

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ -  
ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΕ  
ΤΟΠΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ**

**TITLE**

**STUDY OF SHIPPING-NAVIGATION CONTRIBUTION ON AIR  
POLLUTION AT A LOCALLY AND GLOBALLY LEVEL**



**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ  
ΚΡΙΣΤΙΝ ΤΣΑΚΜΑΤΖΙΑΝ ΑΜ:51204270**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
Δρ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Π. ΜΟΥΣΤΡΗΣ**

**Αιγάλεω, Οκτώβριος 2021**

**Τριμελής εξεταστική επιτροπή**

Α/Α	Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
1	<b>Μουστρήs Κωνσταντίνος</b>	
2	<b>Ντούρου Κλεοπάτρα</b>	
3	<b>Τσίτσης Χρήστος</b>	

## **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

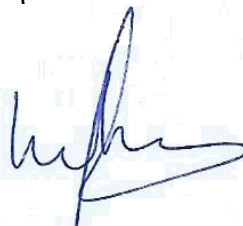
Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΤΣΑΚΜΑΤΖΙΑΝ ΚΡΙΣΤΙΝ του ΣΑΜΟΥΕΛ, με αριθμό μητρώου 51204270 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο.

Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



**Κριστίν Τσακματζιάν**

<b>Περιεργόμενα</b>	
<b>Περίληψη</b> .....	6
<b>Abstract</b> .....	7
<b>Εισαγωγή</b> .....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ</b> .....	10
1.1. Ορισμός.....	10
1.2. Ιστορική Αναδρομή.....	11
1.3. Είδη Ρύπων.....	13
1.3.1 Αιωρούμενα σωματίδια (PM).....	13
1.3.2 Όζον (O <sub>3</sub> ).....	15
1.3.3 Οξείδια του αζώτου (NO <sub>2</sub> , NO).....	17
1.3.4 Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> ).....	19
1.3.5 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) .....	21
1.4. Ευρωπαϊκή Νομοθεσία - Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	23
1.5. Αμερικανική Νομοθεσία - Ατμοσφαιρική Ρύπανση .....	25
1.5.1. Δείκτης Ποιότητας Αέρα (Air Quality Index-AQI) .....	27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΝΑΥΤΙΛΙΑ-ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ</b> .....	31
2.1 Shanghai (Κίνα).....	32
2.2 Shenzhen (Κίνα).....	37
2.3 Guangzhou (Κίνα) .....	40
2.4 Qingdao (Κίνα).....	44
2.5 Tianjin (Κίνα).....	47
2.6 Amsterdam (Ολλανδία).....	51
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΝΑΥΤΙΛΙΑ-ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΕ ΤΟΠΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ</b> .....	55
3.1 Η Ναυτιλία-Ναυσιπλοΐα στην Ελλάδα.....	56
3.2 Η Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην Ελλάδα .....	58
3.3 Το Μεγαλύτερο και Σημαντικότερο Λιμάνι της Ελλάδας.....	60
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ-ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ</b> .....	71
4.1 Τύποι Πλοίων .....	72
4.1.1 Φορτηγά πλοία(Cargo ships).....	73
4.1.2 Επιβατηγά πλοία(Passenger ships).....	78
4.1.3 Ειδικού προορισμού πλοία (Special purpose ships).....	80
4.1.4 Πλοία βοηθητικής ναυτιλίας (Assistant ships ή και auxiliary ships) .....	84
4.2 Εκπομπές Αέριων Ρύπων από τα Πλοία.....	89

4.2.1	Συνεισφορά ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας στην ατμοσφαιρική ρύπανση .....	92
4.3	Μέθοδοι Υπολογισμού Εκπομπών Αέριων Ρύπων από τα Πλοία.....	93
4.3.1	Απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού .....	93
4.3.2.	Λεπτομερής μέθοδος υπολογισμού .....	97
4.3.3.	Υπολογισμός εκπομπών πλοίων : Λέβητες .....	100
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ-ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ.....</b>		<b>101</b>
5.1	Πλυντρίδες(scrubbers).....	102
5.2	Επιλεκτική Καταλυτική Αναγωγή (Selective Catalytic Reduction-SCR).....	104
5.3	Συμπαγείς Συστήματα Μεμβρανών Δέσμευσης Διοξειδίου του Άνθρακα .....	105
5.4	Κυψέλες Καυσίμου .....	106
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ.....</b>		<b>109</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>		<b>122</b>

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας στην ατμοσφαιρική ρύπανση, αρχικά σε παγκόσμια κλίμακα, ώστε να υπάρξει μια γενική εικόνα της συνεισφοράς αυτής και έπειτα σε τοπική, εστιάζοντας στη χώρα μας την Ελλάδα για να δούμε τι συμβαίνει, πιο συγκεκριμένα, εκεί. Αρχικά, ορίστηκε η έννοια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και αναλύθηκαν οι πέντε βασικοί ρύποι με βάση τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες, τις πηγές εκπομπής τους καθώς και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία. Στη συνέχεια, σε παγκόσμια κλίμακα αναφέρθηκαν έξι απ'τα μεγαλύτερα και πολυσύχναστα λιμάνια του κόσμου, εκ των οποίων τα πέντε βρίσκονταν εκτός Ε.Ε. και περιγράφηκαν όσον αφορά την ιστορία τους, την επέκταση και τη συνεχή ανάπτυξή τους και φυσικά την κινητικότητα τους και τη συσχέτισή τους με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ωστόσο, σε τοπική κλίμακα, αφού αναλύθηκε η ναυτιλία και η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και στην παγκόσμια κλίμακα, μελετήθηκε το μεγαλύτερο και σημαντικότερο λιμάνι της χώρας, ο Πειραιάς(Piraeus) καθώς και δύο εξίσου πολύ βασικά λιμάνια. Μετέπειτα, θέλοντας να γίνει κατανοητή η συσχέτιση της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας με την ατμοσφαιρική ρύπανση, σε πρώτη φάση έγινε μια μικρή ανάλυση όσον αφορά τις διάφορες κατηγορίες πλοίων που υπάρχουν και πως συνεισφέρουν οι εκπομπές ρύπων τους στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Ενώ, μελετήθηκαν και οι μέθοδοι υπολογισμού των ρύπων στα πλοία. Ύστερα, αναφέρθηκαν και αναλύθηκαν όλες οι τεχνολογίες αντιρρύπανσης στη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα και διατυπώθηκαν κάποιες σκέψεις και προτάσεις νέων τεχνολογιών και μέτρων αντιρρύπανσης. Τέλος, βάσει των τιμών ανά ρύπο που είχαν συλλεχθεί για κάθε λιμάνι και για τις δύο κλίμακες, δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα για καθένα από τους ρύπους, τα οποία σχολιάστηκαν και συγκρίθηκε, ειδικότερα, το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus) με το μοναδικό ευρωπαϊκό λιμάνι στην παγκόσμια κλίμακα. Επίσης, δόθηκαν κάποιες προτάσεις και μέτρα για το μέλλον, για τη μείωση και τον έλεγχο της εκπομπής ρύπων από τα πλοία καθώς και γενικότερα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από τη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα.

## **Abstract**

The present dissertation deals with the contribution of shipping to air pollution, first on a global scale, in order to have a general picture of this contribution and then on a local scale, focusing on Greece to see what is happening there. Firstly, the concept of air pollution was defined and the five main pollutants were analysed in terms of their physical and chemical properties, their emission sources and their effects on health and the environment. Six of the world's largest and busiest ports, five of which were located outside the EU, were then reported on a global scale and described in terms of their history, their expansion and continued growth, and of course their mobility and their correlation with air pollution. However, on a local scale, after analysing shipping and air pollution in Greece, in exactly the same way as on a global scale, the largest and most important port of the country, Piraeus, and two equally important ports were studied. Subsequently, in order to understand the link between shipping and air pollution, a small analysis was firstly made of the different categories of ships that exist and how their pollutant emissions contribute to air pollution. The methods of calculating pollutants on ships were also studied. Afterwards, all anti-pollution technologies in shipping and navigation were mentioned and analysed and some thoughts and proposals for new anti-pollution technologies and measures were made. Finally, based on the values per pollutant collected for each port and for both scales, the corresponding charts for each of the pollutants were created, which were commented and compared, in particular, the port of Piraeus with the only European port in the global scale. Some proposals and measures for the future to reduce and control the emission of pollutants from ships as well as air pollution from shipping in general were also given.

## Εισαγωγή

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί καίριο πρόβλημα ολόκληρου σχεδόν του πλανήτη εδώ και δεκαετίες. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι (αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του αζώτου, τροποσφαιρικό όζον κ.α.) που εκλύονται σε μια περιοχή τις περισσότερες φορές μεταφέρονται μέσω της ροής του ανέμου στην ατμόσφαιρα επιδεινώνοντας ή καταστρώντας κακή την ποιότητα του αέρα όχι μόνο της ίδιας της περιοχής, αλλά ακόμα και των γύρω περιοχών.

Οι πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης που υπάρχουν, είναι τόσο ανθρωπογενούς όσο και φυσικής προέλευσης: μια από τις σημαντικότερες είναι οι μεταφορές, οι οποίες, παρ' όλα αυτά, έχουν ζωτικό ρόλο στην κοινωνία και την οικονομία. Η ποιότητα της ζωής μας εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη ενός αποτελεσματικού και προσβάσιμου συστήματος μεταφορών. Επιπλέον, καταλαμβάνουν μεγάλες λωρίδες γης και συμβάλλουν στην αστική εξάπλωση, στον κατακερματισμό των οικοτόπων και στη σφράγιση του εδάφους.

Ωστόσο, συγκεκριμένα στην Ε.Ε. οι μεταφορές καταναλώνουν το ένα τρίτο της συνολικής τελικής ενέργειας. Το πιο μεγάλο μέρος αυτής της ενέργειας προέρχεται από το πετρέλαιο, υποδηλώνοντας ότι οι μεταφορές ευθύνονται ως επί το πλείστον για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε. και συμβάλλουν σημαντικά στην κλιματική αλλαγή. Ειδικότερα, αντιπροσωπεύουν πάνω από το ένα τέταρτο των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε. Η κατάσταση αυτή, όμως, δε φαίνεται να μεταβάλλεται θετικά προς το παρόν, καθιστώντας τον τομέα των μεταφορών σημαντικό εμπόδιο στην υλοποίηση των στόχων της Ε.Ε για την προστασία του κλίματος.

Οι μεταφορές, ακόμα, αποτελούν σημαντική πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κυρίως στις πόλεις. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, όπως τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), το διοξείδιο του θείου(SO<sub>2</sub>) και το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>), βλάπτουν το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Παρότι, η ατμοσφαιρική ρύπανση από τις μεταφορές έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια, λόγω της εισαγωγής προτύπων ποιότητας των καυσίμων, την εφαρμογή των προτύπων Euro για τις εκπομπές οχημάτων και τη χρήση καθαρότερων και αποτελεσματικότερων τεχνολογιών, οι συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων εξακολουθούν να βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα. Αυτό



σημαίνει, ότι τα μέτρα που ήδη έχουν ληφθεί θα πρέπει να βελτιωθούν ή να τροποποιηθούν, ούτως ώστε οι συγκεντρώσεις των ρύπων να μειωθούν και να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή ο περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τουλάχιστον στον τομέα των μεταφορών. Ενώ, να σημειωθεί, ότι ακόμα και οι υποδομές των μεταφορών έχουν σοβαρό αντίκτυπο στο περιβάλλον και γενικότερα στο τοπίο, διότι διαιρούν φυσικές περιοχές σε μικρά τμήματα γης, με σοβαρές επιπτώσεις σε ζώα και φυτά.

Πιο αναλυτικά, τα αυτοκίνητα, τα φορτηγά, τα ημιφορτηγά και τα λεωφορεία παράγουν ένα ποσοστό άνω του 70% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου αλλά και άλλων ρύπων που προέρχονται από τις μεταφορές. Οι υπόλοιπες εκπομπές προέρχονται, ιδίως, από τη ναυτιλία και τις αεροπορικές μεταφορές, αφού ειδικά τα τελευταία χρόνια παρατηρείται παγκοσμιοποίηση του εμπορίου, με τις αεροπορικές μεταφορές καθώς και τη ναυτιλία να σημειώνουν τεράστια ανάπτυξη. Συνεπώς, παρατηρείται σταθερή αύξηση των εκπομπών αερίων ρύπων με τεράστιες συνέπειες στο περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων.

Στον τομέα της ναυτιλίας κυρίως, οι εκπομπές καυσαερίων σε μεγάλο βαθμό αποτελούνται από οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου και διοξείδιο του άνθρακα, με μικρότερες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων και αιωρούμενων σωματιδίων που δεν έχουν καεί πλήρως. Τα καυσαέρια εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τα φουγάρα των πλοίων και αραιώνονται αλληλεπιδρώντας με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Επίσης, ειδικά κατά τη μεταφορά και τη διακίνηση του πετρελαίου, η εξάτμισή τους οδηγεί σε εκπομπές VOCs(πτητικές οργανικές ενώσεις).

Έτσι, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η ανάγκη μείωσης των δυσμενών επιπτώσεων των μεταφορών (και ειδικότερα της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας), είναι τεράστια και αποτελεί σημαντικό στόχο της πολιτικής όχι μόνο της Ε.Ε, αλλά και όλου σχεδόν του πλανήτη. Τα κυριότερα πεδία δραστηριότητας είναι η στροφή των μεταφορών σε λιγότερο ρυπογόνους και συγχρόνως αποδοτικούς τρόπους μεταφοράς, η εφαρμογή πιο βιώσιμων τεχνολογιών στον τομέα των μεταφορών, των καυσίμων και των υποδομών και η διασφάλιση ότι οι τιμές των μεταφορών αντικατοπτρίζουν πλήρως τον αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

### 1.1. Ορισμός

Ως ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζουμε την παρουσία και ανάμειξη ρύπων στην ατμόσφαιρα, δηλαδή κάθε είδους ουσιών σε μια ποσότητα ή συγκέντρωση που μπορεί να προκαλέσει βραχυπρόθεσμα ή ακόμα και μακροπρόθεσμα αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στο περιβάλλον. Η σύσταση αυτού του μείγματος συνήθως αποτελείται από στερεά και υγρά σωματίδια, τα οποία βρίσκονται στον αέρα π.χ. σωματίδια (PM), αέρια όπως όζον ( $O_3$ ), οξείδια του αζώτου( $NO_2, NO$ ), διοξείδιο του θείου( $SO_2$ ) και μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Ρύπος, επίσης, θα μπορούσε να θεωρηθεί και το διοξείδιο του άνθρακα( $CO_2$ ), όταν η συγκέντρωσή του ξεπερνάει τα επιτρεπόμενα όρια της ποσότητας που ήδη υπάρχει στην ατμόσφαιρα και αποτελεί φυσικό συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα. Βέβαια, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία αύξησή του λόγω της τεράστιας κυκλοφορίας των οχημάτων στις πόλεις που συνεπάγεται άμεσα με την υπέρμετρη εκπομπή καυσαερίων και συγκεκριμένα του διοξειδίου του άνθρακα( $CO_2$ ), καθιστώντας το, ρύπο.

Ανάλογα με την προέλευσή τους οι ρύποι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Πρωτογενείς ρύποι, οι οποίοι εκλύονται κατευθείαν από τις πηγές ρύπανσης π.χ. το διοξείδιο του θείου και το μονοξείδιο του αζώτου.
2. Δευτερογενείς ρύποι, οι οποίοι παράγονται στην ατμόσφαιρα μέσω χημικών αντιδράσεων και πρωτογενών ρύπων όπως π.χ. το όζον.

Ωστόσο, δε θα πρέπει να ξεχνάμε ότι η ρύπανση της ατμόσφαιρας είναι αποτέλεσμα ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στη σύγχρονη εποχή. Προκαλείται πρωτίστως, από τρεις ανθρώπινες δραστηριότητες: τη βιομηχανία και τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας που αποτελούν το 50% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τις μεταφορές μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα, φορτηγά, αεροπλάνα, πλοία ή και άλλους κινητήρες το 35% και τα νοικοκυριά π.χ. συστήματα θέρμανσης οικιακής χρήσης το 15%.

Με βάση τη γεωγραφική θέση και τις πηγές των εκπομπών το μείγμα των ρύπων ποικίλλει όπως και τα σωματίδια σε αριθμό, μέγεθος, σχήμα, εμβαδόν επιφάνειας και χημική σύνθεση, ενώ ποικίλλουν ακόμα, ως προς τη διαλυτότητα και την τοξικότητά τους. Το σίγουρο είναι πως σε υψηλά επίπεδα εκτός από το να μολύνουν την ατμόσφαιρα προκαλώντας σοβαρές συνέπειες, όπως την υπερθέρμανση του πλανήτη, δημιουργούν δυσμενής συνθήκες διαβίωσης και μπορούν να βλάψουν σοβαρά την υγεία του ανθρώπου.

Οι μελέτες μιας γεωγραφικής θέσης σχετικά με το μέγεθος των συνεπειών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία, προκύπτουν ιδίως μέσω μετρήσεων κάποιου δείκτη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, π.χ. κλάσματα PM ειδικού μεγέθους, όπως σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο  $<10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) ή  $<2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ), αντίστοιχα, ή  $\text{NO}_2$ . Συνήθως όμως, χρησιμοποιούνται έμμεσοι δείκτες ρύπων που σχετίζονται με την πυκνότητα κυκλοφορίας στον πλησιέστερο δρόμο ή σε περίπτωση που η μελέτη λαμβάνει χώρα σε μια κατοικημένη περιοχή σε απόσταση από τους πολυσύχναστους δρόμους.

## 1.2. Ιστορική Αναδρομή

Γενικά, η ρύπανση του περιβάλλοντος απασχολούσε τον άνθρωπο από τότε που δημιουργήθηκαν οι πρώτες φυλές πριν καν, δηλαδή, ανακαλυφθεί η φωτιά. Αυτό συνέβαινε, διότι ρύπαινε το περιβάλλον στο οποίο διέμενε και λόγω της δυσοσμίας και των απορριμμάτων που άφηνε, αναγκαζόταν να μετακινηθεί σε άλλη περιοχή.

Ειδικά, μετά την ανακάλυψη της φωτιάς έως και πριν τον Μεσαίωνα προσπαθούσαν να βρουν διάφορους τρόπους για να αποτρέπουν την ατμοσφαιρική, κυρίως, ρύπανση που προκαλούσαν οι καπνοί της φωτιάς χωρίς όμως αποτέλεσμα.

Αργότερα, στα χρόνια του Μεσαίωνα η αέρια ρύπανση από την καύση του κάρβουνου συνεχιζόταν, ώσπου μετά από 116 χρόνια απαγορεύθηκε η καύση του άνθρακα στις ασβεστοκάμινους. Καθώς, το 1661 η αέρια ρύπανση του Λονδίνου συγκεκριμένα ήταν σε τέτοια επίπεδα, που εκδόθηκε ειδική οδηγία ελέγχου της ρύπανσης εκεί.

Τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, κατά τη βιομηχανική επανάσταση όπου οι βιομηχανίες αποτελούνταν από τη μεταλλουργία, την κεραμοποιία και τη συντήρηση ζωικών προϊόντων, η χρήση του κάρβουνου έγινε εντατική και σε μικρότερο βαθμό του πετρελαίου για την παραγωγή ενέργειας, με αποτέλεσμα να έχει τεράστιο περιβαλλοντικό αντίκτυπο από τον καπνό και τη στάχτη.

Το ζήτημα αυτό συνεχίστηκε και το 19<sup>ο</sup> αιώνα μέχρι που την πρώτη περίοδο του 20<sup>ου</sup> αιώνα μεταξύ 1900 και 1925 μια σημαντική εξέλιξη, ήταν η αντικατάσταση της ατμομηχανής με τον ηλεκτροκινητήρα που μετέφερε τις εκπομπές καπνού και στάχτης από τον καυστήρα του εργοστασίου στον καυστήρα των σταθμών παραγωγής ενέργειας όπως και η αντικατάσταση του άνθρακα από το πετρέλαιο, βελτίωσε την κατάσταση. Βέβαια, όσο ο αριθμός των πόλεων και των εργοστασίων αυξανόταν σε συνδυασμό με την ξαφνική αύξηση των αυτοκινήτων το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης αντί να μειωθεί τελικά οξύνθηκε.

Κατά την περίοδο 1925-1980 συνέβησαν πολλά σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με αρκετούς νεκρούς, γι' αυτό και σταδιακά πραγματοποιήθηκαν αρκετές τεχνολογικές αλλαγές όπως η εγκατάσταση αγωγών φυσικού αερίου που οδήγησε στην αντικατάσταση του άνθρακα και του πετρελαίου στην οικιακή θέρμανση με θεαματικά αποτελέσματα στην ποιότητα του αέρα. Ενώ από το 1950 και μετά, μέσω επιστημονικής έρευνας άρχισαν να αναπτύσσονται μαθηματικά μοντέλα και όργανα μέτρησης διαφόρων χημικών στοιχείων καθώς και να εγκαθίστανται οι πρώτες μονάδες παρακολούθησης και μέτρησης της ποιότητας του αέρα.

Ωστόσο, μετά το 1980 διαπιστώθηκε ότι η αέρια ρύπανση δεν αποτελεί μόνο τοπικό πρόβλημα, αλλά έχει επίδραση στην παγκόσμια κλίμακα. Έτσι, άρχισε να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε τρεις μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης: α) το φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω του διοξειδίου του άνθρακα(CO<sub>2</sub>) και άλλων θερμοκηπιακών αερίων, β) την καταστροφή όζοντος στη στρατόσφαιρα και γ) την περιφερειακή, διακρατική και διηπειρωτική μεταφορά αέριων ρύπων.

Τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα, παρατηρούμε την εμφάνιση της οικολογικής και περιβαλλοντικής προσέγγισης και ευαισθητοποίησης από κυβερνήσεις κρατών και οργανισμούς. Καθώς, για πρώτη φορά υπογράφηκαν παγκόσμιες συμφωνίες κρατών όπως το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για την αντιμετώπιση της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος και το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αντιμετώπιση της ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου. [1]

### 1.3. Είδη Ρύπων

#### 1.3.1 Αιωρούμενα σωματίδια (PM)

##### A.Εισαγωγή

Με τον όρο αιωρούμενα σωματίδια αναφερόμαστε στις ουσίες που βρίσκονται στον ατμοσφαιρικό αέρα σε υγρή είτε στερεή μορφή. Τα σωματίδια αυτά είναι από τα πιο επικίνδυνα, αφού περιέχουν καρκινογόνες ουσίες π.χ.αμίαντος, καπνός και συνεισφέρουν στο να προκαλούν βλαβερές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου αλλά και στο περιβάλλον, σε συνδυασμό με άλλους ρύπους.

##### B.Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Τα αιωρούμενα σωματίδια PM διαθέτουν μεγάλη ποικιλία σε είδη γι'αυτό κάθε είδος έχει τις δικές του ιδιότητες αλλά και τον δικό του βαθμό επικινδυνότητας. Κυρίως, ανάλογα τη διάμετρό τους διαχωρίζονται σε εισπνεύσιμα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10 μικρά ( $PM_{10}$ ) και σε σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 2.5 μικρά ( $PM_{2.5}$ ).

Συγκεκριμένα, τα  $PM_{2.5}$  είναι πιο επικίνδυνα από τα μεγαλύτερα, διότι με την εισπνοή εγκαθίστανται πιο βαθιά στους πνεύμονες προκαλώντας τους βλάβες, ενώ διαθέτοντας μεγάλη επιφάνεια κατά την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων διευκολύνουν την προσκόλληση τοξικών ουσιών σε αυτά. Ακόμα, τα μικρότερα σωματίδια ( $PM_{2.5}$ ) έχουν την ικανότητα να παραμένουν στον αέρα για εβδομάδες ή και μήνες καθώς και να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή τους. [2]

Απ'την άλλη πλευρά τα μεγαλύτερα σωματίδια ( $PM_{10}$ ) έχουν την ικανότητα να συγκεντρώνονται γρηγορότερα από τα μικρά και να γίνονται αρκετά επικίνδυνα, πρωτίστως, κοντά στην πηγή τους.

Η χημική σύσταση των αιωρουμένων σωματιδίων είναι, επίσης, αρκετά σημαντική, αφού επιδρούν σε άλλους ρύπους προξενώντας μεγάλες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Αυτό, βασίζεται κατεξοχήν στην χημική τους συμπεριφορά και στις ιδιότητες που έχουν ανάλογα την πηγή των αερολυμάτων απ'την οποία προέρχονται.

##### Γ.Πηγές

Οι πηγές εκπομπών των αιωρούμενων σωματιδίων είναι συνήθως οι βιομηχανικές δραστηριότητες, οι στάσιμες πηγές καύσης και τα μέσα μεταφοράς. Ειδικότερα, τα  $PM_{2.5}$  εκπέμπονται από πηγές καύσης και από το χημικό μετασχηματισμό αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Ενώ, τα  $PM_{10}$  προέρχονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από μεταλλεύματα, κατασκευαστικές δραστηριότητες, πυρκαγιές και από την ατμοσφαιρική σκόνη.

#### Δ.Επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον

Τα αιωρούμενα σωματίδια όσον αφορά την υγεία μπορούν να επιδεινώσουν τα προϋπάρχοντα αναπνευστικά προβλήματα ενός ατόμου προκαλώντας του σοβαρές βρογχίτιδες, μέχρι και θάνατο σε μεγάλες ηλικίες σε περίπτωση που τα όρια συγκέντρωσης είναι αρκετά υψηλά. Επιπλέον, μπορούν να προξενήσουν προβλήματα και σε ανθρώπους με άσθμα ή αλλεργίες.

Όμως, η μακροπρόθεσμη έκθεση ακόμα και ενός υγιούς ατόμου σε αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να επιφέρει μεγάλη ζημιά στους πνευμονικούς ιστούς καταλήγοντας σε κάποιες περιπτώσεις σε χρόνια αναπνευστική πάθηση, καρκίνο, πρόωγη ασθένεια και θάνατο. Επίσης, τα παιδιά κυρίως που κατοικούν σε περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων εμφανίζουν συχνότερα κρυολογήματα, βήχα και άλλα συμπτώματα που σχετίζονται με το αναπνευστικό σύστημα.

Εκτός από τις επιπτώσεις στην υγεία, τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν μεγάλο αντίκτυπο και στο περιβάλλον. Μια από τις βασικότερες συνέπειες είναι η απορρόφηση και διάχυση της ορατής ακτινοβολίας περιορίζοντας έτσι την ορατότητα της ατμόσφαιρας και επιδεινώνοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Κυρίως, σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν εύκολα να δημιουργήσουν νέφος και να προκαλέσουν φθορές σε υφάσματα, υλικά και κτίρια. Ακόμα, συμβάλλουν στη μετατροπή των αέριων εκπομπών του διοξειδίου του θείου και του μονοξειδίου του αζώτου σε όξινα σωματίδια, τα οποία προξενούν κατά κύριο λόγο τη λεγόμενη «όξινη βροχή». Η όξινη βροχή, λοιπόν, όταν πέσει σε επιφάνειες όπως π.χ. σε γλυκά νερά μεταβάλλει τη χημεία τους, ενώ στο έδαφος αφαιρεί τα μέταλλα, τα οποία παρασύρονται από χείμαρρους και σε συνδυασμό με το τροποσφαιρικό όζον συμβάλλουν συλλογικά στην καταστροφή των δασών.

### 1.3.2 Όζον (O<sub>3</sub>)

#### A.Εισαγωγή

Το όζον είναι ένα από τα κυριότερα συστατικά της αιθαλομίχλης γνωστό ως «αστικό νέφος». Αυτό, βρίσκεται στη στρατόσφαιρα, δηλαδή, σε ανώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας και αποτελεί ασπίδα προστασίας της γης από την υπερϊώδη ακτινοβολία του ηλίου, διότι έχει την ικανότητα να την απορροφά. Όμως, στην τροπόσφαιρα το χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, στο οποίο ζουν άνθρωποι, ζώα και αναπτύσσονται φυτά, το όζον θεωρείται ατμοσφαιρικός ρύπος και επιφέρει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων, στην πανίδα καθώς και στη χλωρίδα του πλανήτη.

#### B.Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Το όζον αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου (O<sub>3</sub>) και έχει τοξικές επιπτώσεις. Αντιδρά ως οξειδωτικό, αφού μπορεί να απομακρύνει ηλεκτρόνια από τα μόρια (οξείδωση) προκαλώντας διαδοχικές αντιδράσεις και προσβάλλοντας βασικές δομές κυττάρων των ζωντανών οργανισμών της γης. Σχηματίζεται μέσω της χημικής αντίδρασης πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC<sub>s</sub>) με το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) υπό την παρουσία του ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα και το προϊόν που παράγεται κατά την αντίδραση αυτή είναι η αιθαλομίχλη ή αλλιώς το αστικό νέφος. Ένα τέτοιο φαινόμενο συνήθως παρατηρούμε τους καλοκαιρινούς μήνες όπου οι υψηλές θερμοκρασίες και τα υψηλά επίπεδα του όζοντος ευνοούν τέτοιου είδους αντιδράσεις. Βέβαια, εκτός από το όζον παράγονται και άλλα οξειδωτικά τα οποία αν και βρίσκονται στο μείγμα της αιθαλομίχλης σε μικρότερη αναλογία απ' το όζον μπορούν να προκαλέσουν πολύ έντονους ερεθισμούς στα μάτια και στη μύτη του ανθρώπου. Τα οξειδωτικά που είναι πιο σημαντικά και αξίζει να

αναφερθούν είναι το διοξείδιο του αζώτου, το περοξυακετυλικό άζωτο (PAN), το υπεροξείδιο του υδρογόνου, το νιτρικό και το νιτρώδες οξύ, και το μυρμηκικό οξύ. Σε περίπτωση όμως που εμείς θα θέλαμε να μετρήσουμε την ολική συγκέντρωση των οξειδωτικών θα λαμβάναμε υπόψιν μόνο τα επίπεδα του όζοντος.

## Γ.Πηγές

Το όζον θεωρείται δευτερογενής ρύπος. Αυτό σημαίνει ότι δεν εκπέμπεται αυτούσιο από κάποια πηγή, αλλά παράγεται στην ατμόσφαιρα από χημικές αντιδράσεις και πρωτογενείς ρύπους, συγκεκριμένα από την αντίδραση του μονατομικού οξυγόνου (O) με το δυατομικό οξυγόνο (O<sub>2</sub>) υπό την παρουσία ηλιακού φωτός.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι από το 1990 έως το 2004 οι εκπομπές των ενώσεων (πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και διοξείδιο του αζώτου(NO<sub>2</sub>)) που, επίσης, παράγουν το όζον στην τροπόσφαιρα ελαττώθηκαν κατά 36% στην ΕΕ-15, ως αποτέλεσμα της προσθήκης καταλυτικών μετατροπών σε όλα τα οχήματα.

## Δ.Επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον

Τα πιο συχνά συμπτώματα κατά την έκθεση ενός ατόμου στο όζον είναι βήχας, πόνος στο στήθος, άσθμα, πνευμονική και ρινική συμφόρηση, ερεθισμό στα μάτια και τη μύτη. Ακόμα, σύμφωνα με κάποιες πειραματικές μελέτες εάν ένα άτομο ανεξαρτήτως ηλικίας εκτίθεται καθημερινά στο όζον ενώ συγχρόνως ασκείται, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να του προκληθεί ζημιά στη λειτουργία των πνευμόνων και να μην μπορεί να ανασαίνει βαθιά. Άλλες επιπτώσεις στην υγεία είναι επίσης, η καρδιακή δυσλειτουργία, η μείωση της αεροβικής ικανότητας καθώς και η διαταραχή στο κεντρικό νευρικό σύστημα, στο συκώτι, στο αίμα και στο ενδοκρινικό σύστημα.

Ωστόσο, δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι αυτά τα συμπτώματα και οι επιπτώσεις στην υγεία θα υποχωρήσουν μόλις διακοπεί η έκθεση σε όζον, διότι κάποιες φορές ανάλογα τον ανθρώπινο οργανισμό προκαλούνται μόνιμες βλάβες. Κυρίως, όσοι ήδη έχουν αναπνευστικά προβλήματα ή κάποια χρόνια πνευμονική πάθηση αποτελούν ομάδες υψηλού κινδύνου και οφείλουν να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί και να αποφεύγουν τέτοιου είδους εκθέσεις.

Όσον αφορά το περιβάλλον, το όζον σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα οξειδωτικά μπορεί να προξενήσει μεγάλες ζημιές στη χλωρίδα του πλανήτη π.χ. δάση, καλλιέργειες. Παρατηρείται ότι στα φυτά συγκεκριμένα βλάπτει το φύλλωμα και την ανάπτυξή τους επιφέροντας έτσι σημαντικές απώλειες σε σοδειές βασικών



καλλιεργειών όπως το σιτάρι, το καλαμπόκι, τη σόγια. Οι απώλειες αυτές πολλές φορές ξεπερνούν το 10% ενώ σε σοδειές καλλιεργειών όπως οι ντομάτες και τα φασόλια μπορούν να ξεπεράσουν ακόμα και το 20% χάνοντας έτσι δισεκατομμύρια δολάρια τον χρόνο.

Εκτός από τις μεγάλες ζημιές στα φυτά, τα οξειδωτικά προξενούν φθορές σε υλικά και σε είδη που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα όπως π.χ πλαστικά, λάστιχα κ.α.

### 1.3.3 Οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_2$ , $\text{NO}$ )

#### A.Εισαγωγή

Τα οξείδια του αζώτου που θεωρούνται ρύποι της ατμόσφαιρας είναι κατά κύριο λόγο δύο: το διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) και το μονοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}$ ). Βέβαια, στα οξείδια του αζώτου περιλαμβάνεται και το υποξείδιο του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ) το οποίο αξίζει να αναφερθεί, διότι συμβάλλει σημαντικά στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα οξείδια αυτά παράγονται είτε με φυσικό τρόπο μέσω χημικών αντιδράσεων της ατμόσφαιρας είτε με ανθρώπινη παρέμβαση, δηλαδή κατά την ανάφλεξη καύσιμης ύλης (βενζίνης, πετρελαίου, γαιανθράκων). Συνεισφέρουν στη δημιουργία όζοντος στην τροπόσφαιρα, το οποίο στη συνέχεια επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, το διοξείδιο του αζώτου όταν βρίσκεται διαλυμένο στο νερό της βροχής, στην ομίχλη ή στο χιόνι παράγει νιτρικό οξύ δημιουργώντας έτσι την όξινη βροχή, η οποία προκαλεί μεγάλες οικολογικές βλάβες.

#### B.Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Ξεκινώντας από το διοξείδιο του αζώτου, το οποίο έχει κιτρινό-καφέ χρώμα και είναι αρκετά δραστικό χημικό συστατικό, έχει την ικανότητα να απομακρύνει ηλεκτρόνια από τα μόρια (είναι οξειδωτικό) καθιστώντας το, επιβλαβή για οποιονδήποτε οργανισμό. Ακόμα, αποτελεί καταλύτης στη χημική αντίδραση παραγωγής του όζοντος και όταν αντιδράσει με άλλες χημικές ουσίες ή υδρατμούς της ατμόσφαιρας παράγει νιτρικό οξύ, το οποίο ακολούθως καταλήγει στην επιφάνεια της γης ως όξινη βροχή, προξενώντας ζημιές τόσο στην υγεία του ανθρώπου όσο και στο περιβάλλον.

Απ' την άλλη πλευρά, το μονοξείδιο του αζώτου ως αέριο είναι άχρωμο και συμβάλλει σημαντικά στον σχηματισμό του τροποσφαιρικού όζοντος και του νιτρικού οξέος, ενώ δεν επηρεάζει άμεσα τη δημιουργία όξινης βροχής.

### Γ.Πηγές

Οι βασικότερες πηγές των οξειδίων του αζώτου είναι τα μεταφορικά μέσα (49%) καθώς και η καύση ορυκτών καυσίμων σε βιομηχανίες και εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (45%).

Το διοξείδιο του αζώτου, ωστόσο, εκτός από την καύση ορυκτών καυσίμων παράγεται ως επί το πλείστον από την οξείδωση του μονοξειδίου του αζώτου, από συσκευές οι οποίες λειτουργούν με αέριο, θερμάστρες κηροζίνης, ξυλόσομπες και από τα τσιγάρα. Ενώ, το μονοξείδιο του αζώτου πηγάζει εκτός από την καύση ορυκτών καυσίμων και βιομαζών, μέσω της απονιτροποίησης από τα μικρόβια στο χώμα και τα φυτά.

### Δ.Επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον

Σχετικά με την υγεία το πιο τοξικό οξείδιο του αζώτου είναι το διοξείδιο του αζώτου, το οποίο ερεθίζει τους πνεύμονες προξενώντας βλάβες. Όμως, το θετικό είναι ότι προξενεί συμπτώματα μόνο όταν συναντάται σε υψηλές συγκεντρώσεις και ο κίνδυνος εμφανίζεται περίπου 5 με 72 ώρες αργότερα. Όταν είναι σε εξέλιξη η φλεγμονή που έχει προκληθεί, μπορεί να καταλήξει σε πνευμονικό οίδημα, αλλά ακόμα και σε θάνατο. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις φτάνουν πολύ σπάνια σε τέτοια όρια, ώστε να επιφέρουν αυτά τα ακραία αποτελέσματα.

Πειραματικές μελέτες έδειξαν πως ενήλικες και παιδιά που ζούσαν σε σπίτια που χρησιμοποιούνταν σόμπες αερίου και τέτοιου είδους ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης, φάνηκε να παρουσιάζουν αναπνευστικές λοιμώξεις ή πιο απλά κοινά κρυολογήματα σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τους ενήλικες και τα παιδιά που ζούσαν σε σπίτια όπου δε χρησιμοποιούνταν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι το διοξείδιο του αζώτου που εκπέμπεται από τις συσκευές αυτές, μειώνει τη δυνατότητα των κυττάρων που έχουν υποστεί βλάβη όχι μόνο να καθαρίσουν τα εισπνεόμενα

μικρόβια, αλλά και να καταπολεμήσουν μέσω του ανοσοποιητικού συστήματος την οποιαδήποτε λοίμωξη. Αυτοί που σίγουρα θα πρέπει να είναι αρκετά προσεκτικοί σε υψηλές συγκεντρώσεις NO<sub>2</sub> είναι οι άνθρωποι με άσθμα και όσοι πάσχουν από κάποια χρόνια πνευμονική πάθηση.

Τα οξείδια του αζώτου εκτός από επιπτώσεις στην υγεία εμφανίζουν επιπτώσεις και στο περιβάλλον. Πρωτίστως, λόγω του προϊόντος που παράγει το διοξείδιο του αζώτου με τον ατμοσφαιρικό αέρα, το νιτρικό οξύ. Αυτό, μέσω της όξινης βροχής καταλήγει στην επιφάνεια της γης προκαλώντας όξυνση των υδάτων το οποίο επηρεάζει αρνητικά το οικοσύστημα των ψαριών και των άλλων ειδών και σε συνδυασμό με τις πιέσεις από το όζον και τη ζέστη επιφέρουν μείωση των δασικών εκτάσεων σε διάφορες περιοχές.

#### 1.3.4 Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)

##### A.Εισαγωγή

Το διοξείδιο του θείου είναι μια ανόργανη χημική ουσία η οποία χρησιμοποιείται ως συντηρητικό τροφίμων και είναι υπεύθυνο για πιθανές αλλεργικές αντιδράσεις όσων καταναλώνουν τέτοιου είδους τροφές. Επίσης, χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια ως απολυμαντικό για σταφύλια και βαρέλια κρασιού αλλά και ως συντηρητικό, αποχρωματιστικό και εμποτιστικό σταφυλιών, βερίκοκων και άλλων φρούτων και λαχανικών. [2]

Ωστόσο, το διοξείδιο του θείου όπως και μερικά από τα προϊόντα των χημικών του αντιδράσεων ευθύνονται για μερικά από τα χειρότερα επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα τελευταία εκατό χρόνια. Ένα παράδειγμα είναι η ομίχλη του Λονδίνου το 1950, η οποία περιείχε μείγμα διοξειδίου του θείου και καπνό, και έγινε η αιτία για να πεθάνουν εκατοντάδες άνθρωποι καθώς και πολλοί να νοσηλευτούν προκαλώντας τους αναπνευστικά προβλήματα

##### B.Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Το διοξείδιο του θείου είναι ένα άχρωμο αέριο με ερεθιστική οσμή σε υψηλές συγκεντρώσεις και έχει την ιδιότητα να αντιδρά εύκολα με οξειδωτικά ή σωματίδια στην ατμόσφαιρα, παράγοντας έτσι σουλφίδια και όξινα σωματίδια θείου τα οποία είναι αρκετά επικίνδυνα ακόμα και από το αρχικό διοξείδιο του θείου. Επίσης, τα όξινα σωματίδια αυτά αποτελούν ένα απ'τα βασικότερα συστατικά της όξινης βροχής προξενώντας πολλές περιβαλλοντικές καταστροφές.

### Γ.Πηγές

Οι βασικότερες πηγές εκπομπής διοξειδίου του θείου είναι οι καύσεις ορυκτών καυσίμων που περιέχουν θείο και η επεξεργασία ορυκτών μεταλλευμάτων, οι οποίες αποτελούν το 85% των εκπομπών, ενώ τα μέσα μεταφοράς μόνο το 7%. Το υπόλοιπο 8% των εκπομπών οφείλεται στην οξείδωση των διμεθυλοσουλφιδίων, σε ηφαιστιακές και βιομηχανικές εκπομπές.

### Δ.Επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον

Οι επιπτώσεις στην υγεία κατά την έκθεση στο διοξείδιο του θείου σε σχέση με άλλους αέριους ρύπους είναι βραχυπρόθεσμες. Αυτό σημαίνει, ότι ακόμη και για 5 λεπτά ένας άνθρωπος να εκτεθεί κυρίως σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι αρκετό για να του προκαλέσει ασθματικά επεισόδια και συστολή των αναπνευστικών αγγείων σε όσους έχουν ευαισθησία στον αναπνευστικό τους σύστημα.

