ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

Η επίδραση της πανδημίας Covid 19 στην ποιότητα της ατμόσφαιρας των πόλεων- Η περίπτωση της Αθήνας

Διπλωματική Εργασία

Καραΐσκος Σωτήριος ΤΜΣ1903

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Σιοντόρου Χριστίνα

Πειραιάς 2024

ΔΗΛΩΣΗ

Η εργασία αυτή είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου.

Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού ΜΔΕ ανήκουν στον μεταπτυχιακό φοιτητή και στο επιβλέπον μέλος ΔΕΠ εις ολόκληρο, δηλαδή εκάτερος μπορεί να κάνει χρήση αυτών χωρίς τη συναίνεση άλλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του πρωτότυπου μέρους ΜΔΕ ανήκουν στον μεταπτυχιακό φοιτητή και στην επιβλέπουσα από κοινού, δηλαδή δεν μπορεί ο ένας από τους δύο να κάνει χρήση αυτού χωρίς τη συναίνεση του άλλου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση του πρωτότυπου μέρους της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικό περιοδικό ή πρακτικά συνεδρίου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο (ή των τριών σε περίπτωση συνεπιβλέποντα/ουσας) ως συν-συγγραφέων. Στην περίπτωση αυτή προηγείται γραπτή ενημέρωση του/της μη συμμετέχοντα/ουσας στη συγγραφή του επιστημονικού άρθρου. Δεν επιτρέπεται η κατά οποιοδήποτε τρόπο δημοσιοποίηση υλικού το οποίο έχει δηλωθεί εγγράφως ως απόρρητο.

Ο Φοιτητής	Η Επιβλέπουσα
Σωτήρης Καραΐσκος	Καθ. Χριστίνα Σιοντόρου

Περίληψη

Από τον Δεκέμβριο του 2019 στην Κίνα εμφανίζεται ένας νέος κορωνοϊός, ο οποίος πολύ γρήγορα εξαπλώθηκε σε όλο τον κόσμο και χαρακτηρίστηκε ως πανδημία. Έτσι οι κυβερνήσεις των περισσότερων χωρών αναγκάστηκαν να λάβουν μέτρα περιορισμού των μετακινήσεων. Τα πιο συνηθισμένα μέτρα ήταν το κλείσιμο σχολείων και πανεπιστημίων, η απαγόρευση συναθροίσεων και δεξιώσεων και το κλείσιμο των δομών εστίασης, ενώ τα πιο αυστηρά μέτρα αφορούσαν στην αναστολή όλων των επιχειρήσεων και βιομηχανιών. Εξαιτίας της μείωσης των ρυπογόνων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων κατά τις περιόδους lockdown ανά τον κόσμο, παρατηρήθηκε βελτίωση της ατμόσφαιρας. Στην συγκεκριμένη εργασία εξετάζονται περιπτώσεις βελτίωσης της ποιότητας της ατμόσφαιρας κατά την περίοδο της πανδημίας ανά τον κόσμο.

Εξετάζεται η επίδραση του lockdown στην πόλη Wuhan στην Κίνα. Εκεί, η ποιότητα του αέρα βελτιώθηκε κατά 26% κατά την περίοδο που εφαρμόστηκαν μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας, σε σχέση με την ίδια περίοδο κατά τα προηγούμενα τρία έτη. Επίσης, επίσης εξετάζεται και η επίδραση του lockdown στο Μιλάνο, όπου η ατμοσφαιρική ρύπανση μειώθηκε, ενώ την μεγαλύτερη μείωση την είχε η συγκέντρωση του NO_2 κατά 58%.

Επιπλέον εξετάζεται η ατμοσφαιρική ρύπανση κατά την περίοδο της πανδημίας σε πόλεις της Ινδίας, των ΗΠΑ, του Ηνωμένου Βασιλείου, της Ισπανίας, του Καναδά, της Βραζιλίας και του Εκουαδόρ. Σε όλες τις περιπτώσεις καταγράφεται βελτίωση της ατμόσφαιρας των πόλεων με τη συγκέντρωση του διοξειδίου του αζώτου να μειώνεται σημαντικά την περίοδο που εφαρμόστηκε lockdown στις πόλεις. Ωστόσο, όπου υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για το όζον, η συγκέντρωσή του αυξήθηκε.

