

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ στη ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**« ΟΙ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΟΙ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ  
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ: ΤΟ ΔΙΕΘΝΕΣ,  
ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ  
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΟ  
ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ  
(ΙΜΟ, ΟΗΕ, Ε.Ε., ΕΛΛΑΔΑ) »**

**Διονύσιος Μπουλαντζάς / ΜΝ 09091**

*Διπλωματική Εργασία*

*που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών  
του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των  
απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού  
Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ναυτιλία*

Πειραιάς

Σεπτέμβριος 2014

## ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι, η παρούσα διπλωματική εργασία δεν έχει υποβληθεί για την απόκτηση άλλου μεταπτυχιακού τίτλου ειδίκευσης ή άλλου πτυχίου, πέραν αυτού, ολικά ή μερικά, στο Πανεπιστήμιο Πειραιά ή σε άλλο Πανεπιστήμιο του εσωτερικού ή του εξωτερικού.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Ο Δηλών

[υπογραφή]

Διονύσιος Μπουλαντζάς

**‘Copyright © Διονύσιος Μπουλαντζάς, 2014.**

**Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος’**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

## Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από την ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της επιτροπής ήταν:

- Γεώργιος Σαμιώτης (Επιβλέπων)
- Ερνέστος Τζαννάτος
- Μιχαήλ Παζαρζής

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η σύνταξη της διπλωματικής αυτής εργασίας βασίστηκε σε εκτενή δευτερογενή έρευνα σε βιβλία, ακαδημαϊκά άρθρα, και ηλεκτρονικές πηγές, όλα σχετικά με τη ναυτιλία και το συγκεκριμένο θέμα των επιπτώσεων των θαλάσσιων μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Αφού εγκρίθηκε το ερευνητικό θέμα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από την ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών, ακολούθησε εκτενής δευτερογενής έρευνα γύρω από το ερευνητικό θέμα. Οι πληροφορίες και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αξιολογήθηκαν και στη συνέχεια παρατέθηκαν συστηματικά, ώστε να συνταχθεί με οργάνωση, συνέπεια και συνοχή η διπλωματική αυτή εργασία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου για τη βοήθεια και τη στήριξη που παρείχε κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής για την έγκριση που έδωσαν, ώστε να προχωρήσω με το θέμα διπλωματικής εργασίας που επέλεξα. Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου τόσο για τις γνώσεις που αποκόμισα από αυτούς, όσο για την ανάπτυξη της κριτικής μου σκέψης, στοιχεία που ήταν απαραίτητα για την εκπόνηση της εργασίας μου.

Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μητέρα μου και τον πατέρα μου για τη στήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των ακαδημαϊκών μου σπουδών σε όλα τα επίπεδα αλλά και την εμπιστοσύνη που έχουν δείξει και συνεχίζουν να δείχνουν σε κάθε εγχείρημα μου μέχρι σήμερα.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας στην αγαπημένη μου αδερφή, η οποία αν και απουσιάζει στο εξωτερικό, ήταν και θα είναι το εφιαλτήριο για κάθε επόμενο βήμα μου.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	1
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ .....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ, ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	10
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ .....	12
ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ – ΚΙΝΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ .....	14
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ.....	14
1.2. ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΡΥΠΑΝΣΗ – ΠΟΣΟΣΤΑ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ .....	19
2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ .....	19
2.2. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	20
2.2.1. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ .....	20
2.2.2. Η ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ.....	25
2.2.3. Η ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ .....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΓΕΝΙΚΑ .....	27
3.1. ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ .....	27
3.2. ΟΙ ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	31
4.1. ΔΙΕΘΝΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ (ΙΜΟ).....	31
4.2. ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ-ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ (Ε.Ε.).....	33
4.3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ .....	36
5.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΙΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ .....	36
5.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ .....	37
5.2.1. ΠΡΩΨΗ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ .....	37
5.2.2. ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	39
5.2.3. ΦΥΛΑΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ.....	42
5.2.4. ΠΡΩΤΟΠΟΡΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΟΙΩΝ .....	42
5.2.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	43
5.3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ .....	44
5.3.1. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ .....	44
5.3.2.ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ (ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ).....	47
5.4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ-ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΙΑΚΑ ΜΕΤΡΑ .....	49
5.4.1. ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΛΕΥΣΗΣ.....	49
5.4.2. ΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΠΡΩΡΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΡΥΜΝΑΙΟΥ ΒΥΘΙΣΜΑΤΟΣ .....	50
5.4.3. ΧΑΡΑΞΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ.....	50
5.5. ΔΟΜΙΚΑ ΜΕΤΡΑ .....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΣΤΟΛΟΥ ..	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ (GLOBAL SEABORNE TRADE) ..	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ .....	69
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: ΠΕΡΙΟΧΕΣ SECA.....	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5: ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ...	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6: ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ (ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ).....	73

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Συμβατότητα βιοκαυσίμων στα πλοία .....	48
--	----

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Η μετάβαση από τον άνθρακα στο πετρέλαιο.....	16
Γράφημα 2: Μετρήσεις διοξειδίου του άνθρακα.....	23
Γράφημα 3: Άρθρα για τις εκπομπές των πλοίων.....	28
Γράφημα 4: Σενάριο αύξησης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.....	29
Γράφημα 5: Συγκριτικός πίνακας εκπομπών ρύπων HFO & LNG-DF.....	46

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ρωμαϊκή γαλέρα.....	14
Εικόνα 2: Παλαιό ιστιοπλοϊκό πλοίο .....	15
Εικόνα 3: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	21
Εικόνα 4: Το παρατηρητήριο της Mauna Loa στη Χαβάη.....	22
Εικόνα 5: Ο Sir Nicholas Stern.....	25
Εικόνα 6: Χρήση αετών σε πλοίο .....	38
Εικόνα 7: Στροφέιο Flettner .....	39
Εικόνα 8: Εγκατάσταση κυψελών καυσίμων .....	40
Εικόνα 9: Πως λειτουργεί μια κυψέλη.....	41
Εικόνα 10: Υβριδικό σύστημα πρόωσης με κυψέλες καυσίμου.....	41
Εικόνα 11: Πλοίο με κυψέλες καυσίμων.....	42
Εικόνα 12: Πλοίο του μέλλοντος.....	43
Εικόνα 13: Σύστημα διαχείρισης καυσίμου στα πλοία.....	44
Εικόνα 14: Σύσταση LNG.....	45
Εικόνα 15: Εγκατάσταση μηχανών Dual Fuel για τη χρήση LNG.....	46
Εικόνα 16: Αποθέματα βιοκαυσίμων.....	47

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας ήταν να αναλύσει τη συμβολή των θαλάσσιων μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Λόγω της περιεκτικότητας των ναυτικών καυσίμων σε θείο και άζωτο, η εκπομπή αυτών των ουσιών στην ατμόσφαιρα συντελεί στη ρύπανσή της, καθώς είναι οι κύριοι ρύποι που συμβάλλουν στην επιτάχυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, αλλά και στη διεύρυνση της τρύπας του όζοντος, μεταξύ άλλων. Για τη μείωση των ρύπων από τα καύσιμα των πλοίων, των οποίων η συμμετοχή στην ατμοσφαιρική ρύπανση αναμένεται να αυξηθεί, λόγω της άνθησης του παγκοσμίου θαλάσσιου εμπορίου, έχουν θεσπιστεί συγκεκριμένες διατάξεις τόσο σε διεθνές επίπεδο (Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός) (International Maritime Organization) (IMO), όσο σε κοινοτικό (E.E.) και εσωτερικό (ελληνική νομοθεσία). Στόχος των διατάξεων αυτών είναι η αισθητή μείωση της περιεκτικότητας των καυσίμων σε θείο, το οποίο θεωρείται ως η κύρια αιτία ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Για την αντιμετώπιση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, οι ναυτιλιακές εταιρίες μπορούν επίσης να πάρουν μια σειρά από τεχνικά και λειτουργικά μέτρα, ενώ η χρήση εναλλακτικών καυσίμων και βιοκαυσίμων αναμένεται να συντελέσει δυναμικά στη μείωση των ρύπων που προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση.

**Λέξεις-Κλειδιά:** Ατμοσφαιρική ρύπανση, International Maritime Organization, Φαινόμενο του Θερμοκηπίου, Τρύπα του Όζοντος, βιοκάυσιμα, εναλλακτικά καύσιμα

## ABSTRACT

The aim of this dissertation was to analyze the contribution of sea transportation in air pollution. Because of sulphur and nitrogen that are contained in ship fossil fuels, their combustion causes air pollution, in the sense that the substances produced are mainly responsible for causing the Greenhouse effect, as well the expansion of the Ozone Hole. In order to reduce the effects of shipping due emissions, which are expected to further increase, given the rapid growth in seaborne trade, certain directives have been developed within an international context (International Maritime Organization –IMO), as well as a community (European Union) and a domestic one (Greek shipping legislation). In order for the problem of air pollution from ships to be faced, shipping companies may take a number of technical or operational measures, as well as use alternative fuels and biofuels.

**Keywords:** Air pollution, International Maritime Organization, Greenhouse Effect, Ozone Hole, biofuels, alternative fuels

## ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ

**IMO:** International Maritime Organization

**NO<sub>x</sub>:** Οξειδία του Αζώτου

**CO:** Μονοξείδιο του άνθρακα

**VOCs:** Πτητικές οργανικές ενώσεις

**SO<sub>2</sub>:** Διοξείδιο του θείου

**CO<sub>2</sub>:** Διοξείδιο του άνθρακα

**MARPOL:** International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

**E.E.:** Ευρωπαϊκή Ένωση

**O.H.E.:** Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

**O<sub>3</sub>:** Όζον

**PAN:** Νιτρικό υπεροξυακετύλιο

**CH<sub>4</sub>:** Μεθάνιο

**N<sub>2</sub>O:** Υποξείδιο του Αζώτου

**A.E.Π.:** Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν

**CFC:** Χλωροφθοράνθρακες



**NO<sub>2</sub>**: Διοξείδιο του αζώτου

**HNO<sub>3</sub>**: Νιτρικό οξύ

**CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub>**: Διμεθυλοθειαιθέρας

**HFO**: Heavy Fuel Oil

**MEPC**: Marine Environment Protection Committee

**SECAs**: SO<sub>x</sub> Emission Control Areas

**LNG**: Liquefied Natural Gas

**CCS**: Carbon Capture and Storage

**EMSA**: European Maritime Safety Agency

**MDO**: Marine Diesel Oil

**MGO**: Marine Gas Oil

**DME**: Dimethyl ether

**MGO**: Marine Gas Oil

**SVO**: Straight Vegetable Oil

**IFO**: Intermediate Fuel Oil

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ, ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας ήταν να αναλύσει τη συμβολή των θαλάσσιων μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Πιο συγκεκριμένα, η διπλωματική αυτή εργασία είχε τους ακόλουθους ερευνητικούς στόχους:

- Να διερευνήσει τη συμβολή και τις επιπτώσεις των θαλάσσιων μεταφορών στο παγκόσμιο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Να καταγράψει και να κωδικοποιήσει το υφιστάμενο και εξελισσόμενο θεσμικό (ρυθμιστικό – οργανωτικό) πλαίσιο το οποίο αναφέρεται στον έλεγχο και τη ρύθμιση του ανωτέρω προβλήματος, σε παγκόσμιο, κοινοτικό και εθνικό επίπεδο (Ελλάδα)
- Να αναλύσει και να εκτιμήσει το μέγεθος και τη σοβαρότητα της συμμετοχής των εμπορικών πλοίων στην ατμοσφαιρική ρύπανση γενικά αλλά και ειδικότερα σε συγκεκριμένες περιοχές όπου το ποσοστό αυτό είναι υψηλό (π.χ. λιμάνια, και περιοχές με υψηλή συγκέντρωση θαλάσσιας κυκλοφορίας)
- Να διατυπώσει σχετικά συμπεράσματα και εκτιμήσεις για το μέγεθος και τη σοβαρότητα του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω της ναυτιλίας, καθώς και τις προοπτικές αποτελεσματικής αντιμετώπισής του.
- Να προτείνει τεχνικές λύσεις για τη βελτίωση και την πρόληψη στον τομέα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πλοία
- Να προβάλλει κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.
- Να δώσει τροφή και να θέσει υπόψη των επίσημων φορέων της ναυτιλίας και των ναυτιλιακών εταιριών, τόσο σε εθνικό, όσο και διεθνές επίπεδο, τις ευθύνες που τους αναλογούν, αλλά και τις απαιτήσεις από αυτούς αναφορικά με τη διαφύλαξη της προστασίας του εναέριου περιβάλλοντος.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο όρος αναφέρεται στην εκπομπή ρύπων και ουσιών, η οποία οφείλεται σε διάφορες δραστηριότητες. Κατά μέσο όρο υπολογίζεται ότι το 50% της

ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε παγκόσμιο επίπεδο οφείλεται στη βιομηχανική δραστηριότητα, το 35% στις δραστηριότητες μεταφορών, ενώ το 15% οφείλεται σε οικιακές δραστηριότητες (Sandler & Pezzullo, 2007). Η σημασία της μελέτης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έγκειται στο ότι έχει πολύ σοβαρές συνέπειες για την υγεία των ανθρώπων και όλων των ζώντων οργανισμών, αλλά και για το περιβάλλον, με χαρακτηριστικότερα παραδείγματα την υπερθέρμανση της γης, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη δημιουργία της τρύπας του όζοντος (Davis, 2000). Παράλληλα, η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει και πολιτικές, οικονομικές και κοινωνικές προεκτάσεις (Adams & Lambert, 2006).

Δεδομένου ότι περίπου το 95% του παγκοσμίου εμπορίου διακινείται με πλοία, η συμβολή των θαλάσσιων μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι πολύ σημαντική, αν μάλιστα συνυπολογιστεί και ο αριθμός των μεταφορών επιβατών των εμπορικών πλοίων σε ετήσια βάση (United Nations, 2013). Σύμφωνα με έρευνα της Vermeire (2007) για λογαριασμό της Chevron Global Marine Products, τα καύσιμα των πλοίων εμπεριέχουν πολλές από τις ουσίες εκείνες που ευθύνονται για την ατμοσφαιρική ρύπανση, όπως ουσίες για τη σύσταση του όζοντος και της αεροζόλης (νιτρικά οξείδια και διοξείδιο του αζώτου NO<sub>x</sub>, μονοξείδιο του άνθρακα, CO, πτητικές οργανικές ενώσεις VOCs, διοξείδιο του θείου SO<sub>2</sub>, κ.α.), καθώς και αέρια που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Όπως είναι αυτονόητο, η αυξημένη κίνηση των πλοίων οδηγεί και σε αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ibid, 2007).

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΔΝΟ) (International Maritime Organization) (IMO) αποτελεί το κύριο όργανο θέσπισης των κανόνων λειτουργίας των πλοίων και των ναυτιλιακών εταιριών σε παγκόσμιο επίπεδο. Στα πλαίσια του οργανισμού αυτού, η προστασία του περιβάλλοντος από τη μόλυνση που προκαλούν τα πλοία διέπεται από τη συνθήκη MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) (IMO, 2014). Εκτός από το ΔΝΟ, η μόλυνση της ατμόσφαιρας από τα πλοία για την περίπτωση της Ελλάδας ελέγχεται και σε κοινωνικό επίπεδο (Ευρωπαϊκή Ένωση-Ε.Ε.), τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (Ο.Η.Ε.), αλλά και σε εθνικό επίπεδο, με οδηγίες και ρυθμίσεις των αρμόδιων κρατικών φορέων της Ελλάδας. Οι προσπάθειες των παραπάνω φορέων και οργανισμών επικεντρώνονται στη χρήση βιοκαυσίμων και στη χρήση καυσίμων με χαμηλότερα ποσοστά σε διοξείδιο του θείου, καθώς και στην εξεύρεση τεχνικών

λύσεων για τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας από τα πλοία, σε συνεργασία με τους πλοιοκτήτες και τις ναυτιλιακές εταιρίες ανά τον πλανήτη (United Nations, 2013).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

Η διπλωματική αυτή εργασία βασίστηκε σε δευτερογενή έρευνα, η οποία αναφέρεται στη συλλογή πληροφοριών και ερευνητικών δεδομένων από δευτερογενείς πηγές, όπως βιβλία, ακαδημαϊκά άρθρα, περιοδικά, εφημερίδες και ηλεκτρονικές πηγές-ιστοσελίδες. Το βασικό πλεονέκτημα της δευτερογενούς έρευνας είναι ότι μια μελέτη στηρίζεται σε δημοσιευμένες αξιόπιστες πηγές, οι οποίες συντελούν στην αξιοπιστία της έρευνας γενικότερα. Όμως, η αξιοπιστία αυτή μετριάζεται από το ότι οι δευτερογενείς πηγές προσφέρουν πληροφορίες που δεν είναι επίκαιρες, ενώ ελλοχεύει ο κίνδυνος του να βασιστεί μια έρευνα σε δευτερογενείς πηγές που δεν είναι αξιόπιστες.

Μέσα στα παραπάνω πλαίσια, η έρευνα για τη διπλωματική αυτή εργασία στηρίχθηκε σε δευτερογενείς πηγές και συγκεκριμένα σε βιβλία και ακαδημαϊκά άρθρα που σχετίζονται με τη ναυτιλία και το περιβάλλον, καθώς και άρθρα από ηλεκτρονικές εφημερίδες και περιοδικά, καθώς και άλλες ιστοσελίδες. Αφού πραγματοποιήθηκε η συλλογή των πληροφοριών, επεξεργάστηκαν εκ νέου, ώστε να επιλεγθούν εκείνες που ήταν πιο αξιόπιστες και χρήσιμες για την έρευνα. Έπειτα, οι πληροφορίες κατηγοριοποιήθηκαν σε θεματικές ενότητες αντίστοιχες με το θέμα του κάθε κεφαλαίου της διπλωματικής εργασίας.

## ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το Κεφάλαιο 1 παραθέτει μια ιστορική αναδρομή αναφορικά με τις θαλάσσιες μεταφορές και την κίνηση των πλοίων, καθώς και την ιστορική εξέλιξη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τα πλοία. Το Κεφάλαιο 2 ασχολείται με αυτή καθαυτή την ατμοσφαιρική ρύπανση, προβάλλοντας πληροφορίες σχετικά με τα ποσοστά και τις συνιστώσες του σημαντικού αυτού παγκοσμίου προβλήματος. Το Κεφάλαιο 3 αναφέρεται στις γενικές επιπτώσεις της δραστηριότητας των θαλάσσιων μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση, με την ανάλυση να

επικεντρώνεται στις επιπτώσεις των αερίων ρύπων που εκπέμπονται από τα πλοία κατά την εκτέλεση των δρομολογίων τους. Το Κεφάλαιο 4 παραθέτει το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη μόλυνση της ατμόσφαιρας από τα πλοία, κάνοντας μνεία τόσο στις διατάξεις και συνθήκες του ΔΝΟ (ΙΜΟ), όσο και σε αυτές του Ο.Η.Ε., της Ε.Ε., αλλά και της Ελλάδας σε εσωτερικό-εθνικό επίπεδο. Το Κεφάλαιο 5 προτείνει τρόπους και τεχνικές που θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην καταπολέμηση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή τουλάχιστον στη μείωσή της σε ότι αφορά το ποσοστό που προκαλείται από τις μεταφορές των πλοίων. Τέλος, το Κεφάλαιο 6 συνοψίζει τα ευρήματα της έρευνας, παραθέτει τις απαιτήσεις και τους υπαινιγμούς που προκύπτουν για τους φορείς ναυτιλίας και τις διοικήσεις των ναυτιλιακών εταιριών, προβάλλει κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα, καθώς και παραθέτει τις αντικειμενικές δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της έρευνας, όπως και τις αδυναμίες της.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ – ΚΙΝΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

## 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

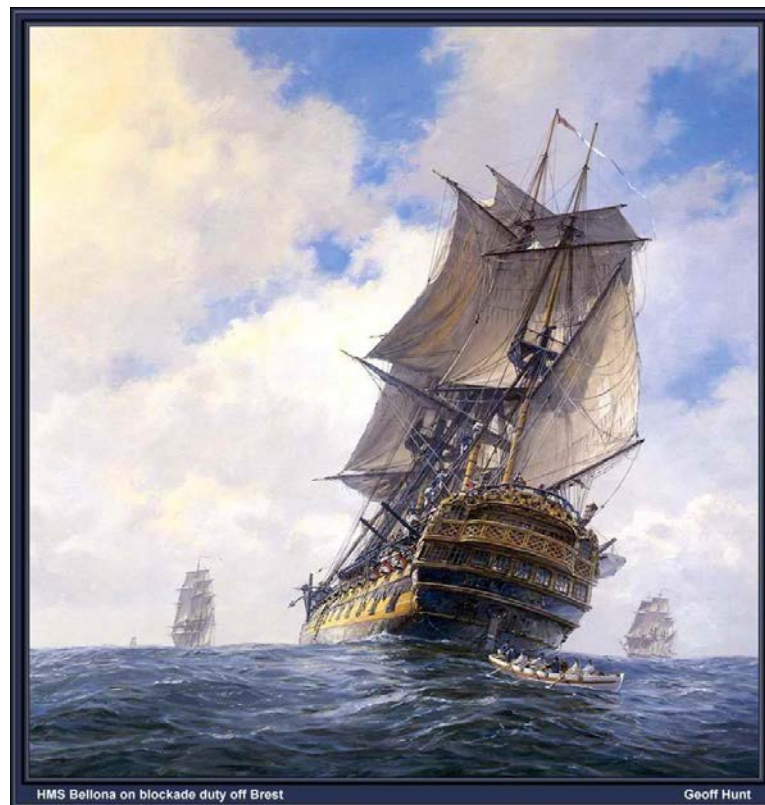
Η ιστορία της ναυτιλίας ξεκινά ήδη από την παλαιολιθική εποχή, η πρώτη μορφή μεγάλου πλοίου ήταν η γαλέρα, η οποία χρησιμοποιούνταν στη Μεσόγειο το 3000 π.Χ.. Οι γαλέρες σταδιακά αντικαταστάθηκαν από ακόμη μεγαλύτερα πλοία, τα οποία είχαν τη δυνατότητα να διασχίζουν ωκεανούς, όπως ήταν οι Αραβικές караβέλες του 13<sup>ου</sup> αιώνα, τα κινέζικα ξύλινα πλοία αναζήτησης θησαυρού του 15<sup>ου</sup> αιώνα, (treasure ships), και τα ιστιοφόρα (φρεγάτες), που χρησιμοποιούνταν κυρίως για πολεμικούς σκοπούς από τις αρχές του 16<sup>ου</sup> μέχρι και το 19<sup>ο</sup> αιώνα. Η κυριαρχία των πετρελαιοκίνητων πλοίων ξεκίνησε από το δεύτερο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Τα πετρελαιοκίνητα πλοία αντικατέστησαν σταδιακά τα ατμόπλοια, τα οποία είχαν κάνει την εμφάνισή τους το 19<sup>ο</sup> αιώνα, αντικαθιστώντας τα ιστιοφόρα πλοία που δέσποζαν στις παγκόσμιες θάλασσες μέχρι εκείνο το χρονικό σημείο (Duc *et al.*, 2014).