Σε χρόνια έκθεση όμως έρευνες έχουν δείξει, ότι το διοξείδιο του θείου προξενεί βήχα, βρογχίτιδες και λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού. Κυρίως, σε ενήλικες και σε παιδιά που αθλούνταν καθημερινά, διαπιστώθηκαν όξινα θειικά σωματίδια, τα οποία είχαν εγκατασταθεί βαθιά στους πνεύμονες, καθότι κατά την άσκησή τους ανέπνεαν από το στόμα παρακάμπτοντας τους μηχανισμούς φιλτραρίσματος που βρίσκονται στις ρινικές διόδους. Κάποιες περιπτώσεις βέβαια κατέληξαν μέχρι και σε θάνατο λόγω της καθημερινής έκθεσης σε υψηλή συγκέντρωση όξινων θεικών σωματιδίων και διοξειδίου του θείου.

Το διοξειδίου του θείου εκτός από επιπτώσεις στην υγεία, έχει αντίκτυπο και στο περιβάλλον. Κυριότερα, παρατηρούμε ότι λόγω της όξινης βροχής ή του χιονιού που

περιέχει θειικό οξύ προκαλούνται καταστροφές σε δασικές περιοχές και πιο συγκεκριμένα στα φυτά τα οποία αποχρωματίζει και προξενεί ζημιά στο φύλλωμά τους. Επίσης, προκαλεί ολοένα και περισσότερη όξυνση του νερού των λιμνών, των ποταμών και των θαλασσών.

Όλες αυτές οι συνέπειες, λοιπόν, έχουν ως αποτέλεσμα πιθανές μεταβολές στα οικοσυστήματα χλωρίδας και πανίδας του πλανήτη, αλλαγή στη σύσταση της ατμόσφαιρας όπως και τοπικές κλιματικές αλλαγές.

Τέλος, το διοξείδιο του θείου ευθύνεται ακόμα και για τη διάβρωση των μετάλλων, τη φθορά οικοδομικών υλικών π.χ. σκυρόδεμα, ασβεστόλιθος, την υποβάθμιση της ποιότητας του χαρτιού, των δερμάτινων ειδών και των έργων και μνημείων ιστορικού ενδιαφέροντος. [2]

### 1.3.5 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

#### A.Εισαγωγή

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι μια ανόργανη χημική ένωση, η οποία θεωρείται δηλητηριώδες και εκλύεται στην ατμόσφαιρα μέσω ατελών καύσεων συνήθως από τις εξατμίσεις οχημάτων π.χ. αυτοκίνητα, μηχανές, φορτηγά. Κυρίως, σε κλειστούς χώρους στάθμευσης έχει παρατηρηθεί υψηλή συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα καθιστώντας την ατμόσφαιρα αποπνικτική, με αποτέλεσμα να μπορεί να προκαλέσει μέχρι και θάνατο, εάν ένας άνθρωπος μείνει για αρκετή ώρα στους χώρους αυτούς. Ωστόσο, το αέριο αυτό εκτός απ'το ότι το συναντάμε στην έντονη κυκλοφοριακή κίνηση βρίσκεται επίσης, στον καπνό του τσιγάρου και κάποιες φορές σε εσωτερικούς χώρους λόγω λανθασμένης χρήσης οικιακών συσκευών θέρμανσης.

Διαπιστώνουμε, λοιπόν, ότι είναι μια ουσία στην οποία ο άνθρωπος εκτίθεται καθημερινά και οφείλει γι'αυτό το λόγο να είναι αρκετά προσεκτικός.

## Β.Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένας αέριος ρύπος άχρωμος, άγευστος, άοσμος αλλά και πολύ τοξικός. Έχει την ιδιότητα όταν εισέρχεται μέσω της εισπνοής στον ανθρώπινο οργανισμό να στερεί οξυγόνο δεσμεύοντας αιμοσφαιρίνη από το αίμα. Ο δεσμός αυτός που δημιουργείται μεταξύ του μονοξειδίου του άνθρακα και της αιμοσφαιρίνης ονομάζεται καρβοξιαιμοσφαιρίνη.

## Γ.Πηγές

Το μονοξείδιο του άνθρακα διαχέεται στην ατμόσφαιρα, πρωτίστως, από τις μεταφορές που αποτελούν το 77% των εκπομπών, πηγές όπως π.χ. την ηφαιστιακή δραστηριότητα το 11%, τις βιομηχανικές διαδικασίες που αποτελούν το 7% και τις καύσεις ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 5%.

Η κύρια πηγή εκπομπής του όμως είναι η ατελής καύση οργανικής ύλης π.χ. βενζίνη, ξύλο το οποίο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μέσω εξατμίσεων, καμινάδων καθώς και μέσω θερμοστρών που καίνε ξύλο.

## Δ.Επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον

Τα συμπτώματα που προκαλούνται σε ένα άτομο κατά την έκθεσή του στο μονοξείδιο του άνθρακα είναι πονοκέφαλος, ζαλάδα, υπνηλία, ναυτία, αίσθημα κόπωσης και αδυναμίας. Ακόμα, έχει επιδράσεις στο κεντρικό και νευρολογικό σύστημα καθιστώντας δύσκολη την προσοχή και συγκέντρωση (π.χ. ικανότητα μάθησης) του ατόμου καθώς επίσης και τη δυσκολία πραγματοποίησης σύνθετων νευρολογικών δραστηριοτήτων (π.χ.οδήγηση) λόγω συνήθως συγκοπής ή επιληπτικών κρίσεων. [2] Σε περίπτωση που ένα άτομο εκτεθεί σε υψηλή συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα και υπάρχει μεγάλη έλλειψη οξυγόνου τότε μπορεί να του προξενήσει ρινικές αιμορραγίες, εμετό, λιποθυμία, κώμα ή ακόμα και θάνατο. Συνήθως, αυτό συμβαίνει λόγω της συνεχής λειτουργίας του αυτοκινήτου σε κλειστό χώρο στάθμευσης, ο οποίος δεν αερίζεται ή από χρήση κακοσυντηρημένης συσκευής καύσης εσωτερικών χώρων.

Για τον λόγο αυτό, κυρίως οι ευπαθείς ομάδες, οι άνθρωποι με καρδιακές πνευμονικές δυσλειτουργίες και οι ηλικιωμένοι θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί και να αποφεύγουν όσο είναι δυνατόν την έκθεσή τους στο μονοξείδιο του άνθρακα ή σε περίπτωση που δεν μπορούν να το αποφύγουν να λαμβάνουν ισχυρά μέτρα προστασίας.

Σχετικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον παρατηρούμε, ότι τη μέγιστη έκθεση αλλά και ευαισθησία στο μονοξείδιο του άνθρακα την έχει ο άνθρωπος, και όχι τόσο το περιβάλλον. Παρ'όλα αυτά, αποτελεί αέριο του θερμοκηπίου συνεισφέροντας έμμεσα στο φαινόμενο εγκλεισμού ακτινοβολίας και παράλληλα αυξάνει τις συγκεντρώσεις του ατμοσφαιρικού μεθανίου καθώς και του τροποσφαιρικού όζοντος. [3]

#### 1.4. Ευρωπαϊκή Νομοθεσία - Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 η ατμοσφαιρική ρύπανση ανησυχούσε ιδιαίτερα την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία μέσω της πολιτικής της είχε ως στόχο τη βέλτιστη ποιότητα του αέρα και της ατμόσφαιρας γενικότερα. Αυτό, φυσικά πραγματοποιήθηκε με την ανάπτυξη και εφαρμογή κατάλληλων μέσων, τα οποία περιλάμβαναν μια σειρά οδηγιών που καθόριζαν τα πρότυπα ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα για την παροχή προστασίας σε υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης ρύπων.

Η πρώτη σημαντική οδηγία-πλαίσιο για την προστασία της ποιότητας του αέρα εκδόθηκε ως 96/62/EK και οι θυγατρικές της οδηγίες καθιέρωσαν τα πρότυπα για ρύπους όπως π.χ. το όζον( $O_3$ ), τα σωματίδια ( $PM_{10}$ ) και το διοξείδιο του αζώτου ( $NO_2$ ), για την περίοδο έως το 2004. Ωστόσο, στο πλαίσιο της θεματικής στρατηγικής του 2005 για την ατμοσφαιρική ρύπανση, η Επιτροπή πρότεινε την ενοποίηση της οδηγίας-πλαισίου και των τριών πρώτων θυγατρικών οδηγιών σε μια ενιαία οδηγία για την προστασία της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, που εκδόθηκε ως 2008/50/EK προσθέτοντας έναν ακόμα ρύπο, τα αιωρούμενα σωματίδια ( $PM_{2.5}$ ). Μαζί με την τέταρτη θυγατρική οδηγία 2004/10 /EK, η οδηγία παρείχε το ισχύον πλαίσιο για τον έλεγχο των επιπέδων συγκέντρωσης των ρύπων της ατμόσφαιρας στην Ε.Ε. Δηλαδή, τον έλεγχο των εκπομπών από κινητές πηγές π.χ. οχήματα, τη βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων και την προώθηση και ενσωμάτωση των

απαιτήσεων περιβαλλοντικής προστασίας στον τομέα των μεταφορών και της ενέργειας που αποτελούσαν μέρος αυτών των στόχων. [4]

Βέβαια, σήμερα η ευρωπαϊκή νομοθεσία βασίζεται σε κάποιες πολύ συγκεκριμένες αρχές για την προστασία της ποιότητας του αέρα. Αρχικά, από τη στιγμή που τα κράτη μέλη χωρίζουν την επικράτειά τους σε διάφορες ζώνες και οικισμούς, σε αυτές τις ζώνες και τους οικισμούς θα πρέπει να γίνονται αξιολογήσεις των επιπέδων συγκέντρωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λαμβάνοντας μετρήσεις, χρησιμοποιώντας εργαλεία μοντελοποίησης και άλλες εμπειρικές τεχνικές, οι οποίες αναφέρουν τα δεδομένα για την ποιότητα του αέρα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Επίσης, σε περίπτωση που τα επίπεδα συγκέντρωσης ξεπεράσουν τις οριακές τιμές ή τις τιμές-ασφαλείας, τα κράτη-μέλη θα πρέπει να προετοιμάσουν ένα σχέδιο ή πρόγραμμα προστασίας της ποιότητας του αέρα για την αντιμετώπιση των πηγών που ευθύνονται γι' αυτό, έτσι ώστε να διασφαλίσουν τη συμμόρφωση με την οριακή τιμή. Ενώ, είναι αναγκαίο να υπάρχει ενημέρωση του κοινού για κάθε ενέργεια που πραγματοποιείται και για οποιαδήποτε πληροφορία θα μπορούσε να χρειαστεί σχετικά με την ποιότητα του αέρα.

Όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που αποτελούν μερικές από τις βασικότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η Ευρωπαϊκή Ένωση είχε λάβει από το 1990 ισχυρά μέτρα αντιμετώπισης και περιορισμού τέτοιων αερίων, με αποτέλεσμα το 2015 να παρατηρείται μείωση κατά 22% καθώς και μεγάλη διαφορά στα επίπεδα εκπομπών μεταξύ των επιμέρους κρατών μελών.

Όμως, τα αέρια τα οποία παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα ήταν τα αέρια του άνθρακα και προκειμένου να μειωθούν σημαντικά είχε τεθεί ο στόχος, να γίνει η Ε.Ε. μια «έξυπνη, βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς οικονομία» έως το 2020. Αυτό, θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της αύξησης της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, του εκσυγχρονισμού του τομέα μεταφορών και της καλύτερης ενεργειακής απόδοσης.

Για τον λόγο αυτό, οι ενέργειες πολιτικής του περιβαλλοντικού δικαίου της Ε.Ε. έως το 2020, για την υλοποίηση του στόχου τους ήταν οι εξής:

1. Προστασία, διατήρηση και ενίσχυση του φυσικού κεφαλαίου της Ε.Ε.
2. Μετατροπή της Ε.Ε. σε μια οικονομία χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, με αποδοτικούς πόρους.
3. Προστασία των πολιτών της Ε.Ε. από τη ρύπανση της ατμόσφαιρας-περιβάλλοντος και από τους κινδύνους για την υγεία.



- 4.Μεγιστοποίηση των οφελών της περιβαλλοντικής νομοθεσίας της Ε.Ε. βελτιώνοντας την εφαρμογή της.
- 5.Βελτίωση της βάσης γνώσεων και αποδεικτικών στοιχείων για την περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε.
- 6.Εξασφάλιση επενδύσεων για το περιβάλλον και την πολιτική για το κλίμα και την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών συνεπειών.
- 7.Βελτίωση της περιβαλλοντικής ολοκλήρωσης και της συνοχής των πολιτικών.
- 8.Ενίσχυση της βιωσιμότητας των πόλεων της Ε.Ε. και
- 9.Αύξηση της αποτελεσματικότητας της Ε.Ε. στην αντιμετώπιση διεθνών προκλήσεων που σχετίζονται με το περιβάλλον και το κλίμα. [4]

Στον Πίνακα 1 δίνονται οι ετήσιες οριακές τιμές συγκέντρωσης που έχουν θεσπιστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, με τις οποίες ταυτίστηκε η Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με την οδηγία πλαισίου 2008/50/ΕΚ.

<b>Ατμοσφαιρικός Ρύπος</b>	<b>Ετήσια Οριακή Τιμή Συγκέντρωσης</b>
NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	20 µg/m <sup>3</sup>
CO	10 mg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	120 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	20 µg/m <sup>3</sup>

Πίνακας 1. Ετήσιες οριακές τιμές συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων. [5]

### 1.5. Αμερικανική Νομοθεσία - Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει εφαρμοστεί εδώ και αρκετές δεκαετίες εθνική νομοθεσία για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη χώρα. Συγκεκριμένα, το Κογκρέσο των Ηνωμένων Πολιτειών ψήφισε το νόμο για τον καθαρό αέρα το 1970. Αυτό, είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα σε ολόκληρη την ήπειρο. Όμως, παρά την επιτυχία του νόμου για τον καθαρό αέρα στον έλεγχο των κοινών ρύπων, η ατμοσφαιρική ρύπανση εξακολουθούσε να αποτελεί τον μεγαλύτερο περιβαλλοντικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

Κατά τη διάρκεια του πρώτου μισού του 20<sup>ου</sup> αιώνα, οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις μόλυναν ολοένα και περισσότερο την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα εκατοντάδες θανάτους λόγω της αιθαλομίχλης που κάλυψε πολλές πόλεις. Η κακή ορατότητα και η πιθανότητα όξινης βροχής έκαναν την ατμοσφαιρική ρύπανση ένα ζήτημα, το οποίο θα πρέπει οπωσδήποτε να αντιμετωπιστεί. Έτσι, ο νόμος για τον καθαρό αέρα ψηφίστηκε το 1970, αργότερα το 1977 οι κανονισμούς ενισχύθηκαν και το 1990 έγιναν οι περαιτέρω τροποποιήσεις.

Από το 1990 και μετά η ποιότητα του αέρα στις ΗΠΑ άρχισε να βελτιώνεται δραματικά ελέγχοντας τους κοινούς ρύπους όπως π.χ. το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) και τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και θέτοντας περιορισμούς σε επικίνδυνες τοξικές ουσίες που βρίσκονταν στην ατμόσφαιρα. Μεταξύ, λοιπόν, του 1990 και του 2018 οι επιβλαβείς χημικές ουσίες μειώθηκαν: κατά 74% το μονοξείδιο του άνθρακα, κατά 21% το όζον στο επίπεδο του εδάφους και από το 2010 κατά 83% ο μόλυβδος. Μόνο, το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) σημείωσε αύξηση 2.9% αποτελώντας καίριο περιβαλλοντικό ζήτημα τότε.

Ωστόσο, μετά το 2018 σημειώθηκε αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις για ισχυρότερους κανονισμούς ποιότητας του αέρα που είχαν ως στόχο τον μετριασμό των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία, την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και τη στήριξη της οικονομικής ανάπτυξης.

Το κύριο μειονέκτημα των Ηνωμένων Πολιτειών που συνεχίζει να υπολείπεται είναι ο τομέας της υγείας. Αν και εκατοντάδες χιλιάδες θάνατοι έχουν αποτραπεί μέσω του Clean Air Act (νόμος του Κοινοβουλίου του Ηνωμένου Βασιλείου που θεσπίστηκε κυρίως ως απάντηση στο Great Smog του Λονδίνου του 1952), οι Ηνωμένες Πολιτείες παραμένουν ηγετική χώρα στους πρόωρους θανάτους που σχετίζονται με τη ρύπανση.

Βέβαια, αν και τα οικονομικά οφέλη που απορρέουν από το Clean Air Act είναι αξιοσημείωτα, η αμερικανική οικονομία εξακολουθεί να θυσιάζει περίπου το 5% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της ετησίως στην κακή ποιότητα του αέρα που εμφανίζεται κυρίως στους τομείς της γεωργίας, των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας, της μεταποίησης και των μεταφορών.

Ωστόσο, μισό αιώνα μετά την εισαγωγή του Clean Air Act είναι σαφή τα αποτελέσματα, αφού έχουν αποφευχθεί πολλοί θάνατοι, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αναγνωρίζονται πλέον ως κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία, ενώ έχει αρχίσει πάλι να υποκινείται η οικονομία. Παρ'όλα αυτά, οι Ηνωμένες Πολιτείες

εξακολουθούν να αντιπροσωπεύουν το 13% των παγκόσμιων αερίων του θερμοκηπίου.

Η προσπάθεια συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας του αέρα στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι μια πολύ σημαντική ενέργεια που απαιτείται για τον μετριασμό των μελλοντικών βλαβών στη δημόσια υγεία, το περιβάλλον και την οικονομία, έτσι ώστε να τεθεί το έθνος σε καλύτερη θέση και να μπορέσει να επιτύχει καθαρές μηδενικές εκπομπές έως το 2050. [6]

### 1.5.1. Δείκτης Ποιότητας Αέρα (Air Quality Index-AQI)

Ο δείκτης AQI είναι μια νέα έκδοση ενός παλαιότερου δείκτη που αναθεωρήθηκε και μετασχηματίστηκε από την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (U.S. Environmental Protection Agency, U.S. EPA) το 1999 για την αναφορά της ποιότητας του αέρα, με μέτρο που κυμαίνεται από 0 έως 500. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή AQI, τόσο μεγαλύτερα είναι τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς και τα προβλήματα υγείας που παρουσιάζονται στους ανθρώπους στις κοινότητες που μελετάται ο AQI. Για παράδειγμα, μια τιμή AQI 50 ή χαμηλότερη αντιπροσωπεύει μια καλή ποιότητα αέρα, ενώ μια τιμή AQI άνω των 300 αντιπροσωπεύει μια επικίνδυνη ποιότητα αέρα που χρειάζεται σίγουρα άμεση αντιμετώπιση.

Για κάθε ρύπο, η τιμή AQI 100 αντιστοιχεί γενικά σε συγκέντρωση αέρα περιβάλλοντος που ισούται με το επίπεδο του βραχυπρόθεσμου εθνικού προτύπου ποιότητας αέρα περιβάλλοντος για την προστασία της δημόσιας υγείας. Οι τιμές AQI από 100 και κάτω θεωρούνται γενικά ικανοποιητικές, ενώ πάνω από 100 η ποιότητα του αέρα είναι ανθυγιεινή, αρχικά για τις ευαίσθητες ομάδες ατόμων και έπειτα για όλους, καθώς οι τιμές AQI αυξάνονται συνεχώς.

Ο δείκτης AQI χωρίζεται σε έξι κατηγορίες. Κάθε κατηγορία αντιστοιχεί σε διαφορετικό επίπεδο ανησυχίας για την υγεία και έχει επίσης, ένα συγκεκριμένο χρώμα. Το χρώμα διευκολύνει τους ανθρώπους να προσδιορίσουν γρήγορα εάν η ποιότητα του αέρα φτάνει σε ανθυγιεινά επίπεδα στις κοινότητές τους. [7]

Στον Πίνακα 2 δίνονται οι τιμές συγκέντρωσης με τα άνω και κάτω όρια για κάθε ρύπο καθώς επίσης και οι αντίστοιχες ανώτερες και κατώτερες τιμές του δείκτη ποιότητας αέρα AQI. Αφού υπολογιστούν οι επιμέρους δείκτες για κάθε ρύπο

χωριστά, ως ημερήσια τιμή του δείκτη AQI θεωρείται η μεγαλύτερη από τις επιμέρους τιμές.

Ενώ, στον Πίνακα 3 που ακολουθεί, βλέπουμε κάθε κατηγορία τιμών του δείκτη AQI που αντιστοιχεί και σε κάποιες πιθανές επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού. Κάθε κατηγορία έχει το δικό της χρώμα για τον λόγο που προαναφέρθηκε. [8]

<b>Τιμή AQI</b>	<b>0-50</b>	<b>51-100</b>	<b>101-150</b>	<b>151-200</b>	<b>201-300</b>	<b>301-500</b>
<b>PM<sub>10</sub> μg/m<sup>3</sup> (24 hr)</b>	0-54	55-154	155-254	255-354	355-424	>424
<b>PM<sub>2.5</sub> μg/m<sup>3</sup> (24 hr)</b>	0-15.4	15.5-40.4	40.5-65.4	65.5-150.4	150.5-250.4	>250.4
<b>CO ppm (8 hr)</b>	0-4.4	4.5-9.4	9.5-12.4	12.5-15.4	15.5-30.4	>30.4
<b>SO<sub>2</sub> ppm (24 hr)</b>	0-0.034	0.035-0.144	0.145-0.225	0.225-0.304	0.305-0.604	>0.604
<b>O<sub>3</sub> ppm (8 hr)</b>	0-0.064	0.065-0.084	0.085-0.104	0.105-0.124	0.125-0.374	>0.374
<b>O<sub>3</sub> ppm (1 hr)</b>	***	***	0.125-0.164	0.165-0.204	0.205-0.404	>0.404
<b>NO<sub>2</sub> ppm (1hr)</b>	***	***	***	***	0.65-1.24	>1.24

Πίνακας 2. Τιμές των επιμέρους δεικτών του δείκτη AQI.

Τιμές δείκτη AQI	Κατηγορία ποιότητας αέρα	Πιθανές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία
0-50	Καλή	Καμία επίπτωση για το σύνολο του πληθυσμού
51-100	Μέτρια	Μερικές ή καθόλου επιπτώσεις στο σύνολο του πληθυσμού
101-150	Ανθυγιεινή για ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού	Ελαφρά επιδείνωση των συμπτωμάτων στις πιο ευάλωτες κατηγορίες του πληθυσμού, με συμπτώματα ερεθισμού της υγείας του πληθυσμού
151-200	Ανθυγιεινή	Σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των πιο ευάλωτων ομάδων του πληθυσμού
201-300	Πολύ ανθυγιεινή	Σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του συνόλου σχεδόν του πληθυσμού
301-500	Επικίνδυνα ανθυγιεινή	Σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του συνόλου του πληθυσμού με ανάγκη λήψης άμεσων μέτρων

Πίνακας 3. Κατηγορίες τιμών του δείκτη AQI και πιθανές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία.

Στους Πίνακες 4-9 παρουσιάζονται οι συναρτήσεις πρώτου βαθμού που ισχύουν τμηματικά μεταξύ των διαδοχικών ζευγών των σημείων του Πίνακα 2 για κάθε έναν από τους εξεταζόμενους ατμοσφαιρικούς ρύπους χωριστά.

O <sub>3</sub> (8 hr) μg/m <sup>3</sup>	AQI	Συναρτήσεις πρώτου βαθμού
0-137	0-50	0.3649*[O <sub>3</sub> ]
138-180	51-100	1.1666*[O <sub>3</sub> ]-110
181-223	101-150	1.1666*[O <sub>3</sub> ]-110
224-266	151-200	1.1666*[O <sub>3</sub> ]-110
267-800	201-300	0.1857*[O <sub>3</sub> ]+151
>800	301-500	0.3758[O <sub>3</sub> ]

Πίνακας 4. Συναρτήσεις υπολογισμού τιμών επιμέρους δείκτη για το όζον(O<sub>3</sub>)

<b>SO<sub>2</sub> (24 hr)</b> <b>μg/m<sup>3</sup></b>	<b>AQI</b>	<b>Συναρτήσεις πρώτου βαθμού</b>
0-97	0-50	0.5154*[ SO <sub>2</sub> ]
98-412	51-100	0.156*[ SO <sub>2</sub> ]+35.7
413-640	101-150	0.2158*[ SO <sub>2</sub> ]+11.85
641-869	151-200	0.2149 *[ SO <sub>2</sub> ]+13.2
870-1727	201-300	0.1155*[ SO <sub>2</sub> ]+100.5
1728-2300	301-500	0.3479*[ SO <sub>2</sub> ]-300.2

Πίνακας 5. Συναρτήσεις υπολογισμού τιμών επιμέρους δείκτη για το διοξείδιο του θείου(SO<sub>2</sub>).

<b>CO (8 hr)</b> <b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>AQI</b>	<b>Συναρτήσεις πρώτου βαθμού</b>
0-5.5	0-50	9.0909*[ CO]
5.6-11.76	51-100	7.9545*[ CO]+6.4545
11.77-15.5	101-150	13.1367*[ CO]-53.62
15.6-19.25	151-200	13.4246*[ CO]-58.42
19.26-38.0	201-300	5.2828*[ CO]+99.253
38.1-50.5	301-500	16.0484*[ CO]-310.4

Πίνακας 6. Συναρτήσεις υπολογισμού τιμών επιμέρους δείκτη για το μονοξείδιο του άνθρακα(CO).

<b>PM<sub>10</sub> (24 hr)</b> <b>μg/m<sup>3</sup></b>	<b>AQI</b>	<b>Συναρτήσεις πρώτου βαθμού</b>
0-54	0-50	0.9259*[ PM <sub>10</sub> ]
55-154	51-100	0.4949*[ PM <sub>10</sub> ]+23.778
155-254	101-150	0.4949*[ PM <sub>10</sub> ]+24.283
255-354	151-200	0.4949*[ PM <sub>10</sub> ]+24.788
355-424	201-300	1.4349*[ PM <sub>10</sub> ]-308.35
425-604	301-500	1.1117*[ PM <sub>10</sub> ]-171.49

Πίνακας 7. Συναρτήσεις υπολογισμού τιμών επιμέρους δείκτη για τα αιωρούμενα σωματίδια (PM<sub>10</sub>).

<b>NO<sub>2</sub> (1 hr)</b> <b>μg/m<sup>3</sup></b>	<b>AQI</b>	<b>Συναρτήσεις πρώτου βαθμού</b>
***	0-50	***
***	51-100	***
***	101-150	***
***	151-200	***
1330-2542	201-300	0.0817*[NO <sub>2</sub> ]+92.361
2543-4182	301-500	0.1214*[ NO <sub>2</sub> ]-7.7596

Πίνακας 8. Συναρτήσεις υπολογισμού τιμών επιμέρους δείκτη για το διοξείδιο του αζώτου(NO<sub>2</sub>).

PM <sub>2.5</sub> (24 hr) μg/m <sup>3</sup>	AQI	Συναρτήσεις πρώτου βαθμού
0-15.4	0-50	3.247*[ PM <sub>2.5</sub> ]
15.5-40.4	51-100	1.968*[ PM <sub>2.5</sub> ]+20.493
40.5-65.4	101-150	1.968*[ PM <sub>2.5</sub> ]+21.293
65.5-150.4	151-200	0.577*[ PM <sub>2.5</sub> ]+113.219
150.5-250.4	201-300	1.101*[ PM <sub>2.5</sub> ]+24.310
250.5-500.4	301-500	0.796*[ PM <sub>2.5</sub> ]+101.682

Πίνακας 9. Συναρτήσεις υπολογισμού τιμών επιμέρους δείκτη για τα αιωρούμενα σωματίδια (PM<sub>2.5</sub>).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΝΑΥΤΙΛΙΑ-ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Η ναυτιλία-ναυσιπλοΐα αποτελεί μια από τις κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον τομέα των μεταφορών και γενικότερα των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα σε λιμενικές περιοχές. Συγκεκριμένα, τα ναυτιλιακά καύσιμα της μηχανής ενός πλοίου καίγονται με το οξυγόνο του αέρα, ενώ ταυτόχρονα παράγεται η απαραίτητη μηχανική ενέργεια για την κίνησή του, αποβάλλοντας θερμική ενέργεια και εκπέμποντας καυσαέρια στην ατμόσφαιρα. Με τον τρόπο αυτό η ναυτιλία-ναυσιπλοΐα συνεισφέρει στην ήδη υπάρχουσα ατμοσφαιρική ρύπανση.

Εκτός απ' τις επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, παρατηρούμε επιπτώσεις και στο κλίμα καθώς και στην ανθρώπινη υγεία. Πριν όμως αρχίσουμε να εμβαθύνουμε στον τομέα της ατμόσφαιρας που είναι ουσιαστικά και το θέμα που μας απασχολεί, αναφέροντας τη συσχέτιση της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας με την ατμοσφαιρική ρύπανση και τις τεχνολογίες αντιρρύπανσης (με τις οποίες τα τελευταία χρόνια επιτυγχάνεται ο περιορισμός της), σημαντικό είναι πρώτα να μιλήσουμε για τη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα σε παγκόσμια κλίμακα, ώστε να γίνει σαφές το μέγεθος της ρύπανσης που εκλύεται παγκοσμίως στην ατμόσφαιρα αλλά και η ανάγκη περιορισμού της.

Γενικότερα, οι μεταφορές μέσω της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας γίνονται για δύο λόγους: για εμπορικούς κυρίως και για τη μεταφορά επιβατών. Στην εμπορική κίνηση που αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό των μεταφορών κυριαρχεί η Ασία. Πιο συγκεκριμένα, η Κίνα αντιπροσωπεύει το 40.4% της παγκόσμιας διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων και η υπόλοιπη ανατολική Ασία το 30.9%. Στο 14.8% βρίσκεται η Ευρώπη, στο 5.8% η Μέση Ανατολή και η Αφρική, ενώ στο 4.2%

βρίσκεται ο υπόλοιπος κόσμος. Αξιοσημείωτο είναι, πως την τελευταία θέση καταλαμβάνουν οι ΗΠΑ με ποσοστό 3.9%.

Βέβαια, όσον αφορά το μέγεθος του στόλου η Ευρώπη καταλαμβάνει τη 1<sup>η</sup> θέση, καθώς ο μεγαλύτερος στόλος μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων παγκοσμίως ανήκει στην εταιρία APM-Maersk στη Δανία με 636 πλοία. Στη δεύτερη θέση της κατάταξης βρίσκεται η εταιρεία MSC στην Ελβετία με 512 πλοία, και στην τρίτη η GMA CGM στη Γαλλία με 461 πλοία. Στις δύο τελευταίες θέσεις είναι η COSCO στην Κίνα με 313 πλοία και η Harag- Lloyd στη Γερμανία με 220 πλοία. [9]

Κάποια απ'τα πλοία των εταιριών αυτών θα μπορούσε κανείς να τα συναντήσει κυρίως στα μεγαλύτερα λιμάνια του κόσμου. Η χωρητικότητα και η ικανότητα ενός λιμανιού μετριέται με τη μονάδα TEU (Twenty-foot Equivalent Units). Με βάση τη μονάδα αυτή, κάποια απ'τα μεγαλύτερα λιμάνια του κόσμου είναι:

1. Shanghai (Κίνα)
2. Shenzhen (Κίνα)
3. Guangzhou (Κίνα)
4. Qingdao (Κίνα)
5. Tianjin (Κίνα)
6. Amsterdam (Ολλανδία)

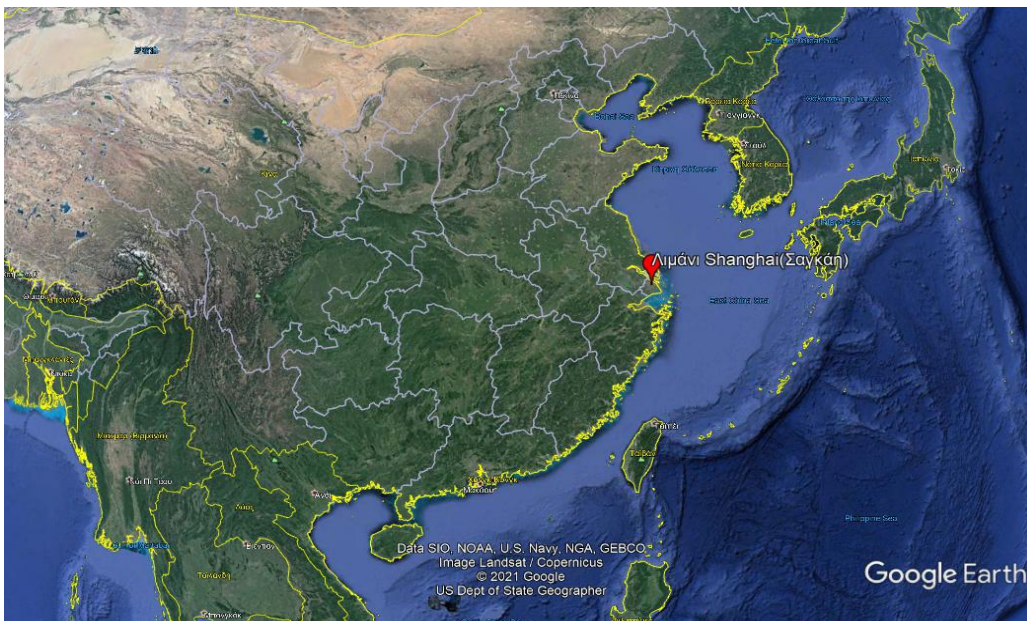
## 2.1 Shanghai (Κίνα)

Το λιμάνι της Shanghai(Σαγκάη) είναι το πιο πολυσύχναστο λιμάνι του κόσμου και συγχρόνως ένα από τα σημαντικότερα κέντρα εμπορίου, επιχειρήσεων και οικονομικών, το οποίο χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά ανεπτυγμένη υποδομή και ένα βολικό δίκτυο εμπορευματικών και επιβατικών συνδέσεων. Χάρη στην εκτεταμένη πρόσβαση του απ'όλους τους ωκεανούς του κόσμου, το λιμάνι αυτό αποτελεί ένα σημαντικό κόμβο μεταφορών. Βρίσκεται στην πόλη Σαγκάη της Κίνας και έχει έκταση 3619.6km<sup>2</sup> στις εκβολές του ποταμού Yangtze. Ακόμα, βρίσκεται στη μέση της κινεζικής ακτογραμμής μήκους 18000 χιλιομέτρων και περιλαμβάνει ένα λιμάνι βαθέων υδάτων και ένα λιμάνι ποταμού. [10]

Η εταιρία που είναι υπεύθυνη για τη σωστή λειτουργία, διαχείριση και κατασκευή των εγκαταστάσεων του λιμανιού είναι η Shanghai International Port Group (SIPG)



αφού, χειρίζεται εγχώριες, εθνικές και διεθνείς μεταφορές φορτίων. Είναι επίσης, υπεύθυνη για τη συντήρηση, την κατασκευή και τη μίσθωση εμπορευματοκιβωτίων.



Εικόνα 1-2. Το λιμάνι Shanghai(Σαγκάη).

### Ιστορία του λιμανιού

Η αρχική ονομασία του λιμανιού της Shanghai(Σαγκάη) κατά τον 5<sup>ο</sup> έως και τον 7<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. ήταν Σεν ή Χουντού. Ενώ, από το 1753 και μετά, το λιμάνι θεωρήθηκε το πιο σημαντικό στην περιοχή Yangtze, αφού κατάφερε να εισπράττει δασμούς για όλο σχεδόν το εξωτερικό εμπόριο [10].

Το λιμάνι της Shanghai(Σαγκάη), το 1842, άρχισε να λειτουργεί για το εμπόριο διεθνώς βάση της Συνθήκης του Ναντζίγκ. Καθώς, έγινε πιο προσιτή από ξένες χώρες, όταν απαλλάχτηκαν, με τη Συνθήκη του Bogue το 1843 και τη Σινοαμερικανική Συνθήκη του Wangsai το 1844, από τους τοπικούς κανονισμούς.

Σχεδόν έναν αιώνα αργότερα, δηλαδή μετά τον δεύτερο Σινοϊαπωνικό πόλεμο το 1945, οι Ιάπωνες ίδρυσαν το πρώτο εργοστάσιο του λιμανιού, το οποίο το 1949 τέθηκε υπό την κατοχή της Κίνας, ένα γεγονός που επιβράδυνε πολύ το εξωτερικό εμπόριο.

Το 1991 όμως, μέσω κάποιων οικονομικών μεταρρυθμίσεων από την κεντρική κυβέρνηση το λιμάνι είδε οικονομική και οικοδομική ακμή, με αποτέλεσμα οι κανονισμοί που διευκόλυναν το διεθνές εμπόριο να αλλάξουν. Έως το 2005, είχε δημιουργηθεί μια τεράστια υποδομή, η οποία έδωσε τη δυνατότητα μεταφοράς περισσότερων πλοίων. Έτσι, όσο περνούσε ο καιρός τόσο αυξανόταν η κινητικότητα του λιμανιού.

Τέλος, μέχρι και σήμερα θεωρείται το μεγαλύτερο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο και παρόλο που βρίσκεται στην κορυφή της κατάταξης, συνεχίζει να αναπτύσσεται και να διακινεί όλο και περισσότερο φορτίο κάθε χρόνο. Το λιμάνι της Shanghai(Σαγκάη) αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη οικονομία του κόσμου.

[11]

#### Το μεγαλύτερο λιμάνι του κόσμου

Εδώ και χρόνια, αν και το λιμάνι της Shanghai(Σαγκάη) ανταγωνίζεται συνεχώς άλλα λιμάνια για τη 1<sup>η</sup> θέση στην παγκόσμια κατάταξη σχετικά με το μέγεθός του, το 2010 συγκεκριμένα, ξεπέρασε κατά 500000 TEUs τα υπόλοιπα λιμάνια, καθιστώντας το, το μεγαλύτερο λιμάνι στον κόσμο με εμπορευματοκιβώτια.

Εκτός αυτού, βάσει της θύρας που διαθέτει, μπορεί να δεχτεί τα μεγαλύτερα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο, με τουλάχιστον 125 αποβάθρες και 19 τερματικούς σταθμούς. Ενώ, όσον αφορά τον τερματικό σταθμό κρουαζιέρας έχει τη δυνατότητα να χειρίζεται ένα εκατομμύριο επιβάτες κάθε χρόνο. Έτσι, η UNCTAD, δηλαδή, η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη λόγω του όγκου και της τεχνολογικής καινοτομίας του λιμανιού της Shanghai(Σαγκάη), τον Αύγουστο του 2019 το ονόμασε ως «το μεγαλύτερο και καλύτερο λιμάνι στον κόσμο». [11]

### Επεκτάσεις και συνεχής ανάπτυξη

Η Shanghai(Σαγκάη) έχει ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο, σημειώνοντας αύξηση στις μεταφορτώσεις πάνω από 100% μεταξύ του 2007 και του 2016.

Το 2020 συγκεκριμένα, στο λιμάνι ξεκίνησαν δοκιμαστικές εργασίες σε ένα νέο, αυτοματοποιημένο τερματικό εμπορευματοκιβωτίων, που περιγράφεται ως το μεγαλύτερο μη επανδρωμένο τερματικό στον κόσμο. Ο λιμένας Yangshan μπορεί να διαχειριστεί 4 εκατομμύρια TEU και στοχεύει σε 6 εκατομμύρια TEU έτσι ώστε, το λιμάνι της Shanghai(Σαγκάη) να μπορέσει να διατηρήσει την ηγετική του θέση μεταξύ διεθνών ναυτιλιακών κέντρων. Στην πορεία, σκοπεύει να επενδύσει στην ανάπτυξη έξυπνων και πράσινων λιμένων, καθιστώντας τις μεταφορές πιο φιλικές προς το περιβάλλον.

### Κινητικότητα του λιμανιού-Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Μηνιαία, πάνω από 2000 πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων επισκέπτονται το λιμάνι της Shanghai(Σαγκάη) και αναχωρούν απ' αυτό, με κατεύθυνση προς διάφορα μέρη του κόσμου. Ειδικότερα, το 2018 το λιμάνι διακίνησε 42 εκατομμύρια εμπορευματοκιβώτια μήκους 20 ποδιών, 259 κρουαζιερόπλοια και 1.89 εκατομμύρια επιβάτες. [12] Αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα δείγμα της κινητικότητας του λιμανιού μέσα σε ένα χρόνο, για να μπορέσουμε να αντιληφθούμε την ποσότητα της ρύπανσης που θα προκλήθηκε στον αέρα το 2018. Έτσι, παρατηρούμε ότι η τεράστια κινητικότητα του λιμανιού συμβάλλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση της Shanghai(Σαγκάη), η οποία εκτός από τα καυσαέρια των ναυτιλιακών μηχανών και των κινητήρων των οχημάτων για την κίνηση των 26.32 εκατομμυρίων κατοίκων της πόλης, προκαλείται και από την καύση άνθρακα, τη βιομηχανική σκόνη, η οποία και πάλι θα μπορούσε να συνδεθεί με το λιμάνι της Shanghai(Σαγκάη), αφού σταδιακά αναπτύσσεται και επεκτείνεται όλο και περισσότερο. Τέλος, προκαλείται και από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες, οι οποίες συνδέονται με την ταχεία κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη της πόλης.

