	0.2306
4/9/2016	48.7994	15.1028	0.2089
11/9/2016	44.8067	13.8671	0.2007
15/9/2016	48.7994	4.7978	0.0305
22/9/2016	48.597	15.0402	0.1289
25/9/2016	32.8956	10.1808	0.2488
29/9/2016	50.8812	15.7471	0.2365
Οκτώβριος			
2/10/2016	366.6486	113.4733	0.4507
6/10/2016	46.5583	14.4092	0.159
9/10/2016	302.5795	93.6447	0.3788
Μάρτιος			
13/3/2016	38.0316	11.7703	0.1357
17/3/2016	253.574	78.4781	0.3553
20/3/2016	34.8163	10.7752	0.1542
24/3/2016	36.5358	11.3074	0.0995
27/3/2016	82.3325	25.4809	0.1517
31/3/2016	29.4189	9.1048	0.094
Απρίλιος			
3/4/2016	81.5042	25.2246	0.2283
7/4/2016	41.2833	12.7767	0.2278
10/4/2016	88.7252	27.4594	0.186
14/4/2016	331.3196	102.5394	0.4021
21/4/2016	128.0569	39.6321	0.2694
24/4/2016	365.7163	113.1848	0.4554
28/4/2016	22.904	7.0885	0.0423
Μάιος			
5/5/2016	42.4791	13.1468	0.1883
8/5/2016	39.1016	12.1015	0.2146
12/5/2016	36.4479	11.2802	0.3631
15/5/2016	45.2841	14.0149	0.0954

19/5/2016	339.1247	104.955	0.3624
22/5/2016	36.6967	11.3572	0.1535
26/5/2016	215.7473	66.7712	0.4507
29/5/2016	47.6181	14.7372	0.1679
Ιούνιος			
2/6/2016	589.7596	182.3755	0.6801
5/6/2016	394.13	121.8795	0.4811
9/6/2016	75.123	23.2308	0.3641
16/6/2016	842.8568	260.6425	0.9688
19/6/2016	52.7129	16.3008	0.2338
23/6/2016	50.6574	15.6651	0.3657
26/6/2016	143.4299	44.3538	0.2244
30/6/2016	584.9954	180.9022	0.6318
Ιούλιος			
3/7/2016	53.9997	16.6987	0.4254
7/7/2016	53.1729	16.443	0.3836
10/7/2016	49.2529	15.2308	0.4532
14/7/2016	663.7436	205.254	0.8108
17/7/2016	42.9802	13.2911	0.3387
21/7/2016	43.3033	13.391	0.3901
24/7/2016	51.281	15.858	0.4263
28/7/2016	50.0089	15.4646	0.4422
Αύγουστος			
4/8/2016	48.0995	14.8741	0.3647
7/8/2016	55.3011	17.1011	0.2695
11/8/2016	417.137	128.9942	0.4506
14/8/2016	38.634	11.9471	0.3349
18/8/2016	70.9345	21.9356	0.2941
21/8/2016	213.5546	66.039	0.2804
25/8/2016	61.6634	19.0686	0.3517
28/8/2016	46.7148	14.4459	0.2238

Για τις ημέρες που παρατηρήθηκε υπέρβαση των ορίων εκπομπής NO_x, συλλέχθηκαν όπως λαμβάνονται από το αρχείο (name).SFC του Aermet το μήκος Monin - Obukhov L που είναι κριτήριο για την κατάσταση ευστάθειας της ατμόσφαιρας, η ταχύτητα του ανέμου (wind speed) και η κατεύθυνση του ανέμου (wind direction). Τα ανεμολογικά αυτά δεδομένα θα μας δώσουν πληροφορίες σχετικά με τη διασπορά των ρύπων στην ατμόσφαιρα και την κατεύθυνση τους. Τα δεδομένα αυτά μαζί με τις μέγιστες μέσες ωριαίες τιμές με τις συντεταγμένες τους στο χώρο και την ώρα που αυτές παρατηρούνται καταγράφονται στον Πίνακα 17.

Πίνακας 17: Παράμετροι L , v , φ για τις ώρες που η τιμή NO_x ξεπερνάει τα όρια της νομοθεσίας.

Ημερομηνία	Μέγιστη ωριαία τιμή NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	X συντεταγμένη της μέγιστης τιμής (m)	Y συντεταγμένη της μέγιστης τιμής (m)	Ωρα μέγιστης τιμής	Monin Obukhov L	wind speed v	wind direction φ
2/10/2016	366.6486	0	-2500	20	2.7	1.5	360
9/10/2016	302.5795	800	-2200	18	4.1	2.1	340
17/3/2016	253.574	500	-2800	22	3.6	2.1	350
14/4/2016	331.3196	1900	-2300	19	2	1	320
24/4/2016	365.7163	0	-2500	20	2.7	1.5	360
19/5/2016	339.1247	0	-2400	20	2.6	1.5	360
26/5/2016	215.7473	0	-2600	20	1.7	1	360
2/6/2016	589.7596	1600	-2900	20	3.6	2.1	330
5/6/2016	394.13	100	-3000	20	1	0.5	360
16/6/2016	842.8568	1600	-2900	22	2.5	1.5	330
30/6/2016	584.9954	0	-2400	5	2.5	1.5	360
14/7/2016	663.7436	0	-2700	20	1.7	1	360
11/8/2016	417.137	-1500	-2600	20	2.5	1.5	30
21/8/2016	213.5546	1700	-2100	20	7	2.6	320

Στον πίνακα 18 φαίνεται η συσχέτιση του μήκους Monin-Obukhov L με την κατάσταση ατμοσφαιρικής σταθερότητας. Έτσι φαίνεται ότι για υψηλές θετικές τιμές του L , η κατάσταση ατμόσφαιρας είναι ουδέτερη. Για $L > 0$ έχουμε πρόσδοση θερμότητας από τον αέρα προς το έδαφος και ευσταθή κατάσταση ατμόσφαιρας ενώ για $L < 0$ παρατηρείται αστάθεια.

Πίνακας 18: Ταξινόμηση της ατμοσφαιρικής σταθερότητας με κριτήριο το μήκος Monin-Obukhov (Sathe., 2010).

Ταξινόμηση της ατμοσφαιρικής σταθερότητας	Μήκος Monin-Obukhov (L)
Πολύ σταθερή	$10 \leq L \leq 50 \text{ m}$
Σταθερή	$50 \leq L \leq 200 \text{ m}$
Σχεδόν-ουδέτερη σταθερή	$200 \leq L \leq 500 \text{ m}$
Ουδέτερη	$ L \geq 500 \text{ m}$
Σχεδόν-ουδέτερη ασταθής	$-500 \leq L \leq -200 \text{ m}$
Ασταθής	$-200 \leq L \leq -100 \text{ m}$
Πολύ ασταθής	$-100 \leq L \leq -50 \text{ m}$

Από τον πίνακα 17 φαίνεται ξεκάθαρα ότι η τιμή Monin Obukhov L έχει πολύ μικρές θετικές τιμές σε όλες αυτές τις περιπτώσεις δηλαδή τα μέγιστα εντοπίζονται σε καταστάσεις ευστάθειας της

ατμόσφαιρας και μάλιστα σε όλες τις περιπτώσεις πλην μίας στις 30/6/2016 αργά το βράδυ (18:00, 19:00, 20:00 και 22:00). Κοινό επίσης χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων των ημερών που εμφανίζουν τις μέγιστες συγκεντρώσεις NO_x είναι οι χαμηλές ταχύτητες του ανέμου. Στον πίνακα 19 παρουσιάζονται οι τιμές του Monin Obukhov L για κάθε ώρα της αγκυροβόλησης του πλοίου. Εκείνες τις ώρες της ημέρας το L είναι κυρίως αρνητικό αφού είναι νωρίς το πρωί, με την ατμόσφαιρα πολύ ασταθή.

Πίνακας 19: Monin Obukhov L, ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου για τις πραγματικές ώρες αγκυροβόλησης του πλοίου.

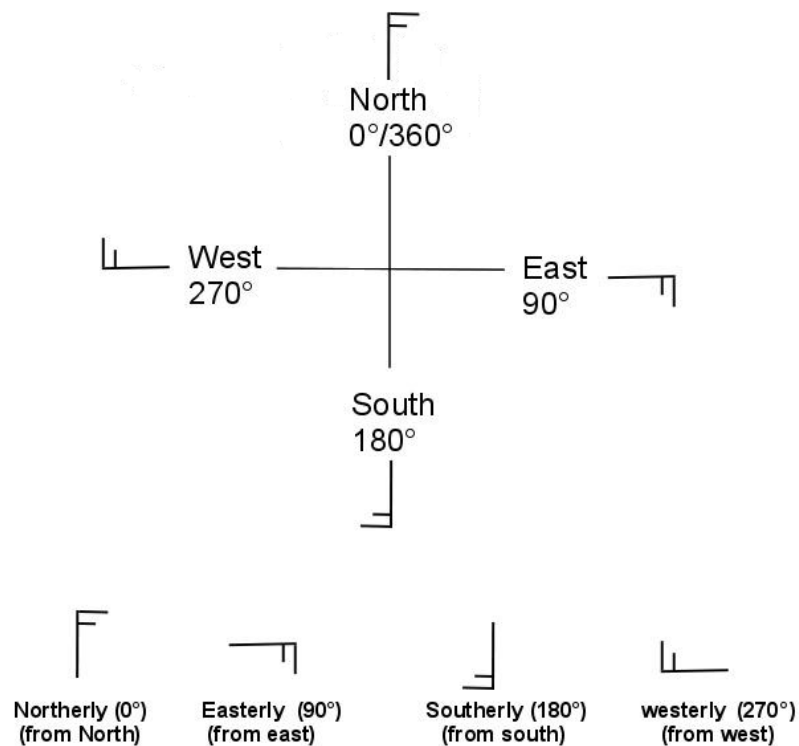
	Monin Obukhov L					
Ημερομηνία	6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00
2/10/2016	306	-195.5	-99999	-99999	-2.6	-2.4
9/10/2016	455.7	-1551.4	-33.2	-2	-4	-3.7
17/3/2016	103.1	-125.1	-50.2	-31.1	-33	-22
14/4/2016	-99999	-99999	-99999	-99999	-2.2	-2.1
24/4/2016	-99999	-343.9	-4.8	-2.5	-11	-3.1
19/5/2016	-73.7	-1.2	-1.8	-1.5	-3.1	-5.6
26/5/2016	-318.1	-4.2	-19	-22.9	-20	-22.5
2/6/2016	-26.8	-9.2	-8.4	-1.5	-1.3	-1.3
5/6/2016	-99999	-8.6	-1.7	-1.4	-13	-12.4
16/6/2016	-95	-28.5	-23.7	-15.1	-13	-4.1
30/6/2016	-111.3	-44.4	-34.7	-27.5	-20	-26.6
14/7/2016	-1007.9	-99999	-1.8	-1.5	-3.1	-1.9
11/8/2016	-186.4	-20.7	-12.1	-9.4	-11	-12.7
21/8/2016	1531.5	-30.6	-33.4	-30.3	-37	-28.2
	Wind speed					
2/10/2016	3.1	2.1	0	0	2.6	2.6
9/10/2016	3.6	4.1	1.5	2.1	3.1	3.1
17/3/2016	5.1	4.1	5.1	5.1	5.7	5.1
14/4/2016	5.1	4.1	2.1	2.1	2.6	2.6
24/4/2016	999	3.6	3.1	2.6	5.1	3.1
19/5/2016	1.5	1.5	2.1	2.1	3.1	4.1
26/5/2016	2.6	2.6	5.7	6.7	6.7	7.2
2/6/2016	4.1	3.6	4.1	2.1	2.1	2.1
5/6/2016	1.5	3.6	2.1	2.1	5.7	5.7
16/6/2016	6.2	5.7	6.2	5.7	5.7	3.6
30/6/2016	6.7	6.7	7.2	7.2	6.7	7.7
14/7/2016	3.6	0	2.1	2.1	3.1	2.6
11/8/2016	5.7	4.6	4.6	4.6	5.1	5.7
21/8/2016	6.2	5.1	6.7	7.2	8.2	7.7

	Wind direction					
2/10/2016	170	170	0	0	40	20
9/10/2016	170	170	160	20	360	360
17/3/2016	350	360	330	350	350	340
14/4/2016	170	160	160	70	50	60
24/4/2016	999	160	300	360	340	350
19/5/2016	170	360	10	360	60	60
26/5/2016	160	310	300	310	300	310
2/6/2016	290	290	310	340	350	360
5/6/2016	9990	340	350	360	330	330
16/6/2016	300	300	300	300	320	310
30/6/2016	300	300	310	300	300	310
14/7/2016	160	0	360	360	350	360
11/8/2016	310	320	340	330	310	330
21/8/2016	300	310	300	300	310	300

Οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων NO_x στο έδαφος για τις ημέρες που παρατηρείται υπέρβαση των ορίων παρουσιάζονται στον παρακάτω χάρτη (εικόνα 18) στα αντίστοιχα σημεία του χώρου που αυτές έχουν εντοπιστεί. Οι συντεταγμένες των σημείων αυτών αναφέρονται και στον πίνακα 16. Στον χάρτη που ακολουθεί φαίνεται ξεκάθαρα η επίδραση της κατεύθυνσης του ανέμου. Χαρακτηριστική είναι η ημέρα 11/8 με κατεύθυνση ανέμου 30° βόρειος άνεμος από την πηγή το κατευθύνει προς το μέρος που εντοπίστηκε (ένα σημείο μόνο του). Η διεύθυνση του ανέμου απεικονίζεται και στην εικόνα 19 με τις αντίστοιχες ονομασίες του.