**Εικόνα 1: Ρωμαϊκή γαλέρα**





Εικόνα 2: Παλαιό ιστιοπλοϊκό πλοίο

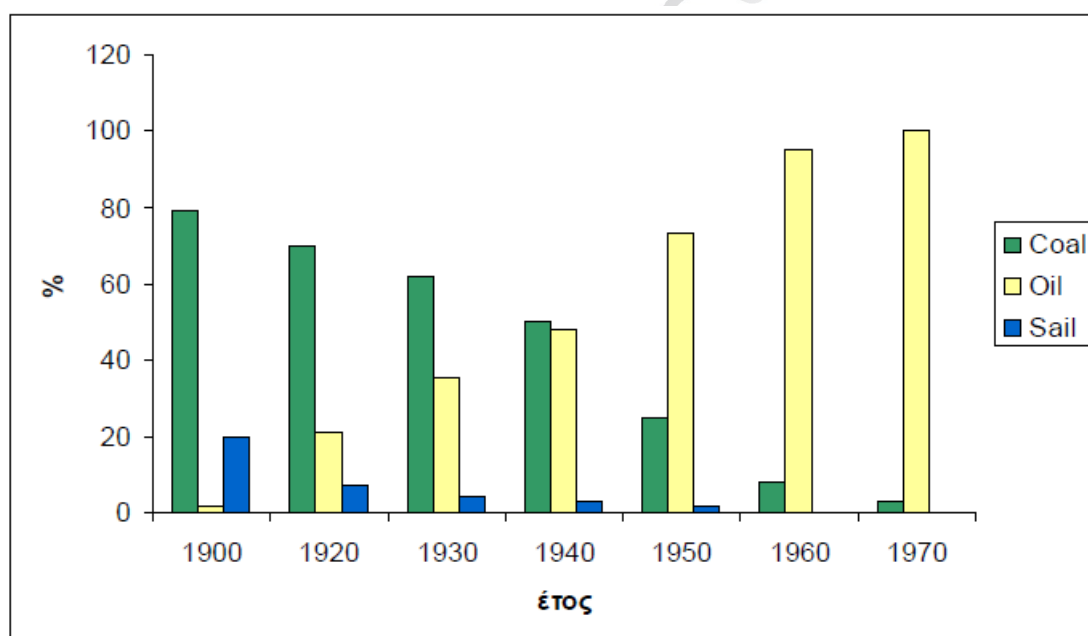


Η ιστορία του κινητήρα diesel ξεκίνησε το 1892 με το Rudolf Diesel και είκοσι χρόνια αργότερα, ο πρώτος τετράχρονος κινητήρας diesel πλοίου ήταν σε εφαρμογή. Τους κινητήρες αυτούς διαδέχθηκαν δίχρονοι κινητήρες πετρελαίου, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1930. Οι κινητήρες αυτοί βοήθησαν τα πλοία να γίνουν ταχύτερα, ενώ η μηχανική υποβοήθηση των κινητήρων αποτέλεσε το κύριο έναυσμα για τη μεταφορά μεγαλύτερων ακόμη πλοίων. Τα μηχανοκίνητα πλοία εδραίωσαν την κυριαρχία τους κατά τον Πρώτο και Δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο, οπότε και το ποσοστό τους επί του συνολικού στόλου υπερωκεάνιων διαδρομών αυξήθηκε κατά 25% (Vermeire, 2007).

Κατά την ίδια χρονική περίοδο, και με δεδομένη τη στροφή του ενδιαφέροντος προς τα μηχανοκίνητα πλοία, μια σειρά από καινοτομίες διαδραματίστηκαν στην κατασκευή κινητήρων, οι οποίες οδήγησαν στη χρήση HFO (heavy fuel oil). Το πρώτο πλοίο στην ιστορία που έκανε χρήση αυτού του είδους καυσίμων ήταν το M/V “The Princess of Vancouver”. Κατά τη δεκαετία του 1950, εφευρέθηκαν και τα πρώτα λιπαντικά για τη λίπανση των κινητήρων, για τα οποία δόθηκε έμφαση στην υψηλή αλκαλικότητά τους, η οποία ήταν απαραίτητη για τη

εξουδετέρωση των οξέων που προκαλούνταν από τα τότε καύσιμα, των οποίων η περιεκτικότητα σε θείο ήταν αρκετά υψηλή. Τα πλοία χρησιμοποιούσαν κατάλοιπα πετρελαίου (residual fuel oil) είχαν γίνει τόσο ευρέως διαδεδομένα κατά το δεύτερο μισό του 1960, ώστε τα μηχανοκίνητα πλοία ξεπέρασαν κατά πολύ τα ατμόπλοια, όχι μόνο σε αριθμό, αλλά και στη χωρητικότητά τους σε επιβάτες και εμπορεύματα. Στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα, τα μηχανοκίνητα πλοία είχαν φτάσει πλέον το συντριπτικό ποσοστό του 98% του παγκόσμιου στόλου (Vermeire, 2007). Η ανάπτυξη των μηχανοκίνητων πλοίων και η σταδιακή αντικατάσταση των ατμόπλοιων και ιστιοφόρων από το 1900 έως και το 1970 απεικονίζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.

**Γράφημα 1: Η μετάβαση από τον άνθρακα στο πετρέλαιο**



(Draffin, 2008)

## 1.2. ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Ο κλάδος της ναυτιλίας αποτελεί σήμερα μια από τις πιο μεγάλες και σημαντικές βιομηχανίες σε παγκόσμιο επίπεδο. Σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ναυτιλίας (International Chamber of Shipping), το 90% του παγκοσμίου εμπορίου διακινείται με πλοία, ενώ τα έσοδα από τους ναύλους των πλοίων ανέρχονται σε περίπου μισό τρισεκατομμύριο σε ετήσια βάση. Κύριο πλεονέκτημα των θαλάσσιων



μεταφορών είναι ότι έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν όγκους και είδη εμπορευμάτων που κανέναν άλλο μεταφορικό μέσον δεν μπορεί. Στο τέλος του 2012, ο παγκόσμιος στόλος υπολογιζόταν σε περίπου 50.000 πλοία, τα οποία είναι καταχωρημένα σε περίπου 150 έθνη, απασχολώντας περισσότερους από 1 εκατομμύριο εργαζόμενους από όλα τα μήκη και πλάτη του πλανήτη (International Chamber of Shipping, 2012). Αν μάλιστα συνυπολογιστούν όλα τα είδη πλοίων κάθε είδους και όλων των μεγεθών, τότε ο παγκόσμιος στόλος σε παραπάνω από 1.5000.000 πλοία, σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες πληροφορίες που έχουν δημοσιευθεί από τα Ηνωμένα Έθνη για το έτος 2012 (United Nations, 2013). Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι στην παγκόσμια ναυτιλία απασχολούνται σήμερα 466.000 υπάλληλοι γραφείου και 721.000 εργαζόμενοι πλοίων όλων των ειδικοτήτων, με την Ινδία και τις Φιλιππίνες να αποτελούν τις κύριες πηγές εργατικού δυναμικού της παγκόσμιας ναυτιλίας (International Chamber of Shipping, 2012) (βλ. Παράρτημα 1).

Η εξέλιξη και η σπουδαιότητα της ναυτιλίας διαφαίνεται και από την εξέλιξη του παγκοσμίου εμπορίου. Σύμφωνα με στοιχεία του Διεθνούς Συμβουλίου Ναυτιλίας, το παγκόσμιο εμπόριο που διακινείται μέσω θαλάσσης αυξήθηκε από 8 δισεκατομμύρια MT το 1968 σε παραπάνω από 32 δισεκατομμύρια το 2008. Σε αυτό συντέλεσε η βιομηχανοποίηση και η απελευθέρωση των εθνικών οικονομιών, οι οποίες ώθησαν την ανάπτυξη του ελεύθερου διεθνούς εμπορίου. Αξίζει μάλιστα να σημειωθεί πως το 2012 η ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου μεταφερόμενου μέσω θαλάσσης ήταν μεγαλύτερη ακόμη και από αυτήν της παγκόσμιας οικονομίας στο σύνολό της, φθάνοντας το 4.3%, κινούμενο στα ίδια ποσοστά με αυτά του 2011. Μάλιστα, το 33% των συνολικών αγαθών που εμπορεύθηκαν το 2012 διακινήθηκαν με πλοία τύπου τάνκερ, ενώ τη μεγαλύτερη ανάπτυξη γνώρισε ο κλάδος των χύδην ξηρών φορτίων, όπως το σιδηρομετάλλευμα, ο γαιάνθρακας, το φωσφορικό άλας και το αλουμίνιο. Σε γενικές γραμμές, η ανάπτυξη του παγκοσμίου εμπορίου προωθείται κυρίως από τις αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Κίνα και η Ινδία, δεδομένης της καθίζησης της ζήτησης των Δυτικών χωρών λόγω της οικονομικής κρίσης (United Nations, 2013) (βλ. Παράρτημα 2). Όπως αναφέρουν και οι Asariotis *et al.* (2009), το μέσο μέγεθος των πλοίων αυξήθηκε, προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση του παγκοσμίου εμπορίου. Επιπρόσθετα, ο μέσος όρος ηλικίας του πλοίου ήταν 23

χρόνων το 2009, ενώ η μέση ηλικία ανά μονάδα τόνου νεκρού βάρους (dead weight ton - DWT) του ίδιου στόλου ήταν 14 έτη (ibid,2009).

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΡΥΠΑΝΣΗ – ΠΟΣΟΣΤΑ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ**

### 2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Εξ ορισμού, η ατμοσφαιρική ρύπανση οφείλεται σε ουσίες, οι οποίες συγκεντρώνονται στην ατμόσφαιρα και τη μολύνουν και είναι γνωστές ως ρύποι. Δύο ειδών ρύποι υπάρχουν, οι πρωτογενείς και οι δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς ρύποι είναι εκείνοι που προκαλούνται απευθείας από κάποια διαδικασία (από την κατανάλωση καυσίμων από αυτοκίνητα ή βιομηχανίες) (Davis, 2002). Οι κυριότεροι πρωτογενείς ρύποι είναι νιτρικά οξείδια και διοξείδιο του αζώτου  $\text{NO}_x$ , μονοξείδιο του άνθρακα,  $\text{CO}$ , πτητικές οργανικές ενώσεις  $\text{VOCs}$ , διοξείδιο του θείου  $\text{SO}_2$ , τα συστατικά τοξικών μετάλλων, η αμμωνία, η οποία εκπέμπεται από τις αγροτικές καλλιέργειες, καθώς και ραδιενεργοί ρύποι που εκπέμπονται κυρίως από πυρηνικές εκρήξεις και πυρηνικά εργοστάσια (Vallero, 2007). Όσον αφορά τους δευτερογενείς ρύπους, ο όρος περιλαμβάνει σωματίδια που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα, όταν οι πρωτογενείς ρύποι αντιδρούν μεταξύ τους. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα δευτερογενούς ρύπου είναι το όζον ( $\text{O}_3$ ), καθώς και το νιτρικό υπεροξυακετύλιο ( $\text{PAN}$ ) (Καραθανάσης, 2006).

Μια από τις πιο συνηθισμένες μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι αυτή του λεγόμενου «νέφους αιθαλομίχλης», το οποίο είναι σύνηθες σε περιοχές με ψυχρά κλίματα, ενώ στην Ελλάδα εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 1969. Το νέφος αυτό προκαλείται από τις εκπομπές ρύπων λόγω της κατανάλωσης καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο. Οι χημικές ενώσεις του θείου, με πιο σημαντική το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ), εμφανίζονται στον αέρα σε μεγάλες συγκεντρώσεις, ενώ σε πρώτη φάση οφείλονταν κυρίως στην καύση πετρελαίου θέρμανσης και κίνησης. Με την εξάπλωση της χρήσης της βενζίνης κυρίως από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα οι εκπομπές των αυτοκινήτων χαρακτηρίστηκαν ως κύρια αιτία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με κύριο παράδειγμα αυτό του Λος Άντζελες το 1945. Τότε ήταν και το έτος κατά το οποίο τα πετρελαιοειδή χαρακτηρίστηκαν ως υπαίτια για το λεγόμενο φωτοχημικό νέφος, το οποίο, σε αντίθεση με το έως τότε γνωστό νέφος, εμφανιζόταν κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν πολύ υψηλές θερμοκρασίες συνδυάζονταν με την ύπαρξη στην ατμόσφαιρα πτητικών οργανικών ενώσεων ( $\text{VOC}$ ) και οξειδίων του αζώτου

(NO<sub>x</sub>). Τα δύο αυτά παραπάνω δημιουργούν μαζί το όζον. Εξέλιξη των παραπάνω και συγκεκριμένα του φωτοχημικού νέφους είναι το λεγόμενο «υδρογονοσωματιδιακό νέφος». Αυτό το είδος ατμοσφαιρικής ρύπανσης έκανε την εμφάνισή του κατά τα τέλη της δεκαετίας του 90 και χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις αεροσωματιδίων και ενώσεων υδρογονανθράκων, τα οποία οφείλονται στη βιομηχανία και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα αντίστοιχα.

Υπολογίζεται ότι το 50% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε παγκόσμιο επίπεδο οφείλεται στη βιομηχανική δραστηριότητα, το 35% στις δραστηριότητες μεταφορών, ενώ το 15% οφείλεται σε οικιακές δραστηριότητες (Sandler & Pezzullo, 2007). Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα, θεωρείται υπεύθυνη για την πρόκληση αναπνευστικών ή καρδιακών προβλημάτων, εγκεφαλικών επεισοδίων και καρκίνου των πνευμόνων (Lucking *et al.*, 2008). Τα παιδιά ηλικίας κάτω των 5 ετών είναι αυτά που συγκεντρώνουν τις μεγαλύτερες πιθανότητες θανάτου που οφείλεται σε κακή ποιότητα εσωτερικού (εντός του σπιτιού) και εξωτερικού αέρα, ειδικότερα εκείνα που ζουν σε βιομηχανικές και μεγάλες πόλεις. Μάλιστα, τα παιδιά μικρής ηλικίας ενδέχεται να εμφανίσουν συμπτώματα εγκεφαλικής βλάβης όμοια με αυτά της σχιζοφρένειας και του αυτισμού. Σήμερα υπολογίζεται ότι περίπου 7 εκατομμύρια πρόωροι θάνατοι έχουν προκληθεί από την ατμοσφαιρική ρύπανση, με την Ινδία να καταγράφει τα υψηλότερα ποσοστά (Gehring *et al.*, 2010). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η ατμοσφαιρική ρύπανση υπολογίζεται ότι μειώνει το προσδόκιμο ζωής κατά περίπου 9 μήνες. Σύμφωνα με στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας για το έτος 2004, η μεγαλύτερη ατμοσφαιρική ρύπανση στον πλανήτη παρατηρείται στο Κάιρο (Αίγυπτος), ενώ ακολουθούν το Νέο Δελχί και η Καλκούτα στην Ινδία (World Bank, 2007) (βλ. Παράρτημα 3).

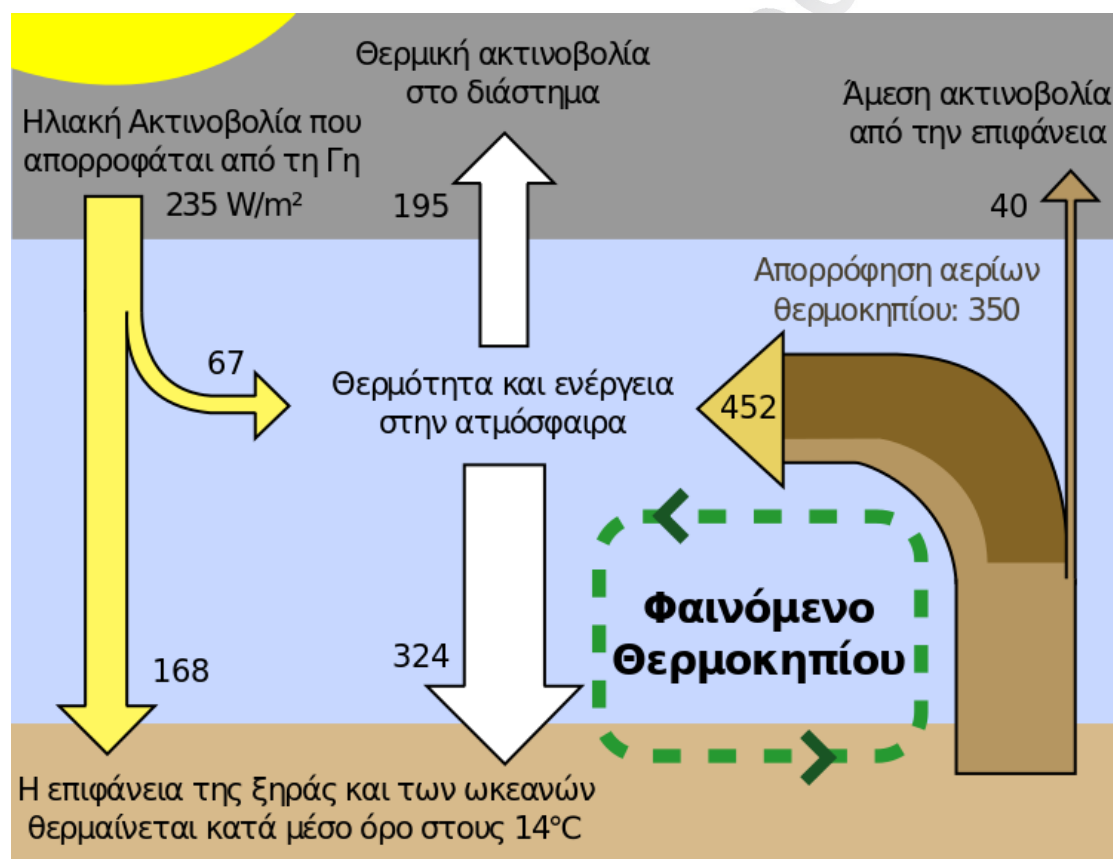
## 2.2. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

### *2.2.1. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ*

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί την πιο γνωστή και σοβαρή επίπτωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η οποία επιφέρει σοβαρότατες κλιματικές αλλαγές στον πλανήτη. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, ένας πλανήτης συγκρατεί

μεγάλα ποσοστά θερμότητας που προέρχεται από τον ήλιο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία της επιφάνειάς του<sup>1</sup>. Στην περίπτωση της Γης, η ακτινοβολία του ήλιου απορροφάται κατά 50% από τη επιφάνειά της και τους ωκεανούς. Η Γη εκπέμπει και αυτή ακτινοβολία, η οποία είναι μεγαλύτερου μήκους κύματος από εκείνη που εκπέμπει ο ήλιος, η οποία απορροφάται σε ποσοστό περίπου 70% από την ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα με τη σειρά της επανεκπέμπει θερμική ακτινοβολία στη Γη μέσω των αερίων συστατικών της, τα οποία συμβάλλουν στο φαινόμενο, με αποτέλεσμα να θερμαίνεται η Γη ακόμη περισσότερο (Vaclav, 2003).

Εικόνα 3: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου



<sup>1</sup> Το φαινόμενο του θερμοκηπίου ανακαλύφθηκε το 1824 από το Ζοζέφ Φουριέ (Γάλλος φυσικός και αστρονόμος), ενώ πήρε το όνομά του από Σουηδό χημικό Σβάντε Αρρένιους το 1896, ο οποίος ανέλυσε το εν λόγω φαινόμενο στα πλαίσια της διατριβής του. Shah. S. (2008), *Crude. Η ιστορία του αργού πετρελαίου*, Αθήνα: Εκδόσεις Άγρα.