Ωστόσο, κοιτάζοντας πίσω τα ετήσια στοιχεία για τα τελευταία τρία χρόνια, φαίνεται ότι η ποιότητα του αέρα βελτιώνεται ελαφρώς. Το 2019, η Shanghai(Σαγκάη) κατέγραψε επίπεδα «μέτρια» από τον Μάιο έως τον Νοέμβριο. Κατά τη χειμερινή περίοδο Δεκεμβρίου-Απριλίου, βέβαια, ο αριθμός ήταν λίγο χειρότερος με τα επίπεδα να καταγράφονται ως «ανθυγιεινά για ευαίσθητες ομάδες». Συγκεκριμένα, η

συγκέντρωση των κύριων ρύπων εκείνο το έτος ήταν:  $PM_{2.5} = 50.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $PM_{10} = 61.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) =  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) =  $7.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ) =  $805 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . [11]

Όμως, η ποιότητα του αέρα που μελετήθηκε πρόσφατα, δηλαδή προς τα τέλη του 2019 αρχικά και έπειτα στα τέλη του 2020, καταγράφηκε ως «μέτρια» με αριθμό AQI των ΗΠΑ 84. Η συγκέντρωση των κύριων ρύπων που αιωρούνται στον αέρα ήταν η ακόλουθη:  $PM_{2.5} = 28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $PM_{10} = 42.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , όζον ( $\text{O}_3$ ) =  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) =  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) =  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ) =  $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . [12] Αυτό, είναι αρκετά ενθαρρυντικό για να γίνει ακόμα παραπάνω προσπάθεια τα επόμενα χρόνια, ώστε η ποιότητα του αέρα από «μέτρια» να γίνει «καλή» και να βελτιωθεί έτσι και η ποιότητα ζωής των 26.32 εκατομμυρίων κατοίκων της πόλης αλλά και να μην επιβαρύνεται τόσο η ατμόσφαιρα από ρύπους.

Όσον αφορά την υγεία, μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι μια αύξηση των  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  στα σωματίδια  $PM_{10}$  μείωσε το προσδόκιμο ζωής στην Κίνα κατά 0.64 χρόνια και ότι το  $PM_{2.5}$  αντιστοιχούσε σε 1.7 εκατομμύρια θανάτων όλων των αιτιών στην Κίνα το 2015. Βέβαια, οι θάνατοι που προκλήθηκαν από την έκθεση σε υψηλά επίπεδα  $PM_{2.5}$  μειώθηκαν κατά 12.6% από 1.2 εκατομμύρια το 2013 σε 1.05 εκατομμύρια το 2017. Ενώ, κατά τους πρώτους έξι μήνες του 2020 αναφέρθηκε, ότι πέθαναν περίπου 49 χιλιάδες άνθρωποι από ασθένειες που σχετίζονταν με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Η έκθεση του Κέντρου Έρευνας Ενέργειας και Καθαρού Αέρα (CREA) αποκάλυψε ότι η Shanghai(Σαγκάη) έχει χειρότερες συγκεντρώσεις ρύπων  $PM_{2.5}$ , διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και διοξειδίου του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) από το Πεκίνο. Σε παγκόσμια κλίμακα, η CREA εκτιμά ότι οι ζημιές στην υγεία που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση κοστίζουν μεταξύ 0.4 και 6% του ετήσιου Α.Εγχ.Π. στις κορυφαίες πόλεις του κόσμου. Ωστόσο, ο πληθυσμός της Shanghai(Σαγκάη) είναι αρκετά εξοικειωμένος με τους κινδύνους του  $PM_{2.5}$  καθώς και τα προβλήματα που σχετίζονται με το όζον στο επίπεδο του εδάφους ( $\text{O}_3$ ). Το πρόβλημα επιδεινώνεται στους ηλιόλουστους, καλοκαιρινούς μήνες, όταν οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) αντιδρούν στο αυξημένο ηλιακό φως και παράγουν όζον. Τα επίπεδα καταγράφονται στην περιοχή Δέλτα του ποταμού Yangtze, όπου σημειώθηκε ετήσια αύξηση περίπου 12.8%. [13]

Τέλος, κατά την περίοδο του COVID-19 (COrona VIRus Disease 2019) που ανακαλύφθηκε στα τέλη του 2019 στην πόλη Wuhan στην επαρχία Hubei της Κίνας. Προκειμένου να αποφευχθεί η εξάπλωση αυτού του ιού, πολλές τοπικές αρχές εισήγαγαν το γνωστό πλέον «κλείδωμα». Αυτό, περιελάμβανε το κλείσιμο

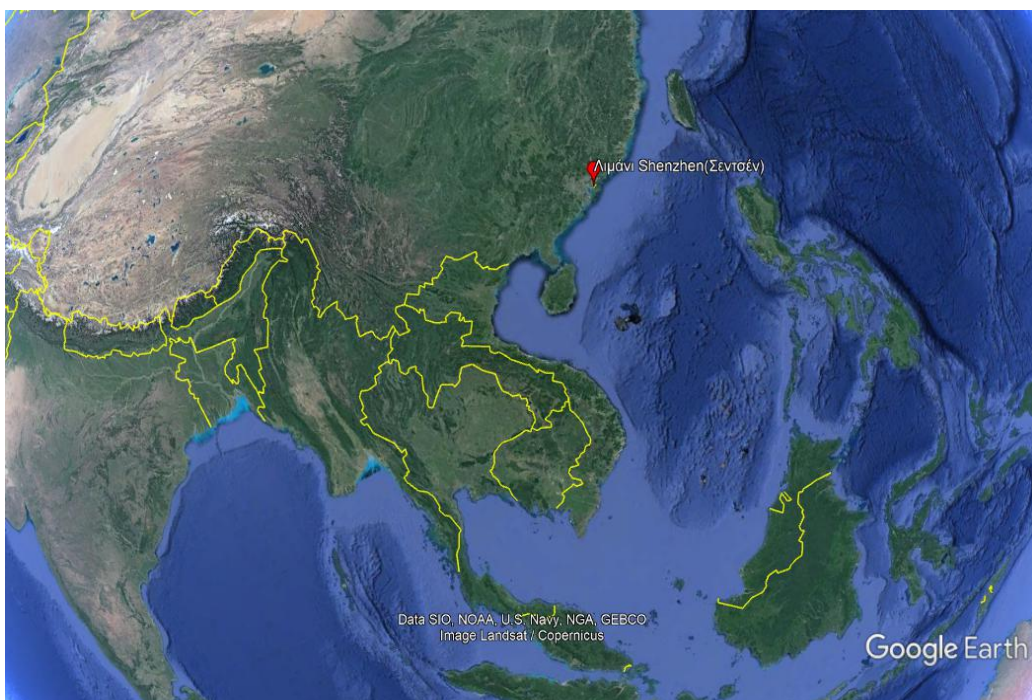
εργοστασίων και επέβαλε ταξιδιωτικούς περιορισμούς. Η μείωση της ανθρώπινης δραστηριότητας, μείωσε ταυτόχρονα την απελευθέρωση ρύπων. Τα αρχεία έδειξαν ότι κατά την περίοδο του κλειδώματος, οι ημερήσιες συγκεντρώσεις των  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , διοξειδίου του θείου ( $SO_2$ ), διοξειδίου του αζώτου ( $NO_2$ ) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO) μειώθηκαν κατά 9%, 77%, 31.3%, 60.4% και 3% αντίστοιχα, σε σύγκριση με την ίδια περίοδο του προηγούμενου έτους. Αλλά ακόμα και με αυτές τις φθίνουσες τιμές των  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ , οι συνολικοί αριθμοί εξακολουθούν να είναι τέσσερις φορές υψηλότεροι από τα επίπεδα που προτείνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ): για  $PM_{2.5} \leq 10 \mu g/m^3$  και για  $PM_{10} \leq 20 \mu g/m^3$ . Αυτό δείχνει, ότι ακόμα και με την αξιοσημείωτη έλλειψη ανθρώπινης κίνησης και τα κλειστά εργοστάσια, η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν μπορεί να εξαλειφθεί τόσο εύκολα.

Στα τέλη Μαρτίου όταν άρχισε το ξεκλείδωμα, ο αριθμός των ρύπων στον αέρα άρχισε να αυξάνεται και πάλι λόγω της κίνησης των οχημάτων και της εκκίνησης των εργοστασίων ξανά. Ο μεγαλύτερος σταθμός παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα της χώρας άρχισε να λειτουργεί με πλήρη ισχύ για άλλη μια φορά, ο οποίος παρήγαγε μια αύξηση στα επίπεδα του διοξειδίου του θείου ( $SO_2$ ). [13]

## 2.2 Shenzhen (Κίνα)

Το λιμάνι Shenzhen(Σεντσέν) κατατάχθηκε ως το τρίτο μεγαλύτερο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο το 2018 με συνολική απόδοση 27.7 εκατομμυρίων TEUs. Βρίσκεται στα νότια του Δέλτα του ποταμού Περλ στην επαρχία Γκουανγκντόνγκ της Κίνας και αποτελείται από ένα σύνολο λιμανιών εμπορευματοκιβωτίων, τα οποία θεωρούνται ως τα πιο πολυσύχναστα και ταχύτερα αναπτυσσόμενα λιμάνια στον κόσμο. Ενώ χωρίζεται, επίσης, από τη χερσόνησο Kowloon σε δύο περιοχές: τα ανατολικά και τα δυτικά λιμάνια.

Όσον αφορά το διεθνές εμπόριο, το Shenzhen(Σεντσέν) είναι ένα από τα πιο σημαντικά λιμάνια για τους Κινέζους, αφού περίπου 40 ναυτιλιακές εταιρείες έχουν την έδρα τους εκεί, κατέχοντας περίπου 130 διεθνείς γραμμές εμπορευματοκιβωτίων. Εκτός αυτού, το Shenzhen(Σεντσέν) συνδέεται με περισσότερα από 300 λιμάνια σε περισσότερες από 100 χώρες. Το 2019 συγκεκριμένα, περίπου 560 πλοία ήταν σε κλήση στο λιμάνι σε μηνιαία βάση, καθώς και μέσω 21 διαδρομών τροφοδοσίας προς άλλα λιμάνια της περιοχής. [14]



Εικόνα 3-4. Το λιμάνι Shenzhen(Σεντσέν).

### Ιστορία του λιμανιού

Το λιμάνι του Shenzhen(Σεντσέν) είναι ένα από τα νεότερα λιμάνια, αφού δημιουργήθηκε το 1980. Η συνολική επένδυση του ανήλθε σε 60 δισεκατομμύρια γιουάν (περίπου 9 δισεκατομμύρια δολάρια). Ενώ, μέχρι τα τέλη του 2010, είχαν κατασκευαστεί πάνω από 170 κουκέτες για πλοία, συμπεριλαμβανομένων 69 κουκέτες χωρητικότητας 100000 τόνων, καθώς και 44 κουκέτες για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Από τη δημιουργία του λιμανιού έως και σήμερα, το Shenzhen Port Logistics(Επιμελητεία του λιμανιού Σεντσέν) έχει τεράστιο αντίκτυπο στις υποδομές μεταφορών του λιμανιού, στην προσέλκυση ξένων επενδύσεων και στην ενίσχυση του διεθνούς εμπορίου. Αξιοσημείωτο είναι, ότι όλα αυτά τα χρόνια η ετήσια ικανότητα μεταφόρτωσής του κατάφερε να φτάσει περίπου τους 194.9 εκατομμύρια τόνους και τα 18.9 TEUs. [14]

### Επεκτάσεις και συνεχής ανάπτυξη

Το λιμάνι Shenzhen(Σεντσέν) έχει ως στόχο μέσα στα επόμενα χρόνια να έχει χτίσει ένα λιμάνι παγκόσμιας κλάσης, σύγχρονο, ασφαλές καθώς και βιώσιμο, το οποίο θα είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Ενώ, στα μακροπρόθεσμα σχέδια περιλαμβάνεται η κατασκευή έξι νέων λιμένων για τη σύνδεση του Shenzhen(Σεντσέν) με το λιμάνι του Hong Kong(Χονγκ Κονγκ), ώστε να γίνει το βασικό λιμάνι στις παράκτιες μεταφορές της Κίνας και να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο εμπόριο με το Hong Kong(Χονγκ Κονγκ). [14]

### Κινητικότητα του λιμανιού-Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η κινητικότητα του λιμανιού, με βάση τα πλοία που καταφθάνουν κάθε χρόνο καθώς και τα λιμάνια με τα οποία συνδέεται το Shenzhen(Σεντσέν), είναι τεράστια και πόσο μάλλον αν πάρεις κανείς ως παράδειγμα το έτος 2019. Ενώ, ο εκτιμώμενος πληθυσμός της πόλης ήταν περίπου 20 εκατομμύρια το 2017, λαμβάνοντας υπόψη και τα μεταβατικά άτομα. Οπότε γίνεται εύκολα αντιληπτό, ότι αυτή η τόσο μεγάλη κινητικότητα του λιμανιού αλλά και της πόλης θα έχει ως αποτέλεσμα την υπέρμετρη εκπομπή ρύπων και την επιδείνωση της ποιότητας του αέρα της Shenzhen(Σεντσέν).

Έτσι, το 2019 η μέση ετήσια καταγραφή για τον ρύπο PM<sub>2.5</sub> ήταν 23.4 μg/m<sup>3</sup>, θέτοντας τα επίπεδα της ποιότητας του αέρα ως «Μέτρια». Αυτό, βασίζεται στην προτεινόμενη τιμή του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) όπου θα πρέπει το

$PM_{2.5} \leq 10 \mu g/m^3$ . Τον Ιούνιο όμως, η Shenzhen(Σεντσέν) πέτυχε τον στόχο του ΠΟΥ καταγράφοντας την επιθυμητή τιμή. Για το Νοέμβριο, τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο τα επίπεδα ήταν «Ανθυγιεινά για ευαίσθητες ομάδες» με τιμές που κυμαίνονταν από 35.5 έως 55.4  $\mu g/m^3$ . Ενώ για τους υπόλοιπους 8 μήνες του έτους, τα επίπεδα ποιότητας αέρα ταξινομήθηκαν ως «Μέτρια» με τιμές μεταξύ 12.1 και 35.4  $\mu g/m^3$ . Ακόμα, προς τα τέλη του 2020, η Shenzhen(Σεντσέν) βίωσε ξανά «Μέτρια» επίπεδα ποιότητας αέρα με τιμή AQI των Ηνωμένων Πολιτειών 61, ενώ η συγκέντρωση των έξι ατμοσφαιρικών ρύπων είχε ως εξής: Το  $PM_{2.5}$  ήταν 18  $\mu g/m^3$ ,  $PM_{10}$  54  $\mu g/m^3$ , όζον ( $O_3$ ) 64.5  $\mu g/m^3$ , διοξείδιο του αζώτου ( $CO_2$ ) 24  $\mu g/m^3$ , διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ ) 24  $\mu g/m^3$  και μονοξείδιο του άνθρακα ( $CO$ ) 24  $\mu g/m^3$ . [15]

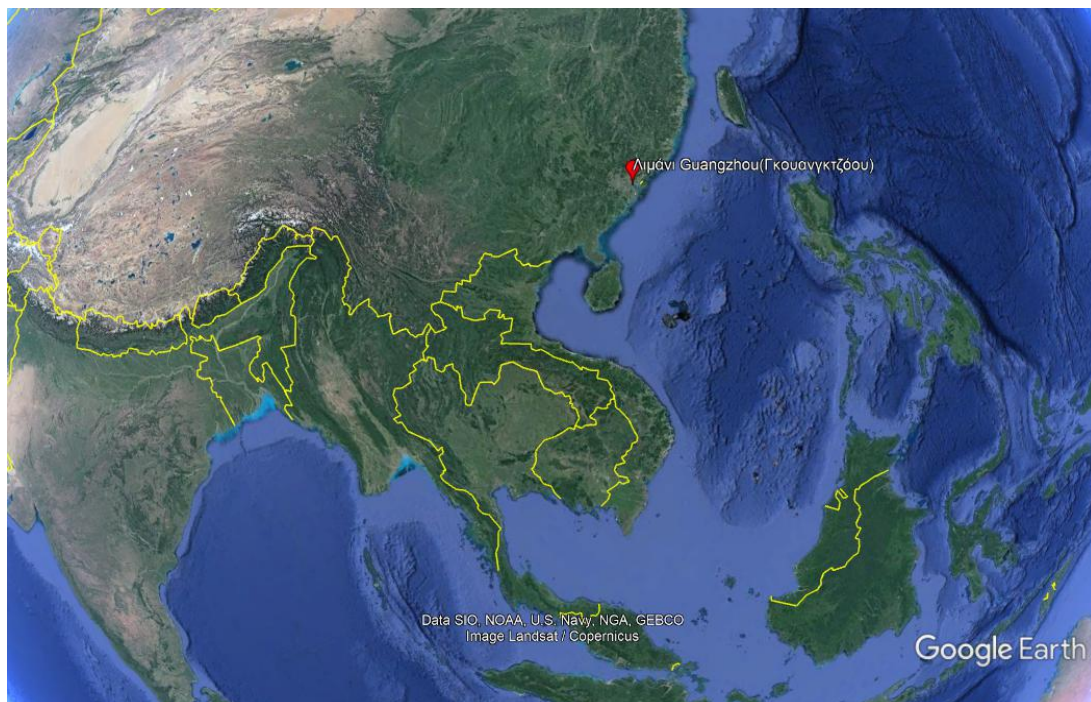
### 2.3 Guangzhou (Κίνα)

Το λιμάνι του Guangzhou(Γκουανγκτζόου) είναι το κύριο λιμάνι της πόλης Guangzhou(Γκουανγκτζόου) στην Κίνα και κατατάχθηκε ως το πέμπτο μεγαλύτερο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο το 2018 με 21.8 εκατομμύρια TEUs. Η εταιρεία Guangzhou Port Group Co Ltd, η οποία ιδρύθηκε στις 26 Φεβρουαρίου 2004 και εγκρίθηκε από τη Δημοτική Κυβέρνηση του Guangzhou(Γκουανγκτζόου), είναι υπεύθυνη για τη σωστή λειτουργία και ανάπτυξη του λιμανιού. Αυτή τη στιγμή το Guangzhou(Γκουανγκτζόου) είναι το μεγαλύτερο ολοκληρωμένο λιμάνι στη Νότια Κίνα, αφού συνδέεται και διεξάγει θαλάσσιο εμπόριο με πάνω από 300 λιμάνια σε περισσότερες από 80 χώρες σε όλο τον κόσμο. Χρησιμεύει, επίσης, ως ένα από τα σημαντικότερα οικονομικά και μεταφορικά κέντρα για την περιοχή δέλτα του ποταμού Περγλ και την επαρχία Γκουανγκντόνγκ, ενώ θεωρείται ζωτικής σημασίας κόμβος μεταφορών για βιομηχανίες που βρίσκονται σε γειτονικές επαρχίες όπως π.χ. στις Γκουανγκζί, Γιουνάν, Γκουιζού κ.α.

Ακόμα, το λιμάνι Guangzhou(Γκουανγκτζόου) χειρίζεται μια σειρά δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν τη φόρτωση και την εκφόρτωση, την αποθήκευση καθώς και τις 67 υπηρεσίες μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Ενώ, πολλά γεωργικά, βιομηχανικά και μεταποιημένα προϊόντα αποστέλλονται μέσω του λιμένα, τα οποία συνήθως περιλαμβάνουν πετρέλαιο, άνθρακα, σιτηρά, χημικά λιπάσματα, χάλυβα, μεταλλεύματα και αυτοκίνητα. Σημαντικό να αναφερθεί, ότι το 2010 το Guangzhou Port Group διαχειρίστηκε 42.5 εκατομμύρια τόνους άνθρακα. Τέλος, το



Guangzhou(Γκουανγκτζόου) είναι ένα από τα τέσσερα λιμάνια που έχουν οριστεί από το γενικό τελωνείο της Κίνας για αυτόματες εισαγωγές εξωτερικού εμπορίου. [16]



Εικόνα 5-6. Λιμάνι Guangzhou(Γκουανγκτζόου).

### Ιστορία του λιμανιού

Από τη δυναστεία Qing (221 έως 206 π.Χ.) εντοπίζεται το λιμάνι του Guangzhou(Γκουανγκτζόου), το οποίο αποτελούσε ένα βασικό σύνδεσμο στο Silk Road on the Sea(Μεταξωτός Δρόμος στη Θάλασσα) και ήταν τότε ένα από τα πιο

πολυσύχναστα λιμάνια της Κίνας. Μετά την αποτυχία της δυναστείας αυτής, το λιμάνι έγινε αυτόνομο κράτος και ονομάστηκε Nan Yueh.

Από τον 3<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. έως τις αρχές του 7<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ, η περιοχή παρέμεινε στην επιρροή της Κίνας, ενώ οι βάρβαροι εισέβαλαν στη Βόρεια Κίνα. Ινδουιστές και Άραβες έμποροι δημιούργησαν ζωντανές κοινότητες στο λιμάνι. Μέχρι το τέλος της δυναστείας Tang στις αρχές του 10<sup>ου</sup> αιώνα, το λιμάνι Guangzhou (Γκουανγκτζόου) ήταν μια ειρηνική και ευημερούσα κοινότητα. Όμως, όταν έπεσε η δυναστεία των Τανγκ, οι εμφύλιες συγκρούσεις προκάλεσαν μεγάλη ζημιά.

Η δυναστεία Sung ανέλαβε την εξουσία το 960 μ.Χ., ενώ το λιμάνι Guangzhou (Γκουανγκτζόου) συνέχισε να επεκτείνεται. Στα τέλη του 11<sup>ου</sup> αιώνα το λιμάνι άρχισε να ονομάζεται Pan-yu (το όνομα της κομητείας Γκουανγκζού σήμερα). Αργότερα, οι Γιουάν κυβέρνησαν μεταξύ του 13<sup>ου</sup> και του 14<sup>ου</sup> αιώνα υποστηρίζοντας, ιδιαίτερα, το θαλάσσιο εμπόριο.

Το λιμάνι Guangzhou (Γκουανγκτζόου) επεκτάθηκε και ανοικοδομήθηκε κατά τη διάρκεια της δυναστείας των Μινγκ από τα τέλη του 14<sup>ου</sup> έως τις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα. Ενώ, από το 1644 έως τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, το λιμάνι κυβερνήθηκε από τη δυναστεία Manchu. Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες του 20<sup>ου</sup> αιώνα ξένοι επενδυτές συνέβαλαν σημαντικά στην ανάπτυξη του Guangzhou (Γκουανγκτζόου), που πλέον έχει γίνει ένας από τους σημαντικότερους τουριστικούς προορισμούς της Κίνας παρέχοντας υπηρεσίες επιβατών σε πολλές γραμμές κρουαζιέρας και ενισχύοντας έτσι ακόμα παραπάνω την οικονομία του λιμανιού αλλά και της πόλης. Η ανάπτυξη και η ακμή αυτή συνεχίστηκε και συνεχίζεται και τον 21<sup>ο</sup> αιώνα. [16]

#### Επεκτάσεις και συνεχής ανάπτυξη

Από την κατασκευή του έως και 1999 το λιμάνι Guangzhou (Γκουανγκτζόου) είχε αρκετές διακυμάνσεις αλλά και χρονιές με τεράστια ακμή. Το 1999 όμως, ξεπέρασε την ετήσια απόδοση φορτίου 100 εκατομμυρίων τόνων και για την τότε εποχή ήταν το δεύτερο λιμάνι στην ηπειρωτική Κίνα με τέτοιο όγκο ρεκόρ. Ως αποτέλεσμα, ο ετήσιος όγκος φορτίου συνεχίστηκε να αυξάνεται. Το 2006 συγκεκριμένα, ξεπέρασε ακόμα και τους 300 εκατομμύρια τόνους (κατατάσσοντάς το τρίτο στα παράκτια λιμάνια της Κίνας και το έκτο μεταξύ των δέκα κορυφαίων λιμένων παγκοσμίως) καθώς και τα 665 εκατομμύρια TEUs. Ωστόσο, το 2010 το λιμάνι έφτασε να διακινεί 410 εκατομμύρια τόνους φορτίου συμπεριλαμβανομένων 12.6 εκατομμυρίων TEUs,

καθιστώντας το, το πέμπτο πιο πολυσύχναστο λιμάνι στον κόσμο για φορτηγά χωρίς εμπορευματοκιβώτια και το έβδομο στον κόσμο για εμπορευματοκιβώτια.

Σήμερα, το λιμάνι Guangzhou(Γκουανγκτζόου) βρίσκεται σε έργα για να διατηρήσει τη θέση του κεντρικού λιμανιού της Νότιας Κίνας και για να το καταστήσει ως διεθνές λιμάνι διανομέων εμπορευματοκιβωτίων. [16]

### Κινητικότητα του λιμανιού-Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Λόγω της τεράστιας κινητικότητας του λιμανιού Guangzhou(Γκουανγκτζόου) με βάση τα παραπάνω στοιχεία, μπορεί να καταλάβει κανείς, ότι αυτή η υπέρμετρη εκπομπή καυσαερίων των πλοίων, προκαλεί εξίσου τεράστια ρύπανση στην ατμόσφαιρα, όπως και η κινητικότητα των 15.31 εκατομμυρίων κατοίκων. Συγκεκριμένα, σε πρόσφατες μελέτες η συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$  το 2013 ήταν  $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και  $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$  αντίστοιχα, ενώ το διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ ) ήταν  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Μια κατάσταση που δήλωνε πως η ποιότητα του αέρα χρειάζεται οπωσδήποτε βελτίωση, διότι οι τιμές ειδικότερα των ρύπων  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$  ήταν αρκετά υψηλές ξεπερνώντας τις ετήσιες οριακές συγκεντρώσεις σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας(ΠΟΥ). Οι προτεινόμενες οριακές τιμές (Πίνακας 1) για το  $PM_{2.5}$  ήταν  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ενώ για το  $PM_{10}$   $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Αργότερα, το 2017 το Γραφείο Προστασίας Περιβάλλοντος της Guangzhou(Γκουανγκτζόου) παρουσίασε κάποιες νέες μετρήσεις σχετικά με αυτούς τους τρεις ρύπους και τις σύγκρινε με τις αντίστοιχες του 2013. Ειδικότερα, η συγκέντρωση των  $PM_{2.5}$  το 2017 ήταν  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , μείωση δηλαδή κατά  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  από το 2013. Η συγκέντρωση του διοξειδίου του θείου ( $SO_2$ ) μειώθηκε από  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  σε  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Τέλος, η συγκέντρωση του  $PM_{10}$  μειώθηκε από  $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$  σε  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Οι τιμές αυτές έδειξαν ότι η ποιότητα του αέρα άρχισε να βελτιώνεται σταδιακά, αν και μόνο η τιμή του διοξειδίου του θείου( $SO_2$ ) ήταν εντός ορίων βάση του Πίνακα 1. Παρ'όλα αυτά, η μείωση των τριών ρύπων προήλθε από τον έλεγχο, πλέον, της ρύπανσης και κυριότερα της σκόνης, την ενίσχυση του ελέγχου της ρύπανσης από κινητές πηγές, την εμβάθυνση της αποκατάστασης της βιομηχανικής ρύπανσης και την περαιτέρω προώθηση του περιβάλλοντος μετεγκαθιστώντας ρυπογόνες επιχειρήσεις μακριά από το κέντρο της πόλης.

Ωστόσο, προς τα τέλη του 2020 η Guangzhou(Γκουανγκτζόου) υπέφερε από κακή ποιότητα αέρα. Τα επίπεδα συγκέντρωσης των ρύπων που αιωρούνταν στην ατμόσφαιρα ήταν:  $PM_{2.5} = 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $PM_{10} = 78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , όζον ( $O_3$ )  $= 104.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

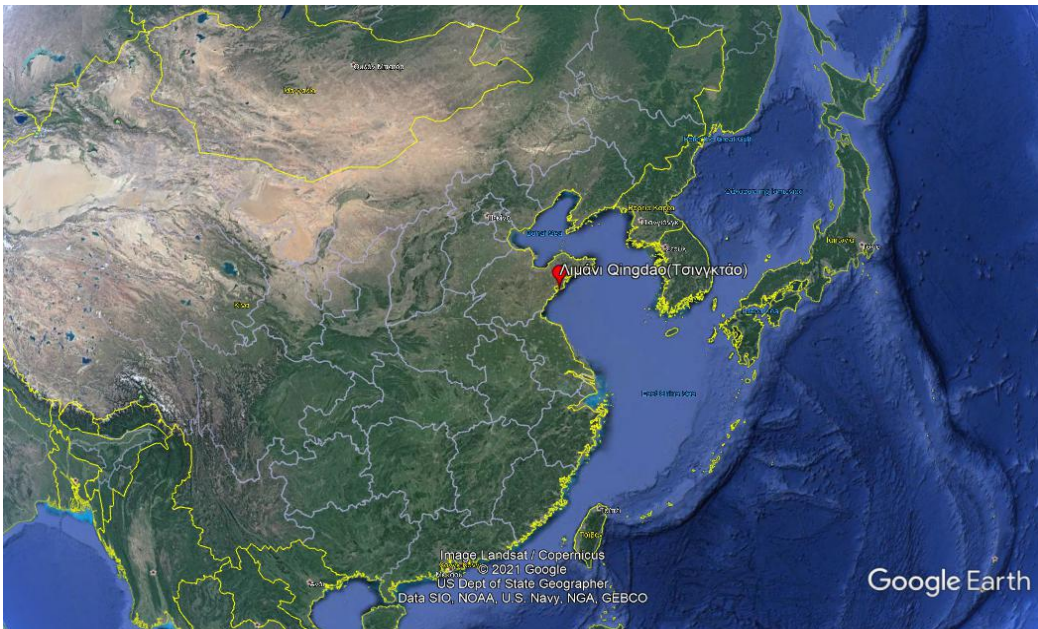
διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) =35.5 μg/m<sup>3</sup>, διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) =12 μg/m<sup>3</sup> και μονοξείδιο του άνθρακα (CO)=800 μg/m<sup>3</sup>. Σίγουρα, οι τόσο υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων δεν μπορεί να οφείλονται μόνο σε θαλάσσιες μετακινήσεις αλλά είναι βέβαιο ότι συνεισφέρουν στη διόγκωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της πόλης, αλλά και γενικότερα του πλανήτη. [17]

#### 2.4 Qingdao (Κίνα)

Το Qingdao(Τσινγκτάο) είναι το πέμπτο μεγαλύτερο λιμάνι στην Κίνα και το έβδομο πιο πολυσύχναστο στον κόσμο με κυκλοφορία TEU 18.2 εκατομμύρια, ενώ περιλαμβάνει τέσσερις σημαντικές περιοχές: το παλιό λιμάνι Qingdao(Τσινγκτάο), το λιμάνι πετρελαίου Huangdao, το νέο λιμάνι Qianwan και το λιμάνι Dongjiakou.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη θαλάσσια στρατηγική της Κίνας στο εξωτερικό και έχει ένα σημαντικό μερίδιο στο λιμάνι του Vado Ligure της Ιταλίας, το οποίο το Πεκίνο θεωρεί βασικό σημείο εισόδου αλλά και σύνδεσης με την Ευρώπη. Είναι ένα πλήρες παγκόσμιο λιμάνι που προσφέρει ένα τεράστιο φάσμα υπηρεσιών περιλαμβάνοντας τη φόρτωση, την εκφόρτωση, την αποθήκευση και την εφοδιαστική για εμπορευματοκιβώτια, ενώ παρέχει και διεθνείς επιβατικές υπηρεσίες. Πραγματοποιεί συναλλαγές με περισσότερα από 450 λιμάνια σε 130 χώρες και μπορεί να φιλοξενήσει τα μεγαλύτερα πλοία στον κόσμο με τεράστιους όγκους φορτίου.

Το 2009 κέρδισε τον τίτλο της πιο βιώσιμης πόλης της Κίνας, ενώ το 2010 το Qingdao(Τσινγκτάο) κατάφερε να διαχειριστεί συνολικά 350.1 εκατομμύρια τόνους φορτίου, συμπεριλαμβανομένων 12 εκατομμυρίων TEUs εμπορευματοκιβωτίων. Το λιμάνι είναι τόσο παραγωγικό που έχει πληρώσει περισσότερους τοπικούς φόρους από οποιαδήποτε άλλη επιχείρηση της Qingdao(Τσινγκτάο) για επτά συνεχόμενα χρόνια. Έχει λάβει περισσότερους από 100 τιμητικούς τίτλους σε επίπεδο πολιτείας, συμπεριλαμβανομένου του πρώτου Εθνικού Βραβείου Διαχείρισης Ποιότητας, μιας από τις πρώτες εθνικές φιλικές προς το περιβάλλον επιχειρήσεις. [18]



Εικόνα 7-8. Το λιμάνι Qingdao(Τσινγκτάο).

### Ιστορία του λιμανιού

Η πρώτη ονομασία του Qingdao(Τσινγκτάο) ήταν Jiao'ao κατά τη δυναστεία του Qing. Το 1891, η κυβέρνηση του Qing αποφάσισε να καταστήσει την περιοχή ως μια αμυντική βάση ενάντια σε ναυτικές επιθέσεις, ενώ σχεδίαζε ταυτόχρονα την κατασκευή μιας πόλης εκεί. Βέβαια, μετά από έναν αιώνα και αφού είχε περάσει αρκετούς πολέμους και διακυμάνσεις, εγκαινιάστηκε η πόλη ως μια ανοιχτή πόρτα της Κίνας στο εξωτερικό εμπόριο και τις επενδύσεις. Έτσι, η Qingdao(Τσινγκτάο) αναπτύχθηκε σιγά σιγά σε μια σύγχρονη λιμενική πόλη.

Σήμερα, η πόλη γνωρίζει μια ταχέως αναπτυσσόμενη περίοδο με μια νέα κεντρική επιχειρηματική περιοχή που δημιουργήθηκε στα ανατολικά της παλαιότερης επιχειρηματικής περιοχής. Έξω από το κέντρο της πόλης, λοιπόν, υπάρχει μια μεγάλη βιομηχανική ζώνη, η οποία περιλαμβάνει τη χημική επεξεργασία, το καουτσούκ και τη βαριά κατασκευή, εκτός από έναν αναπτυσσόμενο χώρο υψηλής τεχνολογίας. [18] Επιπλέον, το λιμάνι φιλοξενεί τον βόρειο ναυτικό στόλο της Κίνας, αλλά απολαμβάνει, ένα συμπαγή τουρισμό χάρη στα φεστιβάλ, το ευχάριστο κλίμα και την ανοιχτή στάση απέναντι στους ξένους επισκέπτες.

#### Επεκτάσεις και συνεχής ανάπτυξη

Το λιμάνι Qingdao(Τσινγκτάο), μαζί με άλλα λιμάνια, όπως της Tianjin(Τιαντζίν) και της Guangzhou(Γκουανγκζού), αναπτύσσουν και δοκιμάζουν τις δυνατότητες των δικτύων 5G ως επιδίωξη να γίνουν «έξυπνα λιμάνια», αφού αποτελούν κάποια απ'τα μεγαλύτερα λιμάνια της Κίνας. Έτσι, βελτιώνοντας συνεχώς τα δίκτυά τους θα επιτύχουν το στόχο επαρκής λειτουργίας και διαχείρισης εκτελωνισμού.

Το Qingdao(Τσινγκτάο), ειδικότερα, είναι υπεύθυνο για τις επιθεωρήσεις και την εποπτεία των εισαγωγών και των εξαγωγών. Η στενή παρακολούθηση των δεδομένων εισαγωγών-εξαγωγών αλλά και των οικονομικών τάσεων έχει ως όφελος την πρόβλεψη και τον προγραμματισμό επόμενων αλλαγών του λιμανιού.

Ακόμα, το Νοέμβριο του 2020 το λιμάνι Qingdao(Τσινγκτάο) υπέγραψε μια σημαντική συμφωνία ελεύθερων συναλλαγών μεταξύ των χωρών της Ασίας-Ειρηνικού. Εκείνη τη χρονιά, επίσης, η διακίνηση φορτίου συγκεκριμένα του λιμένα Shandong που βρίσκεται εντός του λιμανιού του Qingdao(Τσινγκτάο), υπερέβη τα 1.4 δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους και η κυκλοφορία εμπορευματοκιβωτίων του ξεπέρασε τα 31 εκατομμύρια TEUs. Παρά τον τεράστιο αντίκτυπο της πανδημίας COVID-19, πέτυχε ανάπτυξη ενάντια σε μια γενική πτωτική τάση στον κόσμο και κατατάχθηκε μεταξύ των καλύτερων παράκτιων λιμένων στην Κίνα. Τέλος, στις 19 Ιανουαρίου του 2021 άνοιξε τρεις νέες θαλάσσιες διαδρομές, αυξάνοντας τον αριθμό των δρομολογίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων σε 305. [18]

#### Κινητικότητα του λιμανιού-Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Λόγω της τεράστιας κινητικότητας του λιμανιού με βάση τα παραπάνω στοιχεία καθώς και η κινητικότητα των 9.046 εκατομμυρίων κατοίκων της πόλης ,η ρύπανση που προκαλείται στην ατμόσφαιρα είναι τεράστια. Συγκεκριμένα στο πρώτο εξάμηνο

του 2020, η ποιότητα του αέρα του Qingdao(Τσινγκτάο) ήταν η καλύτερη τα τελευταία έξι χρόνια, με εξαιρετικό ποσοστό ποιότητας αέρα 84.6%. Ειδικότερα, τα επίπεδα συγκέντρωσης των ρύπων στην ατμόσφαιρα ήταν: Το  $PM_{2.5}$   $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , το  $PM_{10}$   $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , το διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ )  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και το διοξείδιο του αζώτου ( $NO_2$ )  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ωστόσο, προς τα τέλη του 2020, θεωρήθηκε «μέτρια» η ποιότητα του αέρα στο Qingdao(Τσινγκτάο), σύμφωνα με τις συστάσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ). Η τιμή του AQI που καταγράφηκε ήταν 86, ενώ οι συγκεντρώσεις των ρύπων ήταν οι εξής:  $PM_{2.5}$   $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $PM_{10}$   $86.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , όζον ( $O_3$ )  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , διοξείδιο του αζώτου ( $NO_2$ )  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ )  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και μονοξείδιο του άνθρακα (CO)  $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Με βάση τον Πίνακα 1 οι ρύποι που ξεπέρασαν τις ετήσιες οριακές συγκεντρώσεις όλο του έτος του 2020 ήταν το  $PM_{2.5}$  και το  $PM_{10}$  που θα έπρεπε να ήταν έως  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και έως  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  αντιστοίχως. Μολονότι, λοιπόν, γίνεται προσπάθεια ώστε η ατμοσφαιρική ρύπανση στο Qingdao(Τσινγκτάο) να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο και ταυτόχρονα να βελτιωθεί η ποιότητα του αέρα, δυστυχώς όμως, ακόμα οι δυνατότητες μείωσης των εκπομπών είναι περιορισμένες στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των τερματικών σταθμών και ο τρόπος διασφάλισης σταθερής ποιότητας αέρα έως το πρότυπο είναι ένα σημαντικό ζήτημα που θα αντιμετωπίζει τα επόμενα χρόνια το Qingdao(Τσινγκτάο). [19]

## 2.5 Tianjin (Κίνα)

Το λιμάνι Tianjin(Τιεντζίν) είναι το μεγαλύτερο κατασκευασμένο θαλάσσιο λιμάνι στη Βόρεια Κίνα και η κύρια θαλάσσια πύλη προς το Πεκίνο, απέχοντας μόλις 160 χιλιόμετρα και 60 χιλιόμετρα από το κέντρο της πόλης Tianjin(Τιεντζίν). Το λιμάνι είναι ένα από τα κύρια κέντρα logistics και ναυτιλίας της Βόρειας Κίνας.

Ακόμα, θεωρείται το μεγαλύτερο ανθρωπογενές λιμάνι στην Κίνα, το οποίο κηρύχθηκε το ένατο μεγαλύτερο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο το 2018. Το 2019, το λιμάνι είχε συνολική απόδοση εμπορευματοκιβωτίων 15.97 εκατομμύρια TEUs, αύξηση κατά 6.2% σε σχέση με το 2018. Το ίδιο έτος, το λιμάνι πραγματεύτηκε περισσότερα από 600 λιμάνια σε περίπου 180 χώρες και σε εδάφη σε όλο τον κόσμο, ενώ εξυπηρέτησε περισσότερες από 115 κανονικές γραμμές

εμπορευματοκιβωτίων, συμπεριλαμβανομένων όλων των κορυφαίων 20 γραμμών του κόσμου. [20]

Όσον αφορά την έκταση του λιμανιού Tianjin(Τιεντζίν), είναι 100 τετραγωνικά χιλιόμετρα και αποτελείται κυρίως από 4 μεγάλες περιοχές λιμένων: το ανατολικό λιμάνι Tianjin(Τιεντζίν), το βόρειο λιμάνι, το νότιο λιμάνι και το λιμάνι του ποταμού Haihe. Το Tianjin North Port(Βόρειο Λιμάνι Τιεντζίν) χρησιμοποιείται κυρίως για υπηρεσίες μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, το Tianjin South Port(Νότιο Λιμάνι Τιεντζίν) για φορτίο χύδην και υγρά(liquid) φορτία, ενώ το λιμάνι του ποταμού Haihe για φορτηγά πλοία κάτω των 5.000 τόνων. Τέλος, ο διεθνής τερματικός σταθμός κρουαζιέρας θα κατασκευαστεί τα επόμενα χρόνια στο Tianjin East Port(Ανατολικό Λιμάνι Τιεντζίν).



Εικόνα 9-10. Το λιμάνι Tianjin(Τιεντζίν).



### Ιστορία του λιμανιού

Η ιστορία του λιμανιού της Tianjin(Τιεντζίν) εντοπίστηκε πρώτη φορά στη δυναστεία των Χαν (206 π.Χ. έως 220 μ.Χ.), ενώ αναπτύχθηκε περαιτέρω κατά τη δυναστεία των Τανγκ (618 έως 907 μ.Χ.). Άνοιξε επίσημα για τον κόσμο το 1860 και αποτέλεσε ένα από τα πρώτα λιμάνια του εξωτερικού εμπορίου της Κίνας. Βέβαια, το σημερινό λιμάνι Tianjin(Τιεντζίν) χτίστηκε από την αρχή το 1939.