Εικόνα 18: Οι θέσεις των μεγιστων τιμών NOx για όλες τις ημέρες που ξεπερνούν τα όρια της νομοθεσίας.



Εικόνα 19: Διεύθυνση ανέμου και περιγραφή.

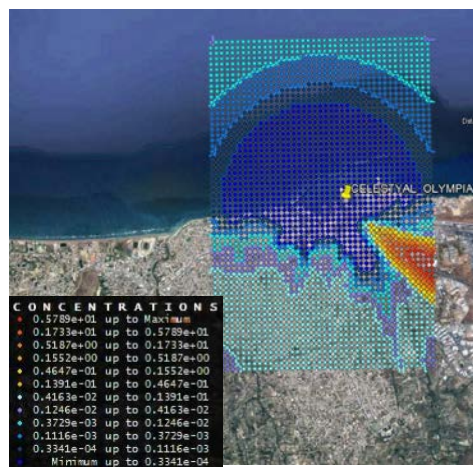
6. 3. Επίδραση μετεωρολογίας

Παρατηρείται ότι οι ροές των ρύπων όπως απεικονίζονται στα διαγράμματα των συγκεντρώσεων που ακολουθούν (εικόνα 20), συμβαδίζουν με τις ταχύτητες και τις διευθύνσεις των ανέμων έτσι όπως λαμβάνονται από τα μετεωρολογικά μας δεδομένα κατά το έτος 2016. Στις εικόνες που ακολουθούν απεικονίζονται οι μέσες ωριαίες τιμές συγκέντρωσης NO_x στο έδαφος για διαφορετικές ώρες που το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι από 06:00-13:00. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε ότι για τα τρεξίματα έχει εισαχθεί στο Aermod.inp αρχείο ένα celestyal_hourly.txt που επιτρέπει να εισάγεις τις ώρες που δουλεύει η πηγή. Το format αυτού του αρχείου περιγράφεται στο εγχειρίδιο χρήσης του Aermod (Aermod, 2004) και περιλαμβάνεται στο παράρτημα που βρίσκεται στο τέλος της πτυχιακής εργασίας.

Όπως βλέπουμε από την εικόνα 20α) που αναφέρεται στις 06:00 το πρωί το πλοίο είναι αγκυροβολημένο στο λιμάνι και παρατηρούμε το πλούμιο γύρω από την πηγή να κατευθύνεται προς την κατεύθυνση του ανέμου εκείνης της ώρας. Στις εικόνες 20 β) γ) και δ) η κατεύθυνση του ανέμου παραμένει σταθερή 300° (πίνακας 20) ενώ η θέση των μεγίστων τιμών αλλάζει και η συγκέντρωση τους σταδιακά αυξάνεται. Μέγιστη τιμή αποκτά στις 08:00 ενώ στις 10:00 και 11:00 η κατεύθυνση του ανέμου είναι ελαφρώς αλλαγμένη κατά 10-20°. Στις 13:00 η πηγή πλέον έχει φύγει και η συγκέντρωση αρχίζει να πέφτει. Οι τιμές του L είναι αρνητικές αφού παρατηρούμε φαινόμενο πρωινές ώρες με έντονη αστάθεια και μεγάλες ταχύτητες ανέμου κάτι που βοηθάει την διασπορά των ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 20: Μέγιστες τιμές εκπομπής NO_x, Monin-Obukhov, ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου για κάθε ώρα πραγματικής αγκυροβόλησης στο λιμάνι.

16/6/2016 Θεση κεντρο	Μέγιστη τιμή NO _x (μg/m ³)	X	Y	L	Wind speed	Wind direction
06:00	19.3425	2000	-1200	-95.0	6.20	300
07:00	41.8826	700	-400	-28.5	5.70	300
08:00	55.0010	500	-300	-23.7	6.20	300
09:00	54.0189	500	-300	-15.1	5.70	300
10:00	50.5958	500	-300	-13.3	5.70	320
11:00	44.0318	300	-400	-4.1	3.60	310
12:00	40.1790	300	-300	-12.2	5.70	300
13:00	37.3176	500	-300	-12.6	5.70	310



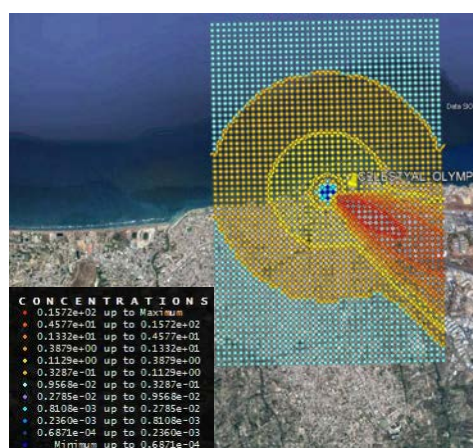
α) ώρα 06:00



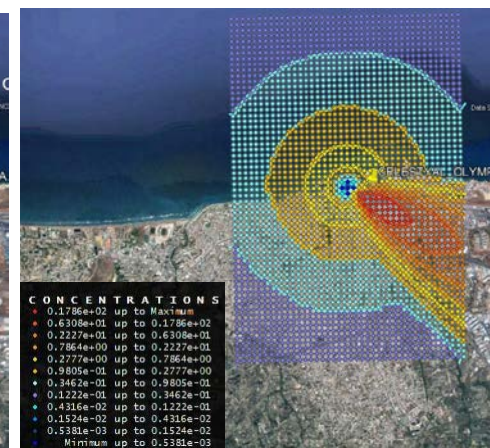
β) ώρα 07:00



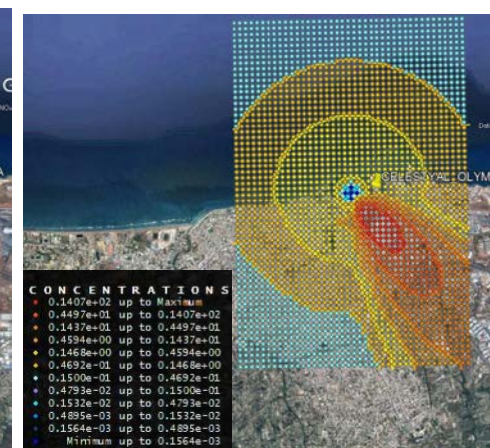
γ) ώρα 08:00



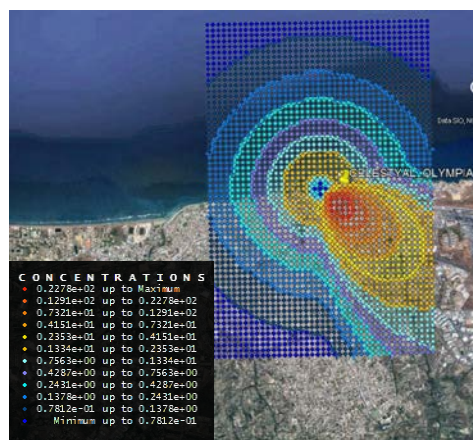
δ) ώρα 09:00



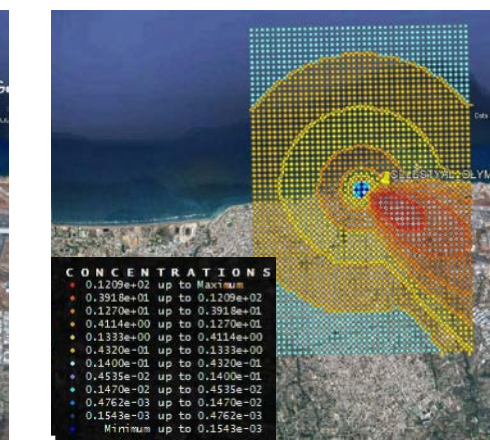
ε) ώρα 10:00



ζ) ώρα 11:00



η) ώρα 12:00



θ) ώρα 13:00

Εικόνα 20: Μέσες ωριαίες τιμές NOx σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 16/6/2016.

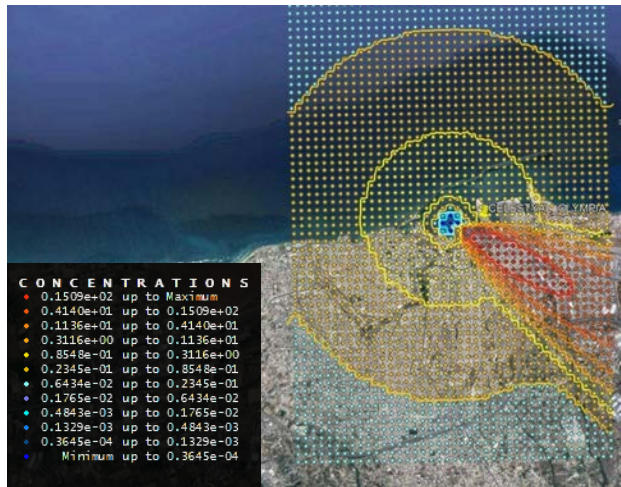
6. 4. Επίδραση θέσης ελλιμενισμού

Η ημέρα που παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ρύπανση είναι η 16/6/2016 η οποία επιλέχθηκε για περαιτέρω έρευνα αφού η μέγιστη τιμή NO_x στο έδαφος αγγίζει την τιμή 842.8568 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με όριο τα 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι θέσεις ελλιμενισμού δεν είναι συγκεκριμένες για το κάθε πλοίο αλλά καθορίζονται από τους αρμόδιους του Λιμεναρχείου σε συνεννόηση με τους καπετάνιους των πλοίων λίγο πριν μπουν στον χώρο του Λιμένα. Βασικοί λόγοι είναι η κίνηση των πλοίων εκείνη την χρονική στιγμή αλλά και οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Πάνω σε αυτό στηρίχθηκε η μελέτη της επίδρασης της θέσης ελλιμενισμού στη διασπορά των ρύπων. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι τρεις διαφορετικές θέσεις που επιλέχθηκαν για την στάθμευση του κρουαζιερόπλοιου για να εξεταστεί πως η θέση του κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι επηρεάζει την διασπορά ρύπων.

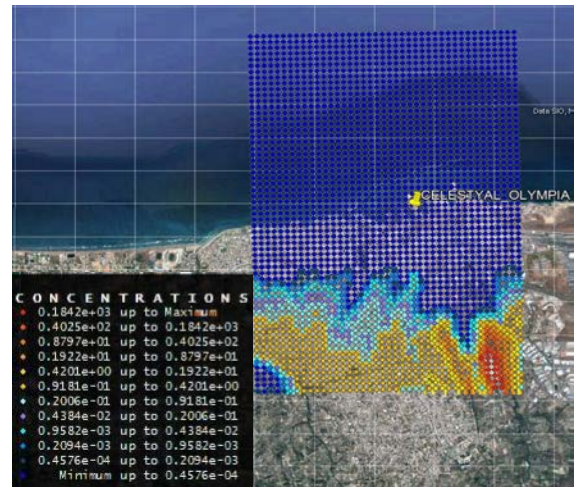


Εικόνα 21: Θέσεις αγκυροβόλησης του πλοίου.