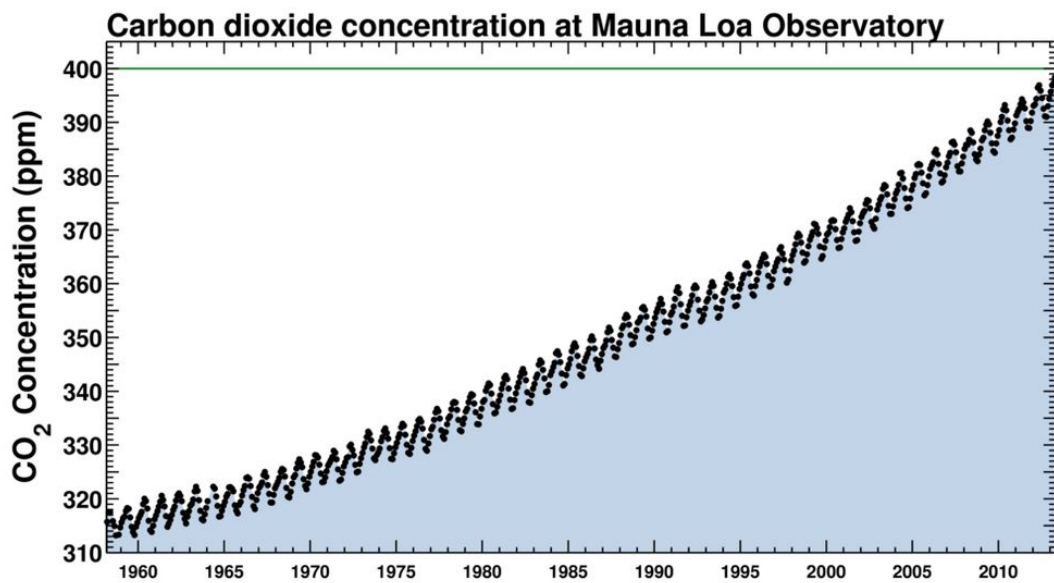
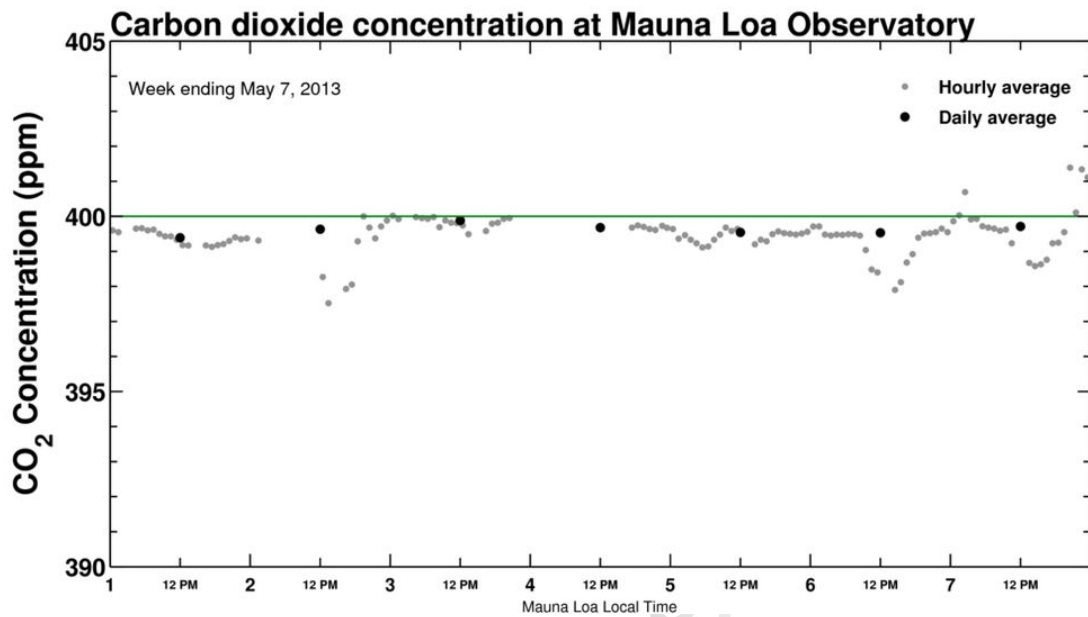
Τα αέρια της ατμόσφαιρας που συντελούν στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι γνωστά ως *αέρια θερμοκηπίου*, ενώ αυτά που παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά συγκέντρωσης από το 1750 μέχρι σήμερα είναι τα αέρια του νερού (H<sub>2</sub>O) το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) (9-26%), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) (4-9%) και το Υποξείδιο του Αζώτου (N<sub>2</sub>O) (3-7%) (Henderson-Sellers & McGuffie, 2005). Η ανθρώπινη δραστηριότητα θεωρείται ως ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που οδηγούν στη δημιουργία και την αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, κυρίως λόγω των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις βιομηχανίες και τα πετρελαιοκίνητα ή βενζινοκίνητα οχήματα. Μάλιστα, το Μάιο του 2013, η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> έφτασε την ιστορική τιμή των 400ppm, σύμφωνα με μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στο παρατηρητήριο της Mauna Loa στη Χαβάη (National Geographic, 2013).

**Εικόνα 4:** Το παρατηρητήριο της Mauna Loa στη Χαβάη



(National Geographic, 2013)

Γράφημα 2: Μετρήσεις διοξειδίου του άνθρακα



(National Geographic, 2013)

Το πιο γνωστό κα σημαντικό κείμενο που περιγράφει και αναλύει το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη είναι αυτό της Έκθεσης Stern, η οποία πήρε το όνομά της από τον Sir Nicholas Stern, στον οποίο ανατέθηκε η μελέτη



των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη<sup>2</sup>. Σύμφωνα με την έκθεση αυτή, η οποία δημοσιεύθηκε το φθινόπωρο του 2006, περιλαμβάνει πέρα από τις οικονομικές συνέπειες τις κλιματικής αλλαγής και τις συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία λόγω της αύξησης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, η έκθεση αναφέρει πως οι κλιματολογικές αλλαγές αποτελούν παγκόσμια απειλή και χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης. Μάλιστα, ο Stern προειδοποιεί πως αν το πρόβλημα δεν αντιμετωπιστεί άμεσα, υπάρχει πιθανότητα που αγγίζει το 50% η μέση θερμοκρασία του πλανήτη να αυξηθεί κατά 5°C, κάτι που θα επηρεάσει όχι μόνο τη χλωρίδα και την πανίδα, αλλά και το που και πως ζουν οι άνθρωποι ανά τον πλανήτη (Nordhaus, 2007). Η ίδια έκθεση εκτιμά πως το κόστος αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής ανέρχεται στο 1% του παγκοσμίου Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (Α.Ε.Π) ετησίως, ενώ στην περίπτωση μη αντιμετώπισης το κόστος αυτό θα ανέρχεται σε 5%-10% του παγκοσμίου Α.Ε.Π. Προκειμένου να ελεγχθεί το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, είναι απαραίτητο η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου να σταθεροποιηθεί κάπου ανάμεσα στα 450 ppm και 550 ppm CO<sub>2e</sub>. Σήμερα, η συγκέντρωση αγγίζει το 430 ppm, ενώ για να σταθεροποιηθεί απαιτείται μείωση των εκπομπών των ρύπων κατά τουλάχιστον 25% έως το 2050 (Solomon *et al.*, 2007).

---

<sup>2</sup> Ο Sir Nicholas Stern γεννήθηκε το 1946 και αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς οικονομολόγους στην ιστορία του Ηνωμένου Βασιλείου. Είναι καθηγητής των Οικονομικών και Πρόεδρος του Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment του London School of Economics, ενώ το 2003 ανέλαβε χρέη επικεφαλούς της Κυβερνητικής Οικονομικής Υπηρεσίας της Βρετανίας. Από το 2013, διατελεί και ως Πρόεδρος της Βρετανικής Ακαδημίας.



Εικόνα 5: Ο Sir Nicholas Stern



### 2.2.2. Η ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Η τρύπα του όζοντος αποτελεί ένα ακόμη φαινόμενο που προκαλείται λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Κατά το φαινόμενο αυτό, στο στρώμα του όζοντος που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα και συγκεκριμένα στη στρατόσφαιρα έχει εμφανιστεί μια «τρύπα» πάνω από την Ανταρκτική, λόγω της μείωσης του πάχους του (Farman *et al.*, 1985). Η επικινδυνότητα του φαινομένου έγκειται στο ότι το στρώμα του όζοντος απορροφά το μεγαλύτερο ποσοστό της υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου, η οποία και έχει επιβλαβείς συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει και στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και το λιώσιμο των πάγων (Chasek *et al.*, 2013) Ως κύρια αιτία για τη δημιουργία της τρύπας του όζοντος θεωρείται η αυξημένη χρήση χλωροφθορανθράκων (CFC), οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε κλιματιστικά και ψυκτικές συσκευές, ενώ τα καυσαέρια των οχημάτων και η βιομηχανική διαδικασία αυξάνουν την ένταση του φαινομένου. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι, σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, οι χλωροφθοράνθρακες έχουν δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη κατά περίπου 15.000 φορές περισσότερο σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα (Andersen & Sarma, 2002). Η τρύπα του όζοντος αποτελεί τη βασικότερη αιτία πρόκλησης μελανώματος, της πιο επικίνδυνης μορφής καρκίνου του δέρματος, από την οποία κινδυνεύουν άνδρες και

γυναίκες επί το πλείστον στην Αυστραλία, αλλά και την Ευρώπη. Εκτός αυτού, η τρύπα του όζοντος προκαλεί και την εμφάνιση καταρράκτη, ενώ πολύ σημαντική είναι η συμβολή στη μετάλλαξη του ανθρώπινου DNA, με τους επιστήμονες μάλιστα να χρησιμοποιούν την υπεριώδη ακτινοβολία UV-C (που είναι και η πιο επικίνδυνη) για τέτοιου είδους επεμβάσεις, πάντα βέβαια σε ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες (Downie, 2013).

### 2.2.3. Η ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Η όξινη βροχή είναι αυτή στην οποία εμπεριέχονται ρύποι με όξινη συμπεριφορά. Το χαλάζι, το χιόνι, ακόμη και η πάχνη, αποτελούν τις πιο συνήθεις μορφές όξινης βροχής. Τα κυριότερα αέρια που προκαλούν την όξινη βροχή είναι το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), το διοξείδιο του άνθρακα, καθώς και τα οξείδια του αζώτου, τα οποία, πέρα από το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>), σχηματίζουν και το νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>), εφόσον διαλυθούν στο νερό. Οι κύριες πηγές εκπομπής των παραπάνω ρύπων είναι η καύση ορυκτών καυσίμων, η οποία και κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό πρόκλησης όξινης βροχής, η ηφαιστειακή δραστηριότητα, οι πυρκαγιές, καθώς και οι βιοχημικές διεργασίες, οι οποίες παράγουν το διμεθυλοθειαιθέρα (CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub>), που με τη σειρά του αναμειγνύεται με το νερό της βροχής και σχηματίζει SO<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub>. Η όξινη βροχή προκαλεί την πτώση του pH στα ύδατα, με αποτέλεσμα να επηρεάζει αρνητικά τη ζωή των θαλάσσιων οργανισμών και αυτών που ζουν στα γλυκά νερά, ενώ καταστρεπτικές είναι και οι συνέπειες στα δάση και τις καλλιέργειες. Τέλος, η όξινη βροχή έχει κατηγορηθεί και για την εμφάνιση διαφόρων μορφών καρκίνου, ενώ συμβάλλει στην εμφάνιση και επιδείνωση αναπνευστικών προβλημάτων (Rom & Markowitz, 2006).

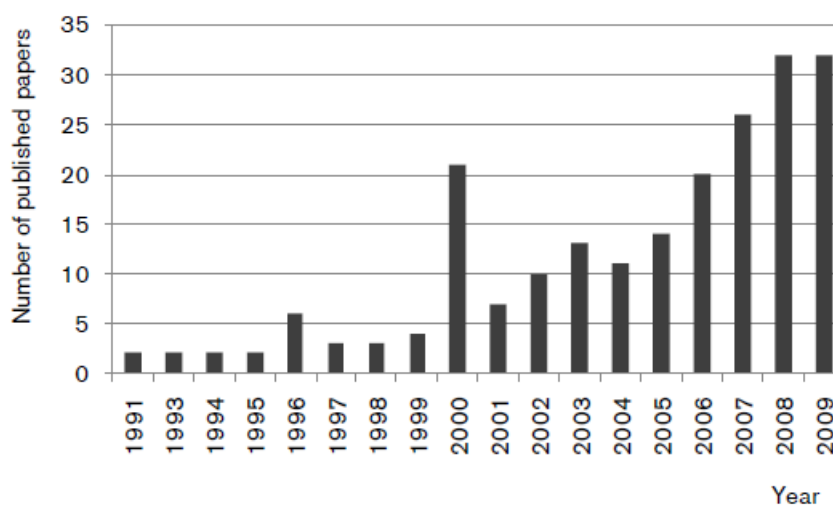
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΓΕΝΙΚΑ

### 3.1. ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Όπως προκύπτει και από την ανάλυση του πρώτου κεφαλαίου της διπλωματικής αυτής εργασίας, καμία άλλη βιομηχανία δεν είναι τόσο παγκόσμια όσο η ναυτιλία. Την ίδια στιγμή, κανένα άλλο περιβαλλοντικό πρόβλημα δεν έχει τόσο παγκόσμια φύση όσο η κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Δεδομένης της παγκόσμιας φύσης της ναυτιλίας, όπου τα προϊόντα που ανήκουν στην εταιρία μιας χώρας μπορεί να μεταφερθούν μεταξύ δύο άλλων χωρών, με πλοία που φέρουν τη σημαία μιας τέταρτης χώρας, οι ευθύνες για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που οφείλονται στη ναυτιλία είναι δύσκολο να βαρύνουν μια συγκεκριμένη χώρα (Knowles *et al.*, 2009). Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως «διεθνείς εκπομπές». Αυτή η δυσκολία καταχώρησης των εκπομπών έχει οδηγήσει και στη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι διεθνείς οργανισμοί προστασίας του περιβάλλοντος στο να αναπτύξουν πολιτικές και ρυθμίσεις αναφορικά με τη μείωση των εκπομπών που οφείλονται στις θαλάσσιες μεταφορές (DeSombre, 2006).

Η συνεισφορά των αέριων εκπομπών από τα πλοία στην ατμοσφαιρική ρύπανση προσέλκυσε την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, και η βιβλιογραφία για παρεμφερή θέματα αυξήθηκε ραγδαία στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αι.. Το γράφημα που ακολουθεί δίνει μια ένδειξη της αυξημένης ευαισθητοποίησης που σημειώθηκε, δείχνοντας την αύξηση του αριθμού των δημοσιευμένων άρθρων στη βάση δεδομένων της επιστημονικής βιβλιογραφίας 'ISI Web of Knowledge'.

Γράφημα 3: Άρθρα για τις εκπομπές των πλοίων



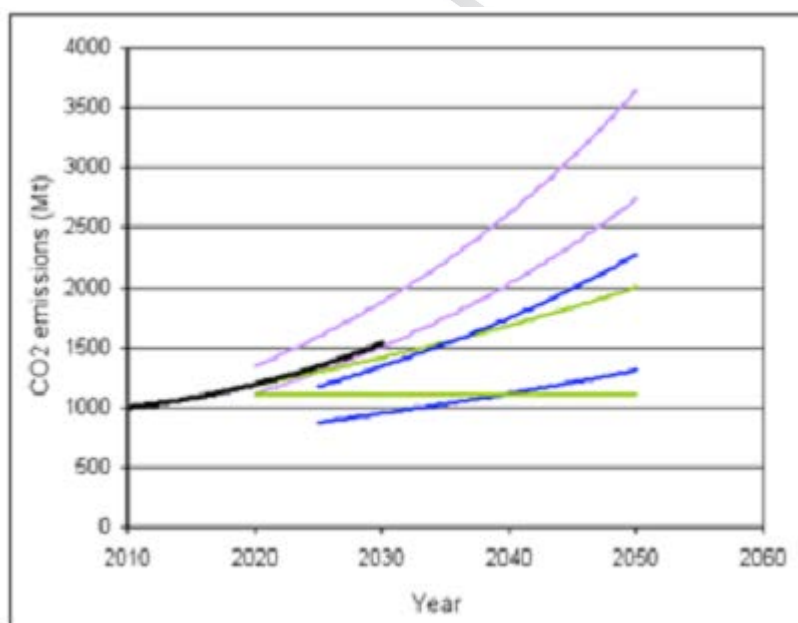
Όπως προκύπτει και από την ανάλυση του Κεφαλαίου 1, ο ρόλος της ναυτιλίας στην επιδείνωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δρομολογείται από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, οπότε, μαζί με τη αντικατάσταση των ιστιοφόρων πλοίων με μηχανοκίνητα υιοθετήθηκε και η χρήση ορυκτών καυσίμων (στην αρχή καύσιμα γαιάνθρακα και στη συνέχεια καυσιμέλαιο) ως κύρια καύσιμα για την προώθησή τους. Παράλληλα, και πέρα από την πρόωσή τους, τα πλοία χρησιμοποιούν καυσιμέλαιο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά το γεγονός ότι ο σχεδιασμός των μηχανών έχει αλλάξει και έχει εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό, η καύση υδρογονανθράκων θα προκαλέσει την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα.

Σήμερα, το είδος καυσίμου που χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερη έκταση είναι το υπόλοιπο της διαδικασίας διύλισης του πετρελαίου, το οποίο είναι γνωστό ως βαρύ καυσιμέλαιο (Heavy Fuel Oil) (HFO) (Notteboom & Verminnen, 2009). Σύμφωνα με τους Eyring *et al.* (2005), η κατανάλωση των πλοίων σε καυσιμέλαιο ανήλθε στους 150 εκατομμύρια τόνους το 2000, ενώ σύμφωνα με τους Buhaug *et al.* (2009) το 2007 η κατανάλωση έφτασε τους 333 εκατομμύρια. Παρόλο που σχετική μελέτη του IMO αναδεικνύει πως οι θαλάσσιες μεταφορές ευθύνονταν για μόνο το 3% περίπου των συνολικών εκπομπών διοξειδίων του άνθρακα, η διαρκής άνθιση του παγκοσμίου εμπορίου μεταφερόμενου από τη θάλασσα αναμένεται να αυξήσει σε μεγάλο βαθμό το παραπάνω ποσοστό (IMO GHG Study, 2009).

### 3.2. ΟΙ ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας (World Energy Council) (2013), οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από τα πλοία αγγίζουν το ποσοστό του 2,7%, την ώρα που οι αντίστοιχες εκπομπές που προέρχονται από τις αεροπορικές μεταφορές ανέρχονται στο 2,2% των συνολικών εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο (870 εκατομμύρια τόνοι), ενώ οι οδικές μεταφορές ευθύνονται για το 14% των συνολικών εκπομπών. Το στοιχείο εκείνο που προκαλεί ανησυχία είναι ότι, σύμφωνα με το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας, εάν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου από τα πλοία, οι οποίες σήμερα αντιπροσωπεύουν περίπου το 15% των συνολικών εκπομπών, ενδέχεται έως το 2050 να ξεπεράσουν αυτές των οδικών μεταφορών (ibid, 2013).

**Γράφημα 4: Σενάριο αύξησης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα**



(DNV, 2010)

Το κόστος των καυσίμων των πλοίων ξεπερνά το 50% του λειτουργικού τους κόστους. Μέσα στα πλαίσια αυτά, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, οι ναυτιλιακές εταιρίες χρησιμοποιούν το λεγόμενο καυσιμέλαιο (HFO), το οποίο

είναι ευρέως διαθέσιμο, προκειμένου να ελέγξουν το λειτουργικό κόστος τους. Η καύση του HFO παράγει μεγάλες ποσότητες μαύρου καπνού, οξειδία του αζώτου, άκαυτους υδρογονάνθρακες, οξειδία του θείου, καθώς και μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, κατά τη διαδικασία της καύσης στους πετρελαιοκινητήρες τους, τους λέβητες και τους αποτεφρωτήρες-κλιβάνους. Όπως αναλύθηκε διεξοδικά στο Κεφάλαιο 2, οι παραπάνω ρύποι έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, καθώς συμβάλουν στη μείωση του πάχους του στρώματος όζοντος στη στρατόσφαιρα, επιταχύνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ συντελούν και στη δημιουργία όξινης βροχής, με τα όποια αρνητικά αποτελέσματα και επιπτώσεις έχουν αυτά για τη γλωρίδα, την πανίδα και την ανθρώπινη υγεία (Endresen *et al.*, 2003).

Το βασικό μέρος του διοξειδίου του θείου που εκπέμπεται από τα πλοία οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα και δημιουργεί θεικές ενώσεις, ενώ οι ενώσεις του αζώτου δημιουργούν νιτρικό οξύ και νιτρικό άλας, προκαλώντας έτσι το φαινόμενο της οξίνισης (Psaraftis & Kontovas, 2009). Τα θειικά αερολύματα, μαζί με αυτά του αζώτου και με πρωτογενείς ρύπους όπως ο οργανικός και ο μαύρος άνθρακας, έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### 4.1. ΔΙΕΘΝΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ (ΙΜΟ)

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΔΝΟ) (ΙΜΟ) αποτελεί τον επίσημο παγκόσμιο οργανισμό που διέπει τη διεθνή ναυτιλία<sup>3</sup>. Στα πλαίσια της προσπάθειας αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης υπεγράφη η συνθήκη MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) από την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (Marine Environment Protection Committee) (ΜΕΡC) (ΙΜΟ, 2014). Η εν λόγω συνθήκη αποτελείται από 6 παραρτήματα. Τα πέντε πρώτα, τα οποία θεσπίστηκαν το 1973 και ανανεώθηκαν το 1978, αφορούν διατάξεις προς αποφυγή της μόλυνσης από πετρέλαιο ή άλλες επιβλαβείς υγρές ουσίες, οι οποίες μπορεί να εμπεριέχονται στα φορτία των πλοίων. Επίσης, τα παραρτήματα αυτά περιλαμβάνουν διατάξεις αποφυγής της θαλάσσιας μόλυνσης που προκαλείται από τα απόβλητα των πλοίων. Το Παράρτημα 6, το οποίο προστέθηκε το 1997 και τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005, είναι εκείνο που περιλαμβάνει διατάξεις αναφορικά με την αποφυγή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΙΜΟ, 2014). Οι σημαντικότερες διατάξεις του Παραρτήματος αυτού είναι οι ακόλουθες:

**Κανονισμός 5 (Regulation 5):** Σύμφωνα με τον κανονισμό αυτό, όλα τα πλοία θα πρέπει να υπόκεινται σε τακτικούς ελέγχους, ώστε να διαπιστωθεί εάν οι εκπομπές τους σε ρύπους δεν ξεπερνούν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια, αλλά και ότι η λειτουργία τους είναι και αποδοτική και δεν επιφέρει κάποιο κίνδυνο για την ατμόσφαιρα. Οι έλεγχοι αυτοί θα γίνονται πριν τεθεί ένα πλοίο σε λειτουργία, πριν λάβει

---

<sup>3</sup> Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΔΝΟ) (ΙΜΟ) έχει την έδρα του στο Λονδίνο. Ιδρύθηκε το 1948 και ανέλαβε δράση 11 χρόνια μετά, με την πρώτη του συνεδρίαση το 1959. Στόχος του είναι η δημιουργία ενός ενιαίου θεσμικού πλαισίου για τη ναυτιλία σε παγκόσμιο επίπεδο, το οποίο περιλαμβάνει διατάξεις για την ασφάλεια των πλοίων, των πληρωμάτων και των φορτίων τους, την ασφάλεια του περιβάλλοντος, νομικά θέματα, καθώς και την αποδοτική λειτουργία της ναυτιλίας γενικότερα. Σήμερα, αποτελείται από 170 κράτη-μέλη. International Maritime Organization (ΙΜΟ) (2014). “About ΙΜΟ”. Διαθέσιμο στο <<http://www.imo.org/About/Pages/Default.aspx>>. Ανακτήθηκε στις 30/07/2014.