Το λιμάνι από τότε μέχρι και σήμερα έχει αποκτήσει συνδέσεις με περισσότερα από 300 λιμάνια σε 160 χώρες σε όλο τον κόσμο. Έχει πάνω από 10 τακτικές γραμμές αποστολής και διατηρεί εδώ και πολλά χρόνια φιλική συνεργασία με τα λιμάνια της Ιαπωνίας, της Νότιας Κορέας, της Αμερικής και των Κάτω Χωρών. [21]

### Επεκτάσεις και συνεχής ανάπτυξη

Η Tianjin Port Group (TPG) υπέγραψε τον Μάιο του 2020 υπέρ στη «Συμφωνία Πλαισίου Συνολικής Στρατηγικής Συνεργασίας για την κατασκευή λιμένων παγκόσμιας κλάσης» με την Xiamen Port Holding Group (XPG). Η συμφωνία αυτή θα ενίσχυε τις ολοκληρωμένες λειτουργίες των λιμανιών τους και θα βελτίωνε συνολικά την ποιότητα των λιμενικών εξελίξεων εντείνοντας έτσι τη συνεργασία τους σε διάφορες πρωτοβουλίες. Μια απ' τις πρωτοβουλίες των δύο λιμένων θα ήταν, να βοηθήσουν το λιμάνι Tianjin(Τιεντζίν) συγκεκριμένα, να γίνει ένα βιώσιμο και έξυπνο λιμάνι.

Επιπλέον, η Tianjin Port Group έχει στόχο μέχρι το 2025 η θέση του Tianjin(Τιεντζίν) ως διεθνούς ναυτιλιακού κόμβου στη βόρεια Κίνα να γίνει πιο ισχυρή, με την προσπάθειά του να είναι ένας από τους 20 κορυφαίους διεθνείς κόμβους ναυτιλίας. Σκοπεύει να φτάσει τα 560m τόνου διακίνησης φορτίου και 22m TEUs εμπορευματοκιβωτίων έως το 2025. Όλα αυτά, θα επιτευχθούν με την προώθηση της κατασκευής επαγγελματικών τερματικών σταθμών και λιμενικών εγκαταστάσεων κυρίως για τα πλοία μεγάλου μεγέθους, τη βελτίωση της ικανότητας πλοήγησης των δημόσιων καναλιών μεταφοράς, καθώς και της μεταφορικής ικανότητας πολλαπλών μοντέλων.

Αξιοσημείωτο είναι, ότι τους πρώτους επτά μήνες του 2020, η Tianjin Port Group ανέφερε όγκο εμπορευματοκιβωτίων 10.287 εκατ. TEUs και απόδοση φορτίου 251 εκατ. τόνους, δηλαδή αύξηση 4% ανά έτος. [20] , [21]

### Κινητικότητα του λιμανιού-Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η τεράστια κινητικότητα του λιμανιού Tianjin(Τιεντζίν) είναι αναμενόμενο να επιφέρει τεράστια ετήσια παραγωγή, η οποία ανέρχεται σε περίπου πεντακόσια εκατομμύρια τόνους, καθιστώντας το, το μεγαλύτερο λιμάνι στη βόρεια Κίνα. Βέβαια, δε θα πρέπει να παραβλέπεται το περιβαλλοντικό αντίκτυπο λόγω των συνεχών μετακινήσεων καθώς και των μετακινήσεων των 15.62 εκατομμυρίων κατοίκων της πόλης.

Ένα αρκετά σοβαρό περιβαλλοντικό γεγονός που συνέβαλλε σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση ήταν η έκρηξη μιας αποθήκης επικίνδυνων εμπορευμάτων που άνηκε στην Ruihai International Logistics Co που βρισκόταν στην Περιοχή Dongjiang Bonded Port της Tianjin Binhai New Area στις 23 Αυγούστου 2015 περίπου στις 23:30 (τοπική κανονική ώρα). Η έκρηξη οδήγησε σε 165 θανάτους, 8 άτομα αγνοούνταν και πάνω από 800 άτομα τραυματίστηκαν. Τα εκρηκτικά περιελάμβαναν μεγάλη ποσότητα  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  και  $\text{KNO}_3$ , τα οποία έκαψαν για περισσότερο από 15 ώρες και δημιούργησαν μεγάλη ποσότητα ρυπαντικού αερίου και ατμοσφαιρικών σωματιδίων.

Η παρακολούθηση,ωστόσο, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη Tianjin(Τιεντζίν) ξεκίνησε από το 2013 και ολοκληρώθηκε το 2018. Τα αποτελέσματα έδειξαν, πως καθοριστικό ρόλο στη ρύπανση παίζει η γεωγραφική τοποθεσία της πόλης, άρα και του λιμανιού καθώς και του κλίματος που επικρατεί εκεί ανά περιόδους. Ακόμα, αναφέρεται ότι η Tianjin(Τιεντζίν) έχει σχετικά υψηλό ποσοστό οδικών και θαλάσσιων εμπορευματικών μεταφορών και οι εκπομπές των κινητήρων συμβάλλουν σημαντικά στα οξείδια του αζώτου, ειδικά στα πετρελαιοφόρα οχήματα, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 70% των συνολικών εκπομπών των οχημάτων.

Στην ενημέρωση των μέσων ενημέρωσης που πραγματοποιήθηκε από την ομάδα εργασίας της Tianjin(Τιεντζίν) του Εθνικού Κέντρου Πρόληψης και Ελέγχου της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στο Tianjin(Τιεντζίν) υπόθηκε ότι, το πρωί η μέση συγκέντρωση  $\text{PM}_{2.5}$  το 2018 ήταν  $52.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , η καλύτερη από τότε που ξεκίνησε η παρακολούθηση του. Επιπλέον, το ποσοστό βελτίωσης της ποιότητας του αέρα για το 2018 ήταν 70%, το οποίο οφειλόταν κυρίως σε αποτέλεσμα της ανθρώπινης προσπάθειας. Όμως προς τα τέλη του 2020, ο δείκτης ποιότητας του αέρα κατέγραψε επίπεδα «ανθυγιεινά» με τιμή AQI 100. Οι ρύποι που καταγράφηκαν ήταν :  $\text{PM}_{2.5}=36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{PM}_{10} = 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , όζον ( $\text{O}_3$ ) =  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) = 34

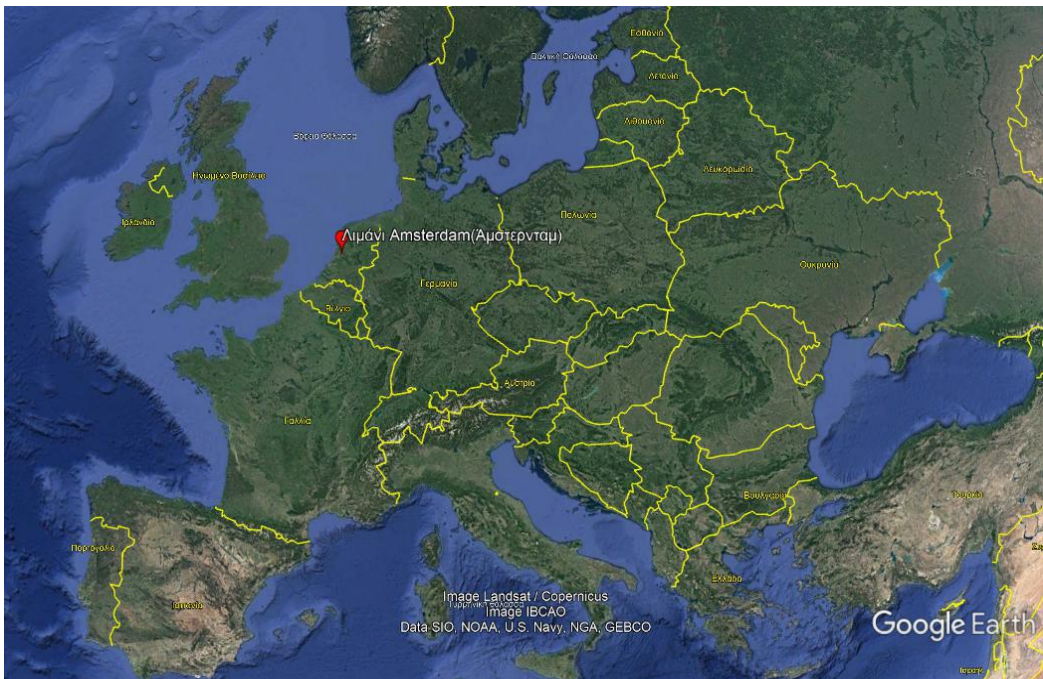
$\mu\text{g}/\text{m}^3$ , διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) =  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ) =  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Για τον λόγο αυτό, γίνεται προσπάθεια από τότε να βελτιωθούν τα επίπεδα ποιότητας του αέρα και οι ρύποι να περιοριστούν λαμβάνοντας μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα της ατμόσφαιρας, αλλά και της ανθρώπινης υγείας. [22]

## 2.6 Amsterdam (Ολλανδία)

Το λιμάνι του Amsterdam (Άμστερνταμ) βρίσκεται στην πόλη Άμστερνταμ της Ολλανδίας στην όχθη του κόλπου ΙJ και ενός καναλιού με το οποίο συνδέεται με τη Βόρεια Θάλασσα. Είναι το 2<sup>ο</sup> μεγαλύτερο της Ολλανδίας και το 4<sup>ο</sup> πιο πολυσύχναστο λιμάνι της Ευρώπης με βάση τους μετρικούς τόνους φορτίου.

Συγκεκριμένα, το πρώτο εξάμηνο του 2011, το λιμάνι διακίνησε 37.5 εκατομμύρια τόνους φορτίου, αύξηση 5.7% συγκριτικά με το πρώτο εξάμηνο του 2010. Ενώ, το συνολικό ποσό μεταφόρτωσης το 2010 ήταν 72.7 εκατομμύρια τόνοι. Επιπλέον, το ίδιο έτος, συνολικά, 198530 επιβάτες θαλάσσιων κρουαζιερόπλοιων και 264540 επιβάτες ποταμών κρουαζιερόπλοιων επισκέφθηκαν το λιμάνι του Amsterdam (Άμστερνταμ). Βέβαια, το 2014, το λιμάνι του Amsterdam (Άμστερνταμ) διακίνησε 97.4 εκατομμύρια τόνους εμπορευμάτων, το τριπλάσιο δηλαδή απ' το 2011. Το λιμάνι, ακόμα, περιλαμβάνει 680 εκτάρια υδάτινης επιφάνειας και 1960 εκτάρια χερσαίας έκτασης που αποτελείται από λιμενικές τοποθεσίες, παραλίμνια, δρόμους, σιδηροδρόμους και αναχώματα. Καθώς, συνδέεται με μεγάλες διεθνείς ροές μεταφορών όπως η Βόρεια Θάλασσα, το Den Helder (Ντεν Χέλντερ-πόλη που αποτελεί το βορειότερο σημείο της Ολλανδίας), το Markermeer (λίμνη της Ολλανδίας), το IJsselmeer (λίμνη της Ολλανδίας) και ο ποταμός Ρήνος.

Τέλος, η λιμενική αρχή του Amsterdam (Άμστερνταμ), ως μέρος της τοπικής αυτοδιοίκησης, είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία, τη διαχείριση και την ανάπτυξη ολόκληρης της λιμενικής περιοχής. [23], [24]



Εικόνα 11-12. Λιμάνι Amsterdam(Άμστερνταμ).

### Ιστορία του λιμανιού

Οι πρώτες λιμενικές δραστηριότητες στο Amsterdam(Άμστερνταμ) καταγράφονται από τον 13<sup>ο</sup> αιώνα. Το λιμάνι αναφέρθηκε για πρώτη φορά το έτος 1342, όταν η πόλη του Amsterdam(Άμστερνταμ) έλαβε δικαιώματα πόλης. Ενώ, τον 17<sup>ο</sup> αιώνα κατά την Ολλανδική Χρυσή Εποχή αποτέλεσε έναν από τους σημαντικότερους λιμένες της Εταιρείας Ολλανδική Ανατολική Ινδία.

Το πρώτο μέρος, ωστόσο, του δυτικού λιμανιού χτίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1930 για ένα εργοστάσιο αυτοκινήτων Ford και το πρώτο μέρος του λιμένα Asiahaven χτίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Επίσης, ο επιβατικός τερματικός σταθμός Amsterdam(Αμστερνταμ) άνοιξε το 1999, καθώς ο τερματικός σταθμός εμπορευματοκιβωτίων του Amsterdam(Αμστερνταμ) άρχισε να λειτουργεί το 2001 και ο λιμένας Afrikahaven το 2000.

Ακόμα, όσον αφορά τις συνδέσεις του με μεγάλες διεθνείς ροές μεταφορών το κανάλι της Βόρειας Ολλανδίας, που συνδέει το Amsterdam(Αμστερνταμ) με το Den Helder(Ντεν Χέλντερ), σκάφτηκε μεταξύ 1819 και 1824. Το κανάλι της Βόρειας Θάλασσας, που συνδέει το Amsterdam(Αμστερνταμ) με το IJmuiden(επαρχιακή πόλη της βόρειας Ολλανδίας), σκάφτηκε μεταξύ 1865 και 1876. [26]

#### Επεκτάσεις και συνεχής ανάπτυξη

Η λιμενική αρχή, το 2009, σχεδίασε να κατασκευάσει μια νέα θαλάσσια κλειδαριά για να απλοποιήσει την πρόσβαση στην περιοχή του λιμένα. Για τον σκοπό αυτό, υπογράφηκε σύμβαση από την κυβέρνηση της Ολλανδίας, την επαρχία Noord-Holland και την πόλη του Amsterdam(Αμστερνταμ).

Ταυτόχρονα, νέες βιομηχανίες στο λιμάνι περιλάμβαναν ένα εργοστάσιο που μετατρέπει κόκκους αποσκληρυντικού νερού σε χημικά προϊόντα και ένα έργο για την εξαγωγή πολύτιμων υλικών από χρησιμοποιημένες πάνες. Επίσης, το λιμάνι παρέχει θερμότητα από απορρίμματα στην πόλη του Amsterdam(Αμστερνταμ), και είναι συνιδιοκτήτης ενός αιολικού πάρκου, κατασκευάζοντας έργο ηλιακής ενέργειας με επιφάνεια 100.000 τετραγωνικών μέτρων.

Τέλος, εδώ και κάποια χρόνια, το λιμάνι του Amsterdam(Αμστερνταμ) αποσκοπεί να απεξαρτηθεί από τον άνθρακα μέχρι το 2030, στα πλαίσια μιας βιώσιμης στρατηγικής της ολλανδικής κυβέρνησης για τη μετάβαση σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Ήδη, το 2016, μείωσε τη χρήση άνθρακα κατά 7.5%, δηλαδή στους 16 εκατομμύρια τόνους, και συνεχίζεται η περαιτέρω μείωση όσο περνάνε χρόνια.[25], [26]

#### Κινητικότητα του λιμανιού-Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Το Amsterdam(Αμστερνταμ) ως πόλη είναι η μεγαλύτερη και πολυπληθέστερη της Ολλανδίας με πληθυσμό να καταγράφεται το 2018, άνω των 2.5 εκατομμυρίων στη μητροπολιτική περιοχή. Διαθέτει, φυσικά, και το λιμάνι όπου συνέχεια κινούνται

αμέτρητα πλοία μέσα στη μέρα, με αποτέλεσμα να καταγράφονται υψηλά ποσοστά ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Ένα παράδειγμα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Amsterdam(Άμστερνταμ) θα μπορούσε να είναι, η λεπτή σκόνη, η οποία αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια, γνωστά ως  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ , στον αέρα. Η αιθάλη ή ο μαύρος άνθρακας είναι, επίσης, ένα σημαντικό μέρος της λεπτής σκόνης καθώς αποτελείται από σωματίδια που έχουν συσσωρευτεί μεταξύ τους. Τα σωματίδια αυτά προκαλούνται από φυσικές πηγές, αλλά συνηθέστερα είναι τεχνητά. Θεωρείται, ότι έως και 75 με 80% των λεπτών  $PM_{2.5}$  ή  $PM_{10}$  ρύπων αποδίδονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Αυτά τα λεπτά σωματίδια, επιπλέον, παραμένουν στον αέρα για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Εκτός, όμως, από σωματίδια ( $PM_{2.5}, PM_{10}$ ) και αιθάλη(BC), είναι τα οξειδία του αζώτου( $NO_x$ ) και το όζον( $O_3$ ), καθώς και άλλες ανθυγιεινές ουσίες στον αέρα, όπως πτητικές οργανικές ενώσεις(VOCs), μονοξείδιο του άνθρακα(CO) και διοξείδιο του θείου( $SO_2$ ), αλλά αυτά βρίσκονται σε πολύ μικρότερες ποσότητες στην ατμόσφαιρα.

Στα τέλη, βέβαια, του 2020, το Amsterdam(Άμστερνταμ) βίωσε έναν αέρα αρκετά «καλής ποιότητας» με μια τιμή AQI 18. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση των κύριων ρύπων ήταν η ακόλουθη:  $PM_{2.5}=4.3 \mu g/m^3$ ,  $PM_{10}= 3.9 \mu g/m^3$ ,  $O_3= 33.1 \mu g/m^3$ , διοξείδιο του αζώτου  $NO_2=5.3 \mu g/m^3$  και μονοξείδιο του άνθρακα  $CO =5.3 \mu g/m^3$ .

Ωστόσο, το 2019, ο μέσος ετήσιος αριθμός  $PM_{2.5}$  ήταν  $10.7 \mu g/m^3$ , λίγο παραπάνω από την ετήσια οριακή τιμή (Πίνακας 1) το οποίο, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), το κατέταξε ως "καλό". Για 4 μήνες του έτους, το Amsterdam(Άμστερνταμ) πέτυχε τον στόχο του ΠΟΥ να είναι  $10 \mu g/m^3$  ή λιγότερο, ενώ για 5 μήνες είχε συγκεντρώσεις μεταξύ 10 και  $12 \mu g/m^3$ . Οι υπόλοιποι μήνες Φεβρουάριος, Μάρτιος και Απρίλιος είχαν τιμές "μέτριες" μεταξύ 12.1 και  $35.4 \mu g/m^3$ . [27]

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΝΑΥΤΙΛΙΑ-ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΕ ΤΟΠΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ**

Η ναυτιλία-ναυσιπλοΐα στον τομέα των μεταφορών, όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον, συνεισφέροντας στην ήδη υπάρχουσα που προκαλείται κυρίως από άλλες πηγές ρύπανσης π.χ. βιομηχανία, άλλα είδη μεταφορών και κεντρικές θερμάνσεις κτηρίων. Σε πρώτη φάση, μελετήσαμε έξι από τα μεγαλύτερα λιμάνια του κόσμου, ώστε να έχουμε μια εικόνα για το τι συμβαίνει σε μεγάλα παγκόσμια λιμάνια και το πως συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής τους αλλά και γενικότερα του πλανήτη. Εκτός απ'το περιβαλλοντικό αντίκτυπο, βέβαια, είδαμε ότι η μόλυνση του αέρα προκαλεί και αλλαγές στο κλίμα καθώς και προβλήματα υγείας στους κατοίκους των περιοχών αυτών.

Στο κεφάλαιο αυτό, ωστόσο, αφού αναφερθήκαμε προηγουμένως στη συνεισφορά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε παγκόσμια κλίμακα, απαραίτητο είναι τώρα να μιλήσουμε για τη συνεισφορά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε τοπική κλίμακα και πιο συγκεκριμένα στη χώρα μας, την Ελλάδα. Έτσι, θα έχουμε μια πλήρη εικόνα μακροσκοπικά αλλά και μικροσκοπικά του μεγέθους της ρύπανσης που εκλύεται στην ατμόσφαιρα, γίνοντας, ταυτόχρονα, αντιληπτός ο λόγος της τεράστιας ανάγκης περιορισμού της.

Όσον αφορά την Ελλάδα και μιλώντας πλέον μικροσκοπικά, η ελληνική ναυτιλία-ναυσιπλοΐα δε θεωρείται απλώς μια αξιοσημείωτη οικονομική δραστηριότητα, καθιστώντας τη στις μέρες μας το μεγαλύτερο ναυτικό έθνος στον κόσμο, αλλά αποτελεί πιθανόν αναπόσπαστο μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας. Για τον λόγο αυτό, είναι τόσο σημαντικό να καταγράψουμε τη συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας στην ατμοσφαιρική ρύπανση της χώρας αλλά και γενικότερα του πλανήτη, ούτως ώστε να διαπιστώσουμε εάν τα μέτρα αντιμετώπισης και περιορισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που ήδη έχουν παρθεί, επαρκούν ή χρειάζονται περαιτέρω μέτρα για να επιτευχθεί αυτό.

### 3.1 Η Ναυτιλία-Ναυσιπλοΐα στην Ελλάδα

Η χώρα μας θεωρείται ένα ναυτικό έθνος με τη ναυτιλιακή βιομηχανία, καθώς και τον τουρισμό, να είναι οι πιο σημαντικοί τομείς της εθνικής οικονομίας. Σύμφωνα με το ετήσιο ενημερωτικό έγγραφο της Επιτροπής Ελληνικής Ναυτιλιακής Συνεργασίας που εδρεύει στο Λονδίνο, τον Φεβρουάριο του 2009, τα ελληνικά συμφέροντα έλεγχαν περίπου το 8.2% του παγκόσμιου συνολικού αριθμού πλοίων και σκαφών σε υπηρεσία και για παραγγελία το 13.2% του παγκόσμιου στόλου που εκφράζεται σε μικτούς τόνους. Επιπλέον, το ίδιο έτος, η μέση ηλικία των ελληνικών ελεγχόμενων πλοίων καθώς και σκαφών ήταν 11.9 ετών, δηλαδή ένα έτος κάτω από τη μέση ηλικία του παγκόσμιου στόλου που ήταν 12.9 έτη. Η εντυπωσιακή μείωση ηλικίας του ελληνικού στόλου αντικατοπτρίζει μια άνευ προηγουμένου επένδυση σε νέα πλοία και σκάφη τα τελευταία χρόνια.

Το 2018 συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία στην Ελλάδα έως τότε είχε αξία 21.9 δισεκατομμύρια δολάρια. Βέβαια, εάν προστεθούν και οι σχετικές επιχειρήσεις, ο αριθμός ανέρχεται σε 23.7 δισεκατομμύρια δολάρια, ενώ απασχολεί περίπου 392000 άτομα (14% του εργατικού δυναμικού) και οι αποστολές είναι περίπου το 1/3 του εμπορικού ελλείμματος του έθνους. Ακόμα, το ίδιο έτος, το Ελληνικό Εμπορικό Ναυτικό έλεγχε τον μεγαλύτερο εμπορικό στόλο στον κόσμο, από άποψη χωρητικότητας, με συνολικό DWT(DeadWeight Tonnage=μονάδα μέτρησης χωρητικότητας βάρους ή τόνους νεκρού βάρους που μπορεί να μεταφέρει ένα πλοίο) 834649089 τόνους και στόλο 5626 ελληνικών πλοίων. Η Ελλάδα, επίσης, βρίσκεται στην κορυφή της κατάταξης διαθέτοντας όλα τα είδη πλοίων, συμπεριλαμβανομένου των βυτιοφόρων και των φορτηγών χύδην.

Αν και η χώρα μας αντιπροσωπεύει μόνο το 0.16% του παγκόσμιου πληθυσμού, οι Έλληνες εφοπλιστές κατέχουν το 20.67% της παγκόσμιας χωρητικότητας και το 54.28% της ελεγχόμενης χωρητικότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), όπως αναφέρθηκε σε δημοσίευση σχετικά με την πορεία της ναυτιλίας στην Ελλάδα το 2020. Αν σκεφτεί κανείς τις οικονομικές κρίσεις που έχει βιώσει η χώρα αλλά και την πανδημία του COVID-19 όπου υπήρξε τεράστια ύφεση της οικονομίας, η ναυτιλία παρ'όλα αυτά, φάνηκε να μην επηρεάστηκε ιδιαίτερα αντιθέτως άκμασε ακόμα περισσότερο κατέχοντας υψηλά ποσοστά στην Ευρώπη.



Αυτό, φυσικά, συνέβη διότι μεταξύ του 2007 και του 2019, οι Έλληνες εφοπλιστές κατάφεραν να υπερδιπλασιάσουν τη μεταφορική ικανότητα του στόλου τους, ελέγχοντας:

- 32.64% του παγκόσμιου στόλου δεξαμενόπλοιων, 15.14% των παγκόσμιων δεξαμενόπλοιων χημικών προϊόντων και 16.33% του παγκόσμιου στόλου Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ)
- 21.7% των παγκόσμιων αερομεταφορέων χύδην και
- 8.92% των πλοίων εμπορευματοκιβωτίων παγκοσμίως.

Οι παραγγελίες νέας κατασκευής, όλα αυτά τα χρόνια, από ελληνικά συμφέροντα ανήλθαν σε 128 πλοία (πάνω από 1000 ακαθάριστοι τόνοι). Στην πραγματικότητα όμως, το 28.61% του ελληνικού στόλου με σημαίες Ε.Ε. κατασκευάστηκε μετά το 2013, σύμφωνα με το παγκόσμιο πρότυπο του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης, ο οποίος εγγυήθηκε καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Το αντίστοιχο ποσοστό, βέβαια, γενικότερα για τον στόλο με σημαίες Ε.Ε. ήταν 21% και 23.2% για τον παγκόσμιο στόλο, αποδεικνύοντας την κυριαρχία και την ισχύ των ελληνικών πλοίων, αφού το μέσο μέγεθός τους ήταν διπλάσιο από τον παγκόσμιο μέσο όρο.

Ο ελληνικός στόλος είναι, επίσης, ένας από τους ασφαλέστερους στόλους παγκοσμίως, με το 0.96% του ελληνικού εμπορικού στόλου, με βάση τον αριθμό των πλοίων και το 0.37% του στόλου που βασίζεται σε χωρητικότητα σε μικρά ατυχήματα. Εκτός αυτού, προσπαθεί παράλληλα να βελτιώνει όλο και περισσότερο την αποδοτικότητα του και τα περιβαλλοντικά οφέλη, μειώνοντας έτσι ακόμα περισσότερο το αποτύπωμα του άνθρακα της ελληνικής ναυτιλίας.

Σήμερα, εν έτη 2021, αποτελεί για ακόμα μία χρονιά τον κυρίαρχο στην παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία, αφού απαρτίζεται από 3968 πλοία με μέσο όρο ηλικίας τα 11.7 έτη έναντι 14.1 που είναι πλέον ο μέσος όρος του παγκόσμιου στόλου. Η χωρητικότητα τους είναι 340.8 εκατομμύρια DWT και 199.6 εκατ.gross tonnage (μονάδα μέτρησης της ολικής χωρητικότητας του συνολικού εσωτερικού όγκου ενός πλοίου). Ενώ, υπό ναυπήγηση βρίσκονται 158 πλοία συνολικής χωρητικότητας 18.4 εκ. DWT και 13.01 gross tonnage. [28] , [29] , [30] , [31]

### 3.2 Η Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην Ελλάδα

Η Ελλάδα παρά το γεγονός ότι υπέστη τεράστια οικονομική κρίση που συνέβη τα τελευταία χρόνια, εξακολουθεί να έχει μια ισχυρή οικονομία και πολλές διαφορετικές βιομηχανίες που προμηθεύουν άλλες χώρες με τα προϊόντα τους. Με περίπου 10.7 εκατομμύρια ανθρώπους να ζουν εκεί και κατέχοντας μια σημαντική παρουσία στον τομέα του τουρισμού, των τροφίμων και της ναυτιλίας και των εξαγωγών, η Ελλάδα υπόκειται σε ορισμένα προβλήματα σχετικά με τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης ως αποτέλεσμα αυτού. Με μεγάλες ποσότητες βιομηχανίας σε συνδυασμό με την ανθρωπογενή κίνηση, η Ελλάδα παρατηρεί χαμηλότερα επίπεδα ποιότητας του αέρα, με διάφορες πηγές να συμβάλλουν σε αυτές τις συγκεντρώσεις ρύπανσης.

Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις ρύπανσης προκαλούνται από πηγές καύσης όπως κινητήρες οχημάτων, βιομηχανικούς χώρους και καύση ξύλου ή άλλων υλικών, με αποτέλεσμα την ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων λεπτών σωματιδίων όπως ο μαύρος άνθρακας στον αέρα. Αυτό, αποτελεί ένα από τα κύρια συστατικά αιθάλης και όταν εισπνέεται, είναι ισχυρά καρκινογόνο.

Εκτός, όμως, από την ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων λεπτών σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, εκλύονται συνήθως και χημικές ουσίες που αποτελούνται κυρίως από διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) και διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ), με το διοξείδιο του αζώτου να βρίσκεται σε μεγάλους όγκους, συχνά σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας. Ενώ, άλλες χημικές ουσίες, περιλαμβάνουν πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) όπως βενζόλιο, τολουόλιο και χλωριούχο μεθυλένιο. Υπάρχουν, επίσης, λεπτά αλεσμένα σωματίδια όπως πυρίτιο και σκόνη χαλκιού, που απελευθερώνονται παράλληλα με μέταλλα όπως μόλυβδος ή υδράργυρος από εργοτάξια ή βιομηχανικές ζώνες.

Ωστόσο, όσον αφορά τα επίπεδα  $\text{PM}_{2.5}$  που έχουν ληφθεί σε όλες τις πόλεις της Ελλάδας, πόλεις όπως η Θεσσαλονίκη και ο Άγιος Παύλος(Κρήτης) ξεχώρισαν, αφού αποτέλεσαν μερικές από τις υψηλότερες μετρήσεις που είχαν ληφθεί σε όλη τη χώρα. Η Θεσσαλονίκη ήρθε με την ένδειξη των  $\text{PM}_{2.5}$   $23.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ως ετήσιος μέσος όρος συγκέντρωσης της κατά τη διάρκεια του 2019, μια τιμή που την έβαλε στα «μέτρια» επίπεδα ποιότητας του αέρα. Ο Άγιος Παύλος(Κρήτης) μπήκε, επίσης, με παρόμοια ένδειξη  $22.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , τοποθετώντας τον στα ίδια επίπεδα. Πιο αναλυτικά, μιλώντας αρχικά για τη Θεσσαλονίκη, είδε τα επίπεδα  $\text{PM}_{2.5}$  να αρχίζουν να ανεβαίνουν στο

τέλος του 2019. Ο Σεπτέμβριος συγκεκριμένα, ήρθε με ένδειξη  $PM_{2.5}$   $18.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και έφτασε μέχρι  $27.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  τον Οκτώβριο, προκαλώντας αρκετές αλλαγές στα επίπεδα ρύπανσης. Αυτό, συνεχίστηκε με μετρήσεις  $22.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  τον Νοέμβριο και  $31.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  τον Δεκέμβριο. Ο Άγιος Παύλος(Κρήτης) είχε ακόμα πιο εμφανείς αλλαγές που σημειώθηκαν, με μετρήσεις από  $18.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  τον Σεπτέμβριο έως και  $39.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  τον Οκτώβριο, έναν αριθμό που έθεσε την πόλη σε επίπεδα «ανθυγιεινά για ευαίσθητες ομάδες» για τον συγκεκριμένο μήνα.

Βέβαια, υπήρχαν άλλες 6 πόλεις στην Ελλάδα που είδαν τιμές του  $PM_{2.5}$  σε επίπεδα «ανθυγιεινά για ευαίσθητες ομάδες» κατά τη διάρκεια του 2019 και όλες εμφανίστηκαν τους μήνες μεταξύ Οκτωβρίου έως και Μαρτίου, υποδεικνύοντας ότι ακολουθεί η περίοδος υψηλότερης ρύπανσης, με τα επίπεδα ρύπανσης να αυξάνονται τον Οκτώβριο και να συνεχίζονται μέχρι τον Απρίλιο του επόμενου έτους, προτού μειωθούν ξανά σε πιο αξιόλογα επίπεδα. Ο πιο μολυσμένος μήνας που καταγράφηκε σε ολόκληρο το έτος 2019 ήταν ο Φεβρουάριος στη Θεσσαλονίκη, με τιμή  $PM_{2.5}$   $46.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Άλλες σημαντικές αιτίες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα που αξίζει να αναφερθούν, συνήθως προέρχονται από πηγές αναθυμιάσεων, εκπομπών οχημάτων έως και φυσικές εκδηλώσεις όπως δασικές πυρκαγιές. Η ρύπανση, ωστόσο, που προκαλείται από οχήματα, παρατηρήθηκε ότι, κατά την εποχή του Covid-19 το 2020, πολλές πόλεις σε όλο τον κόσμο είδαν τεράστιες μειώσεις στα επίπεδα ρύπανσης λόγω της μείωσης της χρήσης οχημάτων τόσο πολύ, που μέχρι και γεωγραφικά χαρακτηριστικά όπως απομακρυσμένες οροσειρές που είχαν επισκιαστεί για πάνω από 2 δεκαετίες, επανεμφανίστηκαν.

Όσον αφορά, όμως, τις βιομηχανικές ζώνες, τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας και τα εργοστάσια παρατηρούμε, ότι κυρίως οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος λόγω της λειτουργίας τους με ορυκτά καύσιμα όπως ο άνθρακας, βλέπουν μεγάλες αυξήσεις στη ζήτηση ενέργειας κατά τους ψυχρότερους μήνες του χειμώνα και πιο εμφανείς στις βόρειες περιοχές της Ελλάδας. Με την επακόλουθη υψηλότερη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση τόσο των σπιτιών όσο και των επιχειρήσεων, αυτοί οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας χρειάζονται υψηλότερη ποσότητα άνθρακα προκαλώντας περισσότερη ρύπανση.

Απ' την άλλη πλευρά, τα εργοστάσια και οι εγκαταστάσεις παραγωγής σε ολόκληρη τη χώρα εκπέμπουν, επίσης, τις δικές τους μεγάλες ποσότητες ρύπων, χρησιμοποιώντας βαριά μηχανήματα που ξεκινούν με ντίζελ, καθώς και άνθρακα για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Τα εργοστάσια κυρίως απελευθερώνουν τις δικές τους βιομηχανικές χημικές ουσίες με βάση το είδος κατασκευής που υποβάλλεται σε επεξεργασία ή συσκευάζεται, ή ακόμα οποιαδήποτε μορφή δημιουργίας πλαστικών ή ανακύκλωσης. Τέλος, η ευρεία χρήση καύσης ξύλου για θέρμανση είναι υπολειπόμενο από την εποχή της κρίσης, όταν το αυξανόμενο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση ανάγκασε πολλούς ανθρώπους να επιστρέψουν σε πιο παραδοσιακές μεθόδους διατήρησης της θερμότητας.

Οι αρκετά υψηλές μετρήσεις ρύπανσης τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα εκτός από αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα αλλά και στο κλίμα, έχουν προξενήσει μια σειρά από προβλήματα υγείας που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της υπερβολικής έκθεσης στον μολυσμένο αέρα κυρίως των ευπαθών ομάδων, ιδίως για τις πόλεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως, καθώς και ο τρόπος ζωής αλλά και η τοποθεσία παίζουν ρόλο σε αυτούς τους κινδύνους. Κυρίως, όσοι ζουν κοντά σε πολυσύχναστους δρόμους ή βιομηχανικούς χώρους που εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες ρύπανσης είναι αναμενόμενο, ότι διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από εκείνους που ζουν π.χ. σε μια καθαρή παράκτια πόλη.

Μερικοί από τους κινδύνους για την υγεία που εκδηλώνονται βραχυπρόθεσμα, περιλαμβάνουν τον ερεθισμό στους βλεννογόνους, προκαλώντας αλλεργίες ή δερματικά εξανθήματα σε μικρά παιδιά ή άτομα με χημική ευαισθησία, καθώς και περιπτώσεις βήχα, λοιμώξεις του θώρακα ή αυξημένα ποσοστά προσβολής άσθματος μεταξύ των ασθενών. Άλλα πιο χρόνια ή μακροπρόθεσμα προβλήματα υγείας είναι η ανάπτυξη καρκίνου του πνεύμονα και άλλων αναπνευστικών ασθενειών, όπως πνευμονία, εμφύσημα και βρογχίτιδα, τα οποία εμπίπτουν στο πλαίσιο της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονικής νόσου (ΧΑΠ). [32]

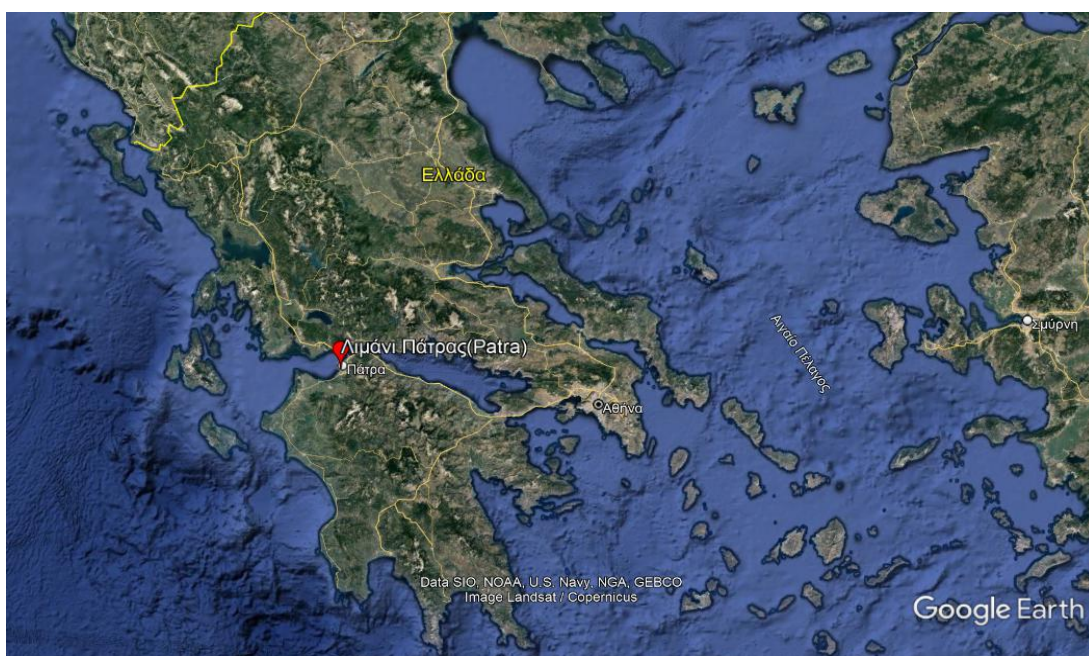
### 3.3 Το Μεγαλύτερο και Σημαντικότερο Λιμάνι της Ελλάδας

Πριν αρχίσουμε να μιλάμε για το μεγαλύτερο και σημαντικότερο λιμάνι της Ελλάδας, τον Πειραιά(Piraeus), σημαντικό είναι πρώτα να μιλήσουμε για δύο πολύ βασικά

λιμάνια: της Πάτρα(Patra) και της Θεσσαλονίκης (Thessaloniki), τα οποία παίζουν σπουδαίο ρόλο στη συνολική εικόνα της χώρας σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση, προερχόμενη, φυσικά, από τη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα.

Ξεκινώντας, το λιμάνι της Πάτρας(Patra) αποτελεί την πύλη της Ελλάδας προς την Ευρώπη και είναι ένα από τα πιο σύγχρονα λιμάνια της Μεσογείου με σύγχρονες λιμενικές υποδομές, σύγχρονο χώρο τερματικού κρουαζιέρας(cruise terminal), ποιοτικά ολοκληρωμένες υπηρεσίες φιλοξενίας καθώς και συνθήκες υγιεινής και ασφάλειας. Ακόμα, συνεισφέρει σημαντικά στην τοπική οικονομία δημιουργώντας με τις άμεσα εξαρτώμενες επιχειρήσεις 2504 θέσεις εργασίας, 1013 άμεσες θέσεις εργασίας με εισόδημα 12.2 εκατ. ευρώ και 1491 έμμεσες, με εισόδημα περίπου 9.2 εκατ. ευρώ. [33] Ενώ, λόγω της μεγάλης κινητικότητας του λιμανιού είναι αναμενόμενη η συνεισφορά στην ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής, αλλά και γενικότερα της χώρας. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων που καταγράφηκαν το 2019 ήταν: NO<sub>2</sub> 31 μg/m<sup>3</sup>, NO 19 μg/m<sup>3</sup>, O<sub>3</sub> δεν εντοπίστηκε, SO<sub>2</sub> 6 μg/m<sup>3</sup>, CO 0.6 μg/m<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> 30 μg/m<sup>3</sup> και PM<sub>2.5</sub> 16 μg/m<sup>3</sup>. Το 2020 όμως, οι τιμές των αντίστοιχων συγκεντρώσεων των ρύπων που σημειώθηκαν ήταν: NO<sub>2</sub> 28 μg/m<sup>3</sup>, NO 18 μg/m<sup>3</sup>, O<sub>3</sub> 49 μg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> 7 μg/m<sup>3</sup>, CO 0.5 μg/m<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> 26 μg/m<sup>3</sup> και PM<sub>2.5</sub> 14 μg/m<sup>3</sup>.

Με βάση τις τιμές αυτές για το 2019 και για το 2020 σε συνδυασμό με τον Πίνακα 1, ο οποίος πίνακας μας δίνει της ετήσιες οριακές τιμές συγκέντρωσης κάθε ρύπου, παρατηρούμε ότι και τις δύο χρονιές οι ρύποι CO, PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> υπερβαίνουν τις ετήσιες οριακές τιμές κατά πολύ, επιδεινώνοντας έτσι την ήδη υπάρχουσα ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής και προκαλώντας αρνητικές επιπτώσεις όχι μόνο στο περιβάλλον, αλλά κυρίως στις ευαίσθητες ομάδες ατόμων που μένουν κοντά στο λιμάνι.