Για την Αθήνα προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για το πως επηρέασε η πανδημία την ποιότητα του αέρα στην Αθήνα, συγκεντρώθηκαν δεδομένα μετρήσεων των συγκεντρώσεων των ρύπων NO_2, PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3 και SO_2 από τρεις κεντρικούς σταθμούς κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάϊο του 2020, όπου είναι η περίοδος του πρώτου lockdown στην Ελλάδα, και στη συνέχεια συγκρίθηκαν με τις συγκεντρώσεις των ρύπων τους ίδιους μήνες κατά τα προηγούμενα τρία έτη.

Το 2020 ο μέσος όρος της τιμής κάθε ρύπου μειώθηκε συγκριτικά με τον μέσο όρο των συγκεντρώσεων των ρύπων για τα προηγούμενα χρόνια. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται στο διοξείδιο του αζώτου (23.52%), ενώ η μείωση των τιμών των συγκεντρώσεων για τα μικροσωματίδια $PM_{2.5}$ και PM_{10} ήταν χαμηλότερη (15.67% και 17.12% αντίστοιχα).

Καθώς το διοξείδιο του αζώτου συνδέεται άμεσα με εκπομπές από τις μεταφορές και την αυτοκίνηση, η δραματική μείωσή τους κατά τις περιόδους lockdown πιθανώς προκάλεσε και την σημαντική μείωση της συγκέντρωσης του ρύπου στην ατμόσφαιρα, που παρατηρήθηκε. Ωστόσο η έλλειψη οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα συμβάλει στην ανάπτυξη της συγκέντρωσης του ατμοσφαιρικού όζοντος και έτσι, εξηγείται πως το όζον είναι ο μόνος ρύπος που αυξήθηκε κατά την περίοδο των lockdown.

Τέλος, συμπεραίνεται πως μέτρα ελέγχου ή και περιορισμού της αυτοκίνησης, μπορούν να συμβάλουν άμεσα στην αντιμετώπιση της ρύπανσης των πόλεων.

Abstract

Since December 2019, a new coronavirus emerged in China, which rapidly spread worldwide and was characterized as a pandemic. Consequently, governments in most countries were compelled to implement measures to restrict movement. The most common measures included the closure of schools and universities, prohibition of gatherings and events, and the shutdown of hospitality establishments. Moreover, the most strictly measures also involved the suspension of all businesses and industries.

Due to the reduction in polluting human activities during the lockdown periods worldwide, an improvement in air quality was observed. This paper examines the improvement of atmospheric quality during the pandemic across the globe.

The first case study highlights the impact of the lockdown in the city of Wuhan, China. There, air quality improved by 26% during the restrictive measures compared to the same period in the previous three years. The second case concerns the effects of the lockdown in Milan, where were observed decrease in the atmospheric pollution, with the most substantial reduction being 58% in NO_2 concentration.

Additionally, there are presented more case studies regarding cities in India, the United States, the United Kingdom, Spain, Canada, Brazil, and Ecuador. All these studies document an improvement in the atmosphere of the cities, with a significant reduction in nitrogen dioxide concentration during the lockdown period across all cities. However, in cases where data were available for ozone, its concentration increased.

To draw conclusions about the impact of the pandemic on air quality in Athens, data on the concentrations of pollutants NO_2, PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3 and SO_2 were collected from three central stations during the months of March, April, and May 2020, which correspond to the period of the first lockdown in Greece. Subsequently, the same pollutants' concentrations were gathered for the same months in the previous three years.

The average concentration of each pollutant in 2020 decreased, compared to the average concentrations of pollutants in the previous years. The most substantial reduction was observed in nitrogen dioxide (23.52%), while the decrease in concentrations of $PM_{2.5}$ and PM_{10} particles was lower (15.67% and 17.12% respectively).