πιστοποίηση, αλλά και τουλάχιστον μια φορά κατά τη διάρκεια της πιστοποίησης, η οποία διαρκεί το ανώτατο 5 χρόνια (IMO, 1997).

**Κανονισμός 6 (Regulation 6):** Κάθε πλοίο μικτού βάρους άνω των 400 τόνων θα πρέπει να έχει Διεθνές Πιστοποιητικό Πρόληψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (International Air Pollution Prevention Certificate), το οποίο θα πρέπει να του έχει χορηγηθεί κατά τα πρώτα τρία χρόνια λειτουργίας του και να συνοδεύεται από μετάφραση στα Αγγλικά, Γαλλικά ή Ισπανικά (IMO, 1997).

**Κανονισμός 13 (Regulation 13):** Ο κανονισμός 13 του πρωτοκόλλου του 1997 προβλέπει ότι οι εκπομπές νιτρικού οξειδίου και διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>x</sub>) οποιουδήποτε πετρελαιοκινητήρα με ισχύ άνω των 130W, ο οποίος είναι τοποθετημένος σε πλοία που κατασκευάστηκαν μετά την 01/01/2000, δεν μπορούν να υπερβαίνουν τα κάτωθι όρια:

17 g/kW-hr, όταν το n είναι μικρότερο από 130 rpm

$45.0 \cdot n^{(-0.2)}$

g/kW-hr, όταν το n είναι 130 ή μεγαλύτερο, αλλά μικρότερο από 2,000 rpm

9.8 g/kW-hr, όταν το n είναι 2,000 rpm ή μεγαλύτερο

(IMO, 1997)

**Κανονισμός 14 (Regulation 14):** Σύμφωνα με τον κανονισμό αυτόν, η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο που χρησιμοποιούν τα πλοία δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4.5% m/m. Για τις Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών Οξειδίων του Θείου SO<sub>x</sub> (SO<sub>x</sub> Emission Control Areas) (SECAs)<sup>4</sup>, το όριο αυτό είναι ακόμη

---

<sup>4</sup> Ως περιοχές SECA με γνώμονα τη χρήση καυσίμων αναγνωρίζονται σήμερα οι εξής: Μεσόγειος, Βαλτική, Μαύρη Θάλασσα, Ερυθρά Θάλασσα, Κόλπος του Άντεν, Ανταρκτική, Βορειοδυτικές ευρωπαϊκές θάλασσες, η περιοχή της Αραβικής Θάλασσας γύρω από το Ομάν, το νότιο τμήμα της θάλασσας της Νότιας Αφρικής. IMO (2014), Special Areas under MARPOL, available at <<http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/SpecialAreasUnderMARPOL/Pages/Default.aspx>>, accessed on 01/08/2014.



χαμηλότερο στο 1.5% m/m (βλ. Παράρτημα 4). Τα παραπάνω όρια θα πρέπει να αναφέρονται στο δελτίο παράδοσης καυσίμων (bunker delivery note) του εκάστοτε προμηθευτή των ναυτιλιακών εταιριών. Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, τα πλοία θα πρέπει να έχουν εγκαταστημένο σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων τους, ενώ το βάρος των συνολικών εκπομπών σε θείο δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 6.0 g SO<sub>x</sub>/kWh (IMO, 1997).

**Κανονισμός 15 (Regulation 15):** Οι τερματικοί σταθμοί θα πρέπει να έχουν κλειστά συστήματα φόρτωσης και ανάκτησης υδρογονανθράκων (IMO, 1997).

Το Παράρτημα 6 της MARPOL τροποποιήθηκε σε αρκετά σημεία του το 2008. Η πιο σημαντική τροποποίηση αφορά τη σταδιακή μείωση της περιεκτικότητας των καυσίμων σε θείο στα 0,50% από την 01/01/2020<sup>5</sup>. Εκτός αυτού, ήδη από την 01/03/2010 το όριο για τις περιοχές (SECAs) έχει μειωθεί στο 1% (IMO, 1997).

#### 4.2. ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ-ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ (Ε.Ε.)

Η βασική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης που διέπει την ποιότητα των καυσίμων των πλοίων είναι η οδηγία 1999/32/EC. Σύμφωνα με τη οδηγία αυτή, όλα τα πλοία ήταν υποχρεωμένα από την 1/1/2000 να χρησιμοποιούν εντός των θαλάσσιων περιοχών της Ε.Ε. καύσιμα περιεκτικότητας σε θείο όχι μεγαλύτερη από 0,2% κατά βάρος, ενώ το ποσοστό αυτό θα μειωνόταν ακόμη περισσότερο σε 0,1% από 1/1/2008. Η οδηγία αυτή τροποποιήθηκε το 2005 από την οδηγία 2005/33/EC, σύμφωνα με την οποία ως Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών οξειδίων του Θείου SO<sub>x</sub> (περιοχές SECA) ορίστηκαν η Βαλτική Θάλασσα, η Βόρεια Θάλασσα και το Αγγλικό Κανάλι (Θάλασσα της Μάγχης). Στις θαλάσσιες αυτές περιοχές το ανώτατο όριο περιεκτικότητας των ναυτικών καυσίμων σε θείο ορίστηκε στο 1,5%, όριο το οποίο

---

<sup>5</sup> Η εφαρμογή της διάταξης αυτής θα επανεξετασθεί το 2018, εφόσον έχουν γίνει οι απαραίτητες μελέτες για τη δυνατότητα των παραγωγών καυσίμων να προμηθεύσουν επαρκώς τα πλοία ανά τον πλανήτη με τέτοιου είδους καύσιμα. Υπάρχουν σκέψεις παράτασης της εφαρμογής της συγκεκριμένης διάταξης έως το 2024. United Nations (2013), "Review of maritime transport 2013", available at <[http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2013\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2013_en.pdf)>, accessed on 29-07-2014.

εφαρμόστηκε και για τα επιβατηγά πλοία που εκτελούν δρομολόγια σε σταθερή βάση ακόμη και εκτός των περιοχών SECA (European Commission, 2014).

Η τροποποίηση αυτή έγινε με σκοπό η κοινοτική οδηγία 1999/32/EC να εναρμονιστεί με τις διατάξεις του παραρτήματος VI της MARPOL. Έπειτα από πιέσεις από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα προς τον IMO για περεταίρω μείωσης της περιεκτικότητας των ναυτιλιακών καυσίμων σε θείο, το 2008 πραγματοποιήθηκε νέα τροποποίηση του παραρτήματος VI της εν λόγω συνθήκης, η οποία μείωσε ακόμη περισσότερο την περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο για τα πλοία που κινούνται εντός και εκτός περιοχών SECA. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ζήτησε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή να επιβάλει την εφαρμογή της τροποποίησης, ζητώντας παράλληλα την κατάθεση πρότασης για νέα τροποποίηση της οδηγίας 1999/32/EC. Λαμβάνοντας υπόψη και την τροποποίηση της MARPOL του 2008, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατέθεσε πρόταση τροποποίησης, η οποία κατέληξε στην τροποποίηση Directive 2012/33/EU (European Commission, 2014). Σύμφωνα με την τροποποίηση αυτή, η περιεκτικότητα των ναυτιλιακών καυσίμων σε θείο θα μειωθεί προοδευτικά σε 0,1% στη Βόρεια Θάλασσα και το Αγγλικό Κανάλι ως το 2015, και σε 0,5% για στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές θάλασσες προοδευτικά έως το 2020. Παράλληλα, η τροποποίηση αυτή χαρακτηρίζει τη Βαλτική Θάλασσα, τη Βόρεια Θάλασσα και το Αγγλικό Κανάλι ως «πολύ εύθραυστα οικοσυστήματα» (EUR-Lex, 2014).

#### 4.3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Όσον αφορά το εσωτερικό θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας περί της ποιότητας των καυσίμων των πλοίων, αυτό αντιπροσωπεύεται από το Νόμο 284/200 (ΦΕΚ 1736/Β/30.08.2007). Οι σημαντικότερες διατάξεις του νόμου αυτού, ο οποίος έχει ως στόχο την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας περί πλοίων με την κοινοτική οδηγία 1999/32/ΕΚ, είναι οι ακόλουθες:

**Άρθρο 1:** Οι περιορισμοί αναφορικά με την ποιότητα καυσίμων δεν αφορούν πολεμικά πλοία και άλλα πλοία, τα οποία εκτελούν στρατιωτικές υπηρεσίες, καύσιμα απαραίτητα για τη διάσωση της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα, ή καύσιμα απαραίτητα για τη διόρθωση βλάβης, η οποία είναι απαραίτητη για την ασφάλεια του πλοίου ή των επιβατών του.

**Άρθρο 5, §1:** Από την 11/08/2006, δεν επιτρέπεται η διέλευση από τα ελληνικά χωρικά ύδατα επιβατηγών πλοίων από και προς κοινοτικούς προορισμούς, των οποίων τα καύσιμα έχουν περιεκτικότητα σε θείο μεγαλύτερη από 1,5%. Η διάταξη αυτή αναφέρεται όχι μόνο σε πλοία που φέρουν την ελληνική σημαία, αλλά και σε πλοία που φέρουν τη σημαία οποιασδήποτε χώρας, εφόσον κινείται σε χωρικά ύδατα για τα οποία αρμόδιες είναι οι ελληνικές αρχές.

**Άρθρο 5, §4:** Από την 11/08/2006, απαγορεύεται στην Ελλάδα η διακίνηση πετρελαιοειδών καυσίμων περιεκτικότητας σε θείο μεγαλύτερης από 1,5 %.

**Άρθρο 6:** Τα σκάφη που είναι ελλιμενισμένα δεν μπορούν από 1/1/2010 να έχουν καύσιμα περιεκτικότητας σε θείο άνω του 0,1% κατά μάζα, έχοντας βέβαια ένα εύλογο χρονικό διάστημα προσαρμογής στη διάταξη αυτή.

**Άρθρο 7:** Κάτω από προϋποθέσεις και σε συνεργασία με άλλα κράτη της ευρωπαϊκής ένωσης, επιτρέπονται οι δοκιμές καυσίμων και τεχνολογιών, όταν αυτές αποσκοπούν στη μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου. Κατά τις δοκιμές αυτές, οι οποίες δεν μπορούν να ξεπερνούν τους 18 μήνες και πραγματοποιούνται μόνο κατόπιν ειδικής άδειας, είναι δυνατόν να επιτραπεί η χρήση καυσίμων που δεν είναι συμβατά με τις διατάξεις της MARPOL.

**Άρθρα 9 και 10:** Οι Ελεγκτές και Επιθεωρητές Πλοίων πρέπει να έχουν έγκριση και άδεια άσκησης επαγγέλματος από το Υπουργείο Ναυτιλίας. Έχουν το νόμιμο δικαίωμα να εισέλθουν σε ένα πλοίο χωρίς άδεια και να διενεργήσουν οποιοδήποτε έλεγχο κρίνουν απαραίτητο, με εξοπλισμό που φέρουν οι ίδιοι, όπως και να ζητήσουν δείγματα πετρελαιοειδών, τα οποία έχουν παραληφθεί σύμφωνα τους κανόνες του Παραρτήματος VI της MARPOL. Τα άρθρα προβλέπουν ποινικές διώξεις και διοικητικά πρόστιμα για τις ναυτιλιακές εκείνες εταιρίες που θα αρνηθούν την πρόσβαση των ελεγκτών στα πλοία τους για οποιοδήποτε έλεγχο τους ζητηθεί.

**(Γενικό Χημείο του Κράτους, 2014)**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ**

### 5.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ

Τα διαθέσιμα μέτρα για τη μείωση των ρύπων που εκπέμπουν τα πλοία θα μπορούσαν να χωριστούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα τεχνικά μέτρα. Τα μέτρα αυτά σκοπεύουν είτε στη μείωση της απαίτησης των μηχανών σε ενέργεια, είτε να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των καυσίμων. Τα τεχνικά μέτρα συνήθως απαιτούν μεγάλες επενδύσεις, ενώ πολλά από αυτά περιορίζονται στην εφαρμογή τους σε νέα πλοία, λόγω του υψηλού κόστους εγκατάστασής τους στα παλιά. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων, όπως είναι τα βιοκαύσιμα ή το φυσικό αέριο (LNG), καθώς και χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας, όπως π.χ. η αιολική ή η ηλιακή. Και τα μέτρα της κατηγορίας αυτής απαιτούν μεγάλες επενδύσεις, τόσο πάνω στο πλοίο, όσο και σε επίπεδο εξωτερικών εγκαταστάσεων. Η τρίτη κατηγορία αναφέρεται σε λειτουργικά μέτρα, τα οποία σκοπεύουν στη βελτίωση των τρόπων με τους οποίους ελέγχεται και λειτουργεί ένα πλοίο, ενώ δεν χρειάζονται γενναίες επενδύσεις. Αντίθετα, είναι δυνατόν να απαιτούν αλλαγές στη διοίκηση και τα εκπαιδευτικά προγράμματα των ναυτιλιακών εταιριών και εφαρμόζονται για λόγους οικονομικής αποδοτικότητας κυρίως. Η τέταρτη και τελευταία κατηγορία περιλαμβάνει δομικά μέτρα, τα οποία είναι ιδανικά όταν η μείωση της εκπομπής ρύπων αφορά την αλληλεπίδραση δύο ή περισσότερων μερών που ασχολούνται με τη ναυτιλία. Στην περίπτωση αυτή, η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στηρίζεται στην αλλαγή της δομής της αλληλεπίδρασης των εμπλεκόμενων μερών (DNV, 2010) (Βλ. Παράρτημα 5).

Ο επόμενες ενότητες περιγράφουν αναλυτικά τα επιμέρους μέτρα που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν για τη μείωση των εκπομπών αερίων που ρυπαίνουν την

ατμόσφαιρα μέσα στα πλαίσια των τεσσάρων κατηγοριών που αναφέρθηκαν παραπάνω, αναφέροντας τόσο τα πλεονεκτήματα, όσο και τα μειονεκτήματά τους.

## 5.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

### *5.2.1. ΠΡΟΩΣΗ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ*

Μια άλλη ήδη υπάρχουσα λύση για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Αυτό στην περίπτωση των πλοίων θα μπορούσε να γίνει με τη χρήση άκαμπτων ή μαλακών πανιών, αετών, ή στροφείων Flettner, ώστε να μετατραπεί η αιολική ενέργεια σε ισχυρή δύναμη πρόωσης. Μέχρι στιγμής, η πιο ανεπτυγμένη τεχνολογία εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας για την πρόωση των πλοίων είναι αυτή της χρήσης αετών, η οποία υποκινήθηκε κυρίως από τις υψηλές και αυξανόμενες τιμές των καυσίμων, σε μια προσπάθεια των πλοιοκτητών να μειώσουν το λειτουργικό κόστος των πλοίων τους (DNV, 2010). Για την εγκατάσταση τέτοιου συστήματος, θα πρέπει να γίνουν αναπροσαρμογές τόσο στο σχεδιασμό, όσο και στο λειτουργικό σύστημα των πλοίων. Βέβαια, το γεγονός ότι το σύστημα αυτό εξαρτάται άμεσα από τη φορά και την ένταση του αέρα, η αποδοτικότητα της χρήσης αετών είναι αμφισβητούμενη σε κάποιο βαθμό. Εκτός από αυτό, οι ενδιαρμοί για την εγκατάσταση αετών ή στροφείων Flettner αφορούν και τον όγκο φορτίου που μπορούν να μεταφέρουν τα πλοία, αλλά και τη δυνατότητα να προσεγγίσουν ορισμένα λιμάνια (Eidea *et al.*, 2009).



Εικόνα 6: Χρήση αετών σε πλοίο



Εικόνα 7: Στροφέιο Flettner



### 5.2.2. ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Μέσα από ηλεκτροχημικές αντιδράσεις, οι κυψέλες καυσίμων μετατρέπουν τη χημική ενέργεια των καυσίμων απευθείας σε ηλεκτρική. Για τη χρήση τέτοιων κυψελών, είναι απαραίτητη η προμήθεια εναλλακτικών καυσίμων, όπως LNG,

βιοκαύσιμα, ή υδρογόνου, καθώς και μιας οξειδωτικής ουσίας, όπως είναι ο αέρας (οξυγόνο). Πέρα από το ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τις κυψέλες είναι αισθητά χαμηλότερες από αυτές του πετρελαίου, δεν υπάρχουν χάρη στην τεχνολογία αυτή εκπομπές οξειδίων του θείου και του αζώτου (SO<sub>x</sub> και NO<sub>x</sub> αντίστοιχα) (Δαγκίνης & Νικητάκος, 2014). Για την ώρα, βέβαια, υπάρχουν τεχνικά εμπόδια, τα οποία πρέπει να ξεπεραστούν. Συγκεκριμένα, οι κυψέλες καυσίμων που έχουν κατασκευαστεί έως σήμερα μπορούν να λειτουργούν με σταθερή φόρτιση, καθώς αυξομειώσεις στη φόρτωση ενδέχεται να οδηγήσουν σε υπερθέρμανση και έκρηξη των κυψελών. Παράλληλα, το κόστος εγκατάστασης των κυψελών είναι 2 με 3 φορές μεγαλύτερο αυτού της εγκατάστασης ενός κινητήρα diesel, ενώ υψηλό είναι και το κόστος συντήρησής τους (Winebrake *et al.*, 2009).

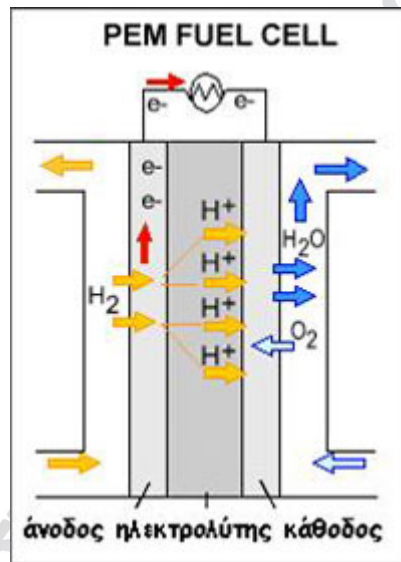
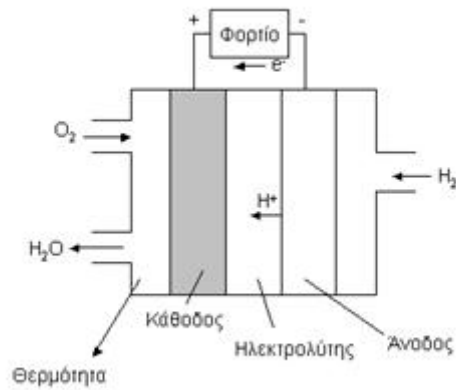
**Εικόνα 8: Εγκατάσταση κυψελών καυσίμων**



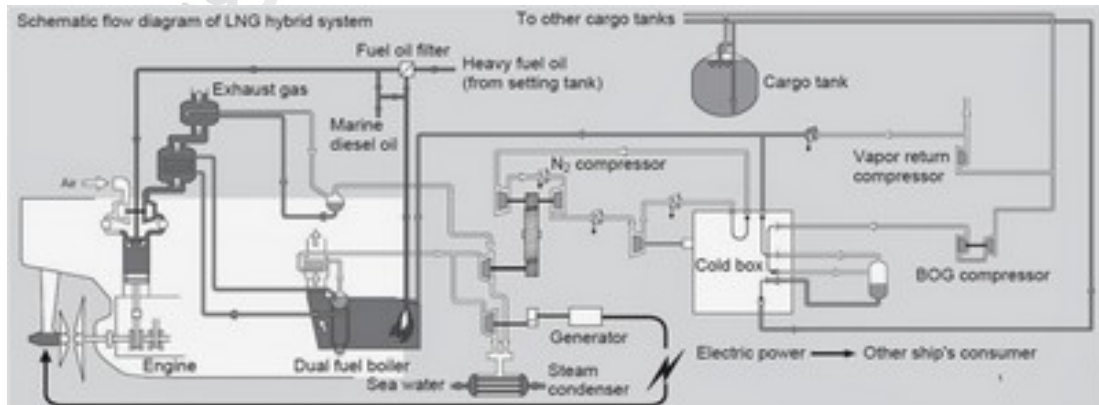
(DNV, 2010)



Εικόνα 9: Πως λειτουργεί μια κυψέλη



Εικόνα 10: Υβριδικό σύστημα πρόωσης με κυψέλες καυσίμου



(Δαγκίνης & Νικητάκος, 2014)

Εικόνα 11: Πλοίο με κυψέλες καυσίμων



(Δαγκίνης & Νικητάκος, 2014)

### 5.2.3. ΦΥΛΑΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ

Η φύλαξη και αποθήκευση άνθρακα (Carbon Capture and Storage) (CCS) αφορά τη διαδικασία κατά την οποία το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) συγκεντρώνεται από μεγάλα σημεία, όπως για παράδειγμα από εργοστάσια παραγωγής ενέργειας με καυσίμελαιο και αποθηκεύεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μη διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα. Παρόλο που υπάρχουν πιλοτικά έργα προς αυτήν την κατεύθυνση, σε κανένα μέρος του πλανήτη δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί τέτοιου είδους τεχνολογίες σε τελική μορφή, καθώς υπάρχουν ενδοιασμοί του κατά πόσο οι εκπομπές λόγω της διαρροής του αποθηκευμένου άνθρακα θα καταστήσουν τα συστήματα CCS ως μια αξιόπιστη λύση αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, παρόλο που η τεχνολογία αυτή αναπτύσσεται κυρίως για μεγάλες βιομηχανικές μονάδες, υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής της σε μικρότερου μεγέθους μονάδες εκπομπής ρύπων, όπως είναι τα πλοία (DNV, 2010).