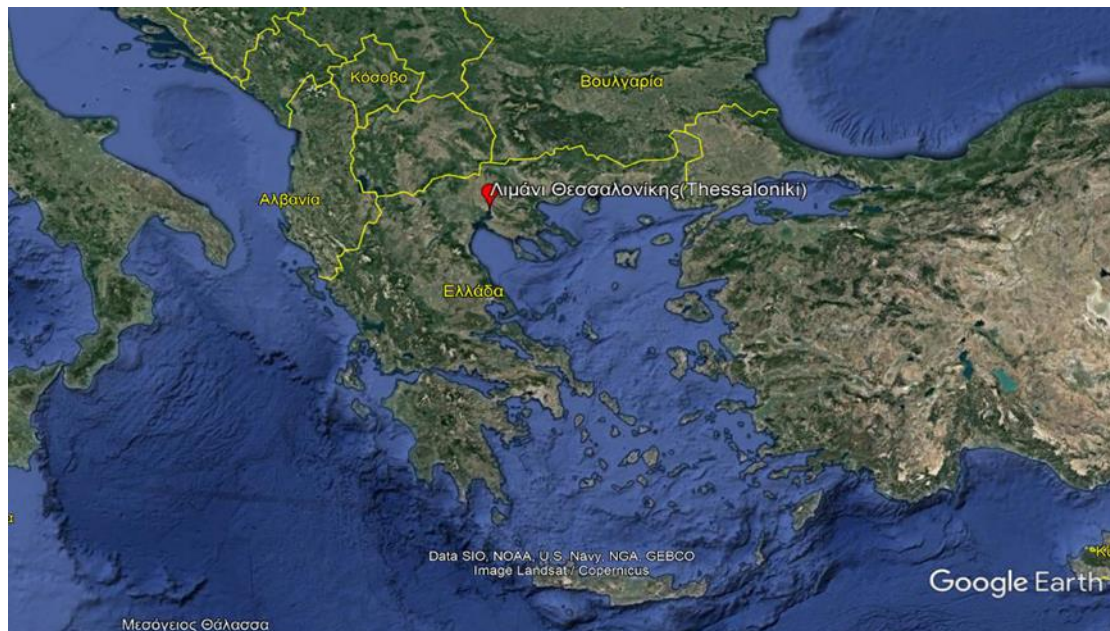
Εικόνα 17-18. Λιμάνι Πάτρας (Patra).

Το επόμενο και εξίσου βασικό λιμάνι της χώρας είναι αυτό της Θεσσαλονίκης (Thessaloniki), το οποίο βρίσκεται στη βόρεια Ελλάδα και αποτελεί πύλη προς τα Βαλκάνια και τη Νοτιοανατολική Ευρώπη, αφού είναι κοντά στα μεγάλα διευρωπαϊκά δίκτυα αυτοκινητοδρόμων και σιδηροδρόμων με άμεση πρόσβαση στις χώρες της Νοτιοανατολικής Ευρώπης. Από το 2001, το λιμάνι χειρίζεται εμπορευματοκιβώτια καθώς και συμβατικά φορτία, λειτουργώντας την ελεύθερη ζώνη του λιμένα σύμφωνα με τη φορολογική και τελωνειακή νομοθεσία που ισχύει σήμερα με άδεια του Εγκεκριμένου Οικονομικού Φορέα (ΑΕΟ). Προσφέρει αξιόπιστη και οικονομικά αποδοτική λύση logistics και εξυπηρετεί επιβάτες μέσω

κρουαζιερόπλοιων και γενικώς πλοίων. [34] Ενώ, λόγω της εξίσου μεγάλης κινητικότητας του λιμανιού, η συνεισφορά στην ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής αλλά και γενικότερα της χώρας είναι αναμενόμενη. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων που καταγράφηκαν το 2019 ήταν:  $\text{NO}_2$   $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{NO}$   $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{O}_3$   $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{SO}_2$   $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{CO}$   $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{PM}_{10}$   $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και  $\text{PM}_{2.5}$   $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Το 2020, βέβαια, οι τιμές των αντίστοιχων συγκεντρώσεων των ρύπων κυμάνθηκαν:  $\text{NO}_2$   $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{NO}$   $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{O}_3$  δεν εντοπίστηκε,  $\text{SO}_2$   $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{CO}$  δεν εντοπίστηκε,  $\text{PM}_{10}$   $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και  $\text{PM}_{2.5}$   $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Με βάση τις τιμές αυτές για το 2019 και για το 2020 σε συνδυασμό με τον Πίνακα 1, ο οποίος πίνακας μας δίνει της ετήσιες οριακές τιμές συγκέντρωσης κάθε ρύπου, παρατηρούμε ότι το 2019 το  $\text{NO}_2$  ξεπέρασε την ετήσια οριακή τιμή του, καθώς αντίστοιχα το 2020 το  $\text{CO}$  ξεπέρασε την ετήσια οριακή τιμή του. Βέβαια, και τις δύο χρονιές όπως βλέπουμε, οι ρύποι  $\text{PM}_{10}$  και  $\text{PM}_{2.5}$  υπερβαίνουν τις ετήσιες οριακές τιμές κατά πολύ. Όποτε θα μπορούσαμε να πούμε ότι και το 2019 με  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  και  $\text{PM}_{2.5}$  αλλά και το 2020 με  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$  και  $\text{PM}_{2.5}$  επιδεινώθηκε η ήδη υπάρχουσα ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής, προκαλώντας αρνητικές επιπτώσεις όχι μόνο στο περιβάλλον αλλά κυρίως στις ευαίσθητες ομάδες ατόμων που μένουν κοντά στο λιμάνι.





Εικόνα 19-20. Το λιμάνι Θεσσαλονίκης(Thessaloniki).

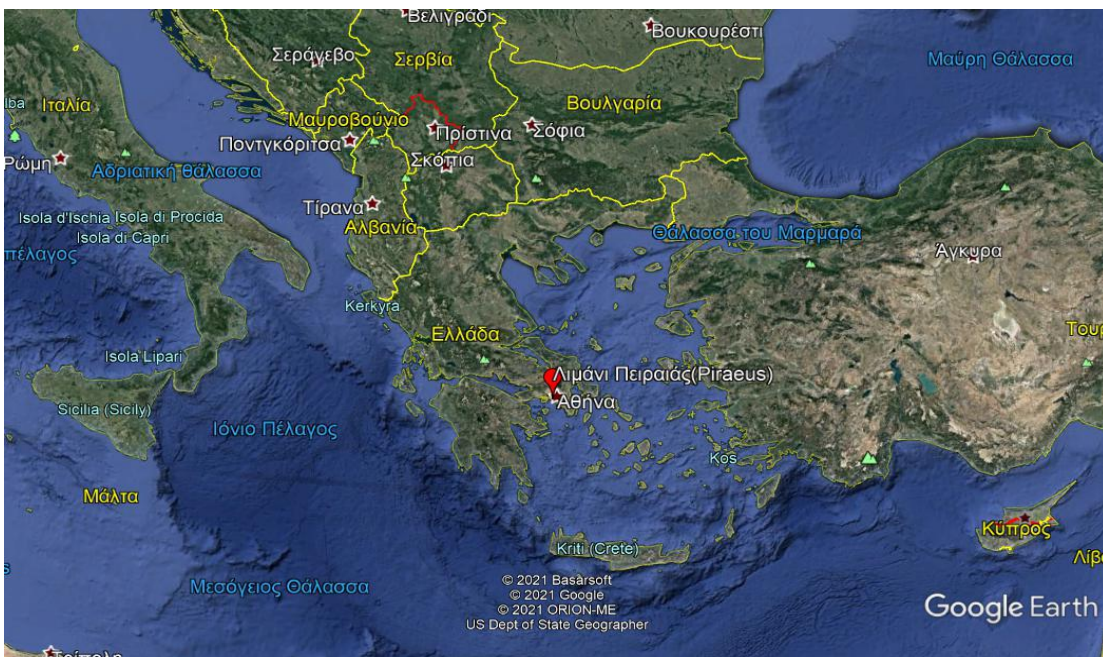
Ωστόσο, το μεγαλύτερο και σημαντικότερο λιμάνι της Ελλάδας και το κύριο λιμάνι της Αθήνας είναι ο Πειραιάς(Piraeus), όπως προαναφέρθηκε. Ενώ, όσον αφορά την Ευρώπη θεωρείται ως ένα από τα μεγαλύτερα και τα πιο πολυσύχναστα λιμάνια, με περίπου 20 εκατομμύρια επιβάτες να περνούν κάθε χρόνο. Βρίσκεται στον Σαρωνικό κόλπο στις δυτικές ακτές του Αιγαίου και καθημερινά εκτελούνται δρομολόγια με πλοίο από το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus) προς τα νησιά του Σαρωνικού, τις Κυκλάδες, την Κρήτη, τα Δωδεκάνησα και τα νησιά του Βορείου Αιγαίου.

Το 2007, το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus) διαχειρίστηκε 20121916 τόνους φορτίου και 1373138 TEUs, καθιστώντας το, το πιο πολυσύχναστο λιμάνι φορτίου στην Ελλάδα και το μεγαλύτερο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων της Ανατολικής Μεσογείου. Βέβαια, μετά την ιδιωτικοποίησή του το 2009, ο χειρισμός εμπορευματοκιβωτίων του λιμένα αυξήθηκε ραγδαία, φτάνοντας τα 5.65 εκατομμύρια TEUs μέχρι το 2019. Καθώς, το 2014, ο Πειραιάς (Piraeus) κατατάχθηκε ως το πιο πολυσύχναστο λιμάνι επιβατών στην Ευρώπη με σχεδόν 18.6 εκατομμύρια επιβάτες και την επόμενη χρονιά, το 2015, κατέλαβε τη 8<sup>η</sup> θέση στην Ευρώπη και τη 3<sup>η</sup> στη Μεσόγειο θάλασσα. Τον Απρίλιο του 2016 όμως, το λιμάνι πήρε τη 39<sup>η</sup> θέση παγκοσμίως όσον αφορά τη χωρητικότητα των εμπορευματοκιβωτίων.

Σήμερα, το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus) ανήκει κατά πλειοψηφία στην China COSCO Shipping (διάδοχος της China Ocean Shipping (Group) Company (COSCO)), η οποία αποτελεί τη 3<sup>η</sup> μεγαλύτερη εταιρεία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο.



Αξιοσημείωτο είναι, ότι με την επένδυση της COSCO πριν, φυσικά, αποκτήσε το μεγαλύτερο ποσοστό του λιμανιού, το 2006 ο Πειραιάς(Piraeus) έσπασε το ρεκόρ των 1.5 εκατομμυρίων TEUs που διαχειρίστηκε μέχρι το 2011. Η COSCO χειρίστηκε τα 1.18 εκατομμύρια TEUs, ενώ οι Έλληνες χειρίστηκαν 500000 TEUs. Το 2009, ωστόσο, λόγω της οικονομικής κρίσης μειώθηκε ο όγκος των TEUs σε 450000 για ολόκληρο το λιμάνι. Τέλος, το 2020 και κατέχοντας πλέον η COSCO το μεγαλύτερο ποσοστό του λιμανιού, ο Πειραιάς(Piraeus) κατάφερε να χειριστεί 5.437 εκατομμύρια TEUs. [35]



Εικόνα 21-22. Το λιμάνι Πειραιάς(Piraeus).

## Ιστορία του λιμανιού

Η ιστορία του Πειραιά(Piraeus) φαίνεται να εντοπίζεται στο 490 π.Χ., όταν οι Αθηναίοι συνειδητοποίησαν τη στρατηγική σημασία του λιμανιού βαθέων υδάτων και το μετέτρεψαν σε στρατιωτικό λιμάνι. Χτίστηκαν ναυπηγεία και δημιουργήθηκαν τεράστιες οχυρώσεις για να φιλοξενήσουν τον ισχυρό αθηναϊκό στόλο, μετατρέποντας έτσι το λιμάνι σε μια από τις ισχυρότερες ναυτικές βάσεις στο Αιγαίο Πέλαγος.

Το μεγαλείο του λιμανιού έφτασε στο αποκορύφωμά του κατά τη διάρκεια της Αθηναϊκής Χρυσής Εποχής. Όμως, μετά τον Πελοποννησιακό πόλεμο, ο Πειραιάς(Piraeus) υπέστη την ίδια μοίρα με την Αθήνα και έπεσε στον έλεγχο της Σπάρτης. Πολλά πολεμικά πλοία κήκαν, μερικές από τις οχυρώσεις εξοντώθηκαν, ενώ άλλες κατεδαφίστηκαν.

Έπειτα, το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus) άρχισε να παρακμάζει, καθώς υπέφερε, κατά τη Βυζαντινή εποχή, από τους Βενετούς. Η πόλη έχασε ακόμα και το αρχαίο της όνομα και έγινε γνωστή ως Πόρτο Λεόνε(το λιμάνι του λιονταριού), ένα όνομα που αποδόθηκε από τους Φράγκους. Με την άφιξη των Οθωμανών Τούρκων το 1456, το λιμάνι τέθηκε υπό κατοχή και παρέμεινε αχρησιμοποίητο, εκτός από ορισμένες μικρές εμπορικές συναλλαγές.

Ωστόσο, μετά τη δημιουργία του Νεοελληνικού Κράτους μετά τον Ελληνικό Πόλεμο της Ανεξαρτησίας και με την ίδρυση της Αθήνας(Athens) ως πρωτεύουσας του Ελληνικού Κράτους το 1832, το λιμάνι εισήλθε σε μια νέα φάση ανάπτυξης, μετατρέποντας τη μικρή πόλη του Πειραιά(Piraeus) σε ένα κέντρο βιομηχανικής και εμπορικής δραστηριότητας. Ο Πειραιάς(Piraeus) ήταν τότε το κέντρο των μεταφορών και της οικονομίας για όλη την Ελλάδα.

Η εγγύτητα του λιμανιού με την Αθήνα(Athens), ως πρωταρχική γεωγραφική θέση πλέον στο Αιγαίο, η κατασκευή της σιδηροδρομικής γραμμής Αθηνών-Πειραιά καθώς και η δημιουργία του καναλιού Κορίνθου το 1893, έδωσαν τεράστια ώθηση στην ανάπτυξη του λιμανιού, καθιστώντας το, το πιο στρατηγικά σημαντικό από ποτέ. Στο λιμάνι πραγματοποιήθηκαν μαζικές εργασίες. Άρχισαν οι εργασίες βυθοκόρησης, προστέθηκαν μόνιμες στεγνές αποβάθρες, προστέθηκαν νέα κτίρια και εκσυγχρονίστηκαν οι εγκαταστάσεις.

Αργότερα, το 1911 ιδρύθηκε στον Πειραιά(Piraeus) μια λιμενική επιτροπή που είχε ως στόχο τον έλεγχο της κατασκευής και συντήρησης του λιμένα, ενισχύοντας την αποτελεσματική διαχείριση και ανάπτυξη του λιμανιού. Όμως, ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος προκάλεσε οπισθοδρόμηση στις αναπτυξιακές δραστηριότητες και τόσο το λιμάνι όσο και η πόλη υπέστησαν πολλές ζημιές, οι οποίες μετά τον πόλεμο, αποκαταστάθηκαν και προστέθηκαν νέες εγκαταστάσεις μετά το 1955.

Βέβαια, 55 χρόνια μετά και συγκεκριμένα τον Ιούνιο του 2010 άρχισε να λειτουργεί ο τερματικός σταθμός εμπορευματοκιβωτίων της λιμενικής αρχής, έχοντας προβλεπόμενη ετήσια χωρητικότητα 1000000 TEUs. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός του περιλάμβανε επτά γερανούς, ένα Mobile Crane(κινητός γερανός) και οκτώ RMGs(Rail-mounted gantry = Ράγα τοποθετημένη σε ασφάλινο σκελετό), ενώ διέθετε ακόμα τρεις κουκέτες.

Σήμερα, το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus) έχει αναδειχθεί ως το μεγαλύτερο λιμάνι στην Ελλάδα και ένα από τα μεγαλύτερα της Ευρώπης. Ενώ, είναι το 3<sup>ο</sup> μεγαλύτερο στον κόσμο όσον αφορά τη μεταφορά επιβατών, μεταφέροντας περίπου 20 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως. Το κεντρικό λιμάνι προσφέρει υπηρεσίες πορθμείων σε σχεδόν όλα τα μεγάλα ελληνικά νησιά, καθώς το λιμάνι επιβατών έχει πραγματοποιήσει αρκετές εξελίξεις με στόχο τη βελτίωση της αισθητικής και την παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας στους επιβάτες. Ακόμα, το δυτικό τμήμα του λιμανιού χρησιμοποιείται για υπηρεσίες μεταφοράς εμπορευμάτων.

Ο Πειραιάς(Piraeus), εδώ και κάποια χρόνια, βρίσκεται στην κορυφή των λιμένων της Ανατολικής Μεσογείου όσον αφορά την κυκλοφορία φορτίου. Εκτός αυτού, αποτελεί το μεγαλύτερο ναυτιλιακό κέντρο της Ελλάδας, καθώς και το επίκεντρο της εμπορικής ναυτιλίας στη χώρα. [36] , [37]

### Επεκτάσεις και συνεχής ανάπτυξη

Ξεκινώντας κανείς από τις εγκαταστάσεις του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων στο λιμάνι του Πειραιά(Piraeus), εντυπωσιάζεται από τον υπάρχοντα εξοπλισμό εκεί. Τεράστιοι μπλε γερανοί στις προβλήτες II και III που μεταφέρουν συνεχώς αμέτρητα κοντέινερς των 20 TEUs, τα οποία τοποθετούνται σε γιγαντιαίους πύργους. Είναι ουσιαστικά ένα σύγχρονο λιμάνι, όπου τα τελευταία χρόνια ειδικά η μεταφόρτωση

των εμπορευμάτων έχει υπερδιπλασιαστεί. Συγκεκριμένα, το 2017 είχε διακίνηση 3.691 εκατομμυρίων κοντέινερς TEUs από 3.471 εκατομμύρια το 2016. Ενώ, μόνο το 2018, η διοίκηση θεώρησε εφικτό να αυξήσει τη διακίνηση εμπορευμάτων κατά 35%.

Ειδικότερα μέσω της προβλήτας III, εξυπηρετούνται ταυτόχρονα δύο gigacarriers(γιγάντιους-φορείς), των οποίων η δυναμικότητα μεταφοράς φτάνει τα 20000 εμπορευματοκιβωτίων 20 TEUs. Παράλληλα σε εβδομαδιαία βάση, αναχωρούν δεκαέξι με δεκαοκτώ εμπορευματικές αμαξοστοιχίες, έχοντας ως αφετηρία τον Πειραιά(Piraeus). Έτσι, το λιμάνι κατατάχθηκε ως το ευρωπαϊκό κέντρο στον κόσμο της ναυτιλίας, αφού μετατράπηκε σε ένα από τα μεγαλύτερα κέντρα ανακατανομής φορτίου καθώς και σε ένα από τα μεγαλύτερα κέντρα της περιφέρειας σε Logistics Services, ενώ παράλληλα υλοποιήθηκε το πρόγραμμα διασύνδεσης θαλάσσιων και χερσαίων γραμμών μεταξύ Ευρώπης και Κίνας. Χαρακτηριστικό είναι, πως πλέον η σιδηροδρομική μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων από τον Πειραιά(Piraeus) προς την Κεντρική Ευρώπη, μέσω ΠΓΔΜ και Σερβίας, έχει διάρκεια περίπου δύο ημέρες, γρηγορότερα δηλαδή, από τον χρόνο που χρειάζεται ένα εμπορικό πλοίο, το οποίο έρχεται από την Ασία, διασχίζει το Σουέζ, τη Μεσόγειο και μέσω τα στενών του Γιβραλτάρ και της Ισπανίας, κάνοντας με άλλα λόγια τον κύκλο της Ευρώπης, να καταπλεύσει και να ξεφορτώσει σε κάποιο λιμάνι της Βόρειας Ευρώπης π.χ. του Rotterdam(Ροτερνταμ) ή του Hamburg(Αμβούργου).

Ύστερα από όλες αυτές τις βελτιώσεις, ο Πείραια(Piraeus) βρίσκεται πλέον στη 7<sup>η</sup> θέση ανάμεσα στα 20 μεγαλύτερα ευρωπαϊκά εμπορικά λιμάνια, ενώ ανέβηκε έξι θέσεις πιο πάνω στην παγκόσμια κατάταξη των εμπορικών λιμανιών κατακτώντας τη 38<sup>η</sup> θέση διεθνώς το 2017, από τη 44<sup>η</sup> θέση που βρισκόταν το 2016. Βέβαια, το 2018 το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus) κινήθηκε ακόμα υψηλότερα, αφού ήταν εντός των πλάνων για τρεις μεγάλες παγκόσμιες συμμαχίες των τακτικών γραμμών. Επίσης, στις αρχές του 2019 με την ολοκλήρωση των έργων στην προβλήτα III, η συνολική χωρητικότητα και των τριών προβλητών ανήλθε στα 7.2 εκατομμύρια κοντέινερς (TEUs).

Η COSCO με το επενδυτικό πρόγραμμα, το οποίο αναπτύσσεται συνεχώς, έχει στόχο να αναβαθμίσει ακόμα περισσότερο τον Πειραιά(Piraeus) ως κεντρική πύλη του ευρωασιατικού εμπορίου, αφού μετά το Σουέζ αποτελεί το δεύτερο ευρωπαϊκό

λιμάνι. Ωστόσο, η κινεζική επένδυση αυτή έχει δώσει τεράστια αξία και σε όλη τη γύρω περιοχή, προσελκύνοντας, ταυτόχρονα, το επενδυτικό ενδιαφέρον ελληνικών και ξένων εταιρειών για τη δημιουργία συνεδριακών κέντρων, ξενοδοχειακών μονάδων και εμπορικών χώρων στους τερματικούς κρουαζιέρας. Επιπλέον, η θυγατρική μονάδα της ναυτιλιακής εταιρείας COSCO, η COSCO Pacific, έλαβε πρόσφατα έγκριση από το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus), για να επενδύσει επιπλέον 285 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ στις εγκαταστάσεις χειρισμού εμπορευματοκιβωτίων, κάτι το οποίο είναι πολύ θετικό για την πορεία του λιμανιού τα επόμενα χρόνια. [38]

Τέλος, εν έτη 2021, έγινε η πρώτη ολοκληρωμένη μελέτη από το εργαστήριο Αστικού Περιβάλλοντος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με σκοπό την ανάπτυξη της κρουαζιέρας στον Πειραιά(Piraeus) σε σχέση με την άνοδο των έργων επέκτασης καθώς και τα οικονομικά και περιβαλλοντικά δεδομένα του λιμανιού. Η κίνηση αυτή θα επιφέρει πολλά κέρδη στο λιμάνι, ενώ πολύ πιθανόν να το ανεβάσει ακόμα και θέση στην παγκόσμια κατάταξη των λιμανιών. [39]

### Κινητικότητα του λιμανιού-Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus) είναι μια από τις μεγαλύτερες πύλες φορτίου στην Ευρώπη. Κάθε χρόνο, περισσότερα από 5 εκατομμύρια εμπορευματοκιβώτια φορτίου και 20 εκατομμύρια επιβάτες διέρχονται από το μεγαλύτερο λιμάνι της Ελλάδας. Ωστόσο, ενώ η τοποθεσία του είναι ακριβώς στη μέση του Πειραιά(Piraeus) με αποτέλεσμα την οικονομική ανάπτυξη της πόλης, έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Στην Ελλάδα, από το 1990, παρατηρήθηκαν, βέβαια, μειώσεις των εκπομπών των ρύπων. Συγκεκριμένα, οι μειώσεις αυτές κυμάνθηκαν κατά 11% για NO<sub>x</sub>, 7% για PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, ενώ για SO<sub>x</sub> έως και 47%. Το 2018, οι εκπομπές ρύπων αντιπροσώπευαν το 70% των NO<sub>x</sub>, το 16% των NMVOCs(πτητικές οργανικές ενώσεις μη μεθανίου), το 78% των σωματιδίων (PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>10</sub>) και το 98% των εκπομπών SO<sub>x</sub> παρά τους κανονισμούς για τη μείωση της περιεκτικότητας σε καύσιμα θείου με βάση την Οδηγία 2016/802/EK. Το 2019, ωστόσο, οι μέσες ετήσιες τιμές των συγκεντρώσεων των κύριων ρύπων ήταν: NO<sub>2</sub> 63 μg/m<sup>3</sup>, O<sub>3</sub> 37 μg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> 10 μg/m<sup>3</sup>, CO 0.5 μg/m<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> 36 μg/m<sup>3</sup> και PM<sub>2.5</sub> 18 μg/m<sup>3</sup>. Ενώ, το 2020, οι ρύποι

αυτοί αντίστοιχα κυμάνθηκαν:  $\text{NO}_2$  55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{O}_3$  38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{SO}_2$  9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{PM}_{10}$  30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  και  $\text{PM}_{2.5}$  15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , καθώς CO δε βρέθηκε στην ατμόσφαιρα. [40]

Η εκτίμηση των εκπομπών του λιμένα του Πειραιά(Piraeus) είναι σημαντική όσον αφορά τον έλεγχο εκπομπών και τη μείωση της ποιότητας του αέρα, δεδομένου ότι οι λιμενικές δραστηριότητες επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα της πόλης. Για τον λόγο αυτό, τα εθνικά αποθέματα των αερίων του θερμοκηπίου και των ατμοσφαιρικών ρύπων απαιτούν λεπτομερείς υπολογισμούς εκπομπών κατά την κίνηση των πλοίων. Αυτό, όμως, συχνά δεν είναι δυνατό λόγω της έλλειψης λεπτομερών και αξιόπιστων δεδομένων των δραστηριοτήτων κάθε πλοίου. Μέχρι στιγμής έχουν πραγματοποιηθεί μόνο δύο εργασίες που σχετίζονται με τις εκπομπές των πλοίων από το λιμάνι του Πειραιά(Piraeus), συμπεριλαμβανομένου του λιμένα επιβατών του Πειραιά το 2008–2009 και του τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων για το έτος 2006. Από τότε, η επέκταση του λιμανιού ήταν τεράστια καθώς και η εξέλιξη των κατηγοριών πλοίων και εν μέρει η διαδικασία υπολογισμού των εκπομπών.

Στόχος, τα επόμενα χρόνια, είναι το λιμάνι να συνεχίσει να αναπτύσσεται με τον τρέχοντα ρυθμό ή με ακόμα μεγαλύτερο ρυθμό, αλλά με τρόπο που να αφήνει το μικρότερο δυνατό περιβαλλοντικό αποτύπωμα στον Πειραιά(Piraeus) και στους γύρω δήμους της Αθήνας(Athens). Χρησιμοποιώντας προηγμένα τεχνολογικά και ψηφιακά εργαλεία θα μπει το λιμάνι σε μια εποχή όπου οι περιβαλλοντικοί στόχοι και η ανάπτυξη του θα μπορούν να προχωρήσουν αρμονικά. Η Αρχή Λιμένα Πειραιώς Α.Ε. (PPA SA) διερευνά, επίσης, τα εναλλακτικά καύσιμα πλοίων όπως το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) και το ηλεκτρικό ρεύμα, για να μειώσει το αποτύπωμα άνθρακα και να μετριάσει τις επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα αλλά και στο περιβάλλον. Ήδη από τη 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2020, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΔΝΟ) επέβαλε παγκόσμια οριακή τιμή συγκέντρωσης θείου 0.5% στα καύσιμα. Ενώ, σκοπεύει να μειώσει την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, από το 2008 που έχει ξεκινήσει η προσπάθεια αυτή, κατά 50% έως το 2050. [41] , [42] , [43]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ-ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Αφού είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο τη συνεισφορά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα σε τοπική κλίμακα και συγκεκριμένα στη χώρα μας, την Ελλάδα, σημαντικό είναι τώρα να μιλήσουμε για το πώς συσχετίζεται η ναυτιλία-ναυσιπλοΐα με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Να μελετήσουμε τα είδη πλοίων που υπάρχουν και τι ρύπους εκπέμπουν, εστιάζοντας κυρίως στον υπολογισμό των ρύπων αυτών ανάλογα το είδος του πλοίου, το οποίο θέτει ένα μικρό λιθαράκι στην ήδη υπάρχουσα ατμοσφαιρική ρύπανση.

Αρχικά, η ναυτιλία-ναυσιπλοΐα έχει συντελέσει σημαντικά στην παγκόσμια ανθρωπογενή εκπομπή αερίων και σωματιδιακών ρύπων. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, οι εκπομπές καυσαερίων από πλοία συμβάλλουν στο 15% των παγκόσμιων εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), στο 3-7% των αντίστοιχων εκπομπών οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) και στο 3% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Βέβαια, το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί κατά 20 – 50% έως το 2050, καθώς ο τομέας της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας αναπτύσσεται συνεχώς, αφού πλέον σχεδόν το 90% των εμπορευμάτων διακινείται με πλοία. [44]

Ωστόσο, η ιστορία της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας ή αλλιώς των λεγόμενων θαλάσσιων μεταφορών κάνει την αρχή της στην αρχαιότητα, στην εποχή του μονόξυλου. Με την πάροδο του χρόνου όμως, τα πλοία εξελίχθηκαν και αναπτύχθηκαν, αποτελώντας μια γιγαντιαία ανθρώπινη αλλά και οικονομική δραστηριότητα. Οι άνθρωποι, φυσικά, τότε δεν μπορούσαν να ξεχωρίσουν τα πλοία και όταν αναφέρονταν σε κάποιο πλοίο, εννοούσαν κάθε πλεούμενο που μεταφέρει φορτίο, οποιουδήποτε είδους, στη θάλασσα. Έτσι, κάλυπταν τις εμπορικές και γεωγραφικές ανάγκες της χώρας τους. Αργότερα, βέβαια, ξεπέρασαν τα γεωγραφικά τους όρια, καθώς επεκτάθηκαν στην ευρύτερη περιοχή, καταλήγοντας τελικά στη διεθνή μορφή που διατηρούν μέχρι και σήμερα.

Κατά το πέρας των χρόνων όμως, η ανάγκη διαχωρισμού τους έγινε εμφανής. Ο διαχωρισμός αυτός, έγινε με βάση κάποιους παράγοντες π.χ. τον προορισμό τους, το υλικό κατασκευής τους, το μέσο προώσεως τους κτλ. Να σημειωθεί, ότι κατά κάποιο τρόπο οι διαφορετικές κατηγορίες και τύποι των πλοίων ήρθαν και ως φυσιολογικό αποτέλεσμα της τεράστιας βιομηχανικής ανάπτυξης, κυρίως των τελευταίων ετών

στην οποία οφείλεται η μεγάλη ποικιλία των βιομηχανικών προϊόντων που μπορούν να μεταφερθούν με πλοία. Τα προϊόντα αυτά συνήθως είναι πρώτες ύλες, υλικά λειτουργίας και συντήρησης των βιομηχανικών μονάδων (π.χ. καύσιμα) και φυσικά προϊόντα που προορίζονται για το εμπόριο. Οπότε, για τη μεταφορά των φορτίων αυτών είναι απαραίτητη η ύπαρξη διαφορετικών τύπων πλοίων.

#### 4.1 Τύποι Πλοίων

Τα εμπορικά πλοία διαχωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Φορτηγά πλοία(Cargo ships): Για τη μεταφορά φορτίων π.χ. στερεά, υγρά και υγροποιημένα, καθώς και μικτά.
2. Επιβατηγά πλοία(Passenger ships): Για τη μεταφορά κυρίως επιβατών. Ενώ, σε κάποιες περιπτώσεις μεταφέρουν και οχήματα(φυσικά σε ένα συγκεκριμένο χώρο του πλοίου), αλλά και κάποιες ποσότητες εμπορευμάτων.
3. Ειδικού προορισμού πλοία(Special purpose ships): Για ειδικούς σκοπούς π.χ. αλιεία, τοποθέτηση καλωδίων, επιστημονικές έρευνες, αναψυχή κτλ.
4. Πλοία Βοηθητικής Ναυτιλίας(Assistant ships): Για χρήση είτε σε συγκεκριμένες περιοχές π.χ. ποτάμια, λίμνες, είτε με σκοπό να βοηθούν και να εξυπηρετούν τα πλοία των υπόλοιπων κατηγοριών. Τέτοια πλοία είναι τα ρυμουλκά, τα ναυαγοσωστικά, οι πλοηγίδες, οι φορτηγίδες, οι πλωτές δεξαμενές και γερανοί, οι βυθοκόροι κτλ.

Βέβαια, δε θα πρέπει να ξεχνάμε ότι μια κατηγορία ξεχωριστή από τα εμπορικά πλοία είναι και αυτή των πολεμικών, τα οποία κατασκευάζονται για στρατιωτική χρήση όπως π.χ. μάχιμες μονάδες του πολεμικού ναυτικού, βοηθητικά πλοία του στόλου (π.χ. εκπαιδευτικά, πετρελαιοφόρα στόλου, πλοία ανεφοδιασμού κ.α) καθώς και μικρά περιπολικά του λιμενικού και πλοία δίωξης λαθρεμπορίου. Γενικά, όλα τα πλοία που χρησιμοποιούνται με τον οποιοδήποτε τρόπο με σκοπό την άσκηση ελέγχου και αστυνόμευσης ακτών και θαλασσών. [45] , [46]



#### 4.1.1 Φορτηγά πλοία(Cargo ships)

Τα φορτηγά πλοία είναι ένας τύπος πλοίων που μεταφέρουν βαριά εμπορεύματα, αγαθά και υλικά από το ένα λιμάνι στο άλλο. Χειρίζονται το μεγαλύτερο μέρος των υπηρεσιών του διεθνούς εμπορίου, καθώς είναι ειδικά σχεδιασμένα και συχνά εξοπλισμένα με γερανούς και άλλους μηχανισμούς φόρτωσης και εκφόρτωσης, για την εργασία αυτή. Σήμερα, η ύπαρξη αυτού του τύπου πλοίων έχει καταστήσει τη ναυτιλία, ως τον καλύτερο τρόπο μεταφοράς εμπορικών αγαθών και κάθε είδους επιχείρησης. Αυτό συμβαίνει, επειδή είναι πολύ ασφαλές στον χειρισμό ευαίσθητων υλικών και είναι αρκετά φθηνό.

Υπάρχουν, κυρίως, τρία διαφορετικά είδη φορτηγών πλοίων και ταξινομούνται με βάση το φορτίο που μεταφέρουν:

- Τα φορτηγά πλοία ξηρού φορτίου,
- Τα φορτηγά πλοία υγρού φορτίου και
- Τα φορτηγά πλοία συνδυασμένων μεταφορών.

Τα φορτηγά πλοία ξηρού φορτίου διακρίνονται σε πλοία μεταφοράς γενικών φορτίων (general cargo) και σε πλοία που μεταφέρουν χύμα ομοειδή φορτία(bulk carrier). Τα πλοία γενικού φορτίου στη σημερινή εποχή αποτελούνται από τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων(containership). Επίσης, πλοία γενικού φορτίου είναι και τα πλοία μεταφοράς οχημάτων (Roll-On/Roll-Off), αφού έχουν σχεδιαστεί για να μεταφέρουν τροχοφόρα φορτία, όπως αυτοκίνητα, φορτηγά, ημιρυμουλκούμενα φορτηγά κ.α, τα οποία μπορούν να μπουν μέσα στο πλοίο και να ξεφορτώσουν ακόμα και φορτίο.

Απ' την άλλη πλευρά, τα πλοία που μεταφέρουν χύμα ομοειδή φορτία αποτελούν τον τύπο πλοίου που μεταφέρει φορτία σε μεγάλες ποσότητες και συνήθως χωρίς ειδική συσκευασία σε αυτά. Από την ίδρυσή τους στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, τα πλοία αυτά έχουν φέρει επανάσταση και εκσυγχρονισμό, διευκολύνοντας τους ιδιοκτήτες και τους χειριστές τους, τουλάχιστον προς στιγμήν. [46]



Εικόνα 23. Φορτηγό πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων(containership).



Εικόνα 24. Φορτηγό πλοίο μεταφοράς οχημάτων (Roll-On/Roll-Off).



Εικόνα 25.Φορτηγό πλοίο μεταφοράς χύμα ομοειδή φορτίων(bulk carrier).

Τα φορτηγά πλοία υγρού φορτίου είναι τα λεγόμενα δεξαμενόπλοια(tanker), τα οποία ανάλογα με τον τύπο τους, μεταφέρουν αργό πετρέλαιο, βενζίνη, νάφθα κτλ, μέσω των δεξαμενών που διαθέτουν. Δεξαμενόπλοια θεωρούνται και τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αέριου πετρελαίου (Liquefied Petroleum Gases) καθώς και υγροποιημένου φυσικού αερίου (Liquefied Natural Gases). Ενώ, τα βυτιοφόρα, συνήθως, μεταφέρουν εμπορεύματα όπως φυτικά έλαια, μελάσα και κρασί. [46]



Εικόνα 26. Δεξαμενόπλοιο(tanker) ή και σε κάποιες περιπτώσεις, βυτιοφόρο.



Εικόνα 27. Πλοίο μεταφοράς υγροποιημένο αέριο πετρελαίου(Liquefied Petroleum Gases).



Εικόνα 28. Πλοίο μεταφοράς υγροποιημένο φυσικό αέριο (Liquefied Natural Gases).

Τέλος, τα φορτηγά πλοία συνδυασμένων μεταφορών είναι πλοία που έχουν ειδικά διαμορφωμένο το εσωτερικό των αμπαριών τους και γενικότερα του εξοπλισμού τους, ώστε να μπορούν να μεταφέρουν εναλλακτικά υγρά και ξηρά χύμα φορτία. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα Μεταλλευματοφόρα/Χύμα/Πετρελαιοφόρα (ore/bulk/oil carriers-O.B.O.) και τα Μεταλλευματοφόρα/Πετρελαιοφόρα(Ore/oil carriers).

Τα Μεταλλευματοφόρα/Χύμα/Πετρελαιοφόρα(ore/bulk/oil carriers-O.B.O.) έχουν κατασκευαστεί και ενισχυθεί, έτσι ώστε να μεταφέρουν άλλες φορές πετρέλαιο χύμα και άλλες χύμα στερεά φορτία, καθώς επίσης από πολύ βαριά μεταλλεύματα έως και πολύ ελαφριά φορτία. Για τον λόγο αυτό η συγκεκριμένη κατηγορία χαρακτηρίζεται και ως «πλοίο τριπλής χρήσης».

Όσον αφορά τα Μεταλλευματοφόρα/Πετρελαιοφόρα (Ore/oil carriers) είναι κατασκευασμένα, ώστε να μπορούν να φορτώνουν εναλλακτικά χύμα μετάλλευμα καθώς και χύμα πετρέλαιο, γι' αυτό και χαρακτηρίζονται ως «πλοίο διπλής χρήσης».  
[46] , [47]



Εικόνα 29. Πλοίο μεταλλευματοφόρο/χύμο/πετρελαιοφόρο(ore/bulk/oil carriers-O.B.O.).



Εικόνα 30. Πλοίο μεταλλευματοφόρο/πετρελαιοφόρο(Ore/oil carrier).

#### 4.1.2 Επιβατηγά πλοία(Passenger ships)

Τα επιβατηγά πλοία είναι τα εμπορικά πλοία που χρησιμεύουν, κυρίως, στη μεταφορά επιβατών ή και ταξιδιωτών. Τα πλοία αυτά εξυπηρετούν τους επιβάτες σε εθνικά ή διεθνή ταξίδια και μπορούν να είναι από πολύ μικρά όσο ένα γιοτ έως και πολύ μεγάλα όσο ένα γιγαντιαίο κρουαζιερόπλοιο.

Οι τρεις τύποι επιβατηγών πλοίων είναι τα επιβατηγά της ακτοπλοΐας, τα κρουαζιερόπλοια και τα υπερωκεάνια πλοία. Τα επιβατηγά της ακτοπλοΐας είναι πλοία που χρησιμεύουν για ημερήσιες ή βραδινές μετακινήσεις επιβατών και οχημάτων σε μικρές αποστάσεις. Τα κρουαζιερόπλοια, απ' την άλλη πλευρά, είναι μεγάλα επιβατηγά πλοία που χρησιμοποιούνται κυρίως για διακοπές. Ενώ, συνήθως προσφέρονται και για δύο έως τρεις διανυκτερεύσεις. Τέλος, τα υπερωκεάνια πλοία αποτελούν την παραδοσιακή μορφή επιβατηγών πλοίων. Παλαιότερα, αυτά τα σκάφη λειτουργούσαν σε προγραμματισμένα ταξίδια γραμμής σε όλα τα κατοικημένα μέρη του κόσμου. Με την έλευση, όμως, των αεροσκαφών που μεταφέρουν επιβάτες και των εξειδικευμένων φορτηγών πλοίων που μεταφέρουν φορτία, τα ταξίδια γραμμής σχεδόν εξαφανίστηκαν. [48] , [49] , [50]



Εικόνα 31. Πλοίο επιβατηγό της ακτοπλοΐας(Passenger ship).



Εικόνα 32. Κρουαζιερόπλοιο(cruise ship).



Εικόνα 33. Υπερωκεάνιο πλοίο(ocean liner).

#### 4.1.3 Ειδικού προορισμού πλοία (Special purpose ships)

Τα πλοία ειδικού προορισμού είναι πλοία, που χρησιμοποιούνται για λόγους ανάγκης γρήγορων μεταφορών και εξέλιξης της τεχνολογίας. Πλοία ειδικού προορισμού είναι συνήθως τα πλοία-ψυγεία(Refrigerated ship), τα αλιευτικά(Fishing boats), τα ωκεανογραφικά (Oceanographic ships), τα πλοία τοποθέτησης καλωδίων(Cable ships), τα εκπαιδευτικά (Training ships) καθώς και τα μετεωρολογικά (Meteorological ships).

Τα πλοία-ψυγεία(Refrigerated ship) αποτελούν ένα δημιούργημα για την κάλυψη ανάγκης μεταφοράς ευπαθών φορτίων σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς, όμως, να αλλοιώνεται η ποιότητά τους από τις αλλαγές κλίματος κατά τη διάρκεια του ταξιδιού καθώς και από τη μεγάλη χρονική διάρκεια που θα έμεναν εκτός συντήρησης λόγω των τεράστιων αποστάσεων που διανύει το πλοίο.