Η εικόνα 22 δείχνει τις μέσες ωριαίες τιμές NO_x για τις τρεις διαφορετικές θέσεις που έχουν ελεγχθεί (κέντρο, δεξιά και αριστερά). Τα τρεξίματα έγιναν για τις 16/6/2016 για μία πρωινή ώρα (08:00) που το πλοίο αγκυροβολείται στο λιμάνι και παρουσιάζει το μέγιστο και την υποθετική βραδυνη ώρα (22:00) που αν θα βρισκόταν εκεί το πλοίο θα εμφάνιζε το μέγιστο της ημέρας που ξεπερνάει και το νομοθετικό όριο.



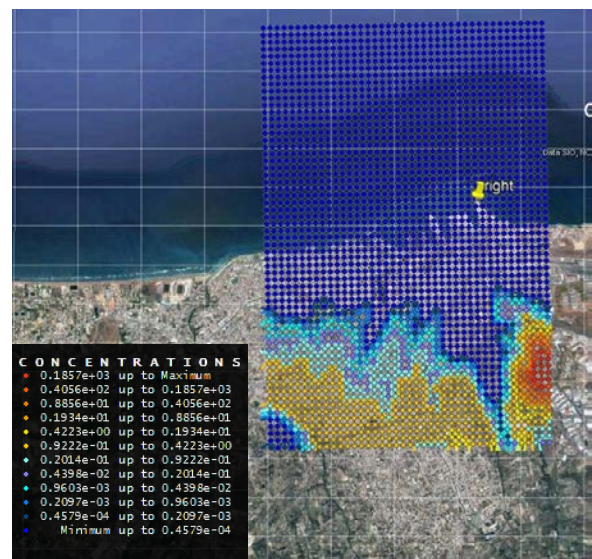
α) ώρα 08:00 θέση κέντρο



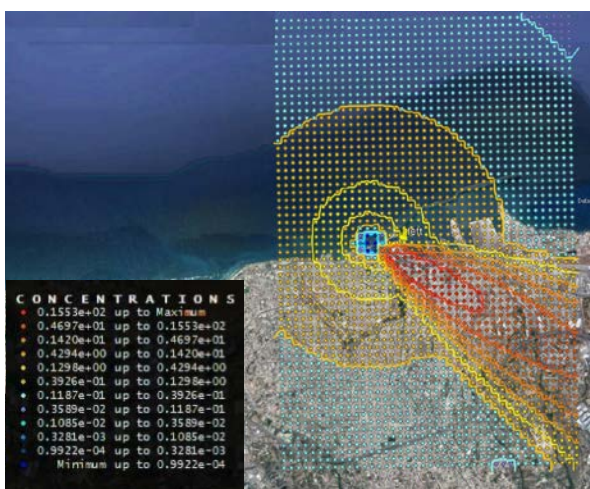
β) ώρα 22:00 θέση κέντρο



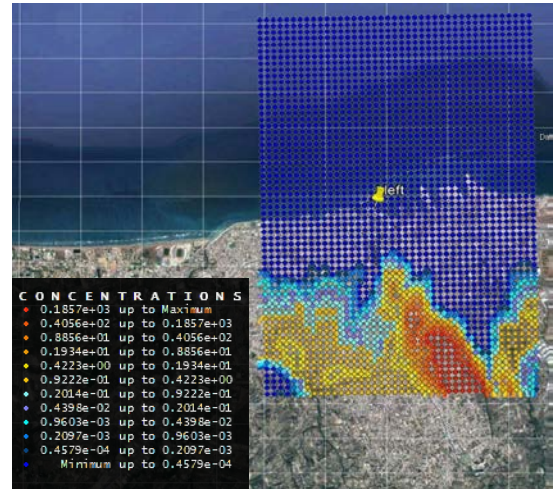
γ) ώρα 08:00 δεξιά θέση



δ) ώρα 22:00 δεξιά θέση



ε) ώρα 08:00 αριστερά θέση



ζ) ώρα 22:00 αριστερά θέση

Εικόνα 22: Μέσες ωριαίες τιμές NOx για τις διαφορετικές θέσεις αγκυροβόλησης του πλοίου.

Απο ότι φαίνεται η θέση του πλοίου επηρεάζει τις τιμές των συγκεντρώσεων καθώς και τις θέσεις των μεγίστων τιμών τους. Στον πίνακα που ακολουθεί είναι συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα και για τις τρεις διαφορετικές θέσεις για τους καλοκαιρινούς μήνες που παρουσιάζουν και τα περισσότερα μέγιστα. Οι ώρες αυτών των μεγίστων τιμών αναγράφονται στον πίνακα 17.

Πίνακας 21: Οι μέγιστες μέσες ωριαίες τιμές με τις αντίστοιχες συντεταγμένες τους σε διαφορετικές θέσεις του πλοίου στο λιμάνι για τις χειρότερες μέρες ρύπανσης του καλοκαιριού.

Θέση	Ημερομηνία	Μέγιστη μέση ωριαία τιμή NO _x (μg/m ³)	Διακύμανση	X συντεταγμένη της μέγιστης τιμής (m)	Y συντεταγμένη της μέγιστης τιμής (m)
Δεξιά	2/6/2016	642.3014	26%	600	-2900
Κέντρο	2/6/2016	589.7596		1600	-2900
Αριστερά	2/6/2016	508.2774		-800	-2700
Δεξιά	5/6/2016	642.3014	66%	600	-2900
Κέντρο	5/6/2016	394.13		100	-3000
Αριστερά	5/6/2016	387.3943		-800	-2700
Δεξιά	16/6/2016	850.5105	62%	2000	-1900
Κέντρο	16/6/2016	842.8568		1600	-2900
Αριστερά	16/6/2016	524.8469		600	-2300
Δεξιά	30/6/2016	521.4807	28%	-800	-2700
Κέντρο	30/6/2016	584.9954		0	-2400
Αριστερά	30/6/2016	665.8330		600	-2900
Δεξιά	14/7/2016	905.3339	40%	600	-2900
Κέντρο	14/7/2016	663.7436		0	-2700
Αριστερά	14/7/2016	644.6476		-800	-2800
Δεξιά	11/8/2016	350.4152	19%	-1100	-2600
Κέντρο	11/8/2016	417.137		-1500	-2600
Αριστερά	11/8/2016	401.2252		-1900	-2100
Δεξιά	21/8/2016	67.1084	218%	2000	-2100
Κέντρο	21/8/2016	213.5546		1700	-2100
Αριστερά	21/8/2016	162.9956		1600	-2900

7

Συμπεράσματα

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την ναυτιλία, κυριαρχεί σήμερα στην διεθνή και ευρωπαϊκή ατζέντα περιβαλλοντικής προστασίας. Εκτός από τους ρύπους που εκπέμπονται στην ανοιχτή θάλασσα, τα πλοία επιβαρύνουν με τις εκπομπές τους και τα λιμάνια που τα φιλοξενούν.

Η παρούσα λοιπόν εργασία πραγματεύτηκε την μελέτη υπολογισμού και διασποράς ρύπων από το κρουαζιερόπλοιο Celestyal Olympia κατά τις ημέρες των επισκέψεων του στο λιμάνι του Ηρακλείου κατά το έτος 2016. Για αυτό τον σκοπό χρησιμοποιήθηκε η απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού ρύπων και το λογισμικό Aermot το οποίο χρησιμοποιεί γκαουσιανά μοντέλα διασποράς. Τα γκαουσιανά μοντέλα ατμοσφαιρικής διασποράς είναι σημαντικά για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα, και τη βελτιστοποίηση των στρατηγικών αντιρρύπανσης. Είναι ένα εύχρηστο εργαλείο για την βραχυπρόθεσμη πρόγνωση των επιπέδων ρύπανσης. Επίσης δίδουν την δυνατότητα να εξεταστούν διάφορα σενάρια ατμοσφαιρικής ρύπανσης, και να προβλεφθεί το βέλτιστο ή το χειρότερο σενάριο εκπομπής ρύπων, βοηθώντας έτσι στην λήψη έκτακτων μέτρων.

Τα αποτελέσματα του Aermot έδειξαν ότι υπήρχαν μέρες μέσα στο έτος 2016 που οι τιμές των συγκεντρώσεων NOx στο έδαφος υπερβαίνουν τα όρια της νομοθεσίας μέχρι και ~ 400%. Για το SO₂ και τα PM δεν παρατηρήθηκε υπέρβαση του δοθέντος ωριαίου και ημερήσιου ορίου αντίστοιχα. Οι ώρες που η συγκέντρωση NOx εμφανίζει τις μέγιστες τιμές είναι κυρίως βραδυνές, όπου το μήκος Monin Obukhov L έχει πολύ μικρές θετικές τιμές και η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρή, άρα σε καταστάσεις ευστάθειας της ατμόσφαιρας. Ελέγχθηκε και η επίδραση της θέσης αγκυροβόλησης του πλοίου στα μέγιστα των συγκεντρώσεων καθώς και στις θέσεις των μεγίστων τιμών τους και βρέθηκε ότι μπορεί να τις επηρεάζει σημαντικά με μια διακύμανση που μπορεί να φτάνει και το 218 %.

Τέλος, όπως ήταν αναμενόμενο, οι εκπομπές στο αγκυροβόλιο ήταν υψηλότερες το καλοκαίρι, όταν η ζήτηση ισχύος της βοηθητικής μηχανής για τις ξενοδοχειακές υπηρεσίες κορυφώνεται και ελαχιστοποιούνται το φθινόπωρο. Ο λόγος εκπομπών λ = εκπομπές από κίνηση και ελιγμούς /

εκπομπές από παραμονή στο αγκυροβόλιο, αυξάνεται το φθινόπωρο και την άνοιξη και μειώνεται το καλοκαίρι, παρόλο που η επισκεψιμότητα στο λιμάνι είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι. Αυτό συμβαίνει διότι η αύξηση των εκπομπών από παραμονή στο αγκυροβόλιο είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των ελιγμών.

Βιβλιογραφία

AERMOD (2004), ``Description of model formulation'', USA EPA-454/R-03-004.

Agrawal, H., Malloy, Q. G. J., Welch, W. A., Miller, J. W. & Cocker, D. R. (2008). In-use gaseous and particulate matter emissions from a modern ocean going container vessel, *Atmospheric Environment*, 42, 5504-5510.

American Chemical Society, Copyright 2007, JAMES CORBETT of University of Delaware and Winebrake, J., Chair of science, technology and public policy in RIT's College of Liberal Arts.

Bouma, T. J., De Vries, M. B., Low, E., Kusters, L., Herman, P. M. J., Tánčzos, I. C., et al. (2005). Flow hydrodynamics on a mudflat and in salt marsh vegetation: identifying general relationships for habitat characterisations. *Hydrobiologia*, 540, 259-274.

Buhaug Ø., Corbett J., Winebrake J., Mjelde A., Hanayama S., Lindstad H., Paalsson C., Eyring V., and Lee D., Second IMO GHG study 2009 update of the 2000 GHG study: final report covering phrase 1 and prase 2, Longdon Imo, 2009.

Corbett, J. J., Fischbeck, P. S. & Pandis, S. N. (1999). Global Nitrogen and Sulfur Inventories for Ongoing Ships *Journal of Geophysical Research*, 104, 3457-3470

Corbett, J. J., Winebrake, J. J., Green, E. H., Kasibhatla, P., Eyring, V., & Lauer, A. (2007). Mortality from ship emissions: a global assessment. *Environmental Science & Technology*, 41(24), 8512-8518.

Doney, S. C., Mahowald, N., Lima, I., Feely, R. A., Mackenzie, F. T., Lamarque, J., et al. (2007). Impact of anthropogenic atmospheric nitrogen and sulfur deposition on ocean acidification and the inorganic carbon system. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 104(37), 14850-14855.

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, Technical guidance to prepare national emission inventories.

Endresen, Ø. , Sørsgard, E., , Sundet, J. K., Dalsøren, S.B., Isaksen, I. S. A., Berglen T.F. & Gravir, G. (2003). Emission from international sea transportation and environmental impact. *Journal of Geophysical Research*, 108(D17), 4560.).