As nitrogen dioxide is directly associated with emissions from transportation and vehicular traffic, its dramatic reduction during lockdown periods likely caused the significant decrease in pollutant concentration in the atmosphere that was observed. However, the absence of nitrogen oxides in the atmosphere contributes to the development of atmospheric ozone concentration, explaining why ozone is the only pollutant that increased during the lockdown period.

Finally, it is concluded that control or restriction measures on vehicular traffic can directly contribute to addressing city pollution.

Λέξεις Κλειδιά

Ατμοσφαιρική ρύπανση, ποιότητα του αέρα, Air quality index, πανδημία, Covid-19, μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας

Πρόλογος και Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών "Διαχείριση Ενέργειας & Περιβάλλοντος" του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς, υπό την επίβλεψη της Καθ. Χριστίνας Σιοντόρου.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα Καθ. Χριστίνα Σιοντόρου για την ευκαιρία που μου έδωσε αναθέτοντάς μου την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, αλλά και για την καθοδήγηση και γνώση που μου παρείχε κατά την διάρκεια των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό, αλλά και στις προπτυχιακές μου σπουδές.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας που συμμετείχαν στο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Διαχείρισης Ενέργειας & Περιβάλλοντος».

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη που μου παρείχε στην διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Πρόλογος ..... Error! Bookmark not defined.
Περίληψη ..... Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή 1
1.1 Αντικείμενο και σκοπός ..... Error! Bookmark not defined.
1.2. Φάσεις Υλοποίησης ..... Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 2: Αστική ρύπανση την περίοδο της πανδημίας 2
2.1 Η επίδραση της πανδημίας στην Wuhan στην Κίνα 3
2.2 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις της Ινδίας 10
2.3 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις των ΗΠΑ 11
2.4 Η επίδραση της πανδημίας στο Οντάριο στον Καναδά 13
2.5 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις της Βραζιλίας 15
2.5.1 Ρίο ντε Τζανέιρο 15
2.5.2 Σάο Πάολο 19
2.6 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις του Εκουαδόρ 20
2.7. Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις του Ηνωμένου Βασιλείου 20
2.8 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις της Ισπανίας 22
2.9 Η επίδραση της πανδημίας στο Μιλάνο της Ιταλίας 24
Κεφάλαιο 3: Η ποιότητα της Αθήνας την περίοδο της πανδημίας 25
3.1 Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα 25
3.2 Επιβολή περιοριστικών μέτρων στην Ελλάδα κατά την περίοδο της πανδημίας 26
3.3 Ανάλυση Μεθοδολογίας 26
3.3.1 Δείκτης Ποιότητας του Αέρα AQI (Air Quality Index) 26
3.3.2 Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων Ποιότητας του Αέρα στην Αθήνα 28
3.4 Αποτελέσματα 29
3.5 Συγκριτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων 30
Κεφάλαιο 4: Συζήτηση 35
Παράρτημα ..... Error! Bookmark not defined.
Βιβλιογραφία 38