Απ' την άλλη πλευρά, τα αλιευτικά πλοία ασχολούνται εξ ολοκλήρου με την αλιεία και διακρίνονται σε πλοία ανοικτών και κλειστών θαλασσών, εσωτερικών υδάτων, καθώς και αλιευτικά που κινούνται κοντά σε ακτές. Τα αλιευτικά, επίσης, διαχωρίζονται ανάλογα με τον τρόπο διατήρησης και διαθέσεως του αλιεύματος σε:



1. Αλιευτικά που διαθέτουν το αλιεύμα όπως είναι, νωπό. Συνήθως είναι τα αλιευτικά των εσωτερικών υδάτων και τα παράκτια αλιευτικά.
2. Αλιευτικά που διαθέτουν το αλιεύμα τους υπό ψύξη μέχρι να επιστρέψουν στο λιμάνι. Συνήθως, είναι τα αλιευτικά των κλειστών θαλασσών.
3. Αλιευτικά που χαρακτηρίζονται και ως εργοστάσια, τα οποία με τις ανάλογες εγκαταστάσεις και εξοπλισμό, καθώς και επιστημονικό-τεχνικό προσωπικό, χρησιμεύουν στην επεξεργασία και στη συσκευασία του αλιεύματος, προκειμένου να διατεθεί άμεσα με τη μορφή κονσέρβας στα λιμάνια. Αυτά, συνήθως, είναι τα αλιευτικά ανοικτής θαλάσσης.
4. Εξειδικευμένη μορφή αλιευτικού πλοίου-εργοστασίου αποτελούν και τα φαλινοθηρικά πλοία, τα οποία κατασκευάστηκαν με στόχο την αλιεία και την επεξεργασία της φάλαινας. Τα φαλινοθηρικά πλοία έχουν μεγάλες διαστάσεις και κατέχουν ιδιαίτερη θέση στην αλιεία της φάλαινας σε χώρες όπως η Μεγάλη Βρετανία, η Νορβηγία, η Ιαπωνία κ.α. [51]



Εικόνα 34. Πλοίο-ψυγείο(refrigerated ship).



Εικόνα 35. Αλιευτικό πλοίο(fishing boat).

Ωκεανογραφικά είναι τα πλοία που διαθέτουν επιστημονικό εξοπλισμό για λόγους ερευνητικών αναγκών στην Επιστήμη της Ωκεανογραφίας αλλά και σε άλλους κλάδους όπως της Βιολογίας, της Φυσικής, της Χημείας κ.α. Στα ωκεανογραφικά γίνονται υδρογραφικές, ωκεανογραφικές, περιβαλλοντικές, αλιευτικές-ιχθυολογικές, ναυτικές καθώς και υποβρύχιες έρευνες ή και έρευνες στις αρκτικές περιοχές [52]

Όσον αφορά τα καλωδιακά πλοία, χαρακτηρίζονται τα πλοία ειδικής απασχόλησης, τα οποία διαθέτουν το ανάλογο τεχνικό εξοπλισμό πόντισης υποβρύχιων καλωδίων (cable bedding) για την κάλυψη επικοινωνιακών αναγκών, όπως τηλεγραφικά ή τηλεφωνικά καλώδια για τη σύνδεση διαφόρων σημείων της γης. Επιπλέον, έτσι χαρακτηρίζονται και τα πλοία που χρησιμεύουν στον έλεγχο, στη συντήρηση και την επισκευή ποντισμένων καλωδίων. Συνήθως, τα πλοία αυτά είναι κρατικά και λιγότερο ιδιωτικά. [53]



Εικόνα 36. Ωκεανογραφικό πλοίο(oceanographic ship).



Εικόνα 37. Καλωδιακό πλοίο(cable ship).

Σχετικά με τα εκπαιδευτικά πλοία, έχουν κατασκευαστεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς, έτσι ώστε να μπορούν να ασκηθούν δόκιμοι πλοίαρχοι και μηχανικοί του εμπορικού ναυτικού στο φυσικό περιβάλλον της μελλοντικής τους επαγγελματικής απασχόλησης. Υπάρχουν δύο τύποι εκπαιδευτικών πλοίων: αυτά που χρησιμοποιούνται για προπόνηση στη θάλασσα και πλοία που χρησιμοποιούνται για να στεγάζουν αίθουσες διδασκαλίας.

Τέλος, όσον αφορά τα μετεωρολογικά είναι πλοία που ασχολούνται με μετεωρολογικές παρατηρήσεις. Είναι, ως επί το πλείστον, κρατικά πλοία με πλήρη μετεωρολογικό εξοπλισμό για τη συλλογή και αξιοποίηση στοιχείων, βάσει των οποίων εκδίδονται τα μετεωρολογικά δελτία. Ενώ, παρέχουν και ναυαγοσωστικές

υπηρεσίες, λόγω του εξοπλισμού τους και του κατάλληλα εκπαιδευόμενου προσωπικού τους.



Εικόνα 38. Εκπαιδευτικό πλοίο(training ship).



Εικόνα 39. Μετεωρολογικό πλοίο(meteorological ship).

#### 4.1.4 Πλοία βοηθητικής ναυτιλίας (Assistant ships ή και auxiliary ships)

Τα πλοία βοηθητικής ναυτιλίας είναι πλοία, τα οποία δε μεταφέρουν ούτε φορτία αλλά και ούτε επιβάτες. Παρέχουν άλλου είδος υπηρεσίες, βοηθώντας τα υπόλοιπα πλοία για την ασφαλή και ομαλή διέλευσή τους. Τα πλοία αυτά αποτελούνται από: τα παγοθραυστικά(icebreakers), τα ρυμουλκά(tug boats), οι βυθοκόροι(dredges),

οι πλοηγίδες(pilot boats), τα φαρόπλοια (light vessels), οι πλωτοί γερανοί (floating derricks) καθώς και τα ναυαγοσωστικά (salvage boats). [54]

Τα παγοθραυστικά είναι πλοία ή και σκάφη που έχουν σχεδιαστεί για να κινούνται και να πλοηγούν σε νερά που καλύπτονται από πάγο και παρέχουν ασφαλείς πλωτές οδούς για άλλα σκάφη και πλοία.

Ενώ απ'την άλλη πλευρά, τα ρυμουλκά είναι μικρά μηχανοκίνητα πλοία με ισχυρές μηχανές για ρυμουλκήσεις ή και προώσεις. Υπάρχουν τα ρυμουλκά λιμανιού, τα ρυμουλκά ανοικτής θάλασσας, τα ρυμουλκά διώρυγας και τα ρυμουλκά δεξαμενών. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους αποτελεί η ειδική στερεά κατασκευή που βρίσκεται στο μέσον του καταστρώματος, η οποία χρησιμεύει για να δένεται το ρυμούλκιο από το ρυμουλκούμενο πλοίο. [55] , [56]



Εικόνα 40. Παγοθραυστικό πλοίο(icebreaker).



Εικόνα 41. Ρυμουλκό πλοίο(tug boat).

Οι βυθοκόροι ή βορβοραφάγοι είναι συνήθως πλωτά ναυπηγήματα χωρίς δική τους πρόωση. Χρησιμοποιούνται για εκβαθύνσεις, διανοίξεις, διαπλατύνσεις και γενικά για τον καθαρισμό των βυθών, την αξιοποίηση και διαμόρφωση των ακτών για την κατασκευή λιμενικών και τουριστικών έργων. Κάποια από τα είδη βυθοκόρων είναι οι βυθοκόροι με κουβά, οι βυθοκόροι που κόβουν και σκάβουν, οι βυθοκόροι εκσκαφείς, οι βυθοκόροι με χοάνη, οι βυθοκόροι που αποθηκεύουν σε κουτιά κ.α. [57]

Όσον αφορά τις πλοηγίδες, είναι πλοία ή και σκάφη που εξυπηρετούν, κυρίως, φορτηγά και επιβατηγά πλοία, ενώ χρησιμοποιούνται και για να μεταφέρουν τους πλοηγούς στα πλοία. Οι πλοηγίδες διαχωρίζονται με βάση: α)τον φορέα τους π.χ. κρατικές ή ιδιωτικές και β)το μέγεθός τους π.χ. μεγάλες ή ανοικτής θαλάσσης, μεσαίες και μικρές ή πλοηγίδες λιμένων, οι οποίες στην εποχή που ζούμε είναι πλέον μηχανοκίνητες. [58]



Εικόνα 42. Βυθοκόρος(dredge).



Εικόνα 43. Πλοηγίδα(pilot boat).

Τα φαρόπλοια είναι ένας ειδικός τύπος πλοίου, το οποίο στο κέντρο του και κατά το διάμηκες του καταστρώματος βρίσκεται ένας φάρος με τον ανάλογο μηχανισμό ή και ραδιοφάρος. Τα πλοία αυτά έχουν μόνιμη θέση με σταθερή αγκυροβολία, όπως και οι κοινοί φάροι ή οι επάκτιοι φάροι, των οποίων η θέση αναγράφεται στους ναυτικούς χάρτες, φαροδείκτες, πλοηγούς κτλ. Ακόμα, μέσω σημάτων αγκυροβολίας ή σημάτων ομίχλης που εκπέμπουν, δείχνουν ότι υπάρχει ανάγκη. Χρήση τέτοιου τύπου πλοίων γίνεται σε παράκτιες περιοχές όπου η κατασκευή μόνιμου φάρου δεν είναι εφικτή, ειδικότερα για προσεγγίζοντα πλοία από ανοικτή θάλασσα, όπως και σε περιοχές έντονης ναυτιλιακής κίνησης όπου υπάρχουν κίνδυνοι είτε μόνιμοι, είτε προσωρινοί, λόγω πιθανών έργων. [59]

Όσον αφορά τους πλωτούς γερανούς, είναι σκάφη που περιέχουν ανυψωτικά μηχανήματα, ικανά να πραγματοποιήσουν ειδικές εργασίες ανέγερσης και εκφόρτωσης.Ενώ, η ικανότητα ανέγερσης τους με έλασμα μπορεί να φτάσει και τους 500 τόνους. [60]

Τέλος, τα ναυαγοσωστικά είναι πλοία που παρέχουν βοήθεια σε άλλα πλοία που βρίσκονται σε κίνδυνο ή ανεγκύουν ναυάγια. Έχουν ιδιαίτερη κατασκευή και διαθέτουν ισχυρές μηχανές καθώς και εξειδικευμένο προσωπικό, ενώ είναι εφοδιασμένα με τα ανάλογα μέσα και εφόδια, έχοντας ως κύρια αποστολή και έργο την επιθαλάσσια αρωγή. [61]



Εικόνα 40. Φαρόπλοιο(light vessel).



Εικόνα 41. Πλωτός γερανός(floating derrick).





Εικόνα 42. Ναυαγοσωστικό(salvage boat).

#### 4.2 Εκπομπές Αέριων Ρύπων από τα Πλοία

Όλοι οι τύποι πλοίων που προαναφέρθηκαν έχουν δύο είδη μηχανών στο μηχανοστάσιο τους από τις οποίες εκπέμπονται οι ρύποι. Ο ένας τύπος μηχανής χαρακτηρίζεται ως κύρια και χρησιμοποιείται για τη βασική πρόωση του πλοίου, καθώς ο δεύτερος τύπος μηχανής είναι η βοηθητική μηχανή την οποία το πλοίο χρησιμοποιεί για τις βασικές του ανάγκες και την ενέργεια του πλοίου.

Μεγάλο ρόλο στην εκπομπή των ρύπων παίζουν η χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης για την καύση του καυσίμου και ο τύπος του καυσίμου. Οι κύριοι ρύποι, λοιπόν, που δημιουργούνται λόγω εσωτερικής καύσης είναι:

- Οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>),
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO),
- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και
- Αιωρούμενα σωματίδια (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) που περιέχουν και αιθάλη (Black Carbon).

Υπάρχουν, όμως, και ρύποι που δημιουργούνται ανάλογα τον τύπο του καυσίμου.

Αυτοί οι ρύποι που εκπέμπονται είναι οι εξής:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>),
- Οξειδία του θείου (SO<sub>x</sub>),

- Βαρέα μέταλλα και
- Αιωρούμενα σωματίδια ( $PM_{10}, PM_{2.5}$ ) σε μορφή θεικών.

Για να παραχθεί η απαραίτητη μηχανική ενέργεια και το πλοίο να μπορεί να κινηθεί η ναυτική μηχανή είναι σχεδιασμένη, έτσι ώστε να περνάει το οξυγόνο του αέρα από μέσα και να καίγονται τα καύσιμα. Με την καύση των καυσίμων εκπέμπονται καυσαέρια που προκύπτουν από την αποβολή της θερμικής ενέργειας. Τα καύσιμα είναι, συνήθως, υδρογονάνθρακες με ένα μικρό ποσοστό προσμίξεων από βαρέα μέταλλα και θείο. Η περιεκτικότητά του σε άνθρακα είναι περίπου 84.9 έως 87.4%, καθώς η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο εξαρτάται από τον τύπο του καυσίμου.

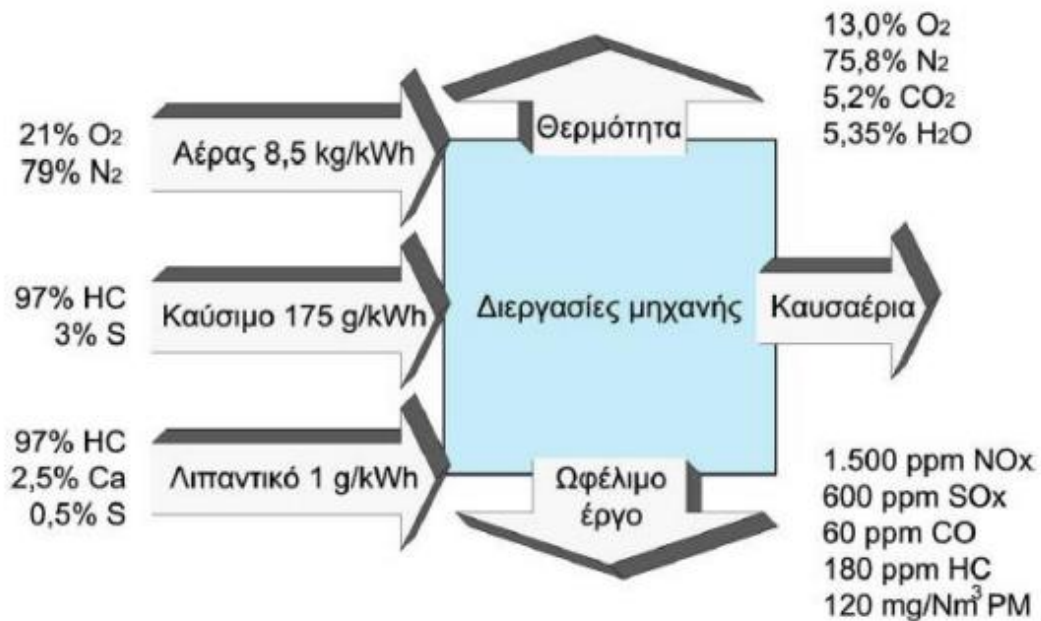
Οι ναυτικές μηχανές, ωστόσο, εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου και νερό σε μορφή υδρατμών, ενώ σε πολύ μικρότερο βαθμό εκπέμπουν μονοξείδιο του άνθρακα, άκαυστους υδρογονάνθρακες και αιωρούμενα σωματίδια.

Συνοπτικά, η παραγωγή του  $CO_2$  σε ιδανικές συνθήκες γίνεται λόγω τέλει καύσης του άνθρακα που περιέχεται στα καύσιμα, σε μια ναυτική μηχανή, όμως, οι συνθήκες είναι αόριστες με συνέπεια η καύση να είναι ατελής και να παράγονται περαιτέρω αιθάλη, μονοξείδιο του άνθρακα και άκαυστοι υδρογονάνθρακες.

Η εκπομπή  $SO_x$  από τις ναυτικές μηχανές οφείλεται στην περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο. Λόγω της οξειδωσης του θείου κατά την καύση της μηχανής, παράγονται τα οξείδια του θείου. Ένα από τα οξείδια που παράγονται το  $SO_3$  αντιδράει με το νερό που είναι σε μορφή υδρατμών και παράγονται σωματίδια θεικού οξέος.

Η εκπομπή  $NO_x$  δημιουργείται λόγω της περιεκτικότητας του ατμοσφαιρικού αέρα σε άζωτο. Αν και χημικά αδρανές σε φυσιολογικές συνθήκες, το άζωτο μέσα στις ναυτικές μηχανές που επικρατούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες αντιδρά με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα και παράγονται τα οξείδια του αζώτου.

Τέλος, τα PM χαρακτηρίζονται από τη σύνθεση ενός μίγματος οργανικών και ανόργανων ουσιών, όπου τα συστατικά τους είναι ατομικός άνθρακας, στάχτη, αιθάλη, άκαυστα σωματίδια καυσίμου και λιπαντικά έλαια, θειικά άλατα και υγρασία.



[62]

Εικόνα 43. Παραγωγή ρύπων ναυτικής μηχανής.



Εικόνα 44. Διάγραμμα ροής διαδικασίας εκπομπής αέριων ρύπων από τη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα.

#### 4.2.1 Συνεισφορά ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας στην ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ναυτιλία-ναυσιπλοΐα βάσει πολλών μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί, συνεισφέρει περίπου κατά 2.7% των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ξεκινώντας από το 2007, το ποσοστό εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα το οποίο προερχόταν από τη ναυτιλία ήταν 3.3%, δηλαδή 1046 εκατ. εκπεμπόμενοι τόνοι διοξειδίου του άνθρακα. Το 2012, ωστόσο, εκτιμήθηκε ότι το ποσοστό εκπομπής CO<sub>2</sub> για εκείνη τη χρονιά, από τη ναυτιλία ήταν 2.2%, δηλαδή 796 εκατ. εκπεμπόμενοι τόνοι διοξειδίου του άνθρακα. Μέσα σε περισσότερο από 5 χρόνια, ουσιαστικά, μειώθηκαν οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία κατά 1.1%.

Το μεγαλύτερο ποσοστό (έως και 80%), βέβαια, κατέχουν τα οξειδία του θείου (SO<sub>x</sub>) και αυτό γιατί οι εκπομπές των οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) εξαρτώνται από την περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο που χρησιμοποιεί το πλοίο. Είναι γνωστό ότι το καύσιμο των πλοίων περιέχει μεγάλα ποσοστά θείου σε σχέση με το πετρέλαιο κίνησης. Σήμερα, με βάση το Παράρτημα VI της MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships=Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία), τα ναυτιλιακά καύσιμα περιέχουν κατά ανώτατο όριο 3.5% κ.β. θείο ή 35000 ppm. Συγκριτικά, με το όριο σε θείο για το πετρέλαιο κίνησης που είναι 10 ppm, σύμφωνα με την οδηγία 2003/17/EK.

Ακολουθούν οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) (έως και 30%) οι οποίες εξαρτώνται από τον τρόπο καύσης του καυσίμου. Οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) δημιουργούνται από το άζωτο που περιέχει ο ατμοσφαιρικός αέρας και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που αναπτύσσεται μέσα στη μηχανή για την καύση του καυσίμου, γίνεται οξείδωση του αζώτου με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα.

Εν συνεχεία, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) εξαρτάται από τις συνθήκες της καύσης και δημιουργείται λόγω της ατελούς καύσης του καυσίμου (περίσσεια καυσίμου). Και τέλος, τα αιωρούμενα σωματίδια κατέχουν το μικρότερο ποσοστό παρόλο που εξαρτώνται, επίσης, από την περιεκτικότητα του θείου στο καύσιμο.

Παρακάτω, βρίσκεται ο Πίνακας 10 με τα εύρη της συνεισφοράς εκπομπής ρύπων από τη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα στις συνολικές εκπομπές.

Ρύπος	Συνεισφορά στις συνολικές εκπομπές (%)
SO <sub>x</sub>	0-80
NO <sub>x</sub>	0-30
CO,CO <sub>2</sub>	0-18
VOCs	0-5
PM <sub>2.5</sub>	0-5
PM <sub>10</sub>	0-4

Πίνακας 10. Εύρος της συνεισφοράς εκπομπής ρύπων από τη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα στις συνολικές εκπομπές. [62]

### 4.3 Μέθοδοι Υπολογισμού Εκπομπών Αέριων Ρύπων από τα Πλοία

#### 4.3.1 Απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού

Οι εκπομπές αέριων ρύπων από πλοία και σκάφη εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους, για τον λόγο αυτό αποτελούν περίπλοκη κατηγορία υπολογισμού εκπομπών. Ο υπολογισμός των εκπομπών γίνεται σε συνδυασμό με την απαιτούμενη ενέργεια του πλοίου εκφρασμένη σε κιλοβατώρες (kWh) και έναν συντελεστή εκπομπών σε μονάδες μάζας ρύπου ανά μονάδα ενέργειας από τον κινητήρα. Η εξίσωση υπολογισμού είναι:

$$E = E_{ENERGY} \times EF \quad [4.1]$$

όπου,

$$E_{ENERGY} = MCR \times LF \times Act \quad [4.2]$$

με,

**MCR** = Η μέγιστη συνεχής ονομαστική ισχύ (kW)

**LF** = Ο συντελεστής φορτίου λειτουργίας (Load Factor)

**Act** = Ο χρόνος λειτουργίας (hr)

Παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον υπολογισμό των εκπομπών αέριων ρύπων:

- Μέγιστη συνεχής ονομαστική ισχύ(kW)

Η μέγιστη συνεχής ονομαστική ισχύος (Maximum Continuous Rated Power, MCR Power) προκύπτει μέσω δοκιμών από τον κατασκευαστή του κινητήρα, μετρίεται σε (kW) και είναι η υψηλότερη τιμή ισχύος που μπορεί να πάρει ο κινητήρας ενός πλοίου με ένα μέσο φορτίο και σε συνθήκες θαλάσσης. Συνήθως, η μέγιστη τιμή συνεχούς ονομαστικής ισχύος είναι περίπου 83%, διότι σε υψηλότερες τιμές αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμων και η συντήρησης του κινητήρα είναι πιο ακριβή.

- Συντελεστής φορτίου

Ο συντελεστής φορτίου ισούται με τον λόγο της παραγόμενης ενέργειας του κινητήρα για μια δεδομένη ταχύτητα κινητήρα με συγκεκριμένη μέγιστη συνεχή ονομαστική ισχύ. Η εξίσωση υπολογισμού του συντελεστή φορτίου του κινητήρα είναι:

$$LF = (\text{Actual speed} / \text{Max speed})^3 \quad [4.3]$$

Σε κάποιες περιπτώσεις, βέβαια, ο συντελεστής φορτίου, ενώ συνήθως κυμαίνεται γύρω στο 83% της μέγιστης συνεχούς ονομαστικής ισχύος, υπάρχει πιθανότητα ξαφνικά να αυξηθεί, διότι το πλοίο μπορεί να πλέει με ταχύτητα πάνω από τη μέγιστη λόγω ευνοϊκών συνθηκών αέρα. Γι' αυτό και υπάρχει φραγμένο όριο στον συντελεστή φορτίου, ώστε να μην ξεπερνάει το 100%.

- Συντελεστές Εκπομπών

Οι συντελεστές εκπομπών διαθέτουν τιμές, οι οποίες δίνονται για δύο ταχύτητες ντίζελ κινητήρων: α)χαμηλής ταχύτητας (slow speed diesel-SSD) και β)μέσης ταχύτητας (Medium speed diesel-MSD), για αεροστρόβιλους (gas turbines-GT) και ατμοστρόβιλους (steam turbines-ST), καθώς και για κάποια είδη καυσίμων που χρησιμοποιούνται σε πολύ συγκεκριμένα πλοία. Οι συντελεστές εκπομπών προσδιορίζονται συνήθως βάσει της ονομαστικής ισχύς και του επίπεδου ελέγχου εκπομπών του κινητήρα, τα οποία εξαρτώνται από το έτος κατασκευής του κινητήρα.

- Χρόνος λειτουργίας

Μια, ακόμα, παράμετρος είναι ο χρόνος λειτουργίας του κινητήρα σε κάθε κατάσταση λειτουργίας. Η διέλευση του πλοίου σε μια ζώνη, η οποία αντιστοιχεί και σε μια συγκεκριμένη λειτουργία κινητήρα, μπορεί να προσδιοριστεί από τον χρόνο που κινείται μέσα στη ζώνη αυτή. Η εξίσωση υπολογισμού του χρόνου διέλευσης είναι:

$$\text{Act} = \text{Distance}/\text{AS} \quad [4.4]$$

όπου,

**Distance** = Η απόσταση σε ναυτικά μίλια (nautical miles)

**AS** = Η πραγματική ταχύτητα του πλοίου (knots = 1 ναυτικό μίλι ανά ώρα)

Πιο συγκεκριμένα, οι χρόνοι των τεσσάρων διαφορετικών τρόπων λειτουργίας ενός πλοίου, συμπεριλαμβανομένης και της ζώνης μειωμένης ταχύτητας, περιγράφονται παρακάτω.

- Χρόνος πλεύσης

Κατά τον χρόνο πλεύσης η ταχύτητα του πλοίου μπορεί να φτάσει μέχρι και τη μέγιστη. Ο χρόνος αυτός, προσδιορίζεται ουσιαστικά από την απόσταση που διανύει το πλοίο από το θαλάσσιο όριο της απογραφής μέχρι τη ζώνη μειωμένης ταχύτητας ή τον μόλο του λιμένα, ενώ συνδυαστικά με την ταχύτητα πλεύσης στην κατάσταση αυτή μπορεί να προσδιοριστεί ο χρόνος λειτουργίας του πλοίου σε πλεύση.

- Χρόνος ελιγμών

Ο χρόνος ελιγμών προσδιορίζεται από τη διανυόμενη απόσταση του πλοίου από τον μόλο μέχρι το σημείο παραβολής («πλεύρισμα» σε προβλήτα). Οι ταχύτητες ελιγμών προσδιορίζονται συνήθως από τους πλοηγούς πλοίων.

- Χρόνος αναμονής

Ο χρόνος αναμονής ενός πλοίου προσδιορίζεται μεταξύ του χρόνου άφιξης και αναχώρησής του αφαιρώντας τον απαιτούμενο χρόνο ελιγμών. Σε μια πιο λεπτομερή απογραφή, θα πρέπει να διαχωρίζονται οι χρόνοι που το πλοίο είναι αγκυροβολημένο χωρίς να είναι σε θέση παραβολής και οι χρόνοι όπου είναι σε θέση παραβολής.

- Ζώνη μειωμένης ταχύτητας

Στη ζώνη μειωμένης ταχύτητας, το πλοίο κινείται με μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με την ταχύτητα κατά τον χρόνο πλεύσης και μεγαλύτερη από αυτή κατά τη διάρκεια των ελιγμών. Η ζώνη αυτή ξεκινάει από τη στιγμή που το πλοίο πλησιάζει ένα λιμάνι για την παραβολή του και τελειώνει στην είσοδο του λιμένα. Μάλιστα, κάποια λιμάνια θεσπίζουν τη ζώνη μειωμένης ταχύτητας για τη μείωση των εκπομπών τους από τα πλοία. Οι μέσες ταχύτητες στη ζώνη αυτή προσδιορίζονται συνήθως από πλοηγούς πλοίων.

Οι χρόνοι λειτουργίας, βέβαια, επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες όπως:

1. Συνθήκες κυκλοφορίας: Πολλές φορές, λόγω των συνθηκών κυκλοφορίας αναγκάζονται τα πλοία να ταξιδεύουν με χαμηλότερες ταχύτητες και πιο προσεκτικά.
2. Ρεύματα: Οι κατευθύνσεις των ρευμάτων επηρεάζουν σημαντικά τις ταχύτητες πλεύσης, καθώς και τον συντελεστή φορτίου. Τα πλοία ειδικά που δεν κινούνται με την ίδια κατεύθυνση των ρευμάτων, η πραγματική τους ταχύτητα είναι αυτή του πλοίου συν την ταχύτητα του ύδατος.
3. Καιρικές συνθήκες: Οι καιρικές συνθήκες όπως οι δυνατοί άνεμοι δυσκολεύουν τα πλοία στην εκτέλεση ελιγμών. Ενώ, σε περιπτώσεις βροχής ή ομίχλης η ορατότητα μειώνεται, με αποτέλεσμα τα πλοία να πλέουν σε πολύ χαμηλές ταχύτητες. Συνεπώς, η διαδικασία του ελλιμενισμού διαρκεί περισσότερο, αφού ο χρόνος ελιγμών είναι μεγαλύτερος.
4. Πρόγραμμα άφιξης πλοίων: Για να συναντήσει ένα πλοίο το ρυμουλκό και να φτάσει τη σωστή ώρα στο σημείο παραβολής, είναι υπεύθυνος ο πλοηγός του πλοίου. Σε περίπτωση καθυστέρησης, όμως, ο πλοηγός θα πρέπει να αυξήσει την ταχύτητα μέχρι το ανώτατο επιτρεπτό όριο, ενώ σε αντίθετη περίπτωση να μειώσει την ταχύτητα. [63]



#### 4.3.2. Λεπτομερής μέθοδος υπολογισμού

Η λεπτομερής μέθοδος υπολογισμού χρησιμοποιείται, κυρίως, όταν υπάρχουν δεδομένα που αφορούν την κίνηση, τον τύπο καυσίμου, τα τεχνικά χαρακτηριστικά (ισχύς κινητήρα, μέγεθος κινητήρα) και τις ώρες για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου. Η συγκεκριμένη μέθοδος, ουσιαστικά, υπολογίζει τις εκπομπές των εμπορικών πλοίων σε καθένα από τα ταξίδια τους, αθροίζοντας τις επιμέρους εκπομπές που προκύπτουν από τις διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας του κάθε πλοίου. Έτσι, για ένα μόνο ταξίδι, οι εκπομπές εκφράζονται ως εξής:

$$\mathbf{Etrip} = \mathbf{Ehotelling} + \mathbf{Emaneuvering} + \mathbf{Ecrusing} \quad [4.5]$$

όπου,

$\mathbf{Etrip}$  = Η εκπομπή ενός ολόκληρου ταξιδιού (σε τόνους),

$\mathbf{Ehotelling}$  = Η εκπομπή κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού,

$\mathbf{Emaneuvering}$  = Η εκπομπή κατά τη διάρκεια των ελιγμών,

$\mathbf{Ecrusing}$  = Η εκπομπή κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.

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

1. Όταν η κατανάλωση καυσίμου για ένα ταξίδι είναι γνωστή σε κάθε κατάσταση λειτουργίας για κάθε τύπο πλοίου/κινητήρα, η εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών του ρύπου  $i$  είναι:

$$\mathbf{Etrip, i, j, m} = \sum (\mathbf{FC j, m, p} \times \mathbf{EFi, j, m, p}) \quad [4.5a]$$

όπου,

$\mathbf{Etrip}$  = Οι εκπομπές από ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους),

$\mathbf{FC}$  = Η κατανάλωση καυσίμου (σε τόνους),

$\mathbf{EF}$  = Ο συντελεστής εκπομπών (kg/kW),

$i$  = Οι ρύποι,

$j$  = Ο τύπος του κινητήρα (αργής, μεσαίας και υψηλής ταχύτητας diesel, αεριοστρόβιλος, ατμοστρόβιλος),

$m$  = Ο τύπος καυσίμου (bunker fuel oil, marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO),

p = Οι καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου, κρουαζιέρα (cruising), ελιγμοί (maneuvering), ελλιμενισμός (hotelling). [63]

2. Όταν η κατανάλωση καυσίμου για ένα ταξίδι δεν είναι γνωστή, τότε χρησιμοποιείται η ονομαστική ισχύς του κινητήρα για τον υπολογισμό των εκπομπών του ρύπου i :

$$E_{trip, i, j, m} = \sum (T_p \Sigma (P_e \times L F_e \times E F_e, i, j, m, p) \quad [4.5\beta]$$

όπου,

$E_{trip}$  = Οι εκπομπές από ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους),

EF = Ο συντελεστής εκπομπών (kg/kW),

LF = Ο συντελεστής φορτίου κινητήρα (load factors) (%),

P = Η ονομαστική ισχύς κινητήρα (kW),

T = Ο χρόνος (h),

e = Η κατηγορία κινητήρα (κύριοι, βοηθητικοί, λέβητες),

i = Ο τύπος ρύπων (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, PM),

j = Ο τύπος κινητήρα (αργής, μεσαίας και υψηλής ταχύτητας diesel, αεριοστρόβιλους και ατμοστρόβιλους),

m=τύπος καυσίμου (bunker fuel oil, marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO), gasoline),

p = Οι καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου κρουαζιέρα (cruising), ελιγμοί (maneuvering), ελλιμενισμός (hotelling).

Συνεπώς, χρησιμοποιώντας έναν τύπο υπολογισμού, ο οποίος συμπεριλαμβάνει τις εκπομπές της κύριας και των βοηθητικών μηχανών κατά τη διάρκεια των ελιγμών και έναν τύπο υπολογισμού, ο οποίος συμπεριλαμβάνει τις εκπομπές της κύριας και των βοηθητικών μηχανών στη θέση αγκυροβολίας, μπορούμε να απλοποιήσουμε τη διαδικασία υπολογισμού των εκπομπών. Πιο συγκεκριμένα:

$$EM = TM \times [(ME \times LFME \times EFME) + (AE \times LFAE \times EFAE)] \times 10^{-6} \quad [4.6\alpha]$$

$$EB = TB \times [(ME \times \Lambda \Phi ME \times E \Phi ME) + (AE \times \Lambda \Phi AE \times E \Phi AE)] \times 10^{-6} \quad [4.6\beta]$$

όπου,

EM ή EB = Οι εκπομπές του πλοίου κατά τη διάρκεια των ελιγμών ή στη θέση αγκυροβολίας αντίστοιχα (σε τόνους),

TM = Ο χρόνος που απαιτείται κατά τη διάρκεια των ελιγμών (h),

TB = Ο χρόνος που απαιτείται κατά τη θέση αγκυροβολίας (h),

ME = Η ισχύς εγκατεστημένης κύριας μηχανής (kWh),

LFME = Η μέση τιμή συντελεστή φορτίου της κύριας μηχανής κατά τη φάση εν πλω του πλοίου (%),

AE = Η ισχύς εγκατεστημένης βοηθητικής μηχανής (kWh),

LFAE = Η μέση τιμή συντελεστή φορτίου της βοηθητικής μηχανής κατά τη φάση εν πλω του πλοίου (%),

EF = Ο συντελεστής εκπομπής που έχει οριστεί για κάθε πλοίο εν πλω ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου και την ταχύτητα της μηχανής (g/kWh).

Ενώ, κάποια από τα βασικότερα βήματα που απαιτούνται για την εκτίμηση των εκπομπών είναι:

1. Καταγραφή δεδομένων: Π.χ. ο τόπος και η ώρα άφιξης καθώς και ο τόπος και η ώρα αναχώρησης για κάθε πλοίο, είτε για ολόκληρο το έτος είτε για ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του έτους. Αυτή η επιλογή, συνήθως εξαρτιέται από τους διαθέσιμους πόρους και την απαιτούμενη ακρίβεια της μελέτης.
2. Καθορισμός της διαδρομής πλεύσης και των αποστάσεων μεταξύ των λιμένων: Το GIS (Geographical Information System=Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών) χρησιμεύει στον καθορισμό της διαδρομής πλεύσης και των αποστάσεων μεταξύ των λιμένων. Υπάρχουν, βέβαια, και οι τυποποιημένοι πίνακες απεικόνισης, ιδίως, των αποστάσεων μεταξύ των κύριων λιμένων, όταν το GIS δεν είναι διαθέσιμο.
3. Υπολογισμός του συνολικού χρόνου ιστιοπλοΐας: Ο συνολικός χρόνος ιστιοπλοΐας υπολογίζεται, είτε ανάλογα την κατηγορία και τον τύπο κινητήρα/καυσίμου του πλοίου, είτε με την απόσταση σε συνδυασμό με τη μέση ταχύτητα κρουαζιέρας. Η επιλογή του τελικού τρόπου υπολογισμού γίνεται, αφού πρώτα αξιολογηθεί η ποιότητα των δεδομένων.
4. Χαρακτηρισμός του πλοίου: Ένα πλοίο χαρακτηρίζεται με βάση την κατηγορία, στην οποία ανήκει και την ονομαστική ισχύ της κύριας μηχανής ή τον τύπο κινητήρα/καυσίμου, ανάλογα τα δεδομένα που μας δίνονται.

5. Υπολογισμός του χρόνου κατά τη θέση αγκυροβολίας και κατά τη διάρκεια των ελιγμών: Για τον υπολογισμό του χρόνου στη θέση αγκυροβολίας του πλοίου, αρκεί να γνωρίζουμε τον χρόνο που θα δέσει σε μία κουκέτα και τότε θα φύγει απ' αυτή. Ενώ, για τον υπολογισμό του χρόνου ελιγμών αρκεί να είναι γνωστή η διανυόμενη απόσταση του πλοίου από το σημείο εισόδου/εξόδου του λιμανιού έως τη θέση αγκυροβολίας και στη συνέχεια, η απόσταση αυτή να διαιρεθεί με το μέσο όρο ταχύτητας.
6. Προσδιορισμός των εκπομπών των κύριων και βοηθητικών μηχανών: Αυτό, αφορά κάθε τύπο πλοίου και κινητήρα/καυσίμου, χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο πίνακα, ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου. [63]

#### 4.3.3. Υπολογισμός εκπομπών πλοίων : Λέβητες

Ο υπολογισμός των εκπομπών από τους λέβητες(boilers), γίνεται βάσει του ρυθμού κατανάλωσης καυσίμου και του χρόνου δραστηριότητας. Συγκεκριμένα, ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$E_b = F \times T \times EF \quad [4.7]$$

όπου,

$E_b$  = Οι εκπομπές από τα boiler (g),

$F$  = Ο ρυθμός κατανάλωσης καυσίμου (tonne of fuel/hour),

$T$  = Η χρονική δραστηριότητα πλοίου (h),

$EF$  = Ο συντελεστής εκπομπών (g/tonne of fuel). [63]

Σύμφωνα με τις παραπάνω μεθόδους υπολογισμού των εκπομπών των πλοίων, ένα παράδειγμα συνεισφοράς ενός πλοίου στην ατμοσφαιρική ρύπανση, π.χ. δεξαμενόπλοιου(tanker), suezmax (τύπος μεγέθους δεξαμενόπλοιου), την περίοδο 1/1/2020 με 31/12/2020 και με 75817 ναυτικά μίλια διανυόμενη απόσταση, είναι:

- SO<sub>x</sub>: 93.37tn ή 16.5 mg/m<sup>3</sup>
- NO<sub>x</sub>: 791.95tn ή 139.5 mg/m<sup>3</sup> και
- CO<sub>2</sub>: 32362,87tn ή 5702.4 mg/m<sup>3</sup>

Ενώ, οι αντίστοιχες τιμές των υπόλοιπων ρύπων δεν καταγράφονται, διότι βρίσκονται συνήθως σε αμελητέα ποσότητα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ-ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ**

Αφού στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε τη συσχέτιση της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας με την ατμοσφαιρική ρύπανση, σημαντικό είναι τώρα να δούμε τις τεχνολογίες με τις οποίες περιορίζεται η ρύπανση αυτή.

Ο Διεθνούς Ναυτικού Οργανισμού(ΙΜΟ) εκτιμά ότι, η συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας στις παγκόσμιες εκπομπές ρύπων των αερίων θερμοκηπίου (GHG), στα οξείδια θείου και αζώτου(SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>), στις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), καθώς και στα αιωρούμενα σωματίδια (PM) είναι αρκετά μεγάλη. Συμβάλλει χοντρικά πάνω από 1 δισεκατομμύριο τόνους CO<sub>2</sub> ετησίως, με ποσοστό 3-5% των εκπομπών και άνω του 5% των παγκόσμιων εκπομπών SO<sub>x</sub>. Ωστόσο, χωρίς τη λήψη δραστικών μέτρων προβλέπεται αύξηση κατά 250% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου μέχρι το 2050, διότι όσο περνάνε τα χρόνια η ναυτιλία αναπτύσσεται όλο και περισσότερο.

Για τον λόγο αυτό, ο ΙΜΟ, το 2018, ασπάστηκε ένα ψήφισμα με σκοπό τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα. Με βάση το ψήφισμα αυτό, οι κατασκευαστές πλοίων οφείλουν να μειώσουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά 30% έως το 2025, ενώ στοχεύει στη μείωση των εκπομπών αυτών από τη διεθνή ναυτιλιακή βιομηχανία τουλάχιστον κατά 50% μέχρι το 2050. Επιπλέον, σχετικά με τις εκπομπές SO<sub>x</sub> και NO<sub>x</sub>, πρόσφατα υιοθέτησε αυστηρά όρια εκπομπών.

Βέβαια, την τελευταία δεκαετία λόγω των τεχνολογικών βελτιώσεων έχουν μειωθεί αρκετά οι επιπτώσεις των πλοίων στο περιβάλλον καθώς και η κατανάλωση καυσίμου. Αυτές περιλαμβάνουν: βελτιώσεις στον κινητήρα, όπως επανακυκλοφορία καυσαερίων, κύκλος Miller αργής μετάκαυσης, δύο στάδια υπερσυμπίεσης, σχεδιασμός θαλάμου έξυπνης καύσης και προηγμένα συστήματα έγχυσης καυσίμου. Ενώ, όσον αφορά τη μετεπεξεργασία καυσαερίων οι τεχνολογίες αντιρρύπανσης που υπάρχουν μέχρι στιγμής είναι οι πλυντρίδες (scrubbers), η επιλεκτική καταλυτική

αναγωγή(SCR), τα συμπαγείς συστήματα μεμβρανών δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα και τέλος η χρήση κυψελών καυσίμου που αποτελεί μια μελλοντική εναλλακτική λύση για την οριστική απομάκρυνση της ναυτικής μηχανής diesel.

Πιο αναλυτικά, οι τεχνολογίες αντιρρύπανσης είναι:

### 5.1 Πλυντρίδες(scrubbers)

Οι πλυντρίδες(scrubbers) είναι συσκευές ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης που χρησιμοποιούνται κυρίως στη θάλασσα για την απομάκρυνση σωματιδίων και αερίων από τα καυσαέρια των πλοίων που εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση της θερμότητας των θερμών αερίων κατά τη συμπύκνωση των καυσαερίων.