### 5.2.4. ΠΡΩΤΟΠΟΡΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΟΙΩΝ

Παρόλο που τις προηγούμενες δεκαετίες το ενδιαφέρον για το σχεδιασμό των πλοίων ήταν σχετικά μικρό, το διαρκώς αυξανόμενο κόστος των καυσίμων και η διαρκής έμφαση της παγκόσμιας ναυτιλίας στην προστασία του περιβάλλοντος και την ανάγκη μεγαλύτερης λειτουργικής ευελιξίας των πλοίων έχουν καταστήσει το

πρωτοποριακό σχεδιασμό των πλοίων ως ιδιαίτερα ελκυστικό. Νέες τεχνολογίες μείωσης της θαλάσσιας αντίστασης (αεροδυναμικός σχεδιασμός), αποδοτικότερης πρόωσης, αλλά και νέα υλικά έχουν κάνει την εμφάνισή τους, τα οποία ευνοούν τον πρωτοποριακό σχεδιασμό των πλοίων (Longva *et al.*, 2010). Τα ναυπηγία σε πολλά μέρη του πλανήτη να έχουν στραφεί προς αυτήν την κατεύθυνση, αντικαθιστώντας το συμβατικό σχεδιασμό των πλοίων και αναπτύσσοντας υβριδικά συστήματα ενέργειας. Βέβαια, για να εφαρμοστεί επιτυχώς ένα τέτοιο μέτρο είναι απαραίτητη η συμβολή του θεσμικού πλαισίου, το οποίο θέτει και τους περιορισμούς στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των πλοίων (Dalsøren *et al.*, 2010).

**Εικόνα 12: Πλοίο του μέλλοντος**



(DNV, 2010)

#### 5.2.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Ακόμη και στην περίπτωση που οι ναυτιλιακές εταιρίες δεν δύνανται να προβούν σε επενδύσεις για καινοτομικές τεχνικές λύσεις, έχουν τουλάχιστον τη δυνατότητα καλύτερης επεξεργασίας των καυσίμων τους, ώστε να συμβάλλουν έτσι στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω των ρύπων που εκπέμπουν. Έτσι, για να μειώσουν την πιθανότητα ατυχήματος και να διατηρούν τα καύσιμά τους όσο πιο καθαρά γίνεται, θα πρέπει η θερμοκρασία του καυσίμου (HFO) να μην είναι χαμηλότερη από 98°C στην είσοδο του διαχωριστή, καθώς ακόμη και μια μικρή μείωση της θερμοκρασίας είναι δυνατόν να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα διαχωρισμού του καυσίμου από τα καταλυτικά στοιχεία που εμπεριέχει, όπως τα οξείδια θείου και αζώτου. Παράλληλα, η συντήρηση των διαχωριστών καυσίμου είναι επίσης άκρως σημαντική για τη μέγιστη καθαρότητα του καυσίμου. Όσο πιο

καθαρό είναι το καύσιμο, τόσο λιγότερους ρύπους εκπέμπει η καύση του στην ατμόσφαιρα (Gard, 2011).

**Εικόνα 13: Σύστημα διαχείρισης καυσίμου στα πλοία**



(Gard, 2011)

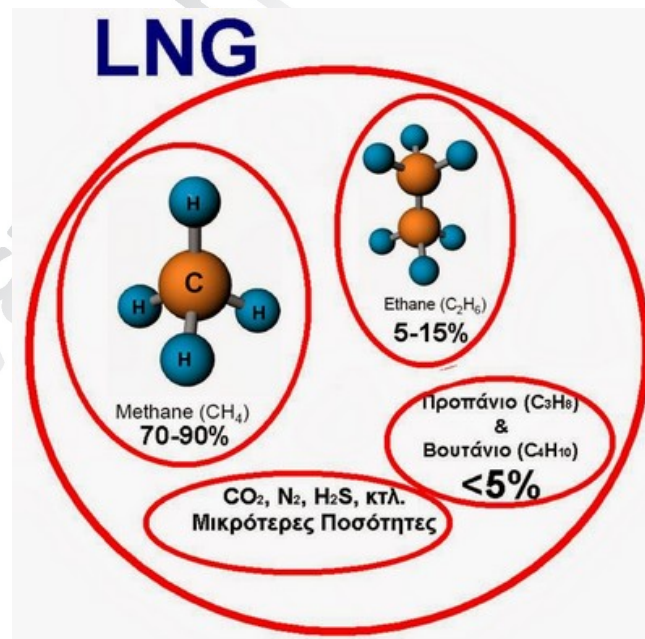
### 5.3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

#### *5.3.1. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ*

Μια προτεινόμενη λύση για τη μείωση των εκπομπών ρύπων των πλοίων είναι η χρήση φυσικού αερίου σε υγρή μορφή (Liquified Natural Gas-LNG) ως βασικού καυσίμου πρόωσης. Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και είναι φυσικά διαθέσιμο σε άφθονες ποσότητες, λόγω των πλούσιων αποθεμάτων σε ολόκληρο τον κόσμο. Σε σύγκριση με το παραδοσιακό καυσίμελαιο που χρησιμοποιείται σήμερα, το φυσικό αέριο παράγει περισσότερη ενέργεια ανά εκπνεόμενη μονάδα διοξειδίου του άνθρακα. Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι η χρήση

φυσικού αερίου ως κύριο καύσιμο για τα πλοία μπορεί να προσφέρει μείωση της εκπομπής CO<sub>2</sub> από μηχανή καύσης περίπου 20% (Lauer *et al.*, 2009). Το ποσοστό της μείωσης αυτής, βέβαια, μειώνεται εξαιτίας των εκπομπών του μεθανίου που δεν καίγεται, με αποτέλεσμα να χρειάζεται ένας ακόμη πιο καινοτομικός σχεδιασμός μηχανών πλοίων. Σε κάθε περίπτωση, όμως, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>, αλλά και αυτές των οξειδίων του θείου και του αζώτου (SO<sub>x</sub> και NO<sub>x</sub> αντίστοιχα) μειώνονται σημαντικά λόγω της χρήσης φυσικού αερίου (Endresen *et al.*, 2005). Το πιο σημαντικό μειονέκτημα της χρήσης φυσικού αερίου είναι το υψηλό κόστος του συστήματος, το οποίο είναι 10-20% πιο υψηλό από αυτού ενός κλασικού κινητήρα diesel. Σε αυτό θα πρέπει να προστεθεί και ο προβληματισμός αναφορικά με την ανάπτυξη εγκαταστάσεων για την τροφοδότηση των πλοίων, κάτι για το οποίο δεν υπάρχει ακόμη ισχυρό κίνητρο, λόγω της χαμηλής ζήτησης του φυσικού αερίου. Όμως, το χαμηλό κόστος του φυσικού αερίου έναντι του πετρελαίου αναμένεται να αυξήσει τη ζήτησή του, καθώς πέρα από τον εναρμονισμό τους με το θεσμικό πλαίσιο κατά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι πλοιοκτήτες θα επιτύχουν και δραστική μείωση του λειτουργικού τους κόστους (DNV, 2010).

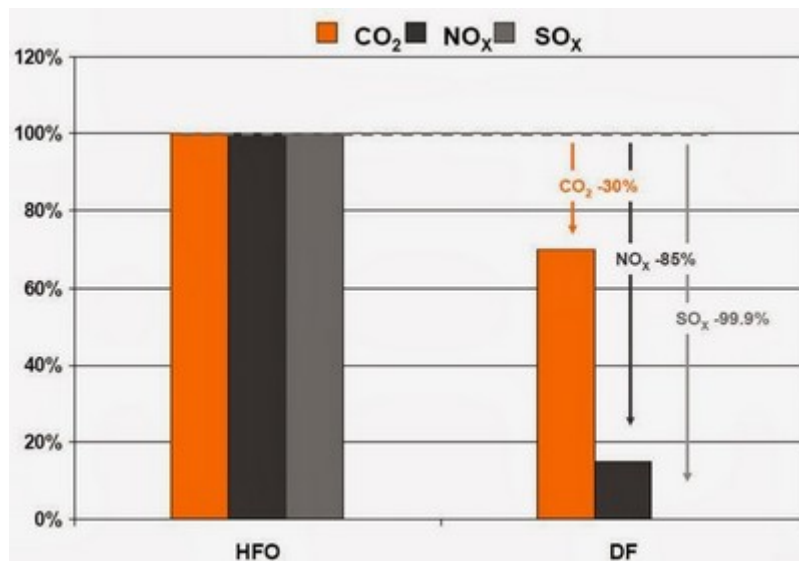
Εικόνα 14: Σύσταση LNG



(Δαγκίνης & Νικητάκος, 2014)

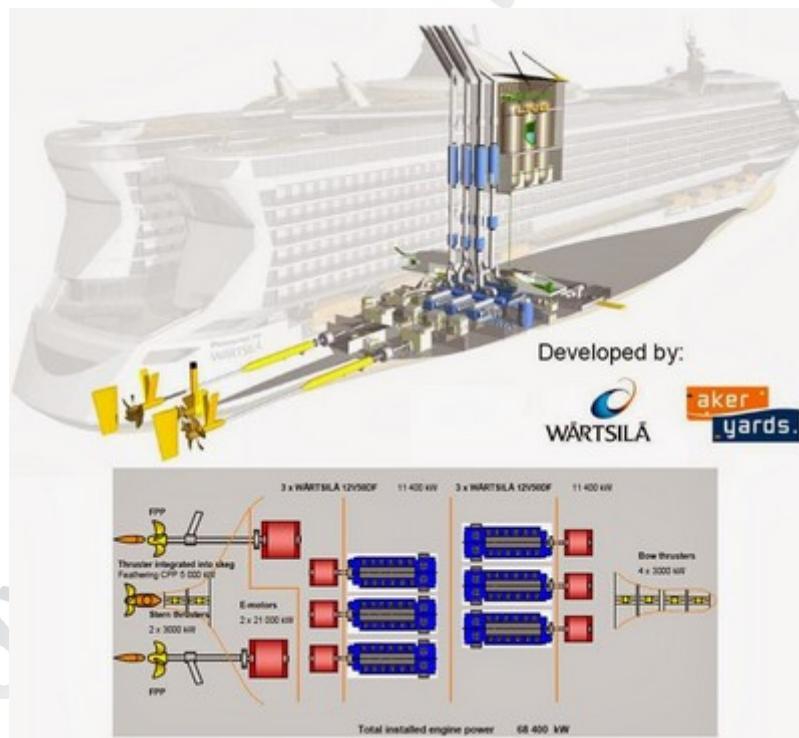


Γράφημα 5: Συγκριτικός πίνακας εκπομπών ρύπων HFO & LNG-DF



(Δαγκίνης & Νικητάκος, 2014)

Εικόνα 15: Εγκατάσταση μηχανών Duel Fuel για τη χρήση LNG

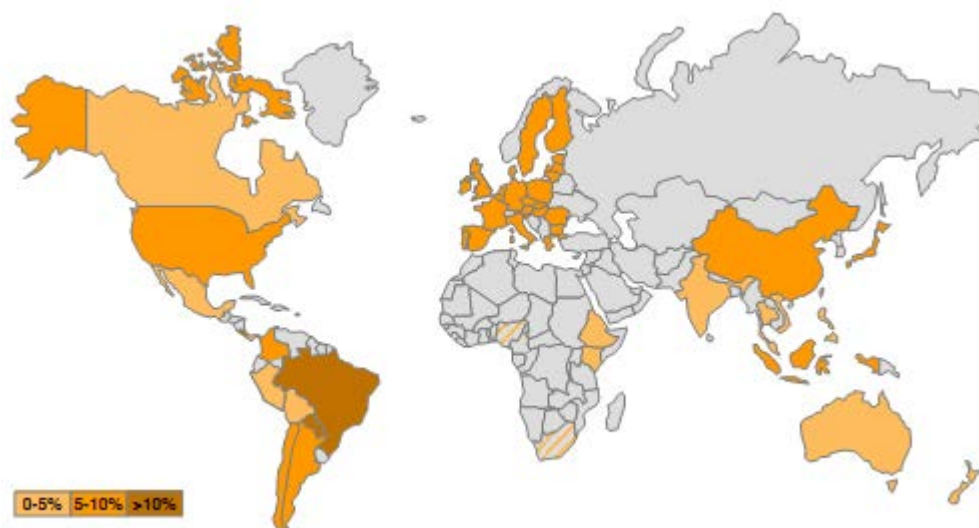


(Δαγκίνης & Νικητάκος, 2014)

### 5.3.2.ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ (ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ)

Σύμφωνα με τους Florentinus *et al.* (2012) και την έκθεσή τους “ECOFYS” για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Προστασίας της Ναυτιλίας (European Maritime Safety Agency) (EMSA), τα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να προσφέρουν σημαντικά στη μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα, συμβάλλοντας παράλληλα και στη μείωση της αρνητικής επίδρασής του στην ποιότητα του αέρα. Σήμερα, τα βιοκαύσιμα είναι διαθέσιμα σε παγκόσμιο επίπεδο και μπορούν να παραχθούν από πληθώρα ειδών και πηγών βιομάζας. Τα πιο συνήθη είδη βιοκαυσίμων είναι το βιολογικό πετρέλαιο (biodiesel) και η βιολογική αιθανόλη (bio-ethanol)<sup>6</sup> (Florentinus *et al.*, 2012).

**Εικόνα 16: Αποθέματα βιοκαυσίμων**



(Florentinus *et al.*, 2012)

---

<sup>6</sup> Το βιολογικό πετρέλαιο (βιο-πετρέλαιο, biodiesel) παράγεται από πετρέλαιο που είναι αναμιγμένο με γεωργικά συστατικά και σοδειές. Η βιολογική αιθανόλη (βιο-αιθανόλη, bio-ethanol) παράγεται από ζάχαρη ή άμυλο αναμιγμένο με γεωργικά συστατικά και σοδειές. Florentinus, A., Hamelinck, C., Van den Bos, A., Winkel, R., & Cuijpers, M. (2012), “Potential of biofuels for shipping”, ECOFYS Final Report by order of the European Maritime Safety Agency (EMSA).

Στην ιδιαίτερη περίπτωση της ναυτιλίας, τα βιολογικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

- Βιο-πετρέλαιο προς αντικατάσταση του Marine Diesel Oil (MDO) και του Marine Gas Oil (MGO), για μηχανές πλοίων μικρής ή μέσης ταχύτητας
- Dimethyl ether (DME) προς αντικατάσταση του Marine Diesel Oil (MDO) και του Marine Gas Oil (MGO), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές όλων των τύπων
- Καθαρό φυτικό έλαιο (Straight Vegetable Oil) (SVO) προς αντικατάσταση του Intermediate Fuel Oil (IFO) ή του Heavy Fuel Oil (HF) σε μηχανές χαμηλής ταχύτητας για όλα τα είδη πλοίων
- Βιολογικό φυσικό αέριο (Bio-LNG) ή βιολογική αιθανόλη (Bio-ethanol) σε κύριες ή βοηθητικές μηχανές υψηλών ταχυτήτων

(Florentinus *et al.*, 2012)

**Πίνακας 1: Συμβατότητα βιοκαυσίμων στα πλοία**

Fuels	High speed (auxiliary engine)	Medium speed (aux/ main)	Low speed (main engine)
Straight vegetable oil (SVO)	Green	Green	Green
Biodiesel	Green	Green	Green
Hydrotreated vegetable oil (HVO)	Green	Green	Yellow
Bio-methane	Green	Green	Green
Bio-ethanol	Green	Red	Red
Bio-methanol	Green	Red	Red
Di-methyl ether (DME)	Green	Green	Green
Pyrolysis bio-oil	Red	Yellow	Green

(Florentinus *et al.*, 2012)

Σε γενικές γραμμές, τα βιολογικά καύσιμα έχουν μικρότερη πυκνότητα από τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται σήμερα στη ναυτιλία. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζονται πολύ καλής ποιότητας βιοκάυσιμα για να προσφέρουν την ίδια απόδοση στη λειτουργία των πλοίων με τα συμβατικά πετρελαιοειδή καύσιμα που χρησιμοποιούνται σήμερα. Αυτό έχει και ως συνέπεια την αύξηση του λειτουργικού κόστους των πλοίων, κάτι που ενισχύεται και από την επένδυση στην εγκατάσταση μηχανών και συναφών συστημάτων υποστήριξης της χρήσης βιοκαυσίμων. Το



σημαντικό, ωστόσο, είναι πως όλα τα είδη βιοκαυσίμων δεν περιέχουν καθόλου θείο, με αποτέλεσμα να συμβάλουν δραστικά στη μείωση των ρύπων όχι μόνο λόγω της ναυτιλίας, αλλά και των υπόλοιπων μέσων μεταφοράς (Βλ. Παράρτημα 6) (Florentinus *et al.*, 2012).

#### 5.4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ-ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΙΑΚΑ ΜΕΤΡΑ

##### 5.4.1. ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΛΕΥΣΗΣ

Ένα αυτονόητο μέτρο για την εξοικονόμηση ενέργειας στα πλοία, η οποία με τη σειρά της συμβάλει στην μείωση των εκπομπών ρύπων και άρα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η μείωση της ταχύτητα πλεύσης. Το μέτρο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί αυξημένα τα τελευταία κυρίως από τα πλοία που μεταφέρουν containers, σε μια προσπάθεια μείωσης του λειτουργικού τους κόστους. Το στοιχείο εκείνο που καθιστά τη μείωση της ταχύτητας ως ενδιαφέρουσα είναι ότι η αντίσταση του σκαριού των πλοίων αυξάνεται, όσο αυξάνεται και η ταχύτητα. Συνεπώς, έστω και μια μικρή μείωση της ταχύτητας οδηγεί σε μείωση της αντίστασης του πλοίου, με αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερη ενέργεια για την πρόωσή του. Αυτό με τη σειρά του μεταφράζεται σε χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου, άρα και μικρότερης εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα (Corbett *et al.*, 2009). Το σημαντικό μειονέκτημα που προκύπτει, βέβαια, από τη μείωση της ταχύτητας είναι ότι μειώνεται και ο αριθμός των δρομολογίων σε ετήσια βάση, με αποτέλεσμα να αυξάνεται τελικά το κόστος των μεταφερόμενων εμπορευμάτων, σε περίπτωση που ο ετήσιος όγκος τους παραμένει σταθερός. Αν όμως η μείωση αυτή της ταχύτητας συνδυαστεί με πιο αποδοτική διαχείριση στη φόρτωση και εκφόρτωση των φορτίων στους τερματικούς σταθμούς, τότε είναι δυνατόν να αντισταθμιστεί η αύξηση του λειτουργικού κόστους που περιγράφηκε παραπάνω (Shine *et al.*, 2005). Σε κάθε περίπτωση, η μείωση της ταχύτητας των πλοίων επιφέρει αύξηση του χρόνου διάρκειας των θαλάσσιων μεταφορών, κάτι που για τους ιδιοκτήτες των φορτίων περιλαμβάνει και τα ανάλογα πρόσθετα κόστη. Για το λόγο αυτό, στην παγκόσμια αγορά θαλάσσιων μεταφορών προσφέρονται για αρκετές διαδρομές δύο διαφορετικές υπηρεσίες, μια πιο αργή και μια πιο γρήγορη, και είναι στην κρίση του πελάτη να επιλέξει εάν διατίθεται να ξοδέψει παραπάνω χρήματα (για να παραμείνει σταθερή η κερδοφορία των πλοίων),

προκειμένου να στείλει ή να παραλάβει το φορτίου του σε λιγότερο χρόνο (DNV, 2010).

#### *5.4.2. ΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΠΡΩΡΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΡΥΜΝΑΙΟΥ ΒΥΘΙΣΜΑΤΟΣ*

Το πρωραίο και πρυμναίο βύθισμα των πλοίων επηρεάζει την αντίσταση του σκαριού, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η κατανάλωση των καυσίμων. Συνήθως, ένα πλοίο δεν είναι ζυγοσταθμισμένο κατά τη διάρκεια φόρτωσης, με αποτέλεσμα η ισορροπία πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος του πλοίου βάση του σχεδιασμού τους να μην επιτυγχάνεται. Επιτυγχάνοντας την ισορροπία αυτή μέσω του σωστού προγραμματισμού και πλάνου φόρτωσης δίνει τη δυνατότητα στα πλοία να μειώνουν την αντίστασή τους στο νερό, με αποτέλεσμα να εξοικονομούν καύσιμα και άρα να μειώνουν τις εκπομπές ρύπων τους στην ατμόσφαιρα. Η ζυγοστάθμιση που επιτυγχάνεται με την ορθή φόρτωση ενός πλοίου εκτιμάται ότι μειώνει την κατανάλωση καυσίμων κατά 0,5%-2% στους περισσότερους τύπους πλοίων. Στην περίπτωση των πλοίων που ταξιδεύουν βάση τμηματικής φόρτωσης, όπως συμβαίνει με τα επιβατηγά πλοία ή αυτά που μεταφέρουν containers, η μείωση της κατανάλωσης μπορεί να φτάσει και το 5%. Στην περίπτωση όμως πλοίων ενιαίας φόρτωσης, όπως είναι τα τάνκερ και τα πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην, η μείωση της κατανάλωσης θα είναι μικρότερη, καθώς η αντίσταση από την παχύρρευστη τριβή είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση λόγω των θαλάσσιων κυμάτων, ενώ το ίδιο μειωμένο θα είναι και το αποτέλεσμα για πλοία που δεν έχουν μεγάλη ευελιξία σταθεροποίησης, όπως είναι τα κρουαζιερόπλοια. Προκειμένου να επιτευχθεί η σωστή ισορροπία πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ειδικού εξοπλισμού στα πλοία, όπως και πρόσθετης εκπαίδευσης του προσωπικού, το κόστος των οποίων, όμως, είναι εξαιρετικά χαμηλό, συγκριτικά με το οικονομικό όφελος που προκύπτει από την πιο αποδοτική λειτουργία του πλοίου (DNV, 2010).

#### *5.4.3. ΧΑΡΑΞΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ*

Ο αέρας, τα θαλάσσια κύματα και τα ρεύματα των ωκεανών επηρεάζουν σημαντικά την απαίτηση ενέργειας της μηχανής ενός πλοίου σε μια δεδομένη

ταχύτητα. Συνεπώς, οι παραπάνω παράγοντες θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη, όταν σχεδιάζεται ένα ναυτικό ταξίδι. Σε γενικές γραμμές, όσο πιο μακρινό είναι ένα ταξίδι, τόσο περισσότερες εναλλακτικές διαδρομές υπάρχουν, ώστε να αποφευχθούν καιρικά φαινόμενα που επηρεάζουν αρνητικά (αυξητικά) την απαίτηση των πλοίων σε ενέργεια. Όλα τα πλοία, ανεξάρτητα από τον τύπο ή το μέγεθός τους, έχουν τη δυνατότητα εγκατάστασης συστήματος πλοήγησης, κάτι που υφίσταται ήδη στα περισσότερα πλοία, καθώς έχει προβλεφθεί στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού τους, όπως άλλωστε προστάζεται και από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) (Fuglestedt et al., 2009). Ανάλογα με το μέγεθος και το είδος του καραβιού, υπολογίζεται ότι η μείωση κατανάλωσης καυσίμων που προκύπτει από την αποδοτική χάραξη των ναυτικών διαδρομών που ακολουθεί ένα πλοίο κυμαίνεται από 0% έως 5%. Το κόστος εγκατάστασης συστήματος πλοήγησης είναι μικρό, οπότε και αποτελεί ένα πολύ ελκυστικό μέτρο, το οποίο μπορεί να συνδυάσει το οικονομικό όφελος των πλοιοκτητών με τη συνεισφορά των πλοίων τους στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (DNV, 2010).

#### 5.5. ΔΟΜΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Τα δομικά μέτρα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από τους ρύπους των πλοίων αφορούν κατά βάση την εφαρμογή του υφιστάμενου θεσμικού πλαισίου που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 4 της διπλωματικής αυτής εργασίας. Σύμφωνα με την ανάλυση του εν λόγω κεφαλαίου, έχουν ψηφιστεί ήδη διατάξεις σε παγκόσμιο (IMO, O.H.E.), κοινοτικό (E.E.) και εθνικό επίπεδο, η εφαρμογή των οποίων θα συντελέσει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων, καθώς και στη μείωση των ρύπων λόγω της μείωσης της περιεκτικότητας των καυσίμων σε ουσίες, η καύση των οποίων προκαλεί τη συγκέντρωση βλαβερών αερίων στην ατμόσφαιρα. Η υλοποίηση όμως τέτοιων μέτρων και η εφαρμογή τέτοιων διατάξεων συναντούν δύο ειδών δυσκολίες. Το πρώτο αναφέρεται στις ελλειπείς ακόμη τεχνολογικές υποδομές και γνώσεις για την εφαρμογή τους, ενώ το δεύτερο αναφέρεται στο υψηλό κόστος εγκατάστασης συστημάτων και μηχανισμών που να επιτρέπουν τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων ή τη μείωση της κατανάλωσης των υπάρχοντων καυσίμων, ενώ και η εφαρμογή μη τεχνικών μέτρων επιφέρει μείωσης της κερδοφορίας των πλοιοκτητών. Με βάση, λοιπόν, τα παραπάνω, οι δομικές

αλλαγές στη ναυτιλία θα πρέπει να εστιάσουν στην αύξηση των εθνικών και κοινοτικών κονδυλίων στην έρευνα και την ανάπτυξη, καθώς και στη δημιουργία ενός τέτοιου θεσμικού πλαισίου που θα προωθεί τη χρήση νέων τεχνολογιών και τεχνικών λύσεων, χωρίς το κόστος τους να είναι απαγορευτικό. Μια λύση, λοιπόν, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη υποενότητα, θα ήταν η νομοθέτηση περί μείωσης της ταχύτητας όλων των πλοίων. Μια άλλη λύση θα ήταν η ενίσχυση της χρηματοδότησης με ευνοϊκότερους όρους δανεισμού για τις ναυτιλιακές εταιρίες που προτίθενται να προβούν σε τέτοιου είδους επενδύσεις.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας ήταν να αναλύσει τη συμβολή και των θαλάσσιων μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Πιο συγκεκριμένα, η διπλωματική αυτή εργασία είχε τους ακόλουθους ερευνητικούς στόχους:

- Να διερευνήσει τη συμβολή και τις επιπτώσεις των θαλάσσιων μεταφορών στο παγκόσμιο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Να καταγράψει και να κωδικοποιήσει το υφιστάμενο και εξελισσόμενο θεσμικό (ρυθμιστικό – οργανωτικό) πλαίσιο το οποίο αναφέρεται στον έλεγχο και τη ρύθμιση του ανωτέρω προβλήματος, σε παγκόσμιο, κοινοτικό και εθνικό επίπεδο (Ελλάδα)
- Να αναλύσει και να εκτιμήσει το μέγεθος και τη σοβαρότητα της συμμετοχής των εμπορικών πλοίων στην ατμοσφαιρική ρύπανση γενικά αλλά και ειδικότερα σε συγκεκριμένες περιοχές όπου το ποσοστό αυτό είναι υψηλό (π.χ. λιμάνια, και περιοχές με υψηλή συγκέντρωση θαλάσσιας κυκλοφορίας)
- Να διατυπώσει σχετικά συμπεράσματα και εκτιμήσεις για το μέγεθος και τη σοβαρότητα του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω της ναυτιλίας, καθώς και τις προοπτικές αποτελεσματικής αντιμετώπισής του.
- Να προτείνει τεχνικές λύσεις για τη βελτίωση και την πρόληψη στον τομέα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πλοία
- Να προβάλλει κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα
- Να δώσει τροφή και να θέσει υπόψη των επίσημων φορέων της ναυτιλίας και των ναυτιλιακών εταιριών, τόσο σε εθνικό, όσο και διεθνές επίπεδο, τις ευθύνες που τους αναλογούν, αλλά και τις απαιτήσεις από αυτούς αναφορικά με τη διαφύλαξη της προστασίας του εναέριου περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τα ευρήματα της δευτερογενούς έρευνας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, οι θαλάσσιες μεταφορές έχουν πολύ σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και συγκεκριμένα συντελούν σε μεγάλο βαθμό στην ατμοσφαιρική ρύπανση, λόγω των ουσιών που εμπεριέχονται στα καύσιμά τους, αλλά και λόγω της αυξημένης ζήτησης θαλάσσιων μεταφορών, στα πλαίσια τόσο της εμπορικής, όσο και της τουριστικής δραστηριότητας. Σε περιοχές μάλιστα με πιο

συχνή κυκλοφορία πλοίων, η συμβολή των πλοίων στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ακόμη μεγαλύτερη. Επίσης, η διπλωματική εργασία ανέδειξε πως τόσο σε παγκόσμιο, όσο και σε κοινοτικό και εθνικό επίπεδο, το θεσμικό πλαίσιο που περιβάλλει την ατμοσφαιρική ρύπανση από τις θαλάσσιες μεταφορές είναι αρκετά επαρκές, τουλάχιστον σε ό,τι αφορά το κομμάτι των καυσίμων που χρησιμοποιούν τα πλοία για τις μετακινήσεις τους. Βάση του ότι το ποσοστό συμμετοχής της ναυτιλίας είναι αρκετά σημαντικό και μεγάλο, η διπλωματική αυτή εργασία πρότεινε μια σειρά από τρόπους, με τους οποίους θα μπορούσε να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως π.χ. η χρήση βιοκαυσίμων, εναλλακτικών καυσίμων και καυσίμων με χαμηλότερα ποσοστά διοξειδίου του θείου, η επένδυση σε μηχανισμούς καλύτερης και πιο αποδοτικής καύσης των καυσίμων, πρόωσης, και μείωσης εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων.

Είναι γεγονός πως οι συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι άκρως σημαντικές, όχι μόνο για το περιβάλλον, τη χλωρίδα, την πανίδα και τις καλλιέργειες, αλλά κυρίως για την ανθρώπινη ζωή. Όντως, φαινόμενα όπως αυτό του θερμοκηπίου, καθώς και αυτό της τρύπας του όζοντος, αλλά και γενικότερα οι συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθιστούν αναγκαία τη εξεύρεση και εφαρμογή λύσεων, τόσο σε επίπεδο θεσμικό πλαίσιο, όσο και σε επίπεδο τεχνολογικών καινοτομιών (Corbett *et al.*, 2009). Στη διπλωματική αυτή εργασία δόθηκε έμφαση στην περίπτωση της ναυτιλίας και των θαλάσσιων μεταφορών. Και αυτό γιατί ένας συνεχώς αυξανόμενος στόλος με ολοένα και μεγαλύτερους κινητήρες θα απαιτούσε χωρίς ιδιαίτερες τεχνολογικές αλλαγές περισσότερο καύσιμο και θα προκαλούσε μεγαλύτερη ρύπανση. Μέσα στα πλαίσια αυτά, τα ρυθμιστικά μέτρα που έχουν ληφθεί, αλλά και αυτά που προτείνονται στη διπλωματική αυτή εργασία, αποτελούν κίνητρα για τη χρήση των υφιστάμενων τεχνολογιών μετριάζοντας έτσι τις αέριες εκπομπές και καταπολεμώντας την αύξηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του ολοένα αυξανόμενου στόλου.

Σε γενικές γραμμές, η εργασία αυτή ανέδειξε τις ευθύνες και το πολύ σημαντικό ρόλο που έχουν οι αρχές που διέπουν τη ναυτιλία και κυρίως ο ΔΝΟ (IMO), όπως επίσης ο Ο.Η.Ε., η Ε.Ε., αλλά και τα Υπουργεία Ναυτιλίας των εκάστοτε χωρών και για τη διπλωματική αυτή εργασία συγκεκριμένα της Ελλάδας. Η ευθύνη και ο ρόλος των παραπάνω φορέων και οργάνων δεν θα πρέπει να περιορίζεται μόνο στη νομοθέτηση αναφορικά με τη λειτουργία των πλοίων, αλλά



κυρίως με την εποπτεία και τον έλεγχο για το αν οι διατάξεις και οι νόμοι που προκύπτουν από τις διεθνείς συνθήκες και την εκάστοτε κοινοτική και εθνική νομοθεσία εφαρμόζονται από τις ναυτιλιακές εταιρίες. Μέσα στα πλαίσια αυτά, οι τεχνικοί έλεγχοι των πλοίων θα πρέπει να γίνονται με ακόμη μεγαλύτερη ένταση, ενώ οι κυρώσεις σε περίπτωση μη συμμόρφωσης θα πρέπει να είναι τόσο αυστηρές, που να μην επιτρέπουν το παραμικρό περιθώριο στις ναυτιλιακές εταιρίες να συμμορφωθούν με τους διεθνείς, κοινοτικούς και εθνικούς κανόνες ναυτιλίας. Την ίδια στιγμή, η συνεργασία των παραπάνω φορέων είναι δυνατόν να επιφέρει πολύ σημαντικά αποτελέσματα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, κάτι που άλλωστε περιλαμβάνεται στα δομικά μέτρα που προτάθηκαν στη διπλωματική αυτή εργασία, όπως παρουσιάζονται και περιγράφονται και από τη DNV (2010).

Βέβαια, είναι γεγονός πως η συμμόρφωση των ναυτιλιακών εταιριών με τους διεθνείς κανόνες περιβαλλοντολογικής και ατμοσφαιρικής προστασίας είναι εξαιρετικά δαπανηρή. Αρκεί να αναφερθεί μόνο ότι, σύμφωνα με την UNESCO (2013), η διάταξη που προβλέπει τη χρήση καυσίμου με μειωμένη περιεκτικότητα σε διοξείδιο του θείου σημαίνει αύξηση του κόστους των ναυτιλιακών εταιριών κατά περίπου 20%, δεδομένης της υψηλότερης τιμής των καυσίμων αυτών, αλλά και του κόστους επένδυσης ανάλογων εγκαταστάσεων στα πλοία. Από την άλλη πλευρά, όμως, η κατανάλωση τέτοιων καυσίμων και η πιο αποδοτική καύση τους θα επιφέρει και μεγαλύτερη αποδοτικότητα, άρα και μειωμένο λειτουργικό κόστος, για τις ναυτιλιακές εταιρίες. Συνεπώς, οι διοικήσεις των ναυτιλιακών εταιριών θα πρέπει να θεωρήσουν το αυξημένο αυτό κόστος ως επένδυση για ένα πιο αποδοτικό και τελικά κερδοφόρο μέλλον για τα πλοία τους, συμβάλλοντας παράλληλα στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της φήμης που προκύπτει από αυτήν. Το συμπέρασμα αυτό αφορά και τη εφαρμογή και των υπόλοιπων λύσεων που προτάθηκαν στη διπλωματική αυτή εργασία. Όντως, πέρα από τη χρήση καυσίμων με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε οξείδια του θείου, μπορούν να ληφθούν και τεχνικά και λειτουργικά μέτρα, τα οποία μπορεί να έχουν υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης, αλλά η συμβολή τους στη μείωση του λειτουργικού κόστους των πλοίων και παράλληλα στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και άρα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι πολύ σημαντική (Eyring *et al.*, 2005).

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί πως μειώνοντας τις εκπομπές των κινητήρων των πλοίων σε καμία περίπτωση δεν λύνει το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο σύνολό του. Άλλωστε, όπως αναφέρουν και οι Sandler & Pezzullo (2007) το 35% μόνο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στις μεταφορές και το ποσοστό περιλαμβάνει και τις οδικές και αεροπορικές μεταφορές, όπου οι καταναλώσεις και οι εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα είναι σαφώς μεγαλύτερες. Παρόλα αυτά, όμως, δεδομένου ότι οι θαλάσσιες μεταφορές έχουν και θα συνεχίσουν να έχουν αυξημένη ζήτηση, η συμβολή τους στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα είναι πολύ σημαντική σε κάθε περίπτωση. Παράλληλα, μελλοντικές έρευνες θα μπορούν να ασχοληθούν με την ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται από τις άλλες μορφές μεταφορών, τη βιομηχανία, ακόμη και τα νοικοκυριά, ώστε να υπάρχει μια πιο σαφής και ολοκληρωμένη εικόνα για το τι πρέπει να γίνει για να σωθεί ο πλανήτης. Επίσης, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να συμπεριλάβουν και άλλες τεχνικές λύσεις για την περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης καυσίμων, οι οποίες μέχρι σήμερα δεν έχουν ανακαλυφθεί.

Τέλος, όπως συμβαίνει με κάθε είδους έρευνα, έτσι και στην έρευνα της διπλωματικής αυτής εργασίας υπήρχαν κάποιες αντικειμενικές δυσκολίες και αδυναμίες. Έτσι, μια δυσκολία ήταν αυτή της ανεύρεσης εντελώς επίκαιρων πηγών άντλησης πληροφοριών, κάτι που πηγάζει από το γεγονός ότι η έρευνα ήταν δευτερογενής. Πέρα από αυτό, ήταν αρκετά δύσκολο να συμπυκνωθεί όλο το υλικό που συγκεντρώθηκε σε μια διπλωματική εργασία συγκεκριμένης έκτασης, η οποία θα μπορούσε να είναι και μεγαλύτερη, εάν υπήρχε παραπάνω χρόνος για την εκπόνησή της. Επιπρόσθετα, και όσον αφορά το εθνικό θεσμικό πλαίσιο που αναλύθηκε, αυτό ήταν μόνο της Ελλάδας. Η ανάλυση των εθνικών πλαισίων και άλλων χωρών θα προσέφερε πιο χρήσιμα και συγκρίσιμα αποτελέσματα αναφορικά με τη μέριμνα των ελληνικών αρχών και των πολιτικών, νομικών και ναυτιλιακών δυνάμεων αναφορικά με την καταπολέμηση της αρνητικής επίδρασης της ναυτιλίας στην ατμόσφαιρα. Τέλος, η έρευνα της διπλωματικής αυτής εργασίας ήταν δευτερογενής. Μια πρωτογενής έρευνα σε στελέχη της ελληνικής ναυτιλίας, αλλά και της Διεύθυνσης Θαλασσιών Συγκοινωνιών του Υπουργείου Ναυτιλίας και Αιγαίου θα πρόσφερε επίκαιρες πληροφορίες, αλλά και πιο έγκυρα συμπεράσματα αναφορικά με το ερευνητικό θέμα.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Γενικό Χημείο του Κράτους (2014), «Εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας προς την Οδηγία 1999/32/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με τη μείωση της περιεκτικότητας ορισμένων υγρών καυσίμων σε θείο και για την τροποποίηση της Οδηγίας 93/12/ΕΟΚ και προς την Οδηγία 2005/33/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/32/ΕΚ σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο», διαθέσιμο στο <[www.gcsf.gr/media/etrochimikon/enarmonisi\\_me\\_odigia\\_99-32.doc](http://www.gcsf.gr/media/etrochimikon/enarmonisi_me_odigia_99-32.doc)>, ανακτήθηκε στις 30/07/2014.

Δαγκίνης, Ι., & Νικητάκος, Ν. (2014), «Κατασκευαστική εξέλιξη συστημάτων πλοίων», διαθέσιμο στο <<http://www.elzoni.gr/html/ent/459/ent.42459.asp>>, ανακτήθηκε στις 02/08/2014.

Καραθανάσης, Σ. (2006), *Ατμοσφαιρική ρύπανση*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Adams, S., & Lambert, D. (2006), *Earth Science: An illustrated guide to science*, New York, Chelsea House Publications.

Andersen, S. O., & Sarma, K. M. (2002), *Protecting the Ozone Layer: the United Nations History*, London: Earthscan Press.

Buhaug, Ø., Corbett J., Endresen, O., Eyring, V., Faber J., Hanayama, S., Lee, D., Lindstad, H., Mjelde, A., Palsson, C., Wanqing, W., Winebrake, J., & Yoshida, K. (2009), “Second IMO greenhouse gas study”, International Maritime Organization, London.

Chasek, P., Downie, D., & Brown, J. W. (2013), *Global Environmental Politics*, 6th Edition, Boulder: Westview Press.

Corbett, J., Wang, H., & Winebrake, J. (2009), "The effectiveness and costs of speed reductions on emissions from international shipping", *Transportation Research, Part D* (14): pp. 539-598.

Dalsøren, S. B., Eide, M. S., Myhre, G., Endresen, O., Isaksen, I. S., & Fuglestvedt, J. S. (2010), "Impacts of the large increase in international ship traffic 2000-2007 on tropospheric ozone and methane", *Environmental Science & Technology*, 44(7): 2482-2489.

Davis, D. (2002), *When Smoke Ran Like Water: Tales of Environmental Deception and the Battle Against Pollution*, Basic Books Publishing.

Davis, T. (2000), *Sustaining the Forest, the People, and the Spirit*, State University of New York Press.

DeSombre, E. (2006), *Flagging Standards: Globalization and Environmental, Safety and Labor Regulations at Sea*, Cambridge: MIT Press.

DNV (2010), "Assessment of measures to reduce future CO2 emissions from shipping", available at [http://www.dnv.com/binaries/assessments%20of%20measures%20to%20reduce%20future%20co2%20emissions%20from%20shipping\\_tcm4-438729.pdf](http://www.dnv.com/binaries/assessments%20of%20measures%20to%20reduce%20future%20co2%20emissions%20from%20shipping_tcm4-438729.pdf), accessed on 01/08/2014.

Downie, D. L. (2013), "Stratospheric Ozone Depletion". *The Routledge Handbook of Global Environmental Politics*. New York: Routledge Publications.

Duc, G., Perroux, O., Schiedt, H.- U., & Walter, F. (2014), *Transport and mobility history. Between modal competition and coordination (1918 in our days)*, Neuchâtel: Editions Alphil.

Eidea, M., Endresen, O., Skjonga, T., Longva, T., & Alvika, S. (2009), "Cost-effectiveness assessment of CO<sub>2</sub> reducing measures in shipping". *Maritime Policy & Management*, 36(4): 367- 384.

Endresen, O., Sorgard, E., Sundet, J., Dalsoren, S., Isaken, I., Berglen, T., & Gravir, G. (2003), "Emissions from international sea transportation and environmental impact", *Journal of Geophysical Research*, 108(D17): 4560

Endresen, O., Bakke, J., Sjørgård, E., Berglen, T. F., & Holmvang, P. (2005), "Improved modelling of ship SO<sub>2</sub> emissions – A fuel based approach", *Atmospheric Environment*, 39, 3621-3628.

European Commission (2014), "Transport & Environment: Emissions from Maritime Transport", available at <<http://ec.europa.eu/environment/air/transport/ships.htm>>, accessed on 02-08-2014.

EUR-Lex (2014), "Directive 2012/33/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 amending Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels", available at <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0033>>, accessed on 02-08-2014.

Eyring, V., Köhler, H. W., Lauer, A., & Lemper, B. (2005), "Emissions from international shipping: 2. Impact of future technologies on scenarios until 2050", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110 (D17).

Farman, J. C., Gardiner, B. G., & Shanklin, J. D. (1985), "Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO<sub>x</sub>/NO<sub>x</sub> interaction", *Nature*, 315 (6016): 207.

Florentinus, A., Hamelinck, C., Van den Bos, A., Winkel, R., & Cuijpers, M. (2012), "Potential of biofuels for shipping", ECOFYS Final Report by order of the European Maritime Safety Agency (EMSA).