Genc, S., Zadeoglulari, Z., Fuss, S. H., & Genc, K. (2012). The adverse effects of air pollution on the nervous system. *Journal of Toxicology*, 2012, 1-23.

Heywood J. B., *Internal Combustion Engine Fundamentals*, N. York: McGraw-Hill, 1988, 930.

<https://www.ihs.com>

[http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/245\(66\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/245(66).pdf) (Ανάκτηση Οκτ. 2016)

<http://www.porthera.klion.gr>

IMO (2009). Second IMO GHG study. London: International Maritime Organization (IMO), April, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/ocuments/GHGStudyFINAL.pdf> (Ανάκτηση Οκτ. 2015).

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

International Chamber of Shipping, Wikipedia, the free encyclopedia. 23-Aug-2013

Kaiser, M. J., Attrill, M. J., Jennings, S., Thomas, D. N., Barnes, D. K. A., Brierly, A. S., et al. (2005). Marine ecology. Processes, systems and impacts (1st ed.). Oxford: Oxford University Press.

Maffii S., Molocchi A., Chiffi C. TRT, Transport e Territorio Srl., External Costs of Maritime Transport, Policy Department Structural and Cohesion Policies, Directorate General Internal Policies of the Union. European Parliament, Brussels, 2007.

MAN B&W Diesel (2004). *Emission Control: MAN B&W Two-Stroke Diesel Engines*. Copenhagen: MAN.

Marpol 73/78 Annex VI, Emission Standards International: IMO Marine Engine Regulations, Wärtsilä 2009.

McKinney, M. L., Schoch, R. M., & Yonavyak, L. (2007). Environmental science. Systems and solutions (4th ed.). Sudbury: Jones and Bartlett Publishers.

MEPC Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships. Resolution MEPC.245(66), MEPC66/21 Annex 5, 2014

Miola A., Paccagnan V., Mannino I, Masarruto A., Perujo A, Turnavi M., External costs of Transportation Case Study: Maritime Transport JRC Scientific and Technical Reports, European Commission, Institute for Environment and Sustainability, 2009.

Moldanova, J., Fridell, E., Popovicheva, O., Demirdjian, B., Tishkova, V., Faccineto, A. & Focsa, C. (2009). Characterisation of particulate matter and gaseous emissions from a large ship diesel engine. *Atmospheric Environment*, 43, 2632-2641.

Phoenix, G. K., Emmett, B. A., Britton, A. J., Caporn, S. J. M., Dise, N. B., Helliwell, R., et al. (2012). Impacts of atmospheric nitrogen deposition: responses of multiple plant and soil parameters across contrasting ecosystems in long-term field experiments. *Global Change Biology*, 18(4), 1197-1215.

Reynolds, G. (2004). Operational Pollution from Shipping. Στο: Pinder D. & Slack B. (επιμ.). *Shipping and Ports in the Twenty-first Century*. N. York: Routledge.

Sathe A., Atmospheric stability and wind profile climatology over the North Sea - Case study at Egmond aan Zee, TORQUE 2010: The Science of Making Torque from Wind, June 28-30, Crete, Greece

Schrooten, L.; DE Vlieger, I.; Int Panis, L.; Chiffi, C.; Pastori, E., "Emissions of maritime transport: a reference system". Science of the Total Environment 408: 318–323, doi:10.1016/j.scitotenv.2009.07.03710.1186/1476-069X-9-64, 2009.

Stolt, M., Bradley, m., Turenne, J., Payne, M., Scherer, E., Cicchetti, G., et al. (2011). Mapping shallow coastal ecosystems: a case study of a rhode island lagoon. Journal of Coastal Research, 27(6A), 1-15.

The Environmental Impacts of Increased International Maritime Shipping 2008

The Ministry of Climate and Environment, "Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften) FOR 2004-06-01, 2004. [Online]. Available from: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/lldes?doc=/sf/sf/sf-20040601-0931.html#map040>. [Downloaded: 13-Mar-2017].

Trozzi C. and Vaccaro R., "Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships," *Techne Rep. Meet Rf98*, 1998.

Vidal J., Health risks of shipping pollution have been underestimated, The Guardian. Retrieved 2009-07-03

Whall, C., Stavrakaki, A., Ritchie, A., Geen, C., Shialis, T., Minchin, W., W., Cohen, A., Stokes, R., 2007, Concawe. Ship Emissions Inventory-Mediterranean Sea, Final Report, April 2007, Entec UK Limited, 47pp., 2007, 7160

"WHO | World Health Organization." [Online]. Available: <http://www.who.int/en/>. [Accessed: 21-Sep-2013].

World Port Climate Initiative (WPCI), 2010, Carbon Footprinting for Ports Guidance Document.

www.elime.gr

Ατμοσφαιρική ρύπανση από τη ναυτιλία. [Κεφάλαιο Συγγράμματος]. Στο Κοτρίκλα, Α. 2015. *Ναυτιλία και περιβάλλον*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 6. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/5482>.

Γιαννόπουλος Παναγιώτης (1994), ``Ατμοσφαιρική ρύπανση``, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Διαμαντάκης Δ. , Συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής των ναυτιλιακών καυσίμων low sulphur FO και LNG, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, 2014

Δούβρη Ε., Ατμοσφαιρική ρύπανση και η επίδραση της στην κλιματική αλλαγή, Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιά, 2009.

Ζαφειράτος Α., Έκπομπές αέριων ρύπων στους ελληνικούς λιμένες: η επίδραση των πλοίων

- Αριθμητική Προσομοίωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Αστικών Περιοχών από τη Λειτουργία Λιμανιών κρουαζιέρας', Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2015.
- Κουτούση Β., Καταλυτική αντιμετώπιση πτητικών οργανικών ρύπων (VOCs): παρούσα κατάσταση και προοπτικές, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2014.
- Μαρκάτος Ν.Χ. Εκτίμηση επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ολοκληρωμένο σχέδιο ρύπανσης και ολοκληρωμένο σχέδιο προστασίας των εργαζομένων στην παράκτια περιοχή του λιμένα του Πειραιά, Τελική έκθεση, ΕΜΠ, 2009.
- Μελάς Δημήτριος, 1997: Διασπορά Αερίων Ρύπων. Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Μουσιόπουλος Ν. , Μαθηματικά μοντέλα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης , Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Β΄ Έκδοση, Θεσσαλονίκη, 1999.
- Νικολουδάκης Γ., 'Ανάπτυξη πληροφοριακού συστήματος για την διαχείριση και τον υπολογισμό του ενεργειακού αποτυπώματος μέσω μαζικής μεταφοράς-εφαρμογή σε λιμάνια και κρουαζιερόπλοια', Μεταπτυχιακή Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2015.
- Πιτσιρίκου Κ., Υπολογισμός αέριας μόλυνσης σε λιμάνια : η περίπτωση του λιμανιού του Ηρακλείου, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2013.
- Συρράκος Σ., 'Υπολογισμός της αέριας ρύπανσης που οφείλεται στην προσέγγιση κρουαζιερόπλοιων σε λιμένες : οι περιπτώσεις των λιμανιών Πειραιά, Ηρακλείου και Σούδας', Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2014.
- Τσιμπούκης Β., Προσομοίωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης Πατρών με μοντέλο τύπου Gauss και εκτίμηση συμβολής πηγών ρύπανσης, Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2013.
- ΥΠΕΚΑ 2014, Annual Inventory Submission under the Convention and the Kyoto Protocol for Greenhouse and Other Gases for the Years 1990 – 2012. United Nations Framework Convention on Climate Change, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php

Παράρτημα

```
SO HOUREMIS 16 06 16 01 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 02 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 03 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 04 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 05 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 06 STACK9 19.92 573.2 22.0
SO HOUREMIS 16 06 16 07 STACK9 19.92 573.2 22.0
SO HOUREMIS 16 06 16 08 STACK9 19.92 573.2 22.0
SO HOUREMIS 16 06 16 09 STACK9 19.92 573.2 22.0
SO HOUREMIS 16 06 16 10 STACK9 19.92 573.2 22.0
SO HOUREMIS 16 06 16 11 STACK9 19.92 573.2 22.0
SO HOUREMIS 16 06 16 12 STACK9 19.92 573.2 22.0
SO HOUREMIS 16 06 16 13 STACK9 19.92 573.2 22.0
SO HOUREMIS 16 06 16 14 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 15 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 16 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 17 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 18 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 19 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 20 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 21 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 22 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 23 STACK9 0.000 0.000 0.00
SO HOUREMIS 16 06 16 24 STACK9 0.000 0.000 0.00
```

** AERMAP Control Pathway

**

CO STARTING

TITLEONE Test of AERMAP for Heraklion

TITLETWO Inputs from <http://earthexplorer.usgs.gov>

TERRHGTS EXTRACT

DATATYPE NED

DATAFILE n35_e024_3arc_v2.tif

DATAFILE n35_e025_3arc_v2.tif

** Ffor Heraklion, one file does not cover the whole

** area of interest. We need twwo.

** Domain options: UTM, LatLon w/neg.W, LatLon w/pos.W

DOMAINLL 24.9626 35.2320 25.3299 35.4559

** LatLon of bottom left (SW) and top right (NE) corner

** of the computation area rectangle

ANCHORXY 0. 0. 331543.30 3912764.00 35 0

** The number 34 above corresponds to Greece

** The number 35 is for Crete

DEBUGOPT RECEPTOR SOURCE HILL

```

    RUNORNOT  RUN
CO  FINISHED

** Next we define Source Position
*****
** AERMAP Receptor Pathway
*****
**
**
SO  STARTING
    LOCATION SRC1 POINT 0.0 0.0
SO  FINISHED

** Here we can add more sources, e.g SRC2, SRC3, etc

*****
** AERMAP Receptor Pathway
*****
**
**
RE  STARTING
    GRIDCART CART1 STA
                XYINC -2000.0 41 100.0 -3000.0 61 100.0
                ELEV   1 41*10.
    GRIDCART CART1 END
RE  FINISHED

** x direction:
** we start at -25000m from (0,0) and place 50 nodes with 1000m
spacing
** y direction:
** we start at -30000m from (0,0) and place 60 nodes with 1000m
spacing

*****
** AERMAP Output Pathway
*****
**
OU  STARTING
    SOURCLOC  HER_OLH.SOU
    RECEPTOR HER_OLH.ROU
    DEBUGSRC  HER_OLH_SRCDBG1.OUT  HER_OLH_SRCDBG2.OUT
HER_OLH_SRCDBG3.OUT
    DEBUGREC  HER_OLH_RECDBG1.OUT  HER_OLH_RECDBG2.OUT
HER_OLH_RECDBG3.OUT
    DEBUHIL   HER_OLH_CALCHCDBG.OUT
OU  FINISHED

```

```

JOB
  REPORT      Heraklion_S3.RPT
  MESSAGES    Heraklion_S3.MSG

METPREP
  DATA       Heraklion_MR.MET

  OUTPUT      Heraklion_MP.SFC
  PROFILE     Heraklion_MP.PFL

  LOCATION    167540 35.3437N 25.1420E  -2

  UAWINDOW    -7  +3

  METHOD       REFLEVEL  SUBNWS
  METHOD       WIND_DIR  NORAND

  NWS_HGT     WIND      6.1

  FREQ_SECT   ANNUAL  3

**  sea
  SECTOR      1  0    90
**  land
  SECTOR      2  90   270
**  sea
  SECTOR      3  270  360

**  Period  Sector  Albedo  Bowen  Roughness

**  sea
  SITE_CHAR  1  1    0.15    1.5  0.005
**  land
  SITE_CHAR  1  2    0.15    2.0  0.8
**  sea
  SITE_CHAR  1  3    0.15    1.5  0.005

**  167540 Heraklion GR

```

CO STARTING
 TITLEONE AERMOD Model for Heraklion
 MODELOPT CONC ELEV
 AVERTIME 1 24 PERIOD
 POLLUTID NOx
 RUNORNOT RUN
 FLAGPOLE 0.0

CO FINISHED

SO STARTING
 ELEVUNIT METERS
 LOCATION STACK9 POINT 0.00 0.00
 HOUREMIS celestyal.txt STACK9
 SRCPARAM STACK9 0.0 50.0 573.2 22.00 1.0
 SRCGROUP ALL