Τα συγκεκριμένα συστήματα ελέγχου ρύπων διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τις υγρές και τις ξηρές πλυντρίδες. Η υγρή πλυντρίδα χρησιμοποιείται συνήθως σε γλυκά ή αλμυρά ύδατα σε συνδυασμό με χημικά πρόσθετα, π.χ. NaOH. Ενώ, η ξηρή πλυντρίδα για θαλάσσια χρήση από το 2011, με ένα μόνο πωλητή εμπορικών ξηρών πλυντρίδων. Βασικός σκοπός και των δύο τύπων είναι η αφαίρεση οξειδίων του θείου από τα αέρια που εκλύονται στην ατμόσφαιρα, καθώς και η παγίδευση σωματιδίων στα καυσαέρια για τη μείωση των εκπομπών, ελέγχοντας τον αερολιμένα βαρέων μετάλλων, την αιθάλη και το PAH (polycyclic aromatic hydrocarbon=πολυκυκλικός αρωματικός υδρογονάνθρακας)

Ωστόσο, η κατηγορία των υγρών πλυντρίδων χωρίζεται σε τρεις υποκατηγορίες:

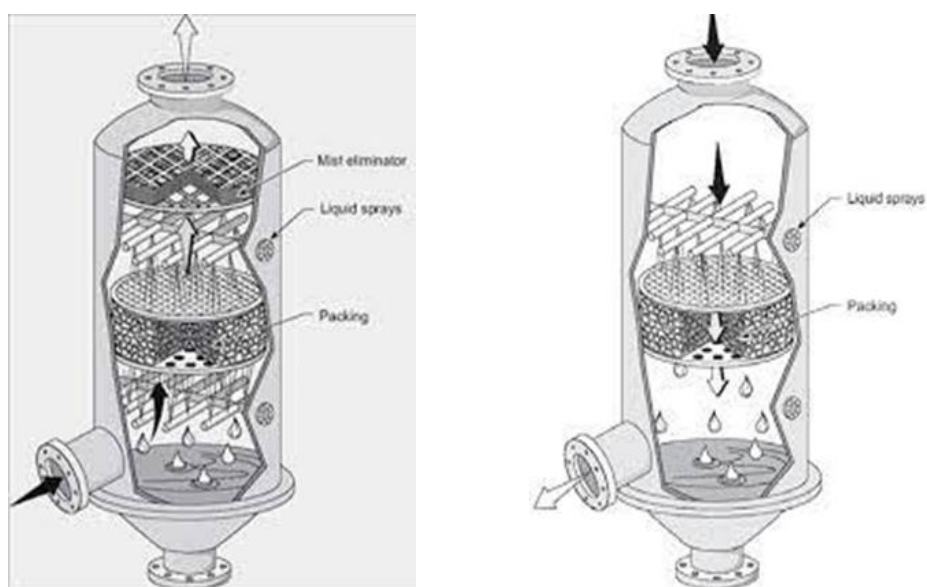
1. Οι πλυντρίδες που χρησιμεύουν στην απομάκρυνση SO<sub>x</sub> και των σωματιδίων από τα καυσαέρια του κινητήρα, για την αποτροπή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς και τη διάβρωση των εξαρτημάτων του κινητήρα.
2. Οι πλυντρίδες συστημάτων εξουδετέρωσης NO<sub>x</sub> που αποσκοπούν στη μείωση των NO<sub>x</sub> από τα καυσαέρια του κινητήρα. Ενώ, συμβάλλουν και στη μείωση των SO<sub>x</sub> και της θερμοκρασίας των καυσαερίων. Γενικά, η τεχνολογία τους θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη επιλογή, αφού με βάση την οικονομική εκτίμηση των συγκεκριμένων πλυντρίδων υπάρχουν περιθώρια εξέλιξής τους τα επόμενα χρόνια με πιθανόν ακόμα καλύτερα αποτελέσματα.
3. Το αδρανές αέριο (καυσαέριο) πλυντρίδων που χρησιμεύει στην απομάκρυνση SO<sub>x</sub> και σωματιδίων από το φυσικό αέριο, το οποίο συνήθως χρησιμοποιείται ως αδρανής υποκατάσταση σε δεξαμενές και σωληνώσεις

στα πλοία εν πλω. Το αδρανές αέριο μπορεί να παρομοιαστεί με τις πλυντρίδες καυσαερίων, σε πιο μικρό μέγεθος, φυσικά, και με υψηλότερη κατανάλωση θαλασσινού νερού σε σχέση με την εξάτμιση πλυντρίδων καυσαερίων.

Από την άλλη πλευρά, οι ξηρές πλυντρίδες χρησιμεύουν ευρέως στην αποθείωση των καυσαερίων, έχοντας ως μέσο καθαρισμού τους τον ασβεστόλιθο ή τον ένυδρο ασβέστη. Κύριο μειονέκτημά τους είναι η αποθήκευση των προϊόντων ασβέστη, σε συνδυασμό με την αποθήκευση χρησιμοποιημένων αντιδραστηρίων. [64]

Τέλος, οι πλυντρίδες πέρα απ' τους δύο γενικούς τύπους διαχωρίζονται και ανάλογα με τον μηχανισμό επαφής π.χ. ακροφύσια ψεκασμού, επιφάνειες πρόσκρουσης(Πλάκες, Ανακλαστήρες(Baffles), «Καπάκια» (Bubble caps) και Πληρωτικό υλικό(Packing)), στενώσεις Venturi, στόμια καταϊονισμού(Spray inducing orifices), μηχανισμοί στροφείς(Mechanically driven rotors) κ.α. Ενώ, διαχωρίζονται και με βάση την πτώση πίεσης:

- Χαμηλής ενέργειας ( $\Delta P=2-5 \text{ cm H}_2\text{O}$ ): π.χ. θάλαμοι ψεκασμού
- Χαμηλής-μέσης ενέργειας ( $\Delta P=5-15 \text{ cm H}_2\text{O}$ ): π.χ. τύπου κυκλώνα
- Μέσης - υψηλής ενέργειας ( $\Delta P=15-50 \text{ cm H}_2\text{O}$ ): π.χ. με πληρωτικά υλικά και τέλος,
- Υψηλής ενέργειας ( $\Delta P>50 \text{ cm H}_2\text{O}$ ): π.χ. Venturi [64][65]



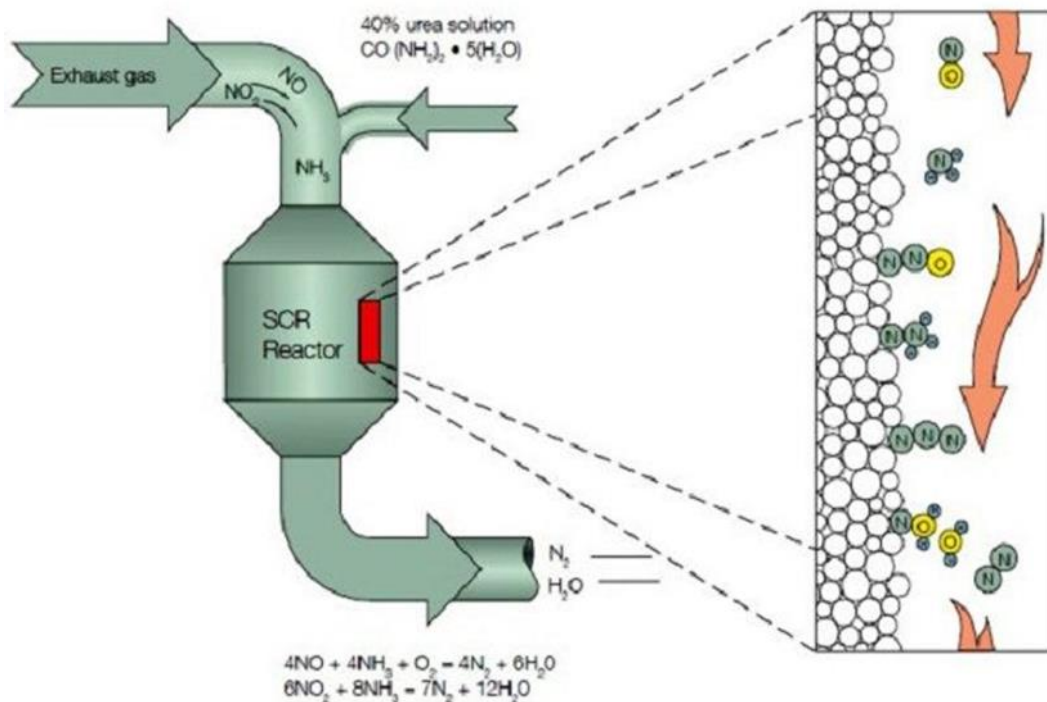
Εικόνα 45-46. Πλυντρίδα(scrubber) με αντιστροφή και με ομορροή.

## 5.2 Επιλεκτική Καταλυτική Αναγωγή (Selective Catalytic Reduction-SCR)

Η επιλεκτική καταλυτική αναγωγή είναι η διαδικασία κατά την οποία τα καυσαέρια που εξέρχονται με υψηλή θερμοκρασία από ένα ναυτικό κινητήρα diesel και περιέχουν οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>) σε υψηλά ποσοστά, διέρχονται από έναν αντιδραστήρα επιλεκτικής καταλυτικής αναγωγής στον οποίο διοχετεύεται ένα υδατικό διάλυμα αμμωνίας (ουρία). Το διάλυμα ουρίας ατμοποιείται με την προσθήκη νερού και εγχύεται στο ρεύμα καυσαερίων. Στη συνέχεια, το αέριο μίγμα που έχει δημιουργηθεί, οδηγείται στον αντιδραστήρα του συστήματος SCR όπου πραγματοποιείται η μετατροπή των οξειδίων του αζώτου σε N<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O.

Απαραίτητη προϋπόθεση, βέβαια, για τη σωστή λειτουργία του SCR είναι η διασφάλιση ότι ο κινητήρας παράγει ένα ρεύμα καυσαερίων με την κατάλληλη θερμοκρασία για το σύστημα SCR. Η θερμοκρασία εισόδου του αερίου στο σύστημα SCR θα πρέπει ιδανικά να κυμαίνεται από 330 ως 350°C από τη στιγμή που ο ναυτικός κινητήρας diesel λειτουργεί με βαρύ πετρέλαιο (Heavy Fuel Oil – HFO). Ωστόσο, εξαιτίας του μεγάλου βαθμού απόδοσης και της διεργασίας απόπλυσης των ναυτικών μηχανών diesel η θερμοκρασία καυσαερίων μετά τον στρόβιλο της υπερπλήρωσης είναι χαμηλή και κυμαίνεται από 230 ως 260°C ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτές οι χαμηλές θερμοκρασίες είναι προβληματικές για τη λειτουργία του συστήματος SCR όταν χρησιμοποιείται HFO, το οποίο περιέχει υψηλά ποσοστά θείου. Επομένως, με σκοπό τη μέγιστη δυνατή ευελιξία σε καύσιμα, το οποίο χρησιμεύει και για άλλους σκοπούς, θα πρέπει να εξασφαλίζεται η κατάλληλη θερμοκρασία των καυσαερίων με τη βοήθεια ενός συστήματος ελέγχου του κινητήρα (Engine Control System-ECS) πριν εισέλθουν στο σύστημα SCR. [66]





Εικόνα 47. Σύστημα επιλεκτική καταλυτική αναγωγή (Selective Catalytic Reduction-SCR).

### 5.3 Συμπαγείς Συστήματα Μεμβρανών Δέσμευσης Διοξειδίου του Άνθρακα

Τα συστήματα μεμβρανών δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τις συμβατικές τεχνολογίες, έχουν σημαντικά υψηλότερη απόδοση και πολύ μικρότερο όγκο, ζητήματα τα οποία είναι καίριας σημασίας στο χώρο της ναυσιπλοΐας. Ακόμα, η τεχνολογία αυτή εγγυάται τον εύκολο και γραμμικό σχεδιασμό υποκλίμακας (scale-up), στη δυνατότητα ταυτόχρονης δέσμευσης και αξιοποίησης διοξειδίου του άνθρακα (π.χ. μετατροπή του CO<sub>2</sub> σε στερεές ανθρακικές ενώσεις), αλλά και στη δυνατότητα δέσμευσης και άλλων ρυπαντών.

Επιπλέον, συγκεκριμένα στις συσκευές μεμβρανών επαφής υγρού-αερίου οι δύο φάσεις δεν αναμειγνύονται, καθώς δεν παρατηρούνται φαινόμενα πλημμύρισης ή αφρισμού, τα οποία αποτελούν ένα συχνό πρόβλημα που επηρεάζει τη λειτουργία των συμβατικών τεχνολογιών και περιορίζει τη λειτουργία τους.

Ο αντίκτυπος του έργου μετά την ολοκλήρωσή του αναμένεται να είναι μεγάλος, καθώς ο περιορισμός των εκπομπών CO<sub>2</sub> και άλλων ρυπαντών, από τη ναυτιλία αποτελεί προτεραιότητα για την Ε.Ε. και αποτυπώνεται σε προοδευτική αυστηροποίηση των σχετικών δεσμευτικών κανονιστικών διατάξεων.

Η επιτυχής ολοκλήρωση του έργου θα ανοίξει το δρόμο σε περαιτέρω επέκταση της εφαρμογής της τεχνολογίας μεμβρανών για συνδυασμένη δέσμευση κρίσιμων ρυπαντών (οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου) από τη ναυτιλία καθώς και τη μεταφορά της σχετικής τεχνογνωσίας σε κρίσιμους βιομηχανικούς τομείς μεγάλου ανθρακικού αποτυπώματος (π.χ. τσιμεντοβιομηχανία).

Ακόμα, η δέσμευση και η αξιοποίηση του άνθρακα θα συνεχίσει να συμβάλλει σημαντικά ακόμα και κατά τη διάρκεια της μετάβασης της ναυτιλίας σε καύσιμα χαμηλού ή και μηδενικού αποτυπώματος άνθρακα. Δεδομένης της δεσπόζουσας διεθνώς θέσης της ελληνικής ναυτιλίας, η αναπτυσσόμενη τεχνολογία θα συμβάλλει μεσοπρόθεσμα στη διατήρηση της ανταγωνιστικότητάς της και θα έχει θετικό αντίκτυπο γενικότερα στην ελληνική οικονομία. [67]

#### 5.4 Κυψέλες Καυσίμου

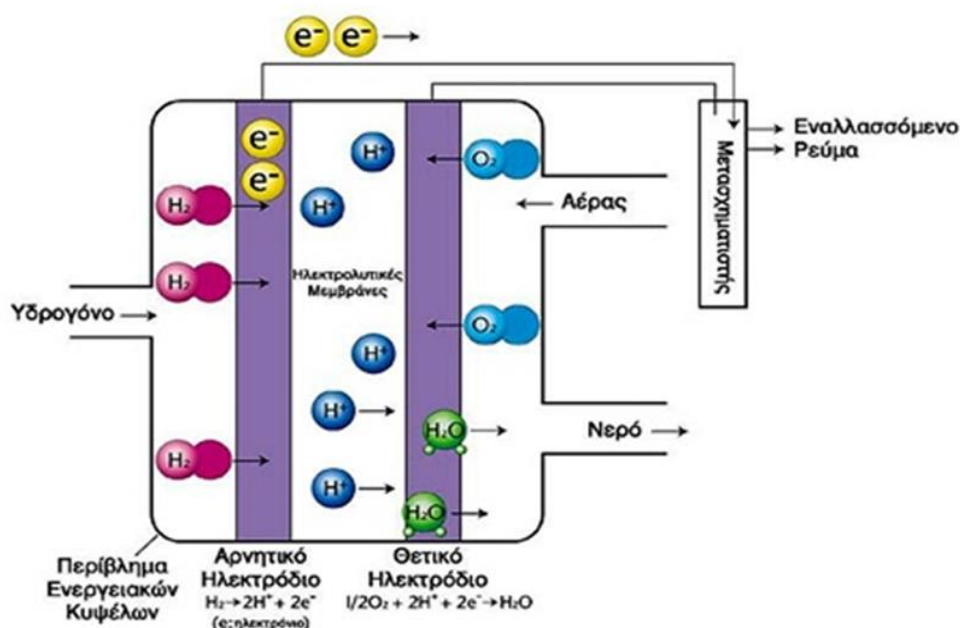
Οι κυψέλες καυσίμου αποτελούνται από μια άνοδο, μια κάθοδο και μια μεμβράνη ηλεκτρολύτη και λειτουργούν, περνώντας υδρογόνο μέσω της ανόδου και οξυγόνο μέσω της καθόδου. Κατά την άνοδο, γίνεται διαχωρισμός των μορίων υδρογόνου σε ηλεκτρόνια και πρωτόνια. Τα ηλεκτρόνια ωθούνται μέσω του κυκλώματος, παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα και θερμότητα, καθώς τα πρωτόνια διέρχονται μέσω της μεμβράνης ηλεκτρολύτη. Κατά την κάθοδο, τα ηλεκτρόνια, τα πρωτόνια και το οξυγόνο συνδυάζονται για τη δημιουργία μορίων νερού. Στην ουσία, στις κυψέλες καυσίμου πραγματοποιείται μια χημική διεργασία, κατά την οποία μετατρέπεται το υδρογόνο-καύσιμο σε ηλεκτρική ενέργεια.

Χαρακτηριστικά, οι κυψέλες καυσίμου είναι σχεδόν αθόρυβες, αφού δεν έχουν κινούμενα μέρη, ενώ η επαναφόρτισή τους δεν είναι απαραίτητη όπως στις μπαταρίες, διότι παράγουν ηλεκτρική ενέργεια όσο παρέχεται η πηγή καυσίμου. Είναι πολύ καθαρές λόγω της υψηλής απόδοσής τους, καθώς τα προϊόντα τους είναι μόνο η ηλεκτρική ενέργεια, η θερμότητα και το νερό. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα συγκέντρωσης και στοίβαξης μεμονωμένων κυψελών καυσίμου, οι οποίες, στη συνέχεια, μπορούν να συνδυαστούν σε μεγαλύτερα συστήματα. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των κυψελών καυσίμου, είναι η σωστή διανομή κατά την παραγωγή

ενέργειας στο πλοίο χωρίς την αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου και των απωλειών ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της αρθρότητας στη δομή τους.

Με βάση τα παραπάνω και την ικανότητα που έχουν να μετατρέπουν τη χημική ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική, παραλείποντας την έμμεση οδό μέσω της θερμικής ενέργειας σε κινητήρες καύσης, έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της δημιουργίας NO<sub>x</sub>, του θορύβου και των δονήσεων, διατηρώντας ταυτόχρονα υψηλές αποδόσεις.

Βέβαια, εάν τελικά οι κυψέλες καυσίμου θα εφαρμοστούν στη ναυτιλία εξαρτάται από την ικανότητά τους να πληρούν τις απαιτήσεις παραγωγής ισχύος επί του πλοίου, διότι υπάρχουν αρκετά συστήματα κυψελών καυσίμου, τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους (π.χ. συστήματα κυψελών καυσίμου τετηγμένου άνθρακα (MCFCs), συστήματα κυψελών καυσίμου φωσφορικού οξέος (PAFCs), αλκαλικά συστήματα κυψελών καυσίμου (AFC) κ.α) και δεν είναι ξεκάθαρο, ακόμη, ποιο σύστημα έχει τις καλύτερες μελλοντικές προοπτικές. Το σίγουρο είναι, πως το επιλεγμένο σύστημα κυψελών καυσίμου και το εφοδιαστικό του καύσιμο θα πρέπει να έχουν μεγάλη απήχηση στην καταλληλότητά τους σε ναυτιλιακές εφαρμογές. [68]



Εικόνα 48. Λειτουργία μιας κυψέλης καυσίμου.

Υπάρχουν, ωστόσο, και κάποιες ακόμα σκέψεις-τεχνολογίες για το μέλλον, ούτως ώστε να επιτευχθεί ο τελικός στόχος κατασκευής ενός «πράσινου πλοίου», το οποίο

όχι μόνο θα συμμορφώνεται με τους νέους περιβαλλοντικούς κανόνες και κανονισμούς, αλλά θα αφήνει, επίσης, τις λιγότερες δυνατές εκπομπές. Μερικές από τις σκέψεις-τεχνολογίες που πιθανόν να εφαρμοστούν στο μέλλον, είναι:

1. Καύσιμο LNG(Liquefied natural gas=Υγροποιημένο φυσικό αέριο) για πρόωση: Θεωρείται το καύσιμο του μέλλοντος για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Συμβάλλει στον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, ενώ συνδυαστικά το καύσιμο LNG με το πετρέλαιο ντίζελ θα αυξήσουν αρκετά την απόδοση του κινητήρα, εξοικονομώντας καύσιμο.
2. Σύστημα καθαρισμού θείου: Επειδή δεν είναι πρακτικά δυνατή η σταδιακή κατάργηση της χρήσης συμβατικών καυσίμων στα πλοία και ως εκ τούτου ο περιορισμός των εκπομπών SOx, η χρήση ενός τέτοιου συστήματος αποτελεί μια εναλλακτική λύση για το μέλλον. Αυτό, θα επιτευχθεί μέσω της εγκατάστασης συστήματος καθαρισμού καυσαερίων, εκεί το θείο θα παγιδεύεται, μειώνοντας έτσι έως και 98% τα SOx μαζί με κάποια άλλα επιβλαβή σωματίδια από τα καυσαέρια του κινητήρα.
3. Προηγμένο σύστημα πηδαλίου και έλικας: Είναι ένα σύστημα έλικας και βελτιωμένου πηδαλίου που μπορεί να περιορίσει έως και 4% την κατανάλωση καυσίμου, εκπέμποντας λιγότερους ρύπους. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί προηγμένα συστήματα έλικας και πηδαλίου που βελτιώνουν και την ταχύτητα του πλοίου, εκτός απ' το να μειώνουν την κατανάλωση καυσίμου.
4. Νερό σε καύσιμο: Η μείωση θερμοκρασίας εσωτερικά της επένδυσης των κυλίνδρων με την προσθήκη νερού στο καύσιμο λίγο πριν την έγχυση του στο θάλαμο καύσης, μπορεί να περιορίσει έως και 30-35% τις εκπομπές NOx.
5. Βελτιωμένο σύστημα αντλίας και νερού ψύξης: Είναι ένα βελτιωμένο σύστημα ψύξης νερού από σωλήνες, ψύκτες και αντλίες, το οποίο μπορεί να μειώσει την αντίσταση της ροής, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση έως και 20% της ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου, ενώ της κατανάλωσης καυσίμου έως και 1.5%.
6. Σύστημα ανάκτησης θερμότητας αποβλήτων: Χρησιμοποιείται εδώ και καιρό, αλλά χρειάζεται κάποιες βελτιώσεις για να γίνει αποτελεσματικότερο απ' ό,τι ήδη είναι, έχοντας την ικανότητα μείωσης έως και 14% της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπεμπόμενων ρύπων αντίστοιχα. [69]

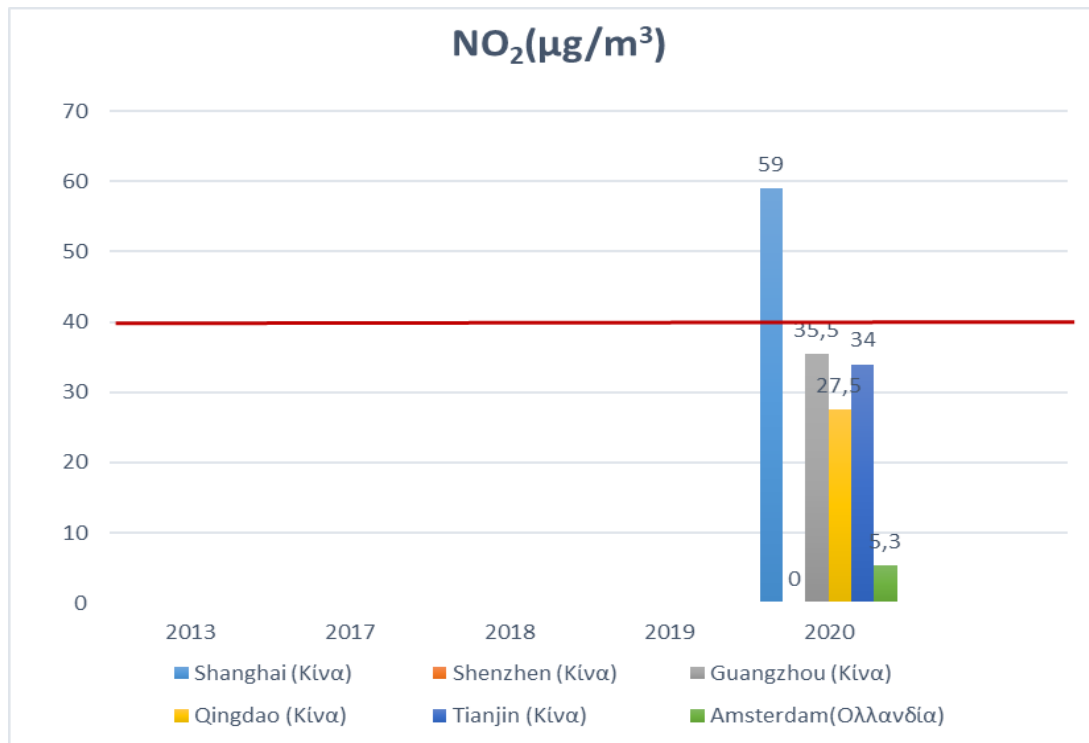
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Φτάνοντας, λοιπόν, στο τέλος της μελέτης αυτής, η ναυτιλία-ναυσιπλοΐα, όπως πιθανόν να έγινε σαφές και απ'τα προηγούμενα κεφάλαια, αποτελεί έναν από τους πιο ρυπογόνους κλάδους που συνεισφέρει σημαντικά στις συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων τόσο σε παγκόσμια όσο και σε τοπική κλίμακα.

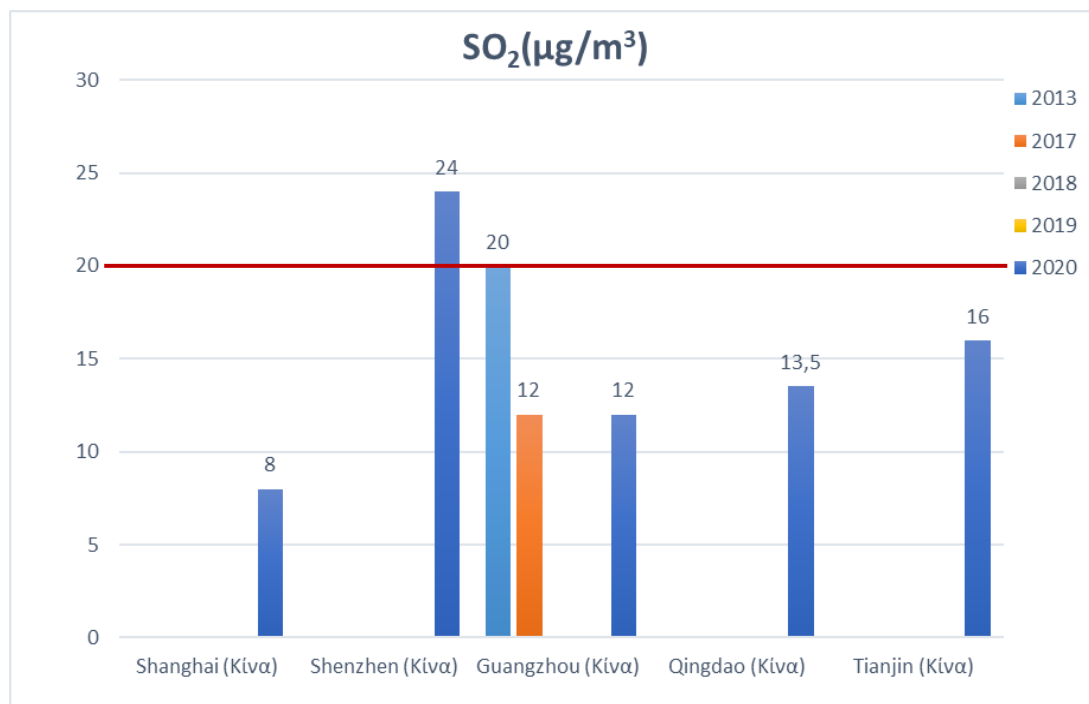
Οι κυριότερες εκπομπές ρύπων από τα πλοία, όπως προαναφέρθηκε, είναι τα οξειδία του θείου (SO<sub>x</sub>), τα οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες, τα αιωρούμενα σωματίδια(PM) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs). Ενώ, οι επιπτώσεις των ρύπων αυτών σε επίπεδο οικολογικής ισορροπίας και ανθρώπινης υγείας, είναι πολύ σοβαρές. Για τον λόγο αυτό, η μελέτη και ανάλυση του θέματος αυτού θεωρήθηκε εκτός από αρκετά καιρία αλλά και αρκετά επίκαιρη, διότι είναι ένα θέμα που απασχολούσε εδώ και χρόνια και θα συνεχίζει να απασχολεί για πολύ καιρό ακόμα σχεδόν όλη την ανθρωπότητα.

Σε παγκόσμια κλίμακα με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, θέλοντας να έχουμε μια ρεαλιστική εικόνα της συνεισφοράς της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας στην ατμοσφαιρική ρύπανση, επιλέχθηκαν τα πιο μεγάλα και πιο πολυσύχναστα εμπορικά λιμάνια. Έτσι, θα μπορούσαμε να δούμε τη μέγιστη συνεισφορά στην ατμοσφαιρική ρύπανση και σύμφωνα με το μέγεθος της θα δίνονταν και οι αντίστοιχες προτάσεις περιορισμού της. Βέβαια, οφείλουμε να λάβουμε υπόψιν πως οι τιμές που καταγράφονται για τις συγκεντρώσεις ανά ρύπο σε καθένα από τα έξι λιμάνια που επιλέχθηκαν, προέρχονται και από άλλους τομείς, οι οποίοι προκαλούν την ατμοσφαιρική ρύπανση στην κάθε περιοχή όπως π.χ. η κινητικότητα, καθώς και δραστηριότητες που συμβαίνουν κοντά στο λιμάνι και ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα.

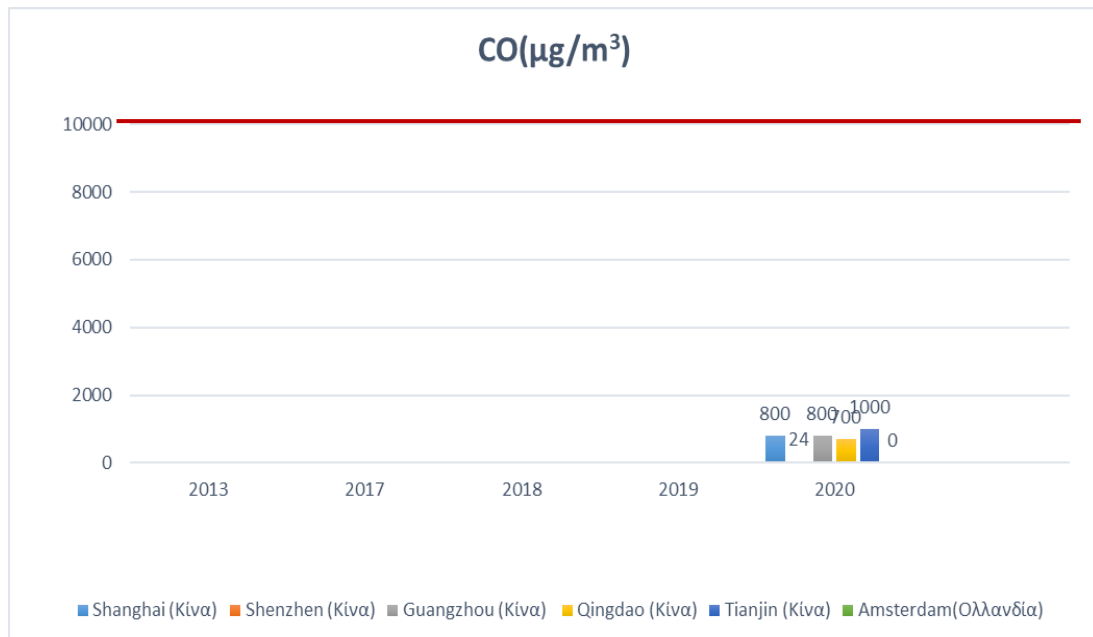
Πιο συγκεκριμένα, στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζεται η παγκόσμια συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας, γενικότερα, ανά ρύπο βάσει των παραπάνω επιλεγθέντων λιμανιών, έχοντας τονίσει με κόκκινο χρώμα την ετήσια οριακή τιμή συγκέντρωσης για κάθε ρύπο σύμφωνα με τον Πίνακα 1 [13], [15], [17], [19], [22], [27].



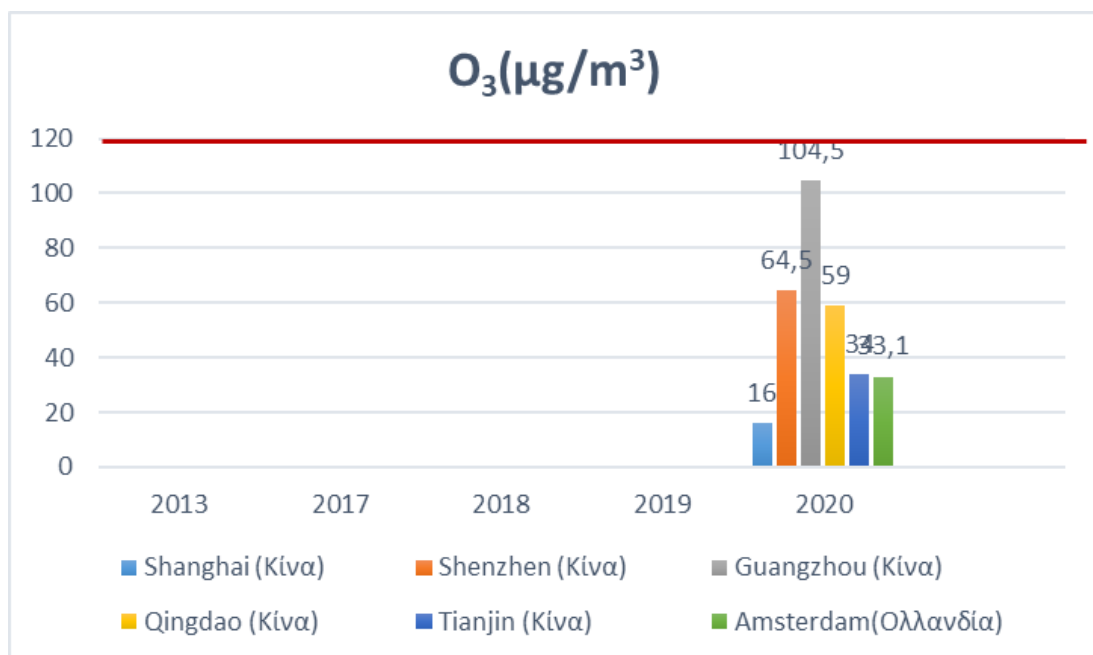
Διάγραμμα 1. Παγκόσμια συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε NO<sub>2</sub> βάσει των πιο μεγάλων και πολυσύχναστων λιμανιών.



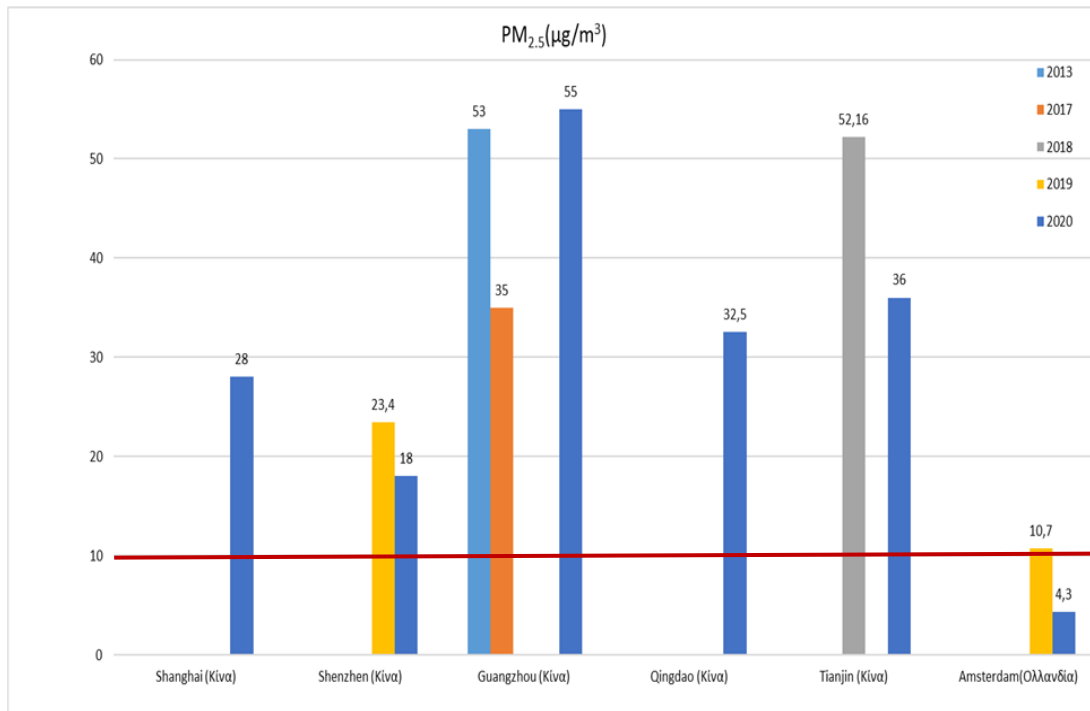
Διάγραμμα 2. Παγκόσμια συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε SO<sub>2</sub> βάσει των πιο μεγάλων και πολυσύχναστων λιμανιών



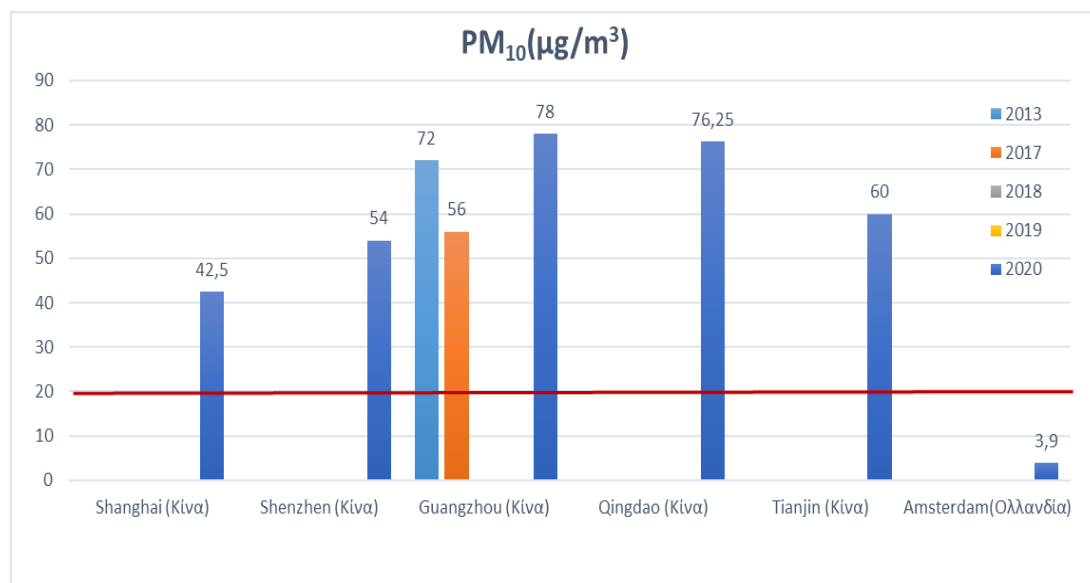
Διάγραμμα 3. Παγκόσμια συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε CO βάσει των πιο μεγάλων και πολυσύχναστων λιμανιών.



Διάγραμμα 4. Παγκόσμια συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε O<sub>3</sub> βάσει των πιο μεγάλων και πολυσύχναστων λιμανιών.



Διάγραμμα 5. Παγκόσμια συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε PM<sub>2.5</sub> βάσει των πιο μεγάλων και πολυσύχναστων λιμανιών.



Διάγραμμα 6. Παγκόσμια συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε PM<sub>10</sub> βάσει των πιο μεγάλων και πολυσύχναστων λιμανιών.

Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω διαγράμματα, οι ρύποι που κυρίως μας ανησυχούν, διότι ξεπερνάνε κατά πολύ την ετήσια οριακή συγκέντρωση σχεδόν σε όλα τα λιμάνια και όλες τις χρονιές για τις οποίες έχουμε μετρήσεις, είναι τα



αιωρούμενα σωματίδια PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>10</sub>. Ακολουθεί, το SO<sub>2</sub> όπου το 2020 στο λιμάνι Shenzhen (Κίνα) ξεπέρασε κατά 4 μονάδες την ετήσια οριακή τιμή και το λιμάνι Guangzhou (Κίνα) που το 2013 άγγιξε την οριακή τιμή αυτή. Έπειτα, το NO<sub>2</sub> όπου στο λιμάνι Shanghai(Κίνα) σημειώθηκε μέση ετήσια τιμή 59 μg/m<sup>3</sup>, δηλαδή 19 μονάδες παραπάνω απ την ετήσια οριακή συγκέντρωση. Και τέλος, οι ρύποι CO και O<sub>3</sub>, όπου βλέπουμε ότι καμία απ' τις τιμές στα αντίστοιχα διαγράμματά τους δεν ξεπερνούν την ετήσια οριακή συγκέντρωση τους, οπότε μπορούμε να πούμε ότι η συνεισφορά σε παγκόσμιο επίπεδο της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε αυτούς τους δύο ρύπους είναι ναί μεν άξια αναφοράς και σχολιασμού, αλλά δεν προκαλούν σοβαρό πρόβλημα στην ατμοσφαιρική ρύπανση παγκόσμια.

Όσον αφορά τα αιωρούμενα σωματίδια PM<sub>2.5</sub>, παρατηρούμε ότι μόνο στο λιμάνι του Amsterdam (Άμστερνταμ) το 2020 η τιμή του είναι κάτω από την ετήσια οριακή τιμή των 10 μg/m<sup>3</sup>, ενώ όλες τις άλλες χρονιές καθώς και σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα λιμάνια ξεπερνάει (στα περισσότερα) κατά πολύ την οριακή τιμή, όπως π.χ. στο λιμάνι Guangzhou(Κίνα) το 2020 σημειώνεται η υψηλότερη τιμή 55 μg/m<sup>3</sup> συγκριτικά με τις χρονιές 2013 και 2017, για τις οποίες έχουμε τιμές αν και είναι εξίσου αρκετά υψηλές.