Fuglestad, J., Berntsen, T., Eyring, V., Isaksen, I., Lee, D. S., & Sausen, R. (2009), "Shipping Emissions: From Cooling to Warming of Climate and Reducing Impacts on Health", *Environmental Science & Technology*, 43(24): 9057- 9062.

Gard (2011), "Bunkers and Bunkering", available at <<http://www.gard.no/ikbViewer/Content/72669/Bunkers%20and%20bunkering%20January%202014.pdf>>, accessed in 02/08/2014.

Gehring, U., Wijga, A. H., Brauer, M., Fischer, P., de Jongste, J. C., Kerkhof, M., & Brunekreef, B. (2010), "Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life", *American journal of respiratory and critical care medicine*, 181(6): 596-603.

Henderson-Sellers, A., & McGuffie, K. (2005), *A climate modelling primer*, 3<sup>rd</sup> edition, New York: Wiley Publications.

International Chamber of Shipping (2012), "Shipping facts", available at <<http://www.ics-shipping.org/shipping-facts/shipping-facts>>, accessed on 01-08-2014.

International Maritime Organization (IMO) (1997), "Consideration and adoption of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 related thereto", available at <[https://homeport.uscg.mil/cgi-bin/st/portal/uscg\\_docs/MyCG/Editorial/20090401/1997\\_Annex%20VI.pdf?id=61f7fb2103d4985e9348d5f5cf1f393f810e7ff3&user\\_id=2a47d4dbfd24ce2da39438e736cab2d6](https://homeport.uscg.mil/cgi-bin/st/portal/uscg_docs/MyCG/Editorial/20090401/1997_Annex%20VI.pdf?id=61f7fb2103d4985e9348d5f5cf1f393f810e7ff3&user_id=2a47d4dbfd24ce2da39438e736cab2d6)>, accessed on 30/07/2014.

International Maritime Organization (IMO) (2009), "IMO Second Greenhouse Gas Study 2009", London: International Maritime Organization.

International Maritime Organization (IMO) (2014), "International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)", available at

<<http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-%28MARPOL%29.aspx>>, accessed on 30/07/2014.

Knowles, R., Shaw, J., & Docherty, I. (2009), *Transport Geographies: Mobilities, Flows and Spaces*, Blackwell Publishing.

Lauer, A., Eyring, V., Corbett, J. J., Wang, C., & Winebrake, J. J. (2009), "An assessment of near-future policy instruments for oceangoing shipping: Impact on atmospheric aerosol burdens and the Earth's radiation budget", *Environmental Science & Technology*, 49 (15): 5592–5598.

Longva, T., Eide, M., S., Skjong, R., (2010), "Determining a required energy efficiency design index level for new ships based on a cost-effectiveness criteria", *Maritime Policy & Management*, 37(2): 129-143.

Lucking, A. J., Lundback, M., Mills, N. L., Faratian, D., Barath, S. L., Pourazar, J., Cassee, F. R., Donaldson, K., Boon, N. A., Badimon, J. J., Sandstrom, T., Blomberg, A., & Newby, D. E. (2008), "Diesel exhaust inhalation increases thrombus formation in man", *European Heart Journal*, 29 (24): 3043–3051

National Geographic (2013), "Climate Milestone: Earth's CO2 Level Passes 400 ppm", available at <<http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2013/05/130510-earth-co2-milestone-400-ppm/>>, accessed on 30-07-2013.

Notteboom, T., & Vernimmen, B. (2009), "The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping", *Journal of Transport Geography*, 17(5): 325-337.

Nordhaus, W. D. (2007), "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate", *Journal of Economic Literature*, 45 (3): 686–702.

Rom, W. N., & Markowitz, S. (2006), *Environmental and Occupational Medicine*, 4<sup>th</sup> edition, Philadelphia: Lippincott-Raven Publications.

Psaraftis, H., & Kontovas, C. (2009), “CO2 emission Statistics for the world commercial fleet”, *WMU Journal of Maritime Affairs*, 8 (1): 1-25.

Raets Marine Insurance (2013), “Emission Control Areas Developments”, available at <<http://www.raetsmarinecommunity.com/files/Circular%20ECA,%20January%202013.pdf>>, accessed on 30-07-2014.

Sandler, R., & Pezzullo, P. C. (2007), *Environmental Justice and Environmentalism*, Massachusetts Institute of Technology Press.

Shine, K., Berntsen, T., Fuglestvedt, J., & Sausen, R. (2005), “Scientific issues in the design of metrics for inclusion of oxides of nitrogen in global climate agreements”, *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 102 (44): 15768–15773.

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., & Miller, H.L. (2007), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press.

United Nations (2013), “Review of maritime transport 2013”, available at <[http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2013\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2013_en.pdf)>, accessed on 29-07-2014.

Vaclav, S., (2003), *The Earth's Biosphere: Evolution, Dynamics, and Change*, MIT Press.

Vallero, D. A. (2007), *Fundamentals of Air Pollution*, Elsevier Academic Press.

Vermeire, M. B. (2007), “Everything you need to know about marine fuels. Chevron Global Marine Products publications”, available at: <[http://www.chevronmarineproducts.com/docs/EverythingAboutFuels\\_v0108\\_LO.PDF](http://www.chevronmarineproducts.com/docs/EverythingAboutFuels_v0108_LO.PDF)>, accessed on 30-07-2014.

Winebrake, J. J., Corbett, J. J., Green, E. H., Lauer, A., & Eyring, V. (2009), "Mitigating the Health Impacts of Pollution from International Shipping: An Assessment of Low-Sulfur Fuel Mandates", *Environmental Science & Technology*, 49 (13): 4776–4782.

Winstanley, D., Lackey, R. T., Warnick, W. L., & Malanchuk, J. (1998), "Acid rain: Science and policy making", *Environmental Science & Policy*, 1: 51.

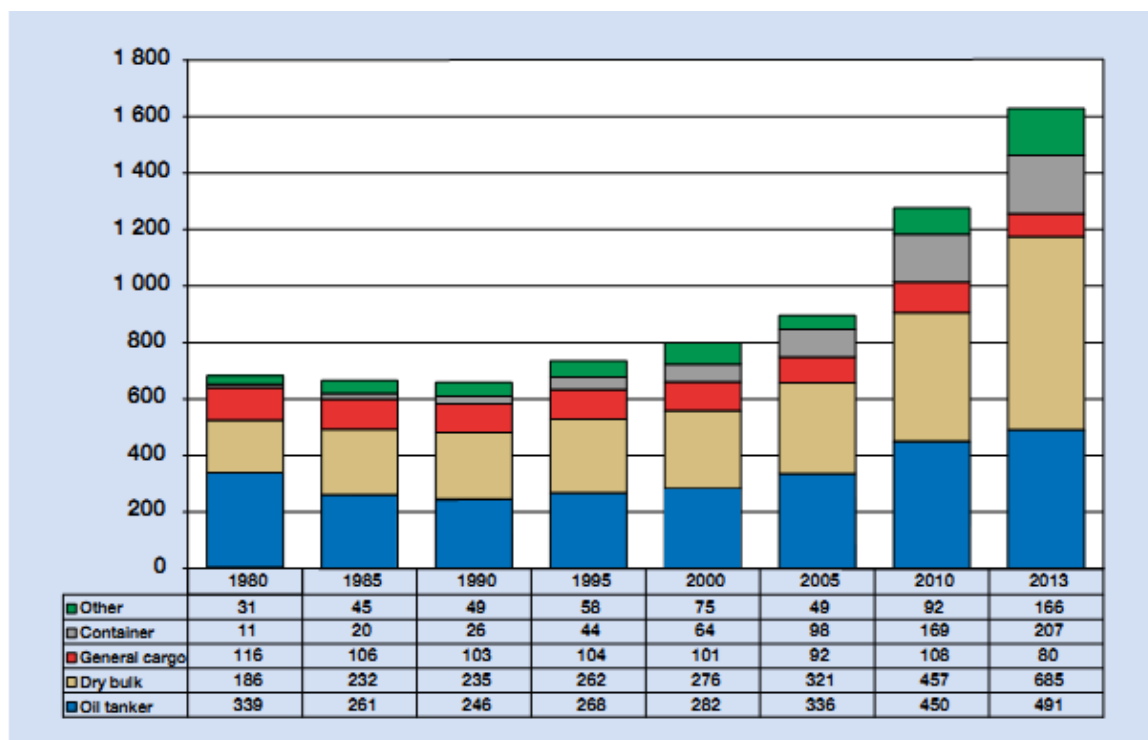
World Bank (2007), Air Pollution, available at <[http://siteresources.worldbank.org/DATASTATISTICS/Resources/table3\\_13.pdf](http://siteresources.worldbank.org/DATASTATISTICS/Resources/table3_13.pdf)>, accessed on 31-07-2014.

World Energy Council (2013), "World Energy Resources 2013 Survey", available at <[http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete\\_WER\\_2013\\_Survey.pdf](http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf)>, accessed on 01-08-2014.

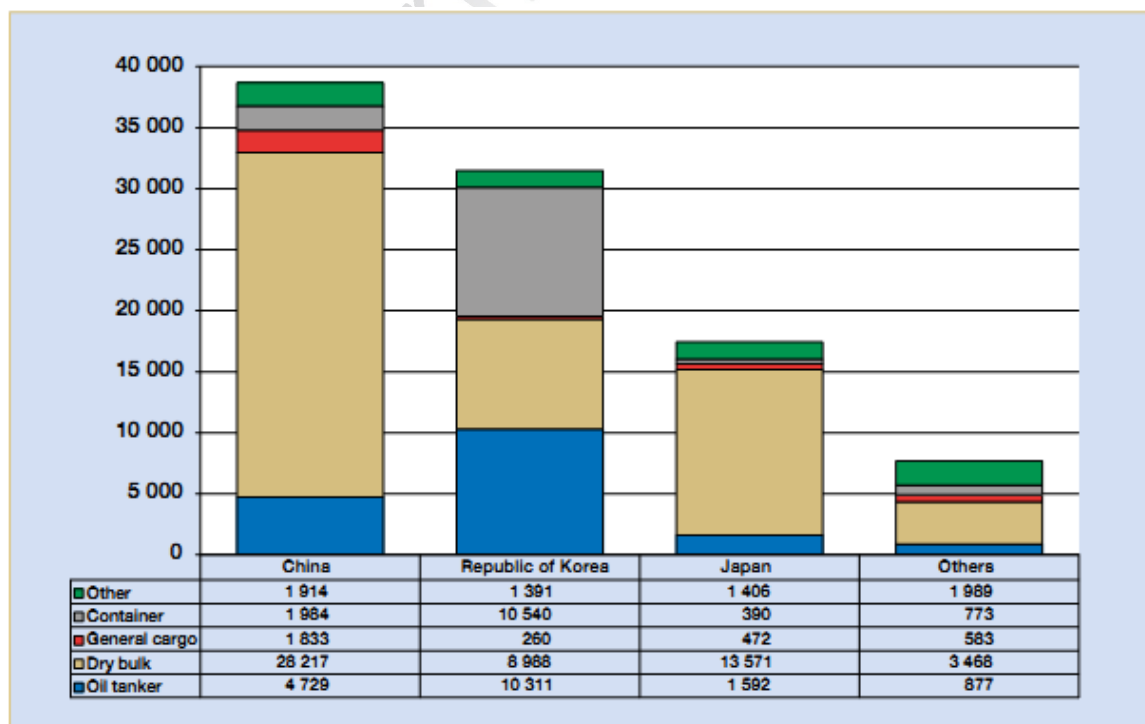
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΣΤΟΛΟΥ

#### Ανάπτυξη παγκοσμίου στόλου ανά τύπο πλοίου



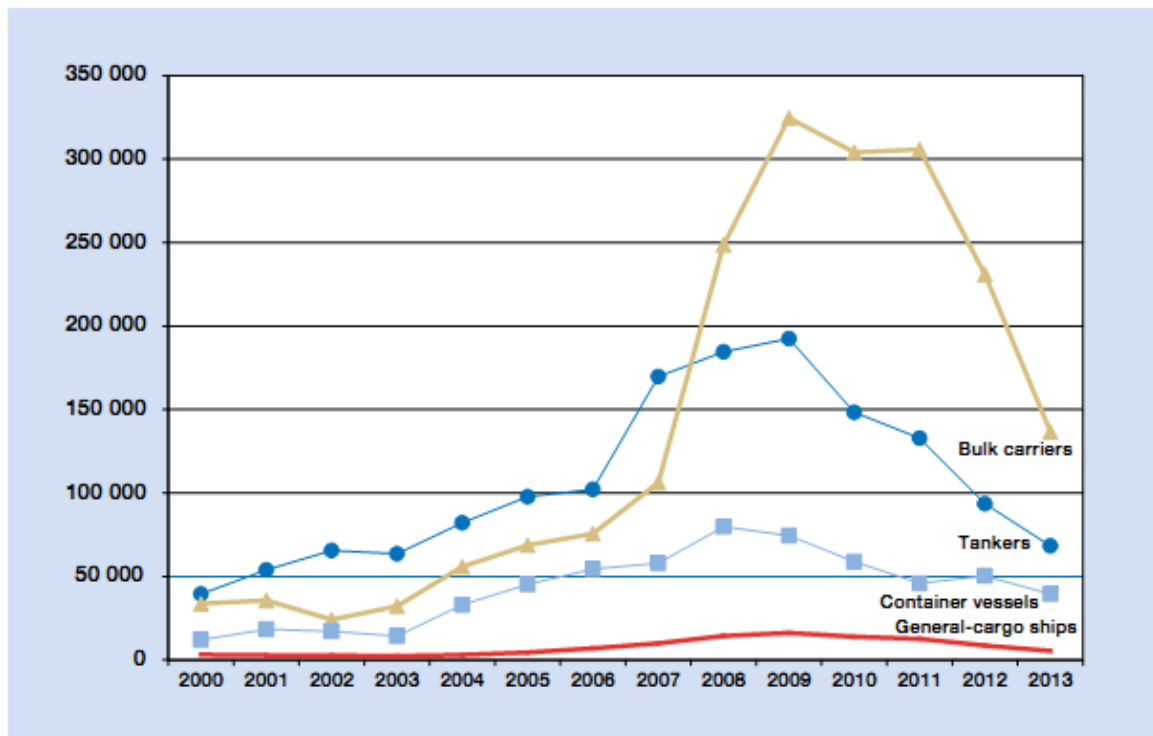
#### Παράδοση νέων παραγγελιών πλοίων



(United Nations, 2013)



### Παραγγελίες πλοίων ανά τύπο πλοίο

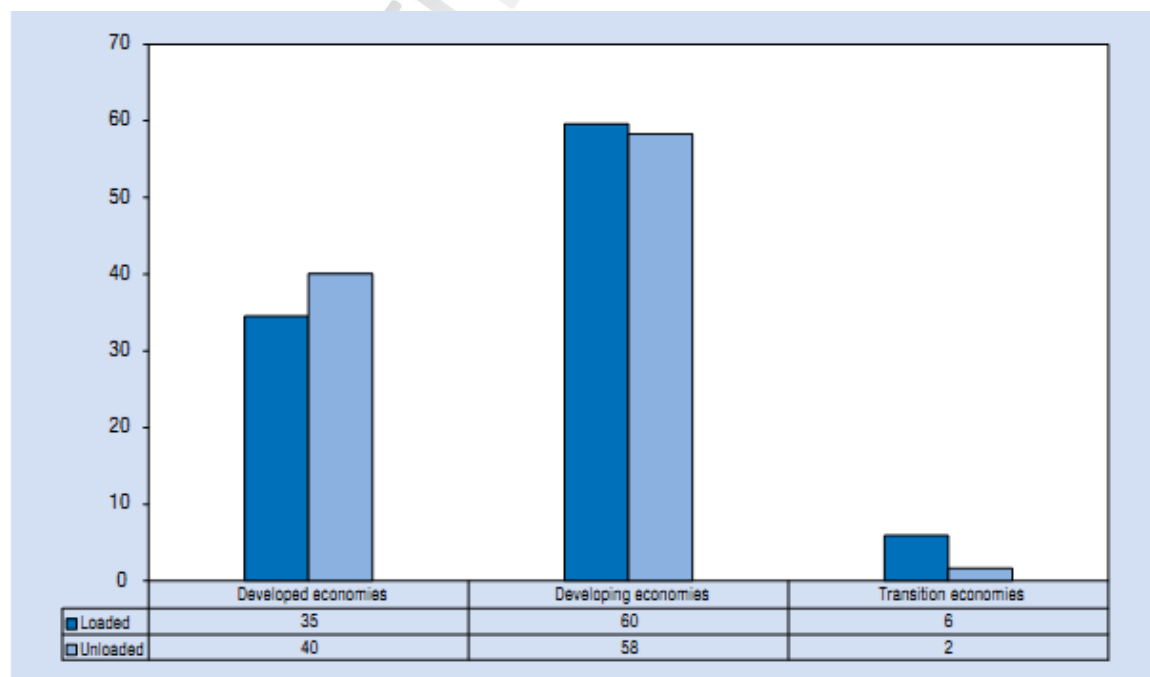
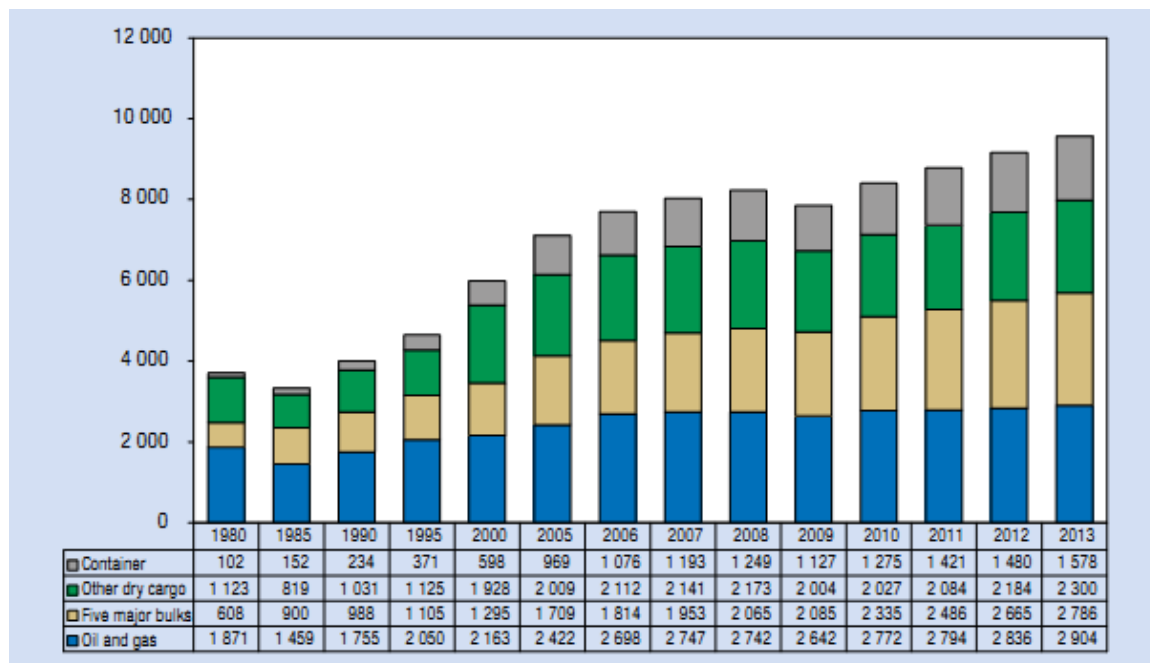


(United Nations, 2013)

Πανεπιστήμιο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ  
ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ (GLOBAL SEABORNE TRADE)