SO FINISHED

RE STARTING

RE ELEVUNIT METERS

GRIDCART		CART1	STA	XYINC	-2000.0	41	100.0	-3000.0	61	100.0
42.2	47.6	GRIDCART	CART1	ELEV	1	40.1	38.6	42.9	37.9	
84.7	85.7	GRIDCART	CART1	ELEV	1	59.8	79.5	85.1	84.3	
74.2	73.4	GRIDCART	CART1	ELEV	1	90.5	93.8	91.4	86.3	
96.4	96.9	GRIDCART	CART1	ELEV	1	79.1	84.5	90.2	94.8	
76.3	85.7	GRIDCART	CART1	ELEV	1	95.8	97.0	94.6	81.4	
42.4	50.6	GRIDCART	CART1	ELEV	1	92.0	88.8	75.2	54.8	
116.9		GRIDCART	CART1	ELEV	1	74.6	92.6	103.6	112.1	
45.3	53.2	GRIDCART	CART1	ELEV	2	37.4	36.3	38.4	39.7	
82.5	89.8	GRIDCART	CART1	ELEV	2	66.1	79.0	79.4	81.3	
73.8	71.2	GRIDCART	CART1	ELEV	2	90.9	91.8	87.7	86.5	
89.8	89.9	GRIDCART	CART1	ELEV	2	76.6	85.5	90.6	89.7	
79.3	89.4	GRIDCART	CART1	ELEV	2	89.0	89.4	83.7	74.0	
42.3	61.6	GRIDCART	CART1	ELEV	2	91.0	81.3	71.7	46.8	
114.5		GRIDCART	CART1	ELEV	2	79.1	94.2	105.2	110.1	
46.4	55.9	GRIDCART	CART1	ELEV	3	35.0	33.2	34.8	37.8	
82.9	88.8	GRIDCART	CART1	ELEV	3	72.6	77.1	76.6	79.2	
72.7	69.5	GRIDCART	CART1	ELEV	3	87.1	85.8	84.7	83.6	

Αριθμητική Προσομοίωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Αστικών Περιοχών από τη Λειτουργία Λιμανιών

84.2	GRIDCART	CART1	ELEV	3	75.9	85.5	87.7	86.5
83.6								
85.8	GRIDCART	CART1	ELEV	3	82.5	77.9	73.9	74.2
93.6								
49.5	GRIDCART	CART1	ELEV	3	87.6	76.6	62.4	41.5
70.9								
113.6	GRIDCART	CART1	ELEV	3	87.4	99.1	104.2	110.0
63.8								
66.6	GRIDCART	CART1	ELEV	4	31.5	33.7	37.8	45.7
78.6								
81.1	GRIDCART	CART1	ELEV	4	68.9	70.3	75.1	77.7
69.6								
65.5	GRIDCART	CART1	ELEV	4	79.6	78.6	79.9	79.1
83.8								
78.5	GRIDCART	CART1	ELEV	4	72.4	83.4	85.5	86.5
88.8								
92.1	GRIDCART	CART1	ELEV	4	75.9	69.0	71.7	77.6
57.1								
79.2	GRIDCART	CART1	ELEV	4	81.5	68.0	55.8	41.9
114.7								
79.4	GRIDCART	CART1	ELEV	4	89.7	98.4	103.6	107.6
78.5								
76.1	GRIDCART	CART1	ELEV	5	35.2	39.9	44.9	57.3
77.0								
66.2	GRIDCART	CART1	ELEV	5	73.6	71.4	72.7	75.5
64.7								
79.0	GRIDCART	CART1	ELEV	5	73.3	72.9	75.2	73.7
72.1								
88.4	GRIDCART	CART1	ELEV	5	71.7	80.0	83.3	83.9
56.4								
79.2	GRIDCART	CART1	ELEV	5	68.6	67.3	74.8	86.3
110.4								
78.0	GRIDCART	CART1	ELEV	5	71.7	59.8	51.7	36.9
72.5								
64.2	GRIDCART	CART1	ELEV	5	84.8	96.1	104.3	108.4
61.7								
64.2	GRIDCART	CART1	ELEV	6	46.1	57.0	61.6	70.4
72.8								
66.9	GRIDCART	CART1	ELEV	6	73.4	71.6	70.6	72.5
94.2								
90.7	GRIDCART	CART1	ELEV	6	69.8	68.7	71.2	68.3
65.6								
76.4	GRIDCART	CART1	ELEV	6	73.8	77.7	80.8	81.2
106.7								
78.9	GRIDCART	CART1	ELEV	6	64.4	67.6	82.7	90.7
68.5								
68.3	GRIDCART	CART1	ELEV	6	67.9	53.9	47.4	41.8
60.2								
60.3	GRIDCART	CART1	ELEV	6	84.9	96.6	100.6	106.7
	GRIDCART	CART1	ELEV	7	64.4	71.0	73.7	77.4
	GRIDCART	CART1	ELEV	7	72.3	69.5	69.1	70.0
	GRIDCART	CART1	ELEV	7	67.9	66.5	67.9	65.0

Αριθμητική Προσομοίωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Αστικών Περιοχών από τη Λειτουργία Λιμανιών

69.4	57.5	GRIDCART	CART1	ELEV	7	69.8	74.1	77.0	77.2
89.9	85.3	GRIDCART	CART1	ELEV	7	58.0	68.5	84.9	88.5
56.1	72.2	GRIDCART	CART1	ELEV	7	62.9	43.9	36.9	39.7
103.9		GRIDCART	CART1	ELEV	7	89.0	93.1	98.1	100.9
77.8	75.8	GRIDCART	CART1	ELEV	8	71.9	74.0	75.0	77.0
65.1	63.8	GRIDCART	CART1	ELEV	8	71.8	68.2	69.8	69.1
58.2	56.2	GRIDCART	CART1	ELEV	8	63.8	62.5	63.1	61.5
71.9	61.5	GRIDCART	CART1	ELEV	8	63.5	69.6	72.7	75.2
84.2	77.1	GRIDCART	CART1	ELEV	8	58.9	68.3	77.0	84.1
49.3	65.9	GRIDCART	CART1	ELEV	8	55.6	36.6	27.4	38.5
99.0		GRIDCART	CART1	ELEV	8	88.0	89.7	90.9	94.7
74.9	72.9	GRIDCART	CART1	ELEV	9	68.3	72.2	76.1	76.4
65.6	59.6	GRIDCART	CART1	ELEV	9	70.4	67.6	68.9	68.8
58.4	55.4	GRIDCART	CART1	ELEV	9	58.6	57.8	56.7	60.1
72.3	63.9	GRIDCART	CART1	ELEV	9	63.5	70.3	71.1	71.8
74.7	70.7	GRIDCART	CART1	ELEV	9	65.6	69.4	78.3	77.1
46.2	65.3	GRIDCART	CART1	ELEV	9	46.0	30.3	25.9	34.7
92.4		GRIDCART	CART1	ELEV	9	81.7	83.7	84.1	88.3
71.9	69.9	GRIDCART	CART1	ELEV	10	68.6	73.3	73.8	72.8
65.1	58.6	GRIDCART	CART1	ELEV	10	67.9	67.0	66.6	69.8
57.1	56.9	GRIDCART	CART1	ELEV	10	55.8	53.1	55.4	59.5
65.5	55.8	GRIDCART	CART1	ELEV	10	59.8	68.0	64.9	72.1
69.6	59.1	GRIDCART	CART1	ELEV	10	63.6	66.2	71.2	71.2
50.3	69.6	GRIDCART	CART1	ELEV	10	35.1	27.9	26.0	35.1
89.3		GRIDCART	CART1	ELEV	10	76.4	74.5	79.5	86.2
69.2	68.4	GRIDCART	CART1	ELEV	11	69.3	71.2	70.1	69.0
65.6	57.0	GRIDCART	CART1	ELEV	11	65.0	62.3	66.9	67.8
57.9	59.0	GRIDCART	CART1	ELEV	11	54.3	49.1	56.4	61.2

63.1	GRIDCART CART1	ELEV	11	58.1	58.7	58.5	67.5
53.5							
63.4	GRIDCART CART1	ELEV	11	53.8	59.1	61.5	62.3
53.4							
51.6	GRIDCART CART1	ELEV	11	33.1	26.8	27.1	35.1
64.4							
84.6	GRIDCART CART1	ELEV	11	69.4	65.7	73.5	81.6
66.6	GRIDCART CART1	ELEV	12	67.0	67.5	66.9	68.1
65.8							
64.2	GRIDCART CART1	ELEV	12	62.2	61.8	63.6	65.6
57.6							
60.2	GRIDCART CART1	ELEV	12	51.4	49.0	58.4	58.0
60.0							
63.1	GRIDCART CART1	ELEV	12	60.2	53.4	54.5	64.7
58.9							
52.8	GRIDCART CART1	ELEV	12	49.3	52.1	53.6	49.3
45.1							
47.1	GRIDCART CART1	ELEV	12	32.9	25.1	27.1	36.0
53.7							
78.2	GRIDCART CART1	ELEV	12	58.2	55.2	68.9	76.5
67.1	GRIDCART CART1	ELEV	13	65.6	66.0	63.3	63.3
68.0							
61.6	GRIDCART CART1	ELEV	13	62.1	60.2	61.2	62.5
59.3							
58.7	GRIDCART CART1	ELEV	13	52.1	48.0	50.8	53.5
60.7							
62.3	GRIDCART CART1	ELEV	13	62.9	57.4	53.4	62.6
56.3							
42.9	GRIDCART CART1	ELEV	13	50.0	48.9	44.1	39.5
37.3							
40.0	GRIDCART CART1	ELEV	13	30.2	23.2	24.4	32.9
44.7							
70.6	GRIDCART CART1	ELEV	13	47.9	49.6	65.2	70.0
60.8	GRIDCART CART1	ELEV	14	59.3	62.5	61.5	62.0
62.9							
62.5	GRIDCART CART1	ELEV	14	60.6	60.9	63.5	63.9
57.0							
57.9	GRIDCART CART1	ELEV	14	52.8	46.7	47.1	50.1
62.3							
60.1	GRIDCART CART1	ELEV	14	62.2	55.3	51.7	57.5
54.8							
35.1	GRIDCART CART1	ELEV	14	47.1	42.0	35.7	34.5
30.5							
36.0	GRIDCART CART1	ELEV	14	25.9	20.8	23.9	30.0
41.4							
64.0	GRIDCART CART1	ELEV	14	41.4	50.2	62.0	63.6
60.3	GRIDCART CART1	ELEV	15	56.9	57.2	59.0	55.8
63.2							
58.9	GRIDCART CART1	ELEV	15	58.8	55.9	58.4	61.1
56.9							
53.3	GRIDCART CART1	ELEV	15	53.7	47.5	40.8	44.9
60.6							

53.3	GRIDCART	CART1	ELEV	15	60.6	54.6	49.1	50.3
26.2	56.6	GRIDCART	CART1	ELEV	15	46.8	33.8	29.0
36.2	22.8	GRIDCART	CART1	ELEV	15	20.2	19.4	25.7
61.8	38.2	GRIDCART	CART1	ELEV	15	39.9	53.0	60.5
56.4		GRIDCART	CART1	ELEV	16	54.1	56.9	54.9
55.3	58.4	GRIDCART	CART1	ELEV	16	53.1	51.6	54.6
45.5	53.3	GRIDCART	CART1	ELEV	16	52.2	47.5	39.5
48.8	55.7	GRIDCART	CART1	ELEV	16	57.5	53.6	50.7
22.0		GRIDCART	CART1	ELEV	16	45.8	32.5	26.0
36.9	52.1	GRIDCART	CART1	ELEV	16	16.2	18.8	24.4
58.3	19.5	GRIDCART	CART1	ELEV	16	43.2	49.5	52.1
52.2	34.3	GRIDCART	CART1	ELEV	17	51.3	49.6	51.2
54.5		GRIDCART	CART1	ELEV	17	47.5	50.2	53.7
41.8	49.7	GRIDCART	CART1	ELEV	17	49.8	45.9	37.9
48.0	51.7	GRIDCART	CART1	ELEV	17	53.6	51.6	48.1
18.4	50.4	GRIDCART	CART1	ELEV	17	47.7	35.7	22.1
30.5	50.8	GRIDCART	CART1	ELEV	17	15.2	18.9	22.6
54.5	18.3	GRIDCART	CART1	ELEV	17	39.2	44.9	50.8
48.8		GRIDCART	CART1	ELEV	18	51.2	47.8	48.1
51.5	46.7	GRIDCART	CART1	ELEV	18	47.5	46.3	51.4
37.5	49.6	GRIDCART	CART1	ELEV	18	48.0	46.1	38.3
42.9	46.3	GRIDCART	CART1	ELEV	18	51.6	50.7	46.8
14.0		GRIDCART	CART1	ELEV	18	48.2	38.4	21.4
28.1	47.3	GRIDCART	CART1	ELEV	18	17.7	21.7	21.4
49.3	14.5	GRIDCART	CART1	ELEV	18	36.7	45.5	48.0
42.8	30.5	GRIDCART	CART1	ELEV	19	48.4	45.7	43.7
48.1		GRIDCART	CART1	ELEV	19	42.9	44.0	47.4
31.9	47.0	GRIDCART	CART1	ELEV	19	45.1	45.7	44.7
	38.7							34.1