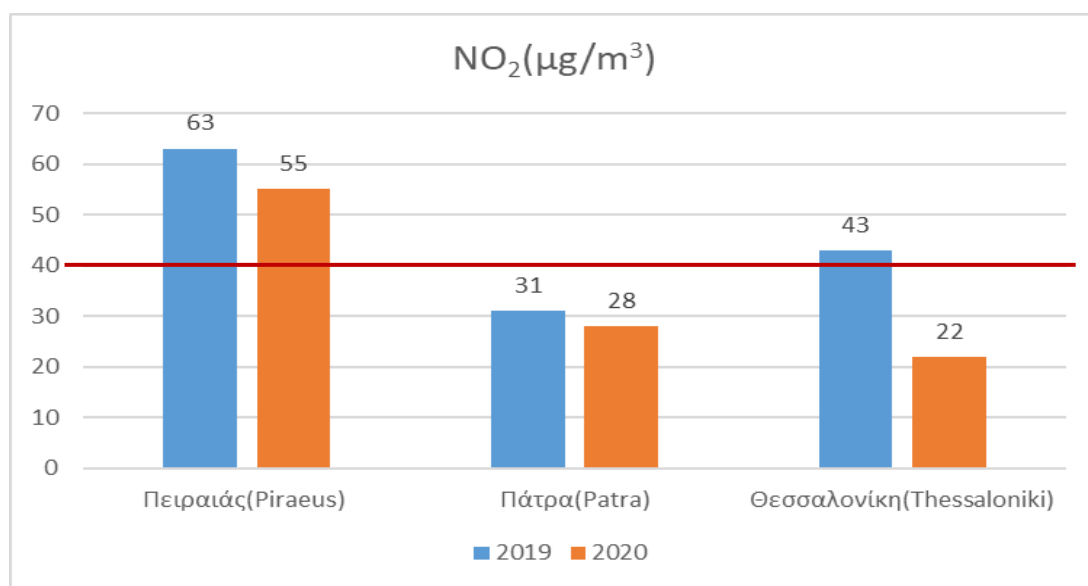
Σε παρόμοια κατάσταση, βέβαια, βρίσκονται και τα αιωρούμενα σωματίδια PM<sub>10</sub>, αφού παρατηρούμε ότι μόνο στο λιμάνι του Amsterdam (Άμστερνταμ) (με τη μοναδική τιμή που έχουμε) για το 2020 είναι κάτω από την ετήσια οριακή τιμή των 20 μg/m<sup>3</sup>, ενώ όλες τις άλλες χρονιές καθώς και σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα λιμάνια ξεπερνάει (στα περισσότερα) κατά πολύ την οριακή τιμή, όπως π.χ. πάλι στο λιμάνι Guangzhou (Κίνα) σε σχέση με τις υπόλοιπες χρονιές, το 2020 σημειώνεται η υψηλότερη τιμή 78 μg/m<sup>3</sup>.

Σε τοπική κλίμακα, τώρα, βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν για την Ελλάδα, θέλοντας να έχουμε όσο το δυνατόν μια πλήρη εικόνα της συνεισφοράς της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας στην ατμοσφαιρική ρύπανση, επιλέχθηκαν: το λιμάνι της Πάτρας (Patra) με το οποίο συνδέεται η χώρα μας με την Ευρώπη, το λιμάνι της Θεσσαλονίκης (Thessaloniki) που αποτελεί ένας από τους σημαντικότερους λιμένες της νοτιοανατολικής Ευρώπης και φυσικά, τον Πειραιά (Piraeus) που είναι το μεγαλύτερο και σημαντικότερο λιμάνι της χώρας. Έτσι, θα μπορούσαμε να εκτιμήσουμε όσο τον δυνατόν καλύτερα τη συνεισφορά της Ελλάδας στην

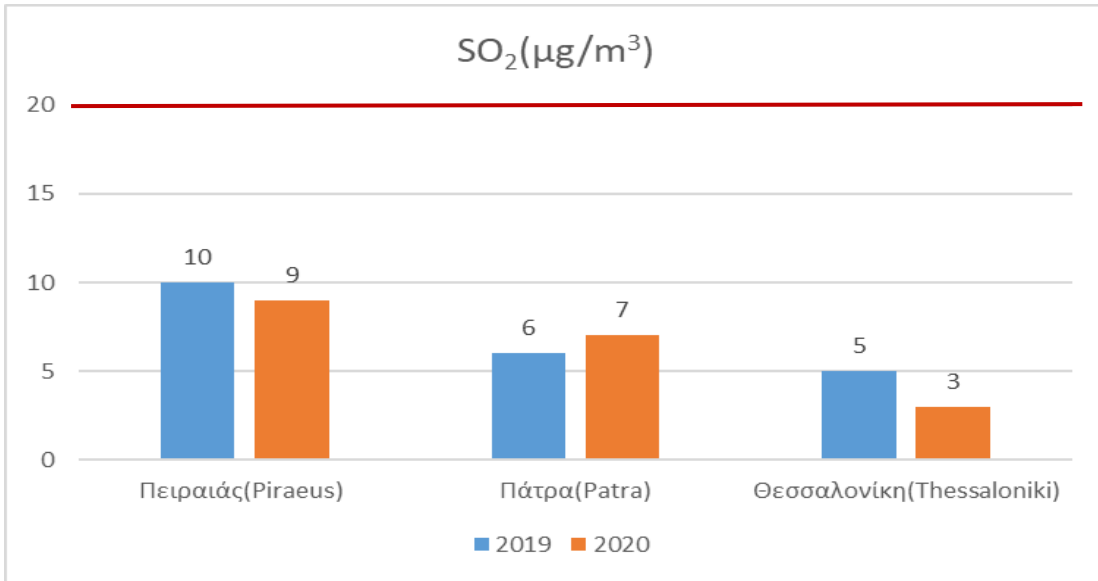
ατμοσφαιρική ρύπανση και κυρίως του Πειραιά(Piraeus), την οποία θα συγκρίνουμε αν όχι με τα παγκόσμια λιμάνια εκτός Ευρώπης, σίγουρα, όμως, με το λιμάνι του Amsterdam(Αμστερνταμ) που θεωρείται μια ρεαλιστική σύγκριση μεταξύ δυο λιμένων της Ευρώπης. Ενώ, σύμφωνα με το μέγεθος της, συνολικά, θα δίνονταν και οι αντίστοιχες προτάσεις περιορισμού της.

Βέβαια, οφείλουμε να λάβουμε υπόψιν πως οι τιμές που καταγράφονται για τις συγκεντρώσεις ανά ρύπο σε καθένα από τα τρία λιμάνια που επιλέχθηκαν, προέρχονται και από άλλους τομείς, οι οποίοι προκαλούν την ατμοσφαιρική ρύπανση στην κάθε περιοχή όπως π.χ. η κινητικότητα, καθώς και δραστηριότητες που συμβαίνουν κοντά στο λιμάνι και ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα.

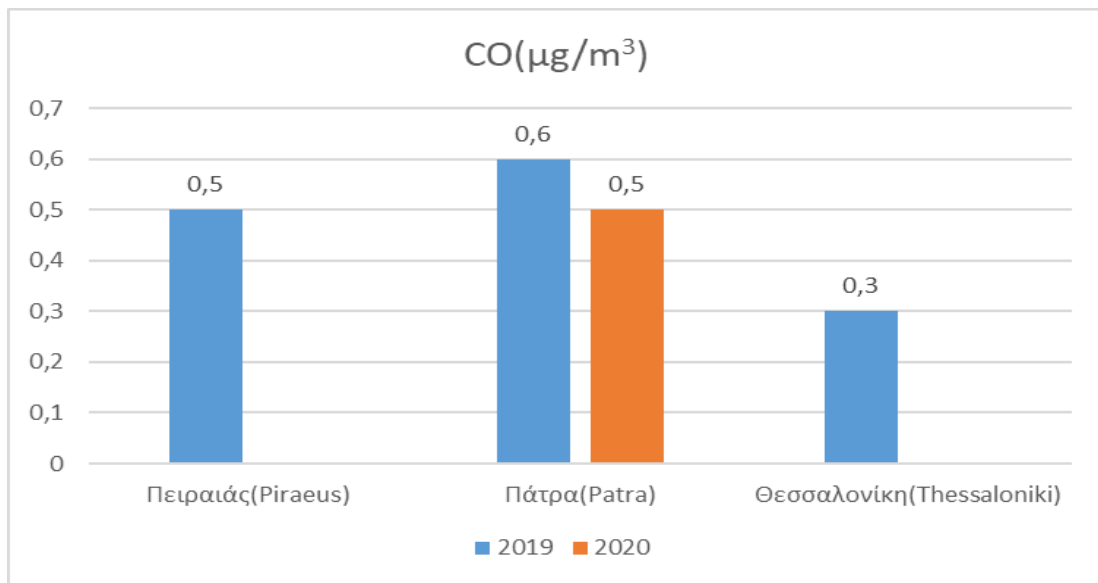
Πιο συγκεκριμένα, στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζεται η τοπική συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας, γενικότερα, στην Ελλάδα, ανά ρύπο βάσει των τριών επιλεγθέντων λιμανιών, έχοντας τονίσει με κόκκινο χρώμα την ετήσια οριακή τιμή συγκέντρωσης για κάθε ρύπο σύμφωνα με τον Πίνακα 1 [40].



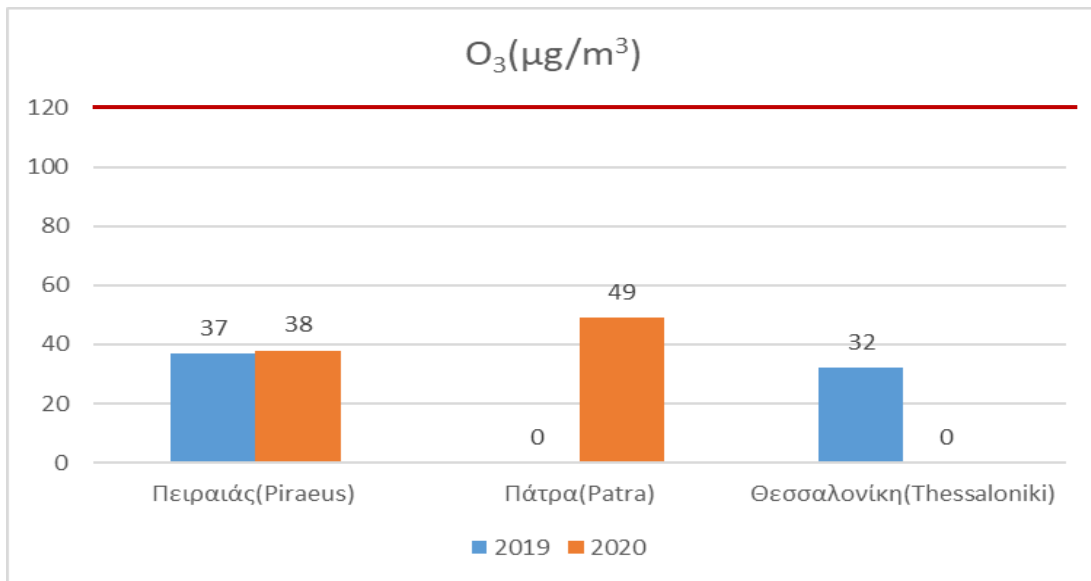
Διάγραμμα 7. Τοπική συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε NO<sub>2</sub> βάσει των κυριότερων λιμανιών της Ελλάδας.



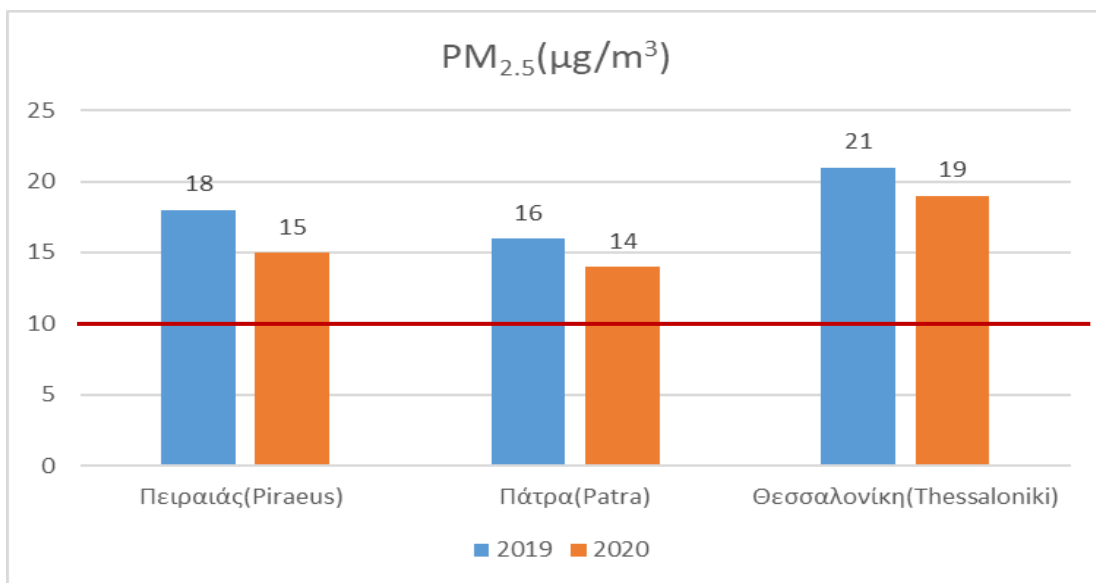
Διάγραμμα 8. Τοπική συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε SO<sub>2</sub> βάσει των κυριότερων λιμανιών της Ελλάδας.



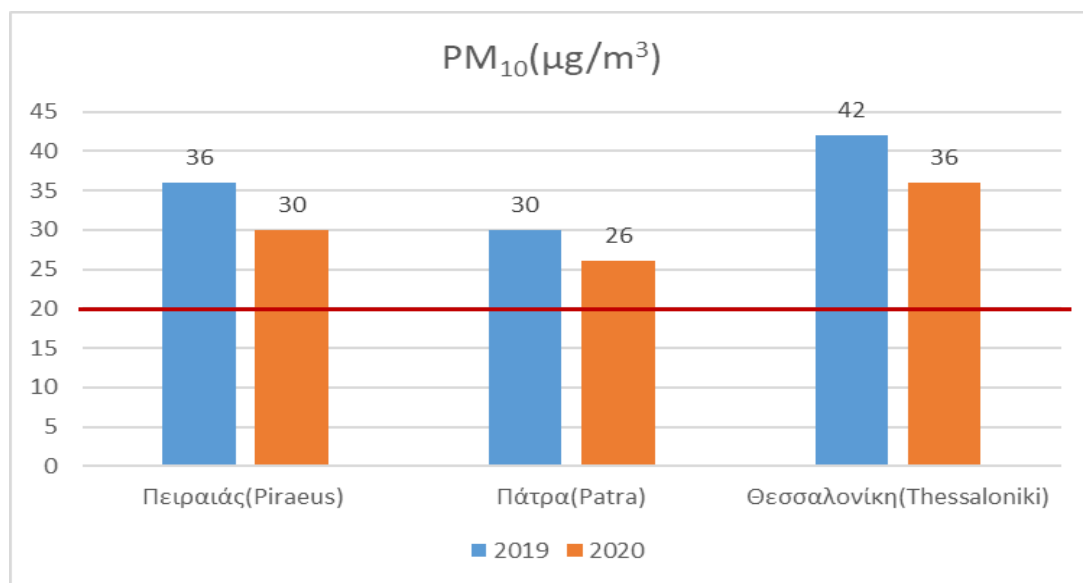
Διάγραμμα 9. Τοπική συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε CO βάσει των κυριότερων λιμανιών της Ελλάδας. (Η κόκκινη γραμμή που δηλώνει τη μέση οριακή τιμή συγκέντρωσης δεν έχει προστεθεί στο διάγραμμα, διότι οι τιμές αυτές σε σχέση με την μέση οριακή τιμή είναι σχεδόν μηδενικές.)



Διάγραμμα 10. Τοπική συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε O<sub>3</sub> βάσει των κυριότερων λιμανιών της Ελλάδας.



Διάγραμμα 11. Τοπική συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε PM<sub>2.5</sub> βάσει των κυριότερων λιμανιών της Ελλάδας.



Διάγραμμα 12. Τοπική συνεισφορά της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε  $PM_{10}$  βάσει των κυριότερων λιμανιών της Ελλάδας.

Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω διαγράμματα, οι ρύποι που κυρίως μας ανησυχούν, διότι ξεπερνάνε κατά πολύ την ετήσια οριακή συγκέντρωση σχεδόν σε όλα τα λιμάνια και τις δύο χρονιές, είναι τα αιωρούμενα σωματίδια  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ . Ακολουθεί, το  $NO_2$  όπου στον Πειραιά(Piraeus) και τις δύο χρονιές καθώς και στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης(Thessaloniki) το 2019 ξεπέρασε την ετήσια οριακή τιμή συγκέντρωσης. Στον Πειραιά(Piraeus) κυρίως το 2019 βλέπουμε την υψηλότερη τιμή σε σχέση με το 2020, όπου πάλι είναι υψηλή απλά όχι τόσο. Πιθανόν, αυτή η μικρή μείωση να οφείλεται στην πανδημία COVID-19 που ξέσπασε αρχές του έτους, όπου περιορίστηκαν κάπως οι μετακινήσεις και οι δραστηριότητες στο λιμάνι, καθώς και οι μεταφορές στη γύρω περιοχή. Ενώ, στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης(Thessaloniki) το 2019 η τιμή του  $NO_2$  ξεπεράστηκε μόνο κατά 3 μονάδες από την ετήσια οριακή τιμή.

Βέβαια, οι ρύποι  $SO_2$ , CO και  $O_3$ , όπως βλέπουμε στα αντίστοιχα διαγράμματα τους δεν ξεπερνούν την ετήσια οριακή συγκέντρωσή τους σε κανένα λιμάνι και καμία χρονιά, οπότε μπορούμε να πούμε ότι η συνεισφορά σε τοπικό επίπεδο της ναυτιλίας-ναυσιπλοΐας σε αυτούς τους τρεις ρύπους είναι ναί μεν άξια αναφοράς και σχολιασμού, αλλά δεν προκαλούν σοβαρό πρόβλημα στην ατμοσφαιρική ρύπανση τοπικά.

Όσον αφορά τα αιωρούμενα σωματίδια  $PM_{2.5}$ , παρατηρούμε αρχικά ότι και στα τρία λιμάνια όλες τις χρονιές οι τιμές τους είναι άνω των  $10\mu g/m^3$ , κάτι το οποίο μας

δηλώνει πως σίγουρα δεν έχουμε μια καλή ποιότητα αέρα στις περιοχές αυτές, το οποίο όπως έχουμε επαναλάβει αρκετές φορές έχει σοβαρές συνέπειες τόσο στο περιβάλλον όσο και στην υγεία του ανθρώπου. Αυτό, όμως, που θα μπορούσαμε να σχολιάσουμε βλέποντας το διάγραμμα των  $PM_{2.5}$  είναι ότι, και εδώ όπως και στο  $NO_2$  οι τιμές του 2020 είναι μειωμένες σε σχέση με το 2019, πιθανόν λόγω του COVID-19.

Σε παρόμοια κατάσταση, βέβαια, βρίσκονται και τα αιωρούμενα σωματίδια  $PM_{10}$ , όπου παρατηρούμε τις τιμές του 2020 πιο χαμηλές, εξίσου, όμως, εκτός ετήσιας οριακής τιμής σε σχέση με τιμές του 2019, για τον ίδιο πιθανό λόγο όπως για τα  $PM_{2.5}$  και το  $NO_2$ . Ωστόσο, και στα τρία λιμάνια όλες τις χρονιές οι τιμές τους είναι άνω των  $20\mu g/m^3$ , κάτι το οποίο και σε συνδυασμό με τα αυξημένα κατά πολύ  $PM_{2.5}$  μας δηλώνει πως σίγουρα δεν έχουμε μια καλή ποιότητα αέρα στις περιοχές αυτές, το οποίο προκαλεί και τις αντίστοιχες επιπτώσεις σε περιβάλλον και άνθρωπο.

Επίσης, θέλοντας να συγκρίνουμε τα δύο ευρωπαϊκά λιμάνια του Amsterdam(Αμστερνταμ) και του Πειραιάς(Piraeus), μπορούμε να πούμε ότι οι τιμές των ρύπων του Amsterdam(Αμστερνταμ) σε σχέση του Πειραιά(Piraeus) είναι πολύ μικρότερες και όπως βλέπουμε, δεν ξεπερνάνε τις ετήσιες οριακές τιμές με μοναδική εξαίρεση την τιμή  $10.7\mu g/m^3$  το 2019 για τα  $PM_{2.5}$  που ξεπερνάει την ετήσια οριακή τιμή μόνο κατά 0.7 μονάδες, καθώς όλες οι υπόλοιπες τιμές είναι αρκετές μονάδες κάτω απ' τα  $10\mu g/m^3$ .

Έχοντας, λοιπόν, την εικόνα αυτή και για τα δύο λιμάνια, καταλαβαίνουμε ότι το Amsterdam(Αμστερνταμ) πέρα από την κινητικότητα του λιμανιού, η οποία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής, πιθανόν να έχουν ληφθεί κάποια πιο ισχυρά μέτρα και να είναι σε ισχύ κάποιες πιο αυστηρές νομοθεσίες για τον περιορισμό όσο το δυνατόν περισσότερο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ενώ, στο λιμάνι του Πειραιά(Piraeus), πέρα από την τεράστια κινητικότητα που γενικά υπάρχει εκεί, πιθανόν να μην έχουν ληφθεί αρκετά ισχυρά μέτρα ακόμη, ή τα μέτρα που έχουν ληφθεί να μην είναι τόσο αποτελεσματικά όσο θα περιμέναμε. Το ίδιο, φυσικά, ισχύει και για τις νομοθεσίες σχετικά με τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του λιμένα. Το σίγουρο είναι, πάντως, ότι θα 'θέλαμε να έχουμε τιμές συγκέντρωσης των ρύπων στα επίπεδα του Amsterdam(Αμστερνταμ)

και γιατί όχι και ακόμα πιο χαμηλά, έχοντας ως έναν και πολύ σημαντικό σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και της ανθρώπινης υγείας.

Επομένως, βάσει των αποτελεσμάτων που είχαμε σε παγκόσμια και τοπική κλίμακα, για να περιοριστεί η ατμοσφαιρική ρύπανση, θα πρέπει να εφαρμοστεί αυστηρότερος έλεγχος των εκπομπών των πλοίων. Τα μέτρα, που θα μπορούσαμε να προτείνουμε για τον περιορισμό των επιπτώσεων της ποιότητας του αέρα στο περιβάλλον καθώς και της υγείας των ανθρώπων που ζουν στην εκάστοτε περιοχή είναι:

1. Περιορισμός εισόδου παλαιών και συνεπώς, ρυπογόνων πλοίων στα λιμάνια.
2. Περιορισμός της ταχύτητας των πλοίων κατά την είσοδο/έξοδο από το λιμάνι, με σκοπό την καλύτερη διαχείριση καυσίμων και ουσιαστικά, μείωση των συνολικών εκπομπών των πλοίων.
3. Χρήση «οικολογικών καυσίμων», όπως προαναφέρθηκε στο 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο-Τεχνολογίες αντιρρύπανσης στη ναυτιλία-ναυσιπλοΐα, π.χ. καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.
4. Διαχείριση της φόρτωσης και εκφόρτωσης των πλοίων. Κυρίως, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, χύδην φορτίου και τα πετρελαιοφόρα χρειάζονται πιο πολύ χρόνο για να φορτώσουν ή να ξεφορτώσουν τα φορτία τους, παραμένοντας για μεγάλο χρονικό διάστημα στο λιμάνι. Έτσι, εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες ρύπων, αρχικά κατά το στάδιο των ελιγμών, αφού είναι αρκετά μεγάλα σε μέγεθος και έπειτα κατά την παραμονή τους στο λιμάνι. Ωστόσο, για τη σωστή διαχείριση της φόρτωσης και εκφόρτωσης εμπορευμάτων τα μέτρα που χρειάζεται να ληφθούν, είναι:
  - Φόρτωση και εκφόρτωση εμπορεύματος άμεσα στα μέσα μεταφοράς, ούτως ώστε η παραμονή του πλοίου στο λιμάνι να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.
  - Αναστολή φόρτωσης-εκφόρτωσης και διακίνησης σε περιόδους κακών καιρικών συνθηκών, διότι είναι μία παράμετρος ικανή να αυξήσει τις εκπομπές ρύπων κατά την είσοδο και την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι.
5. Χρήση όσο το δυνατόν νεότερων πλοίων βελτιωμένης σχεδίασης και μεγαλύτερης μεταφορική ικανότητας.

Φυσικά, οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιτυχία των παραπάνω προτεινόμενων μέτρων είναι:

- Η οργάνωση και διαχείριση εμπορευμάτων και επιβατών συνολικά,
- Ο προγραμματισμός και η επίβλεψη όλων των λειτουργικών διαδικασιών φόρτωσης-εκφόρτωσης και μεταφοράς,
- Η γνώση της ακριβούς ώρας άφιξης/αναχώρησης των πλοίων και
- Η εύρυθμη λειτουργία και καλή συνεργασία της Λιμενικής Αρχής, του Τελωνείου και του Λιμενικού Σώματος.

Σίγουρα, κάποια από τα μέτρα που αναφέρθηκαν έχουν σχετικά υψηλό κόστος για να υλοποιηθούν, ωστόσο τα οφέλη από τη μείωση των εκπομπών των ρύπων υπερκαλύπτουν το κόστος αυτό για πολλές περιοχές του πλανήτη. Ο έλεγχος των ρύπων από τα πλοία θα έχει ευεργετικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα, την οξίνιση και τον ευτροφισμό, ενώ η μείωση και των εκπομπών CO<sub>2</sub> θα βοηθήσει στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Ακόμα, η προβλεπόμενη αύξηση της ναυτιλίας τις επόμενες δεκαετίες, όσον αφορά το μέγεθος του στόλου και τη συνεισφορά της στο διεθνές εμπόριο, οδηγεί στην αναγκαιότητα της εξέτασης και βελτίωσης: της λειτουργικότητας των πλοίων, της τεχνολογίας και της οικονομίας. Τα μέτρα αυτά κρίθηκαν κατά βάση για τον έλεγχο της ποιότητας των καυσίμων, την αντικατάσταση ή αναβάθμιση των συστημάτων πρόωσης των πλοίων αλλά και τη μείωση της ταχύτητας των πλοίων. Ενώ, τεχνολογικές βελτιώσεις συνίσταται, εφόσον έχει μελετηθεί ο κύκλος ζωής του πλοίου, κυρίως στο κύτος του πλοίου καθώς και στους έλικες. Επιπλέον, στον τομέας της οικονομίας διακρίθηκαν δύο κατηγορίες μέτρων, τα μέτρα εκείνα που αφορούν τις εισφορές όσων ρυπαίνουν και εκείνα που σχετίζονται με τα συστήματα εμπορίας ρύπων.

Προκειμένου, λοιπόν, να γίνει πιο σαφής η συνεισφορά των πλοίων στη ρύπανση της ατμόσφαιρας, θεωρείται αναγκαία η μακροχρόνια λήψη μετρήσεων, η συστηματική καταγραφή κάθε κίνησης των πλοίων, καθώς και της παρουσίας τους στο χώρο του εκάστοτε λιμένα όταν οι βοηθητικές μηχανές βρίσκονται σε λειτουργία, ώστε να καταστεί δυνατή η σύγκριση των συγκεντρώσεων και των δεδομένων αυτών σε βάθος χρόνου. Η καταγραφή αυτή τόσο σε παγκόσμια όσο και σε τοπική κλίμακα θα συμβάλλει σημαντικά στην προσπάθεια για περαιτέρω ανάλυση και πρόβλεψη της



ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς και εφαρμογή αποτελεσματικότερων μέτρων, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ζάνης, Π.(Σεπτέμβριος 2014). ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ,ΑΠΘ.
2. Ατμοσφαιρικοί ρύποι και κλίμακες διασποράς, Διαθέσιμο στο: <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter2.pdf>
- 3.Βικιπαίδεια,Μονοξείδιο του άνθρακα, Διαθέσιμο στο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BE%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CF%84%CE%BF%CF%85%CE%AC%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%B1#%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82>
4. Gesley, J. (2018). Regulation of Air Pollution: European Union, Law Library of Congress.
5. Πτυχιακή εργασία, Οικονόμου, Κ. (Ιούνιος 2018). “Δημιουργία ηλεκτρονικής βάσης δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης για την ευρύτερη περιοχή των Αθηνών την περίοδο 2001-2013”, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
6. (March 2020). The United States Clean Air Act turns 50: is the air any better half a century later? , Διαθέσιμο στο: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/united-states-clean-air-act-turns-50-air-any-better-half-century-later>
7. Air Quality Index (AQI) Basics, Διαθέσιμο στο: <https://www.airnow.gov/aqi/aqi-basics/>
8. Εργαστηριακό μέρος μαθήματος Ατμοσφαιρικής ρύπανσης,Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Μουστρής Κ. “5<sup>η</sup>-6<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση-Δείκτες Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης”.
9. (Απρίλιος 2019).Τα δέκα εμπορικά λιμάνια με τη μεγαλύτερη κίνηση στον κόσμο, Διαθέσιμο στο: <https://www.fortunegreece.com/photo-gallery/ta-deka-emporika-limania-me-ti-megaliteri-kinisi-ston-kosmo/>
10. Port of Shanghai, SHIP TECHNOLOGY, Διαθέσιμο στο: <https://www.ship-technology.com/projects/portofshanghai/>
11. The Port of Shanghai, Διαθέσιμο στο: <https://www.shiphub.co/port-of-shanghai/>
12. Air quality in Shanghai, Διαθέσιμο στο: <https://www.iqair.com/china/shanghai>
13. Filonchyk M.,Peterson M. (October 2020).“Air Quality Changes in Shanghai, China, and the Surrounding Urban Agglomeration during the COVID-19 Lockdown”.Nature Public Health Emergency Collection,10.1007/s41651-020-00064-5.

14. PORT OF SHENZHEN, Διαθέσιμο στο: <https://www.joc.com/port-news/asian-ports/port-shenzhen>
15. Air quality in Shenzhen, Διαθέσιμο στο: <https://www.iqair.com/china/guangdong/shenzhen>
16. Port of Guangzhou, Διαθέσιμο στο: [http://www.worldportsource.com/ports/review/CHN\\_Port\\_of\\_Guangzhou\\_403.php](http://www.worldportsource.com/ports/review/CHN_Port_of_Guangzhou_403.php)
17. Air quality in Guangzhou, Διαθέσιμο στο: <https://www.iqair.com/china/guangdong/guangzhou>
18. Port of Qingdao, Διαθέσιμο στο: [http://www.worldportsource.com/ports/commerce/CHN\\_Port\\_of\\_Qingdao\\_408.php](http://www.worldportsource.com/ports/commerce/CHN_Port_of_Qingdao_408.php)
19. Xu Jing. (August 2007). History of Qingdao, Διαθέσιμο στο: [http://www.chinadaily.com.cn/china/2007-08/10/content\\_6020685.htm](http://www.chinadaily.com.cn/china/2007-08/10/content_6020685.htm)
20. PORT OF TIANJIN, Διαθέσιμο στο: <https://www.joc.com/port-news/asian-ports/port-tianjin>
21. Tianjin Port, Διαθέσιμο στο: [https://www.tour-beijing.com/xingang\\_beijing/tianjin\\_port.php#.YHi45ugzbIX](https://www.tour-beijing.com/xingang_beijing/tianjin_port.php#.YHi45ugzbIX)
22. Air quality in Tianjin, Διαθέσιμο στο: <https://www.iqair.com/china/tianjin>
23. Port of Amsterdam, Διαθέσιμο στο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Port\\_of\\_Amsterdam](https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Amsterdam)
24. Dynamic Port Agencies, ΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΑΜΣΤΕΡΝΤΑΜ, Διαθέσιμο στο: <https://dynamicportagencies.com/el/%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9-%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%B5%CF%83/%CE%BF%CE%BB%CE%B1-%CF%84%CE%B1-%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%B1-%CF%80%CE%BF%CF%85-%CE%B5%CE%BA%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%89%CF%80%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%B5/%CF%84%CE%BF-%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CE%B9-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B1%CE%BC%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%BC/>
25. (Μάρτιος 2017). Το λιμάνι του Άμστερνταμ θα γίνει «πράσινο» έως το 2030, Διαθέσιμο στο: <https://energyin.gr/2017/03/20/%CF%84%CE%BF-%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%AC%CE%BD%CE%B9-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%AC%CE%BC%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%BC-%CE%B8%CE%B1-%CE%B3%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CE%B9-%CF%80%CF%81%CE%AC%CF%83/>

26. Port of Amsterdam, SHIP TECHNOLOGY, Διαθέσιμο στο: <https://www.ship-technology.com/projects/port-of-amsterdam/>
27. Air quality in Amsterdam, Διαθέσιμο στο: <https://www.iqair.com/netherlands/north-holland/amsterdam>
28. GREEK SHIPPING, Ναυτικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Διαθέσιμο στο: <https://nee.gr/en/greek-shipping/>
29. Wikipedia, Greek shipping, Διαθέσιμο στο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Greek\\_shipping](https://en.wikipedia.org/wiki/Greek_shipping)
30. Kokinidis, T. (March 2021). Greek Shipping Remains Number One in the World, Διαθέσιμο στο: <https://greekreporter.com/2021/03/10/greek-shipping-remains-number-one-in-the-world/>
31. Τσαμόπουλος, Μ. (Ιανουάριος 2021). Το πάνω χέρι και το 2021 έχει η ελληνική ναυτιλία, newmoney.
32. Air quality in Greece, Διαθέσιμο στο: <https://www.iqair.com/greece>
33. Οργανισμός Λιμένος Πατρών Α.Ε., Το Λιμάνι, Διαθέσιμο στο: [https://www.patrasport.gr/?section=629&language=el\\_GR](https://www.patrasport.gr/?section=629&language=el_GR)
34. ThPA S.A. PORT OF THESSALONIKI, Λιμάνι, Διαθέσιμο στο: <https://www.thpa.gr/index.php/el/explore/>
35. Wikipedia, Port of Piraeus, Διαθέσιμο στο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Port\\_of\\_Piraeus](https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Piraeus)
36. Glass, D. (2021). Piraeus largest European Med port in 2020, Διαθέσιμο στο: <https://www.seatrade-maritime.com/ports-logistics/piraeus-largest-european-med-port-2020>
37. Athens Piraeus Port, Διαθέσιμο στο: <https://www.greeka.com/attica/athens/transportations/ports/piraeus/>
38. (August 2019). Port of Piraeus, Port Technology International Team, Διαθέσιμο στο: <https://www.porttechnology.org/news/port-of-piraeus/>
39. (Αύγουστος 2018). Cosco: Ο Πειραιάς, το λιμάνι με την ταχύτερη ανάπτυξη παγκοσμίως, Διαθέσιμο στο: <https://www.sofokleousin.gr/cosco-o-peiraias-to-limani-me-tin-taxyteri-anaptyksi-pagkosmios>
40. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ Δ/ΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ & ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ, ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΘΕΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ 2020. Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/wpcontent/uploads/2021/06/%CE%95%CE%9A%CE%98%CE%95%CE%A3%CE%97-2020.pdf>

- 41.(March 2021). Η ανάπτυξη της κρουαζιέρας στο λιμάνι του Πειραιά, Διαθέσιμο στο: <https://www.naftikachronika.gr/2021/03/26/i-anaptyxi-tis-krouazieras-sto-limani-tou-peiraia/>
42. Karaiskaki, T. (August 2020). Piraeus Port slated for eco-upgrade, Διαθέσιμο στο: <https://www.ekathimerini.com/economy/256338/piraeus-port-slated-for-eco-upgrade/>
43. (April 2019). Greece’s Piraeus port takes measures to tackle environmental issues, Διαθέσιμο στο: <https://www.hellenicshippingnews.com/greeces-piraeus-port-takes-measures-to-tackle-environmental-issues/>
44. Σκέυης Γ., Κουτσονικόλας Δ., Ασημακοπούλου Α. (Μάρτιος 2021). “Καινοτόμο σύστημα μεμβρανών για την αντιμετώπιση της ρύπανσης από τη ναυτιλία,energypress.
45. ΔΕΜΕΡΟΥΤΗ, Γ.Κ. ΜΥΛΩΝΟΠΟΥΛΟΥ, Δ.Ν.(2010).ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ,Διαθέσιμο στο: [https://www.eef.edu.gr/media/2544/e\\_j00093](https://www.eef.edu.gr/media/2544/e_j00093)
46. Κεφάλαιο 3ο: Κατηγορίες και τύποι πλοίων,pi-schools. Διαθέσιμο στο: [http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/maritime/FILES/biblia/biblia/naytikh\\_texni\\_a/kef03.pdf](http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/maritime/FILES/biblia/biblia/naytikh_texni_a/kef03.pdf)
47. Hiteshk, (September 2019).What are Cargo Ships?. Διαθέσιμο στο: <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-cargo-ships/>
48. Mohit., (May 2020). What are Passenger Ships?. Διαθέσιμο στο: <https://www.marineinsight.com/cruise/what-are-passenger-ships/>
49. Βικιπαίδεια, Επιβατηγό πλοίο, Διαθέσιμο στο: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%80%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CF%8C\\_%CF%80%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CE%BF](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%80%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CF%8C_%CF%80%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CE%BF)
50. Wikipedia, Cruise ship, Διαθέσιμο στο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cruise\\_ship](https://en.wikipedia.org/wiki/Cruise_ship)
51. Wikipedia, Reefer ship, Διαθέσιμο στο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Reefer\\_ship](https://en.wikipedia.org/wiki/Reefer_ship)
52. Βικιπαίδεια, Ωκεανογραφικό, Διαθέσιμο στο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A9%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CF%8C>
53. Βικιπαίδεια, Καλωδιακό πλοίο, Διαθέσιμο στο: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CE%BB%CF%89%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C\\_%CF%80%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CE%BF](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CE%BB%CF%89%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C_%CF%80%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CE%BF)
54. ΠΛΟΙΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ (auxiliary ships), Διαθέσιμο στο: <https://aenkimis.weebly.com/pilambdaomicron943alpha-betaomicronetathetaetatauiotakappa942sigmaf-nualphaupsilontaiotalambda943alphasigmaf-auxiliary-ships.html>

55. Βικιπαίδεια, Παγοθραυστικό, Διαθέσιμο στο:  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B1%CE%B3%CE%BF%CE%B8%CF%81%CE%B1%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C>
56. Βικιπαίδεια, Ρυμουλκό, Διαθέσιμο στο:  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CF%85%CE%BC%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%BA%CF%8C>
57. Βικιπαίδεια, Βυθοκόρος, Διαθέσιμο στο:  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CF%85%CE%B8%CE%BF%CE%BA%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%82>
58. Βικιπαίδεια, Πλοηγίδα, Διαθέσιμο στο:  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%BF%CE%B7%CE%B3%CE%AF%CE%B4%CE%B1>
59. (Μάρτιος 2016). Τι είναι τα φαρόπλοια;, Διαθέσιμο στο: <https://e-nautilia.gr/ti-einai-ta-faroploia/>
60. Δομικές Μηχανές, ΠΛΩΤΟΙ ΓΕΡΑΝΟΙ, ΔΠΘ: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
61. Βικιπαίδεια, Ναυαγοσωστικό, Διαθέσιμο στο:  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B1%CF%85%CE%B1%CE%B3%CE%BF%CF%83%CF%89%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C>
62. Διπλωματική Εργασία, Τρύπατζη, Ε. Α. (Οκτώβριος 2017). "Απογραφή Αέριων Ρύπων από τη Ναυτιλία: Εφαρμογή στο λιμάνι Χίου", ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ.
63. Διπλωματική Εργασία, Πιτσιρίκου, Κ. (2013). "Υπολογισμός αέριας μόλυνσης σε λιμάνια: η περίπτωση του λιμανιού του Ηρακλείου", Πολυτεχνείο Κρήτης.
64. Διπλωματική Εργασία, Συσάκος, Ε. (Οκτώβριος 2014). "Εφαρμογή πλυντρίδων (scrubbers) απαερίων στα εμπορικά πλοία", Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
65. Cooper&Alley: Κεφάλαιο 7, Πλυντρίδες (Scrubbers), Διαθέσιμο στο:  
[http://www.mie.uth.gr/ekp\\_yliko/7\\_scrubbers.pdf](http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/7_scrubbers.pdf)
66. Ζάννης Κ. Θ., Υφαντής Αρ. Η., Κατσάνης Σ. Ι., Παριώτης Γ. Ε., Παπαγιαννάκης Γ. Ρ., (Δεκέμβριος 2017). "Χρήση Επιλεκτικής Καταλυτικής Αναγωγής (SCR) για Περιστολή των Εκπομπών NOx από Ναυτικές Μηχανές – Μέρος Ι: Αρχές Λειτουργίας και Κατασκευαστικές Ιδιαιτερότητες", researchgate.
67. (Μάιος 2021). Νέο σύστημα μεμβρανών για την δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα στην ναυσιπλοΐα, Διαθέσιμο στο: <https://e-nautilia.gr/neo-sistema-membrano-gia-ti-desmeysi-dioksidiou-tou-anthraka/>
68. Διπλωματική Εργασία, Μπακαλάρου Α., (Δεκέμβριος 2019). "Εφαρμογές Κυψελών Καυσίμου στη Ναυτιλία -Προοπτικές για Μεγάλης Ισχύος Μονάδες", ΕΜΠ.
69. Mohit, (September 2021). 14 Technologies to Make the Ultimate Green Ship. Διαθέσιμο στο: <https://www.marineinsight.com/green-shipping/13-technologies-to-make-the-ultimate-green-ship/>