**Παγκόσμιο εμπόριο ανά είδος φορτίου**

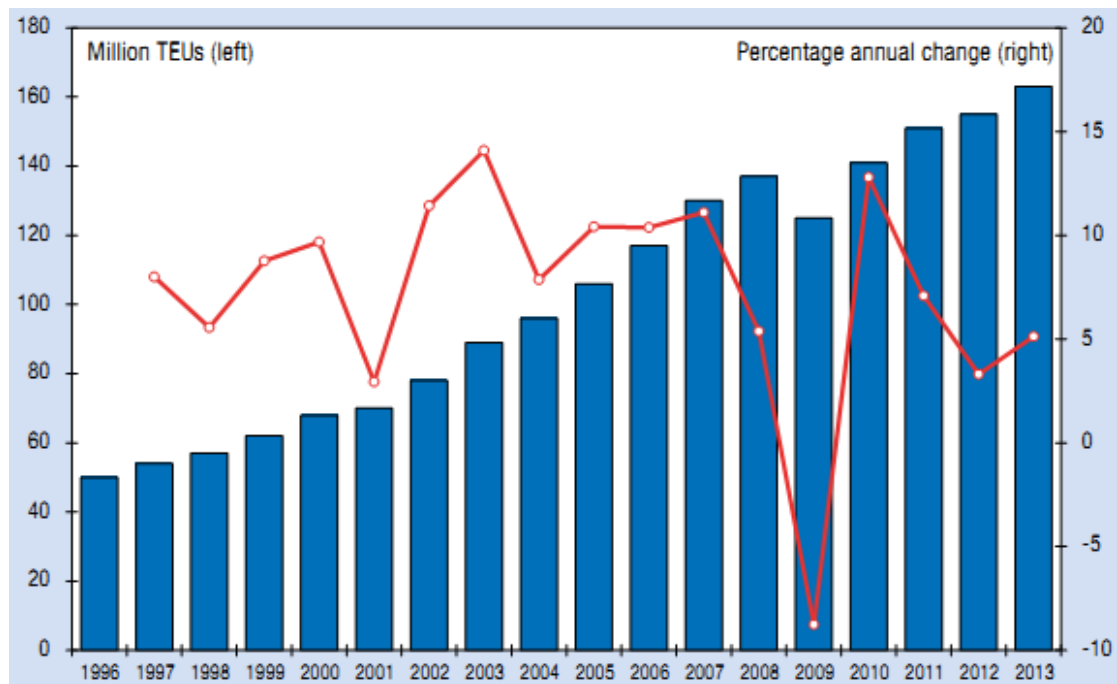


## Παγκόσμιο εμπόριο ανά περιοχή

Country group	Year	Goods loaded				Goods unloaded			
		Total	Crude	Petroleum products and gas	Dry cargo	Total	Crude	Petroleum products and gas	Dry cargo
	2009	6.4	8.3	4.8	6.1	1.2	0.2	0.5	1.7
	2010	6.1	8.4	4.7	5.7	1.4	0.2	0.5	2.1
	2011	5.7	7.5	4.1	5.5	1.8	0.2	0.4	2.5
	2012	5.9	7.7	3.9	5.8	1.6	0.2	0.4	2.3
<b>Developing economies</b>	2006	62.7	85.6	58.7	55.3	46.2	33.3	39.7	52.3
	2007	62.5	85.7	56.9	55.5	50.0	37.2	41.6	56.4
	2008	61.8	85.0	53.8	55.6	50.6	35.3	43.6	57.3
	2009	61.1	85.0	54.0	54.5	55.7	39.8	42.0	64.2
	2010	59.8	84.0	52.4	53.4	55.9	39.5	46.2	63.3
	2011	60.3	85.8	52.2	54.2	56.9	42.5	43.6	64.0
	2012	59.6	85.5	53.5	53.3	58.3	42.9	45.2	65.3
<b>Africa</b>	2006	9.4	19.8	9.4	5.6	4.4	2.1	4.4	5.3
	2007	9.1	20.0	8.8	5.4	4.7	2.3	4.9	5.5
	2008	9.3	21.2	8.7	5.5	4.5	2.3	4.7	5.3
	2009	9.0	20.7	8.9	5.2	4.9	2.4	4.3	6.0
	2010	9.0	19.6	9.4	5.5	4.9	2.2	4.1	6.0
	2011	8.2	19.2	6.6	5.3	4.3	2.0	4.5	5.0
	2012	8.6	20.7	6.9	5.4	4.4	1.9	4.9	5.2
<b>America</b>	2006	13.4	14.1	10.3	13.7	4.7	2.6	6.7	5.2
	2007	13.3	13.9	9.7	13.7	5.1	3.8	7.1	5.3
	2008	13.5	13.1	9.7	14.2	5.3	3.8	7.5	5.4
	2009	13.1	13.2	7.9	14.0	4.7	3.4	8.0	4.6
	2010	13.9	13.5	8.7	15.0	5.3	3.6	7.6	5.5
	2011	14.1	14.4	8.1	15.1	5.8	3.7	7.1	6.2
	2012	14.0	14.0	8.7	14.9	5.9	4.0	7.5	6.2
<b>Asia</b>	2006	39.9	51.7	39.0	35.9	36.9	28.6	27.8	41.7
	2007	40.0	51.7	38.4	36.3	40.1	31.1	28.9	45.5
	2008	38.9	50.6	35.4	35.8	40.6	29.1	30.7	46.4
	2009	38.9	51.0	37.1	35.2	45.9	34.0	29.3	53.3
	2010	36.8	50.8	34.4	32.8	45.5	33.7	34.0	51.6
	2011	37.9	52.1	37.5	33.8	46.7	36.8	31.6	52.6
	2012	36.8	50.7	37.8	32.8	47.9	37.0	32.4	53.9
<b>Oceania</b>	2006	0.0	0.1	0.01	0.0	0.2	–	0.7	0.1
	2007	0.1	0.1	0.01	0.0	0.2	–	0.8	0.1
	2008	0.1	0.1	0.01	0.0	0.2	–	0.8	0.1
	2009	0.1	0.1	0.02	0.1	0.2	–	0.4	0.2
	2010	0.1	0.1	0.02	0.1	0.2	–	0.4	0.2
	2011	0.1	0.1	0.02	0.1	0.2	–	0.4	0.2
	2012	0.1	0.1	0.08	0.1	0.1	–	0.4	0.1

(United Nations, 2013)

### Παγκόσμιο εμπόριο- Ποσοστιαία αλλαγή (δεξιά)



(United Nations, 2013)

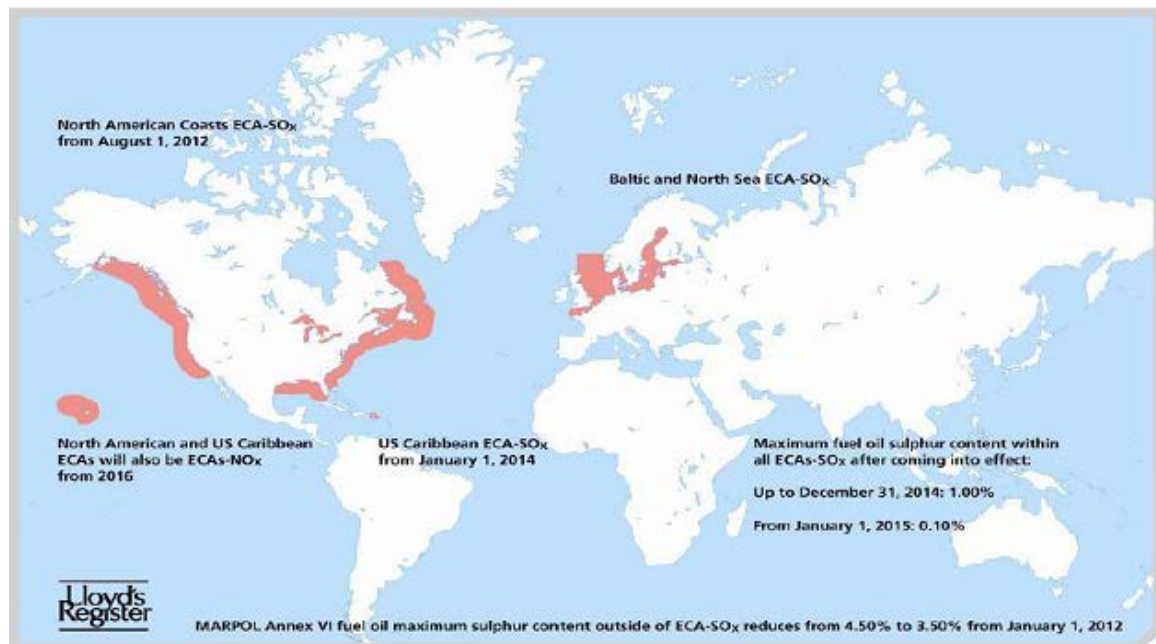
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ

	City	City population	Particulate matter	Sulfur dioxide	Nitrogen dioxide
		thousands 2005	micrograms per cubic meter 2004	micrograms per cubic meter 1995-2001*	micrograms per cubic meter 1995-2001*
Argentina	Córdoba	1,423	58	..	97
	Melbourne	3,626	12	..	30
	Perth	1,474	12	5	19
	Sydney	4,331	20	28	81
Austria	Vienna	2,260	41	14	42
Belgium	Brussels	1,012	28	20	48
Brazil	Rio de Janeiro	11,469	35	129	..
	São Paulo	18,333	40	43	83
Bulgaria	Sofia	1,093	61	39	122
Canada	Montréal	3,640	19	10	42
	Toronto	5,312	22	17	43
	Vancouver	2,188	13	14	37
Chile	Santiago	5,683	61	29	81
China	Anshan	1,611	82	115	88
	Beijing	10,717	89	90	122
	Changchun	3,046	74	21	64
	Chengdu	4,065	86	77	74
	Chongqing	6,363	123	340	70
	Dalian	3,073	50	61	100
	Guangzhou	8,425	63	57	136
	Guiyang	3,447	70	424	53
	Harbin	3,695	77	23	30
	Jinan	2,743	94	132	45
	Kunming	2,837	70	19	33
	Lanzhou	2,411	91	102	104
	Lupanshui	1,149	59	102	..
	Nanchang	2,188	78	69	29
	Pingxiang	905	67	75	..
	Qingdao	2,817	68	190	64
	Shanghai	14,503	73	53	73
	Shenyang	4,720	101	99	73
	Taiyuan	2,794	88	211	55
Tianjin	7,040	125	82	50	
Wulumqi	2,025	57	60	70	
Wuhan	7,093	79	40	43	
Zhengzhou	2,590	97	63	95	
Zibo	2,982	74	198	43	
Colombia	Bogotá	7,747	31	..	..
Croatia	Zagreb	908 <sup>b</sup>	33	31	..
Cuba	Havana	2,189	21	1	5
Czech Republic	Prague	1,171	23	14	33
Denmark	Copenhagen	1,088	21	7	54
Ecuador	Guayaquil	2,387	23	15	..
	Quito	1,514	30	22	..
Egypt, Arab Rep.	Cairo	11,128	169	69	..
Finland	Helsinki	1,091	21	4	35
France	Paris	9,820	11	14	57
Germany	Berlin	3,389	22	18	26
	Frankfurt	668 <sup>b</sup>	19	11	45
	Munich	1,263	20	8	53
Ghana	Accra	1,981	33	..	..
Greece	Athens	3,230	43	34	64
Hungary	Budapest	1,693	19	39	51
Iceland	Reykjavik	164 <sup>b</sup>	18	5	42
India	Ahmadabad	5,120	83	30	21
	Bangalore	6,462	45	..	..

	City	City population	Particulate matter	Sulfur dioxide	Nitrogen dioxide
		thousands 2005	micrograms per cubic meter 2004	micrograms per cubic meter 1995–2001 <sup>a</sup>	micrograms per cubic meter 1995–2001 <sup>a</sup>
India	Kolkata	14,277	128	49	34
	Madras	6,916	37	15	17
	Delhi	15,048	150	24	41
	Hyderabad	6,115	41	12	17
	Kanpur	3,018	109	15	14
	Lucknow	2,566	109	26	25
	Mumbai	18,196	63	33	39
	Nagpur	2,350	56	6	13
	Pune	4,409	47	..	..
Indonesia	Jakarta	13,215	104	..	..
Iran, Islamic Rep.	Tehran	7,314	58	209	..
Ireland	Dublin	1,037	19	20	..
Italy	Milan	2,953	30	31	248
	Rome	3,348	29	..	..
	Turin	1,660	44	..	..
Japan	Osaka-Kobe	11,268	35	19	63
	Tokyo	35,197	40	18	68
	Yokohama	3,366 <sup>b</sup>	31	100	13
Kenya	Nairobi	2,773	43	..	..
Korea, Rep	Pusan	3,554	44	60	51
	Seoul	9,645	41	44	60
	Taegu	2,511	50	81	62
Malaysia	Kuala Lumpur	1,405	29	24	..
Mexico	Mexico City	19,411	51	74	130
Netherlands	Amsterdam	1,147	34	10	58
New Zealand	Auckland	1,148	14	3	20
Norway	Oslo	802	14	8	43
Philippines	Manila	10,686	39	33	..
Poland	Katowice	2,914 <sup>b</sup>	39	83	79
	Lódz	776	39	21	43
	Warsaw	1,680	43	16	32
Portugal	Lisbon	2,761	23	8	52
Romania	Bucharest	1,934	18	10	71
Russian Federation	Moscow	10,654	21	109	..
	Omsk	1,132	22	20	34
Singapore	Singapore	4,326	44	20	30
Slovak Republic	Bratislava	456 <sup>b</sup>	15	21	27
South Africa	Cape Town	3,083	16	21	72
	Durban	2,631	32	31	..
	Johannesburg	3,254	33	19	31
Spain	Barcelona	4,795	35	11	43
	Madrid	5,608	30	24	66
Sweden	Stockholm	1,708	11	3	20
Switzerland	Zurich	1,144	23	11	39
Thailand	Bangkok	6,593	79	11	23
Turkey	Ankara	3,573	46	55	46
	Istanbul	9,712	55	120	..
Ukraine	Kiev	2,672	35	14	51
United Kingdom	Birmingham	2,280	25	9	45
	London	8,505	21	25	77
	Manchester	2,228	15	26	49
United States	Chicago	8,814	25	14	57
	Los Angeles	12,298	34	9	74
	New York–Newark	18,718	21	26	79
Venezuela, RB	Caracas	2,913	10	33	57

(World Bank, 2007)

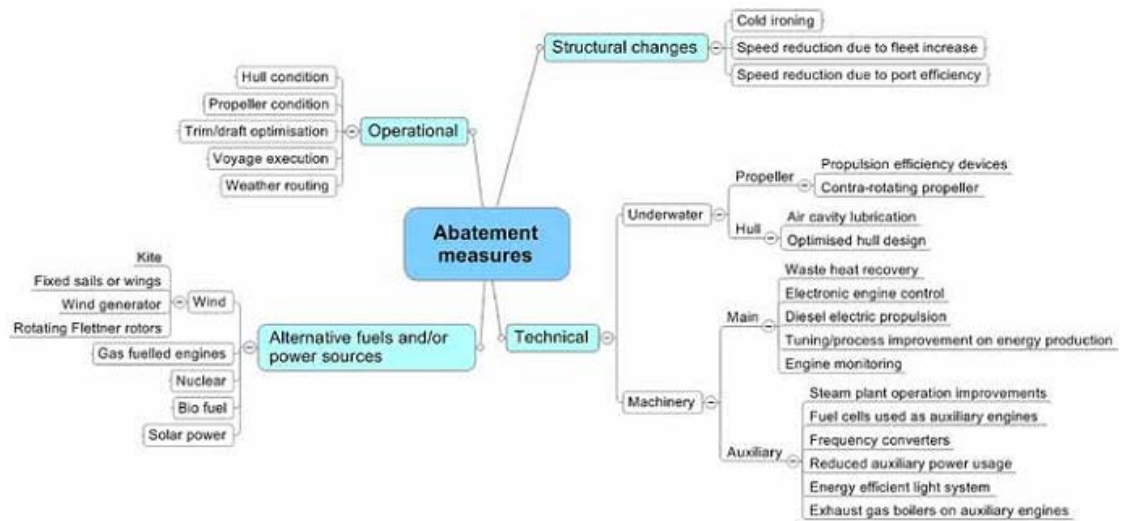
#### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: ΠΕΡΙΟΧΕΣ SECA



(Raets Marine Insurance, 2013)



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5: ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

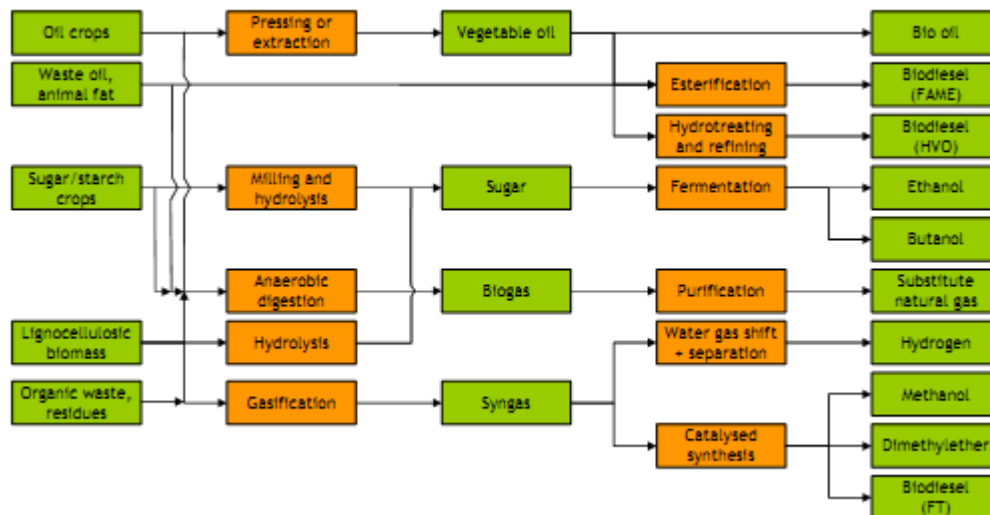


(DNV, 2010)

Πανεπιστήμιο Π

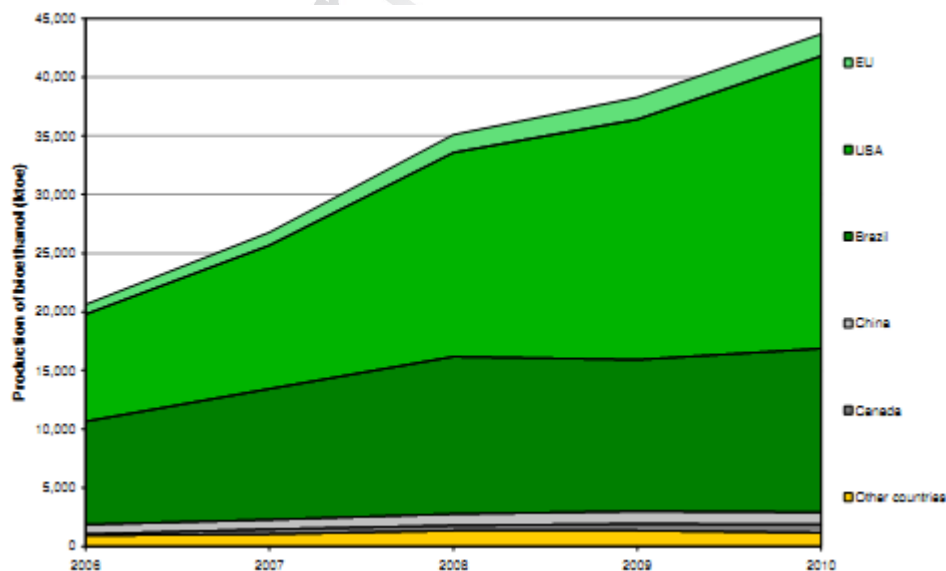
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6: ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ (ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ)

### Προέλευση βιολογικών καυσίμων



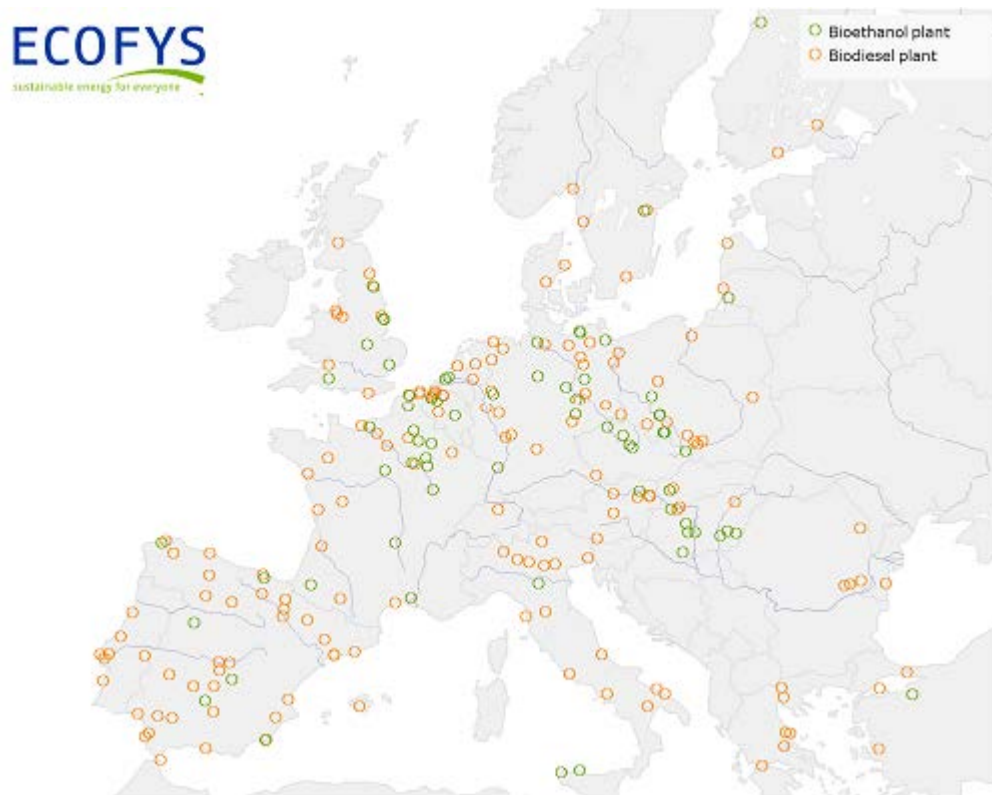
(Florentinus *et al.*, 2012)

### Παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων



(Florentinus *et al.*, 2012)

## Παραγωγικές μονάδες biodiesel & bio-ethanol



(Florentinus *et al.*, 2012)

## Τεχνικά χαρακτηριστικά βασικών συμβατικών και βιολογικών ναυτιλιακών καυσίμων

Fuels	Cetane number	Higher Heating value (MJ/kg)	Kinematic viscosity (mm <sup>2</sup> /s at 40 °C)	Cloud point (°C)	Pour point (°C)	Flash point (°C)	Density at 15 °C (kg/m <sup>3</sup> )
<b>IFO 380 (ISO8217-RMG)</b>	not specified	not specified (~42,8) <sup>41</sup>	<380	not specified	<30 (~6-18) <sup>41</sup>	>60 (~90) <sup>41</sup>	<991 (~963) <sup>41</sup>
Straight Vegetable Oil	37 - 42	39.5 -39.7	32 - 37	-4 - +7	-32 - -12	246 - 274	900
Raw pyrolysis bio-oil	10	22.7	14.5	-21	-33 - -12	40-100	1100-1250
HDO pyrolysis bio-oil	"high"	45.2	2.8	unknown	unknown	35-39 <sup>42</sup>	900
<b>MDO (ISO8217 DMB)</b>	> 35	not specified (~45,3 <sup>43</sup> )	2 - 11	not specified	0 - +6	> 60	< 900
<b>MGO (ISO8217 DMA)</b>	> 40	not specified (~45,3 <sup>44</sup> )	2 - 6	not specified	-6 - +0	> 60	< 890
Biodiesel	49 - 58	37.3 -39.8	4.2 - 4.5	-1 - +8	-4 - +6	110 - 195	880-920
Di-methyl ether (DME)	55 - 60	29.8	0.2 - 0.25 <sup>45</sup>	unknown	unknown	-41	665 (5 bar)
Bio-methane	0 <sup>46</sup>	55	n/a	n/a	n/a	-188	0.66
Bio-ethanol	8	29.8	- - 1.2	n/a	n/a	12	791

(Florentinus *et al.*, 2012)