Αριθμητική Προσομοίωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Αστικών Περιοχών από τη Λειτουργία Λιμανιών

36.1	GRIDCART	CART1	ELEV	19	49.4	47.6	45.4	42.7
39.8								
13.7	GRIDCART	CART1	ELEV	19	46.6	33.2	20.1	15.0
14.3								
37.1	GRIDCART	CART1	ELEV	19	15.1	19.8	29.8	35.9
37.1								
46.0	GRIDCART	CART1	ELEV	19	40.6	45.3	45.6	45.4
35.9	GRIDCART	CART1	ELEV	20	44.9	40.8	38.1	38.0
33.5								
41.0	GRIDCART	CART1	ELEV	20	38.3	43.4	43.8	44.3
41.8								
30.6	GRIDCART	CART1	ELEV	20	43.3	45.2	46.9	41.2
29.3								
37.4	GRIDCART	CART1	ELEV	20	44.2	42.6	43.8	47.0
36.1								
10.6	GRIDCART	CART1	ELEV	20	42.9	30.3	19.3	12.0
12.6								
38.3	GRIDCART	CART1	ELEV	20	14.8	19.6	29.0	37.2
38.7								
41.3	GRIDCART	CART1	ELEV	20	39.8	43.5	43.7	42.8
32.0	GRIDCART	CART1	ELEV	21	39.9	35.9	34.3	36.5
29.9								
39.2	GRIDCART	CART1	ELEV	21	39.3	42.3	40.4	42.4
38.5								
28.7	GRIDCART	CART1	ELEV	21	36.9	38.8	43.1	40.3
26.3								
37.0	GRIDCART	CART1	ELEV	21	41.2	41.1	42.6	42.3
24.9								
9.8	GRIDCART	CART1	ELEV	21	29.9	27.2	18.2	13.9
10.7								
36.7	GRIDCART	CART1	ELEV	21	13.2	19.0	28.3	34.7
37.1								
40.0	GRIDCART	CART1	ELEV	21	38.9	39.8	41.4	41.9
30.3	GRIDCART	CART1	ELEV	22	33.8	30.7	33.6	35.0
28.7								
38.4	GRIDCART	CART1	ELEV	22	38.9	40.8	41.3	40.9
38.7								
25.8	GRIDCART	CART1	ELEV	22	36.1	35.6	39.9	36.5
21.0								
40.6	GRIDCART	CART1	ELEV	22	36.4	40.6	40.1	40.0
29.8								
10.0	GRIDCART	CART1	ELEV	22	18.8	17.3	14.5	11.9
9.3								
33.6	GRIDCART	CART1	ELEV	22	15.4	20.6	26.8	33.4
32.8								
38.6	GRIDCART	CART1	ELEV	22	35.2	36.9	37.1	40.2
29.0	GRIDCART	CART1	ELEV	23	28.4	29.0	33.2	32.4
28.8								
39.8	GRIDCART	CART1	ELEV	23	35.7	38.0	37.7	37.2
36.2								
19.1	GRIDCART	CART1	ELEV	23	31.6	33.6	37.2	27.3
18.0								

38.6	29.0	GRIDCART CART1	ELEV	23	27.7	37.4	36.1	36.8
8.1	11.2	GRIDCART CART1	ELEV	23	16.3	15.8	12.7	10.7
29.5	28.8	GRIDCART CART1	ELEV	23	18.4	23.1	27.0	29.5
33.5		GRIDCART CART1	ELEV	23	30.4	32.6	34.6	35.5
27.6	27.1	GRIDCART CART1	ELEV	24	26.1	27.3	29.7	30.1
38.1	28.3	GRIDCART CART1	ELEV	24	31.8	32.0	31.3	37.3
13.0	17.3	GRIDCART CART1	ELEV	24	18.9	21.2	25.5	18.1
33.1	24.3	GRIDCART CART1	ELEV	24	29.3	33.5	32.9	34.2
8.3	13.5	GRIDCART CART1	ELEV	24	13.6	13.8	11.6	8.6
25.9	25.0	GRIDCART CART1	ELEV	24	18.5	22.1	25.1	26.5
31.1		GRIDCART CART1	ELEV	24	25.6	27.7	30.5	30.2
25.7	26.0	GRIDCART CART1	ELEV	25	23.4	23.0	23.6	25.4
33.1	30.5	GRIDCART CART1	ELEV	25	27.6	31.5	33.8	33.9
8.7	15.3	GRIDCART CART1	ELEV	25	18.2	11.5	15.2	9.8
29.5	29.2	GRIDCART CART1	ELEV	25	27.2	27.0	28.3	29.9
9.0	15.5	GRIDCART CART1	ELEV	25	19.4	16.2	10.8	7.3
23.7	21.8	GRIDCART CART1	ELEV	25	20.8	22.7	24.5	25.0
25.7		GRIDCART CART1	ELEV	25	22.7	24.5	27.8	27.8
21.0	23.9	GRIDCART CART1	ELEV	26	18.1	18.8	19.2	19.7
32.2	30.7	GRIDCART CART1	ELEV	26	23.2	26.9	29.8	31.6
7.4	10.6	GRIDCART CART1	ELEV	26	28.3	12.6	7.2	4.5
24.2	26.0	GRIDCART CART1	ELEV	26	14.6	17.9	25.6	27.3
11.7	19.5	GRIDCART CART1	ELEV	26	20.9	14.6	8.2	7.1
23.3	22.3	GRIDCART CART1	ELEV	26	23.6	23.5	24.5	23.8
26.5		GRIDCART CART1	ELEV	26	22.1	21.2	25.0	25.0
15.0	19.0	GRIDCART CART1	ELEV	27	14.8	11.0	14.3	12.2
27.6	28.7	GRIDCART CART1	ELEV	27	21.7	26.6	29.5	28.1
4.9	5.2	GRIDCART CART1	ELEV	27	27.8	13.9	6.8	5.4

21.4	18.1	GRIDCART CART1	ELEV	27	6.7	9.8	21.2	24.1
16.8	22.6	GRIDCART CART1	ELEV	27	15.8	11.7	7.1	6.8
19.8	23.0	GRIDCART CART1	ELEV	27	23.8	22.4	22.8	25.0
23.1		GRIDCART CART1	ELEV	27	23.3	22.3	23.2	23.2
8.9	14.9	GRIDCART CART1	ELEV	28	11.5	9.5	10.2	8.0
24.6	23.4	GRIDCART CART1	ELEV	28	21.4	23.0	25.4	23.9
2.6	1.9	GRIDCART CART1	ELEV	28	18.2	10.2	5.0	3.2
15.0	9.7	GRIDCART CART1	ELEV	28	2.1	3.9	10.6	12.7
17.5	22.9	GRIDCART CART1	ELEV	28	9.1	8.3	5.6	4.9
19.6	20.6	GRIDCART CART1	ELEV	28	24.4	23.3	21.7	23.8
18.5		GRIDCART CART1	ELEV	28	20.1	19.6	20.1	21.2
2.7	5.8	GRIDCART CART1	ELEV	29	5.5	7.7	7.2	5.1
13.2	9.5	GRIDCART CART1	ELEV	29	13.6	18.0	18.9	17.0
1.9	4.9	GRIDCART CART1	ELEV	29	6.1	3.3	4.3	4.9
4.6	4.2	GRIDCART CART1	ELEV	29	2.9	2.6	2.4	3.8
17.2	20.7	GRIDCART CART1	ELEV	29	5.7	3.9	1.8	3.0
19.1	18.8	GRIDCART CART1	ELEV	29	21.4	23.2	22.9	19.8
16.0		GRIDCART CART1	ELEV	29	17.5	15.3	16.2	16.2
0.0	3.3	GRIDCART CART1	ELEV	30	0.0	0.0	0.5	0.0
2.0	1.5	GRIDCART CART1	ELEV	30	5.6	6.1	8.5	5.6
0.9	3.1	GRIDCART CART1	ELEV	30	0.5	3.3	3.9	3.5
1.1	1.3	GRIDCART CART1	ELEV	30	1.6	3.0	1.0	2.5
17.3	20.9	GRIDCART CART1	ELEV	30	1.4	0.9	1.8	5.0
19.9	14.2	GRIDCART CART1	ELEV	30	20.3	17.7	19.5	19.6
12.8		GRIDCART CART1	ELEV	30	12.1	11.0	14.0	14.3
0.0	0.0	GRIDCART CART1	ELEV	31	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.3	GRIDCART CART1	ELEV	31	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	GRIDCART CART1	ELEV	31	-0.4	1.7	0.8	0.0

0.2	GRIDCART	CART1	ELEV	31	0.0	1.6	1.7	2.4
0.1								
15.3	GRIDCART	CART1	ELEV	31	0.0	0.0	1.0	3.7
16.7								
17.8	GRIDCART	CART1	ELEV	31	16.5	16.0	15.4	18.6
12.3								
7.0	GRIDCART	CART1	ELEV	31	7.6	10.2	11.4	7.9
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	32	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	32	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	32	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	32	0.0	0.2	0.4	0.3
0.0								
12.0	GRIDCART	CART1	ELEV	32	0.0	0.0	0.0	2.9
11.0								
8.1	GRIDCART	CART1	ELEV	32	10.7	5.7	5.5	9.0
6.7								
0.8	GRIDCART	CART1	ELEV	32	5.0	3.4	3.9	0.8
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	33	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	33	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	33	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	33	0.0	0.1	1.7	0.6
0.0								
5.6	GRIDCART	CART1	ELEV	33	0.0	0.0	0.4	2.3
4.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	33	0.9	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	33	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.9	GRIDCART	CART1	ELEV	34	0.0	0.0	0.4	1.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								

0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	35	0.0	0.0	0.5	0.6
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	58	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	58	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	58	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	58	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	58	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	58	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	59	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	59	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	ELEV	59	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

Αριθμητική Προσομοίωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Αστικών Περιοχών από τη Λειτουργία Λιμανιών

0.0	GRIDCART CART1	ELEV	59	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	59	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	59	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	59	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	60	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	61	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	61	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	61	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	61	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	61	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	61	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
0.0	GRIDCART CART1	ELEV	61	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
102.0	GRIDCART CART1	HILL	1	93.0	93.0	60.0	102.0
102.0	105.0						
84.7	GRIDCART CART1	HILL	1	102.0	79.5	85.1	84.3
84.7	85.7						
93.0	GRIDCART CART1	HILL	1	90.5	93.8	91.4	86.3
93.0	73.4						
96.4	GRIDCART CART1	HILL	1	79.1	84.5	90.2	94.8
96.4	96.9						
110.0	GRIDCART CART1	HILL	1	95.8	97.0	108.0	112.0
110.0	85.7						
292.0	GRIDCART CART1	HILL	1	92.0	88.8	113.0	292.0
292.0	292.0						
130.0	GRIDCART CART1	HILL	1	292.0	292.0	289.0	112.1
130.0							
90.0	GRIDCART CART1	HILL	2	93.0	89.0	81.0	81.0
90.0	90.0						
82.5	GRIDCART CART1	HILL	2	79.0	79.0	79.4	81.3
82.5	89.8						
89.0	GRIDCART CART1	HILL	2	90.9	91.8	87.7	86.5
89.0	71.2						

Αριθμητική Προσομοίωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Αστικών Περιοχών από τη Λειτουργία Λιμανιών

GRIDCART	CART1	HILL	2	76.6	85.5	90.6	89.7
94.0	89.9						
GRIDCART	CART1	HILL	2	89.0	89.4	108.0	112.0
96.0	89.4						
GRIDCART	CART1	HILL	2	91.0	90.0	100.0	292.0
292.0	292.0						
GRIDCART	CART1	HILL	2	292.0	106.0	105.2	110.1
130.0							
GRIDCART	CART1	HILL	3	89.0	88.0	81.0	81.0
81.0	81.0						
GRIDCART	CART1	HILL	3	78.0	79.0	76.6	79.2
92.0	88.8						
GRIDCART	CART1	HILL	3	87.1	85.8	84.7	83.6
84.0	69.5						
GRIDCART	CART1	HILL	3	75.9	85.5	87.7	86.5
84.2	83.6						
GRIDCART	CART1	HILL	3	82.5	94.0	108.0	96.0
96.0	93.6						
GRIDCART	CART1	HILL	3	87.6	93.0	100.0	292.0
292.0	109.0						
GRIDCART	CART1	HILL	3	102.0	99.1	104.2	110.0
113.6							
GRIDCART	CART1	HILL	4	88.0	81.0	81.0	81.0
81.0	81.0						
GRIDCART	CART1	HILL	4	68.9	70.3	75.1	77.7
78.6	81.1						
GRIDCART	CART1	HILL	4	79.6	78.6	79.9	85.0
85.0	88.0						
GRIDCART	CART1	HILL	4	88.0	83.4	85.5	86.5
83.8	78.5						
GRIDCART	CART1	HILL	4	75.9	94.0	93.0	93.0
88.8	92.1						
GRIDCART	CART1	HILL	4	96.0	96.0	96.0	292.0
109.0	97.0						
GRIDCART	CART1	HILL	4	97.0	98.4	103.6	107.6
114.7							
GRIDCART	CART1	HILL	5	80.0	81.0	81.0	81.0
79.4	78.5						
GRIDCART	CART1	HILL	5	73.6	71.4	72.7	75.5
76.1	77.0						
GRIDCART	CART1	HILL	5	73.3	72.9	75.2	73.7
75.0	64.7						
GRIDCART	CART1	HILL	5	71.7	80.0	83.3	83.9
79.0	83.0						
GRIDCART	CART1	HILL	5	77.0	93.0	93.0	93.0
92.1	88.4						
GRIDCART	CART1	HILL	5	96.0	96.0	96.0	292.0
109.0	79.2						
GRIDCART	CART1	HILL	5	99.0	96.1	104.3	108.4
110.4							
GRIDCART	CART1	HILL	6	77.0	75.0	79.0	79.0
78.0	78.8						
GRIDCART	CART1	HILL	6	73.4	71.6	70.6	72.5
72.5	72.1						
GRIDCART	CART1	HILL	6	69.8	68.7	71.2	68.3
61.7	73.0						

Αριθμητική Προσομοίωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Αστικών Περιοχών από τη Λειτουργία Λιμανιών

GRIDCART	CART1	HILL	6	73.8	77.7	80.8	81.2
82.0	66.9						
GRIDCART	CART1	HILL	6	64.4	93.0	82.7	90.7
94.2	90.7						
GRIDCART	CART1	HILL	6	95.0	96.0	97.0	112.0
99.0	94.0						
GRIDCART	CART1	HILL	6	99.0	96.6	100.6	106.7
106.7							
GRIDCART	CART1	HILL	7	74.0	71.0	73.7	77.4
78.9	78.0						
GRIDCART	CART1	HILL	7	72.3	69.5	69.1	70.0
68.5	68.3						
GRIDCART	CART1	HILL	7	67.9	66.5	67.9	65.0
60.2	76.0						
GRIDCART	CART1	HILL	7	69.8	74.1	77.0	77.2
79.0	82.0						
GRIDCART	CART1	HILL	7	90.0	90.0	84.9	88.5
89.9	85.3						
GRIDCART	CART1	HILL	7	95.0	96.0	107.0	112.0
107.0	99.0						
GRIDCART	CART1	HILL	7	89.0	93.1	100.0	100.9
103.9							
GRIDCART	CART1	HILL	8	71.9	74.0	75.0	77.0
77.8	75.8						
GRIDCART	CART1	HILL	8	71.8	68.2	69.8	69.1
65.1	63.8						
GRIDCART	CART1	HILL	8	63.8	62.5	63.1	61.5
58.2	56.2						
GRIDCART	CART1	HILL	8	63.5	69.6	72.7	75.2
71.9	71.0						
GRIDCART	CART1	HILL	8	85.0	85.0	77.0	84.1
84.2	77.1						
GRIDCART	CART1	HILL	8	95.0	96.0	110.0	108.0
108.0	100.0						
GRIDCART	CART1	HILL	8	88.0	89.7	90.9	102.0
99.0							
GRIDCART	CART1	HILL	9	68.3	72.2	76.1	76.4
74.9	72.9						
GRIDCART	CART1	HILL	9	70.4	67.6	68.9	68.8
65.6	59.6						
GRIDCART	CART1	HILL	9	58.6	57.8	56.7	60.1
58.4	55.4						
GRIDCART	CART1	HILL	9	69.0	70.3	71.1	71.8
72.3	72.0						
GRIDCART	CART1	HILL	9	65.6	69.4	79.0	77.1
87.0	70.7						
GRIDCART	CART1	HILL	9	95.0	96.0	108.0	108.0
107.0	93.0						
GRIDCART	CART1	HILL	9	81.7	83.7	84.1	88.3
92.4							
GRIDCART	CART1	HILL	10	68.6	73.3	73.8	72.8
71.9	69.9						
GRIDCART	CART1	HILL	10	67.9	67.0	66.6	69.8
65.1	58.6						
GRIDCART	CART1	HILL	10	55.8	53.1	55.4	59.5
57.1	56.9						

Αριθμητική Προσομοίωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Αστικών Περιοχών από τη Λειτουργία Λιμανιών

71.0	GRIDCART CART1	HILL	10	66.0	68.0	73.0	72.1
69.6	72.0						
93.0	GRIDCART CART1	HILL	10	63.6	66.2	73.0	71.2
89.3	87.0						
69.2	GRIDCART CART1	HILL	10	95.0	95.0	107.0	107.0
65.6	74.0						
57.9	GRIDCART CART1	HILL	10	76.4	74.5	79.5	86.2
70.0	89.3						
63.4	GRIDCART CART1	HILL	11	69.3	71.2	70.1	69.0
89.0	68.4						
84.6	GRIDCART CART1	HILL	11	65.0	62.3	66.9	67.8
66.6	57.0						
64.2	GRIDCART CART1	HILL	11	54.3	49.1	56.4	61.2
60.2	59.0						
63.1	GRIDCART CART1	HILL	11	58.1	58.7	73.0	67.5
79.0	70.0						
119.0	GRIDCART CART1	HILL	11	65.0	63.0	73.0	62.3
67.1	76.0						
61.6	GRIDCART CART1	HILL	11	95.0	95.0	95.0	93.0
58.7	69.0						
62.3	GRIDCART CART1	HILL	11	69.4	79.0	79.0	81.6
66.0	84.6						
79.0	GRIDCART CART1	HILL	12	67.0	67.5	66.9	68.1
119.0	65.8						
60.8	GRIDCART CART1	HILL	12	62.2	61.8	63.6	65.6
62.5	57.6						
57.9	GRIDCART CART1	HILL	12	51.4	59.0	58.4	58.0
	60.0						
	GRIDCART CART1	HILL	12	60.2	63.0	64.0	64.7
	63.1						
	58.9						
	GRIDCART CART1	HILL	12	49.3	52.1	57.0	73.0
	70.0						
	GRIDCART CART1	HILL	12	95.0	95.0	90.0	89.0
	79.0						
	79.0						
	GRIDCART CART1	HILL	12	67.0	88.0	80.0	76.5
	119.0						
	GRIDCART CART1	HILL	13	65.6	66.0	63.3	63.3
	67.1						
	68.0						
	GRIDCART CART1	HILL	13	62.1	60.2	61.2	62.5
	61.6						
	59.3						
	GRIDCART CART1	HILL	13	52.1	48.0	50.8	53.5
	58.7						
	60.7						
	GRIDCART CART1	HILL	13	62.9	63.0	64.0	62.6
	62.3						
	56.3						
	GRIDCART CART1	HILL	13	50.0	48.9	44.1	73.0
	66.0						
	70.0						
	GRIDCART CART1	HILL	13	87.0	89.0	89.0	79.0
	79.0						
	72.0						
	GRIDCART CART1	HILL	13	73.0	119.0	72.0	119.0
	119.0						
	GRIDCART CART1	HILL	14	59.3	62.5	61.5	62.0
	60.8						
	62.9						
	GRIDCART CART1	HILL	14	60.6	60.9	63.5	63.9
	62.5						
	57.0						
	GRIDCART CART1	HILL	14	52.8	46.7	47.1	56.0
	57.9						
	62.3						

60.1	GRIDCART CART1	HILL	14	62.2	55.3	51.7	57.5
35.1	64.0						
36.0	GRIDCART CART1	HILL	14	58.0	55.0	55.0	34.5
119.0	66.0						
119.0	GRIDCART CART1	HILL	14	66.0	66.0	23.9	30.0
60.3	41.4						
58.9	GRIDCART CART1	HILL	14	119.0	119.0	62.0	119.0
53.3	60.6						
53.3	GRIDCART CART1	HILL	15	56.9	57.2	59.0	55.8
26.2	63.2						
36.2	GRIDCART CART1	HILL	15	58.8	55.9	58.4	61.1
119.0	56.9						
56.4	GRIDCART CART1	HILL	15	53.7	47.5	40.8	55.0
55.3	60.6						
61.0	GRIDCART CART1	HILL	15	60.6	54.6	49.1	50.3
48.8	56.6						
22.0	GRIDCART CART1	HILL	15	58.0	64.0	55.0	29.0
36.9	66.0						
119.0	GRIDCART CART1	HILL	15	66.0	19.4	36.0	34.0
52.2	38.2						
54.5	GRIDCART CART1	HILL	15	68.0	59.0	60.5	119.0
61.0	61.0						
48.0	GRIDCART CART1	HILL	16	54.1	59.0	54.9	57.4
18.4	61.0						
30.5	GRIDCART CART1	HILL	16	53.1	51.6	54.6	57.3
119.0	53.3						
48.8	GRIDCART CART1	HILL	16	52.2	47.5	39.5	61.0
51.5	61.0						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	16	57.5	53.6	50.7	45.3
51.0	52.1						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	16	53.0	58.0	56.0	23.4
51.0	19.5						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	16	16.2	18.8	36.0	36.0
51.0	34.3						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	16	43.2	49.5	119.0	119.0
51.0	61.0						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	17	51.3	49.6	51.2	51.2
51.0	49.7						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	17	47.5	50.2	53.7	55.3
51.0	51.7						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	17	49.8	45.9	37.9	61.0
51.0	50.4						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	17	53.6	51.6	48.1	42.0
51.0	50.8						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	17	51.0	51.0	56.0	53.0
51.0	18.3						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	17	15.2	18.9	36.0	29.1
51.0	33.0						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	17	39.2	44.9	50.8	54.8
51.0	61.0						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	18	51.2	47.8	48.1	49.1
51.0	46.7						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	18	47.5	51.0	51.4	51.0
51.0	49.6						
51.0	GRIDCART CART1	HILL	18	48.0	46.1	47.0	48.0
51.0	46.3						

GRIDCART	CART1	HILL	18	51.6	50.7	46.8	37.8
52.0	47.3						
GRIDCART	CART1	HILL	18	48.2	44.0	51.0	51.0
14.0	14.5						
GRIDCART	CART1	HILL	18	17.7	21.7	36.0	36.0
28.1	30.5						
GRIDCART	CART1	HILL	18	45.0	45.5	48.0	50.5
119.0							
GRIDCART	CART1	HILL	19	48.4	45.7	43.7	44.8
42.8	50.0						
GRIDCART	CART1	HILL	19	50.0	44.0	47.4	48.4
48.1	47.0						
GRIDCART	CART1	HILL	19	45.1	45.7	44.7	48.0
45.0	51.0						
GRIDCART	CART1	HILL	19	49.4	47.6	45.4	45.0
46.0	39.8						
GRIDCART	CART1	HILL	19	46.6	48.0	51.0	51.0
13.7	14.3						
GRIDCART	CART1	HILL	19	15.1	26.0	29.8	35.9
37.1	37.1						
GRIDCART	CART1	HILL	19	40.6	45.3	45.6	45.4
46.0							
GRIDCART	CART1	HILL	20	44.9	40.8	38.1	38.0
35.9	50.0						
GRIDCART	CART1	HILL	20	38.3	43.4	43.8	44.3
49.0	41.8						
GRIDCART	CART1	HILL	20	43.3	45.2	46.9	44.0
44.0	51.0						
GRIDCART	CART1	HILL	20	44.2	42.6	43.8	47.0
41.0	36.1						
GRIDCART	CART1	HILL	20	42.9	47.0	48.0	48.0
10.6	12.6						
GRIDCART	CART1	HILL	20	14.8	26.0	29.0	37.2
38.3	38.7						
GRIDCART	CART1	HILL	20	39.8	43.5	43.7	42.8
41.3							
GRIDCART	CART1	HILL	21	39.9	35.9	34.3	36.5
32.0	29.9						
GRIDCART	CART1	HILL	21	39.3	42.3	40.4	42.4
39.2	38.5						
GRIDCART	CART1	HILL	21	47.0	38.8	43.1	40.3
44.0	49.0						
GRIDCART	CART1	HILL	21	41.2	41.1	42.6	42.3
42.0	48.0						
GRIDCART	CART1	HILL	21	43.0	43.0	47.0	13.9
9.8	10.7						
GRIDCART	CART1	HILL	21	13.2	19.0	32.0	34.7
36.7	37.1						
GRIDCART	CART1	HILL	21	38.9	39.8	41.4	41.9
40.0							
GRIDCART	CART1	HILL	22	33.8	30.7	33.6	35.0
30.3	38.0						
GRIDCART	CART1	HILL	22	38.9	40.8	41.3	40.9
38.4	38.7						
GRIDCART	CART1	HILL	22	36.1	35.6	39.9	36.5
41.0	43.0						

Αριθμητική Προσομοίωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Αστικών Περιοχών από τη Λειτουργία Λιμανιών

40.6	40.0	GRIDCART	CART1	HILL	22	36.4	40.6	40.1	40.0
10.0	9.3	GRIDCART	CART1	HILL	22	43.0	43.0	43.0	11.9
33.6	32.8	GRIDCART	CART1	HILL	22	15.4	20.6	26.8	33.4
38.6		GRIDCART	CART1	HILL	22	35.2	36.9	37.1	40.2
29.0	28.8	GRIDCART	CART1	HILL	23	28.4	29.0	33.2	32.4
39.8	36.2	GRIDCART	CART1	HILL	23	35.7	38.0	37.7	37.2
41.0	41.0	GRIDCART	CART1	HILL	23	31.6	33.6	37.2	40.0
38.6	40.0	GRIDCART	CART1	HILL	23	38.0	37.4	36.1	36.8
8.1	11.2	GRIDCART	CART1	HILL	23	40.0	15.8	12.7	10.7
29.5	28.8	GRIDCART	CART1	HILL	23	18.4	23.1	27.0	29.5
33.5		GRIDCART	CART1	HILL	23	30.4	32.6	34.6	35.5
27.6	27.1	GRIDCART	CART1	HILL	24	26.1	27.3	29.7	30.1
38.1	40.0	GRIDCART	CART1	HILL	24	31.8	32.0	31.3	37.3
40.0	38.0	GRIDCART	CART1	HILL	24	40.0	38.0	38.0	40.0
33.1	40.0	GRIDCART	CART1	HILL	24	29.3	33.5	32.9	34.2
8.3	13.5	GRIDCART	CART1	HILL	24	40.0	13.8	11.6	8.6
25.9	25.0	GRIDCART	CART1	HILL	24	18.5	22.1	25.1	26.5
31.1		GRIDCART	CART1	HILL	24	25.6	27.7	30.5	30.2
25.7	26.0	GRIDCART	CART1	HILL	25	23.4	23.0	23.6	25.4
33.1	30.5	GRIDCART	CART1	HILL	25	27.6	31.5	33.8	33.9
38.0	30.0	GRIDCART	CART1	HILL	25	37.0	38.0	38.0	40.0
29.5	29.2	GRIDCART	CART1	HILL	25	30.0	27.0	28.3	29.9
9.0	22.0	GRIDCART	CART1	HILL	25	30.0	16.2	10.8	7.3
23.7	21.8	GRIDCART	CART1	HILL	25	20.8	22.7	24.5	25.0
32.0		GRIDCART	CART1	HILL	25	22.7	24.5	27.8	27.8
21.0	23.9	GRIDCART	CART1	HILL	26	18.1	18.8	19.2	19.7
32.2	30.7	GRIDCART	CART1	HILL	26	23.2	26.9	29.8	31.6
7.4	30.0	GRIDCART	CART1	HILL	26	28.3	30.0	38.0	38.0

24.2	GRIDCART CART1	HILL	26	30.0	25.0	25.6	27.3
26.0							
11.7	GRIDCART CART1	HILL	26	30.0	14.6	8.2	7.1
19.5							
23.3	GRIDCART CART1	HILL	26	23.6	23.5	24.5	23.8
22.3							
26.5	GRIDCART CART1	HILL	26	22.1	21.2	25.0	25.0
15.0	GRIDCART CART1	HILL	27	14.8	11.0	14.3	12.2
19.0							
27.6	GRIDCART CART1	HILL	27	21.7	26.6	29.5	28.1
28.7							
4.9	GRIDCART CART1	HILL	27	27.8	30.0	30.0	5.4
30.0							
21.4	GRIDCART CART1	HILL	27	30.0	27.0	27.0	24.1
18.1							
16.8	GRIDCART CART1	HILL	27	15.8	11.7	7.1	24.0
22.6							
19.8	GRIDCART CART1	HILL	27	23.8	22.4	22.8	25.0
23.0							
23.1	GRIDCART CART1	HILL	27	23.3	22.3	23.2	23.2
8.9	GRIDCART CART1	HILL	28	11.5	9.5	10.2	8.0
19.0							
24.6	GRIDCART CART1	HILL	28	21.4	23.0	25.4	23.9
28.0							
2.6	GRIDCART CART1	HILL	28	28.0	30.0	30.0	3.2
1.9							
23.0	GRIDCART CART1	HILL	28	2.1	27.0	27.0	28.0
23.0							
17.5	GRIDCART CART1	HILL	28	9.1	8.3	5.6	24.0
22.9							
19.6	GRIDCART CART1	HILL	28	24.4	23.3	21.7	23.8
20.6							
18.5	GRIDCART CART1	HILL	28	20.1	19.6	20.1	21.2
2.7	GRIDCART CART1	HILL	29	5.5	7.7	7.2	5.1
23.0							
27.0	GRIDCART CART1	HILL	29	22.0	18.0	18.9	21.0
28.0							
1.9	GRIDCART CART1	HILL	29	30.0	30.0	4.3	4.9
4.9							
23.0	GRIDCART CART1	HILL	29	2.9	2.6	27.0	28.0
4.2							
17.2	GRIDCART CART1	HILL	29	5.7	3.9	1.8	22.0
20.7							
19.1	GRIDCART CART1	HILL	29	21.4	23.2	22.9	19.8
18.8							
16.0	GRIDCART CART1	HILL	29	17.5	15.3	16.2	16.2
0.0	GRIDCART CART1	HILL	30	0.0	0.0	0.5	0.0
3.3							
27.0	GRIDCART CART1	HILL	30	22.0	22.0	15.0	21.0
28.0							
9.0	GRIDCART CART1	HILL	30	28.0	3.3	3.9	3.5
3.1							

GRIDCART	CART1	HILL	30	1.6	3.0	1.0	2.5
1.1	1.3						
GRIDCART	CART1	HILL	30	1.4	0.9	1.8	17.0
17.3	20.9						
GRIDCART	CART1	HILL	30	20.3	17.7	19.5	19.6
19.9	14.2						
GRIDCART	CART1	HILL	30	12.1	11.0	14.0	14.3
12.8							
GRIDCART	CART1	HILL	31	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	31	0.0	0.0	15.0	0.0
0.0	0.3						
GRIDCART	CART1	HILL	31	-0.4	1.7	0.8	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	31	0.0	1.6	1.7	2.4
0.2	0.1						
GRIDCART	CART1	HILL	31	0.0	0.0	1.0	17.0
15.3	16.7						
GRIDCART	CART1	HILL	31	16.5	16.0	15.4	18.6
17.8	12.3						
GRIDCART	CART1	HILL	31	7.6	10.2	11.4	7.9
7.0							
GRIDCART	CART1	HILL	32	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	32	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	32	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	32	0.0	0.2	0.4	0.3
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	32	0.0	0.0	0.0	2.9
12.0	11.0						
GRIDCART	CART1	HILL	32	10.7	16.0	5.5	20.0
8.1	6.7						
GRIDCART	CART1	HILL	32	5.0	3.4	3.9	0.8
0.8							
GRIDCART	CART1	HILL	33	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	33	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	33	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	33	0.0	0.1	1.7	0.6
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	33	0.0	0.0	0.4	2.3
5.6	4.0						
GRIDCART	CART1	HILL	33	0.9	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	33	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0							
GRIDCART	CART1	HILL	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						
GRIDCART	CART1	HILL	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						

0.0	GRIDCART	CART1	HILL	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.9	GRIDCART	CART1	HILL	34	0.0	0.0	0.4	1.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	34	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	35	0.0	0.0	0.5	0.6
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	35	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	36	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	37	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	HILL	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	38	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	39	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	40	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	41	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	HILL	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	42	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	43	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	44	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	45	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	HILL	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	46	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	47	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	48	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	49	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	HILL	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	51	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	52	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	53	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

0.0	GRIDCART	CART1	HILL	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	54	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0								
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	55	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	56	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	57	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	58	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	58	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							
0.0	GRIDCART	CART1	HILL	58	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0							

```

    GRIDCART CART1    HILL    58      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    58      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    58      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    58      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
    GRIDCART CART1    HILL    59      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    59      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    59      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    59      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    59      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    59      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    59      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
    GRIDCART CART1    HILL    60      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    60      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    60      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    60      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    60      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    60      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    60      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
    GRIDCART CART1    HILL    61      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    61      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    61      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    61      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    61      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0
    GRIDCART CART1    HILL    61      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
    GRIDCART CART1 END
RE FINISHED

ME STARTING
SURFFILE HERAKLION_MP.SFC
PROFFILE HERAKLION_MP.PFL

```

```

SURFDATA 167540 2016 Heraklion_GR
UAIRDATA 167540 2016 Heraklion_GR
SITEDATA 167540 2016 Heraklion_GR
PROFBASE 0 METERS
ME FINISHED

OU STARTING
  RECTABLE ALLAVE FIRST SECOND
  MAXTABLE ALLAVE 0
  POSTFILE 1 ALL PLOT HERAKLIONPOST.PLT
OU FINISHED

version=1
; (That line must be the first non-comment.)

; run time parameters

altitudeChoice=relativeToGround
;altitudeChoice=absolute

altitude=0

;northing=35.3437
northing=3912754.4
;northing=0
;easting=25.1420
easting=331147.7
;easting=0
utmZone=35
; This needs to know if this run is in the Southern Hemisphere or
not.
; If right on the equator, set this to True
inNorthernHemisphere=True

NameDisplayedInGoogleEarth=heraklionpost
PlotFileName=heraklionpost.plt
OutputFileNameBase=heraklionpost

;binningChoice=Linear
binningChoice=Log

sIconSetChoice=redBlue
;sIconSetChoice=redGreen
IconScale = 0.40

minbin=DATA
maxbin=DATA

sDisableEarthBrowser= false

makeContours                = True
numberOfTimesToSmoothContourSurface= 1
numberOfGridCols            = 400
numberOfGridRows            = 400

;end

```