Πίνακες

Πίνακας 1 Κατηγοριοποίηση των μηνών του έτους σε σχέση με την πανδημία..... 4
Πίνακας 2 Κλίμακα εκτίμησης της ποιότητας του αέρα με βάση τις τιμές του AQI 5
Πίνακας 3 Κατανομή των κυρίων ρυπαντών στην πόλη Wuhan τον Ιανουάριο-Απρίλιο για τα έτη 2017-2020..... 7
Πίνακας 4 Διαφορές στις συγκεντρώσεις ρύπων NO2 και PM2.5 μεταξύ 2017-2019 και 2020 12
Πίνακας 5 Μεταβολή της κινητικότητας σε διάφορες δραστηριότητες κατά την ΚΕΑ 13
Πίνακας 6 Μεταβολή συγκεντρώσεων ρύπων – Μάρτιος και Απρίλιος 2020 σε σχέση με 2019 16
Πίνακας 7 Μεταβολές των συγκεντρώσεων των ρύπων ως προς την ΠΛ περίοδο 24
Πίνακας 8 Κατηγορίες της ποιότητας του αέρα με βάση τις τιμές του δείκτη PSI (Hunt & Ott, 1976) 27
Πίνακας 9 Κατηγοριοποίηση συγκεντρώσεων ρύπων με βάση τον δείκτη ποιότητας του αέρα (EEA, 2023)..... 27
Πίνακας 10 Χρωματική απεικόνιση των επιπέδων του δείκτη της ποιότητας αέρα (EEA, 2023) 28
Πίνακας 11 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ποιότητας του Αέρα για το 2017 (Αριθμός ημερών που η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκε «Καλή», «Σχεδόν Καλή» κ.ο.κ) 29
Πίνακας 12 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κυρίων Ρυπαντών για το 2017 (Αριθμός ημερών που ο κάθε ρύπος είχε την μέγιστη τιμή IP) 29
Πίνακας 13 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ποιότητας του Αέρα για το 2018 (Αριθμός ημερών που η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκε «Καλή», «Σχεδόν Καλή» κ.ο.κ) 29
Πίνακας 14 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κυρίων Ρυπαντών για το 2018 (Αριθμός ημερών που ο κάθε ρύπος είχε την μέγιστη τιμή IP) 29
Πίνακας 15 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ποιότητας του Αέρα για το 2019 (Αριθμός ημερών που η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκε «Καλή», «Σχεδόν Καλή» κ.ο.κ) 30
Πίνακας 16 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κυρίων Ρυπαντών για το 2019 (Αριθμός ημερών που ο κάθε ρύπος είχε την μέγιστη τιμή IP) 30
Πίνακας 17 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ποιότητας του Αέρα για το 2020 (Αριθμός ημερών που η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκε «Καλή», «Σχεδόν Καλή» κ.ο.κ) 30
Πίνακας 18 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κυρίων Ρυπαντών για το 2020 (Αριθμός ημερών που ο κάθε ρύπος είχε την μέγιστη τιμή IP) 30
Πίνακας 19 AQI Μάρτιος-Απρίλιος-Μάϊος για τα έτη 2017,2018,2019 & 2020 30
Πίνακας 20 Ποιότητα Αέρα τον Μάρτιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020 31
Πίνακας 21 Ποιότητα Αέρα τον Απρίλιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020 32
Πίνακας 22 Ποιότητα Αέρα τον Μάιο για τα έτη 2017, 2018, 2019, 2020 32
Πίνακας 23 Κύριοι ρυπαντές Μάρτιος-Απρίλιος-Μάιος για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020 33
Πίνακας 24 Κύριοι ρυπαντές τον Μάρτιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020 33
Πίνακας 25 Κύριοι ρυπαντές τον Απρίλιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020 34
Πίνακας 26 Κύριοι ρυπαντές τον Μάιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020..... 34
Πίνακας 27 Μέσος όρος τιμής IP του κάθε ρύπου για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020 34
Πίνακας 28 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης τιμής του κάθε ρύπου το 2020 σε σύγκριση με την μέση τιμή του κάθε ρύπου για τα έτη 2017-2019..... 35
Πίνακας 29 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάρτιος 2017 42

Πίνακας 30 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Απρίλιος 2017 42
Πίνακας 31 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάϊος 2017 43
Πίνακας 32 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάρτιος 2018 44
Πίνακας 33 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Απρίλιος 2018 45
Πίνακας 34 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάϊος 2018 46
Πίνακας 35 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάρτιος 2019 47
Πίνακας 36 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Απρίλιος 2019 48
Πίνακας 37 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάϊος 2019 49
Πίνακας 38 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάρτιος 2020 50
Πίνακας 39 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Απρίλιος 2020 51
Πίνακας 40 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάϊος 2020 52

Σχήματα

Σχήμα 1 Η τοποθεσία μετρητών ατμοσφαιρικού ελέγχου και ο μετεωρολογικός σταθμός στη Wuhan (Jiaxin, 2021) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 2 Αλλαγές στον δείκτη ποιότητας του αέρα (AQI) στη Wuhan από τον Ιανουάριο έως τον Απρίλιο για τα έτη 2017–2020 (Jiaxin, 2021) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 3 Αποτελέσματα υπολογισμού AQI για τους μήνες Ιανουάριο-Απρίλιο και τα έτη 2017-2020στην Wuhan της Κίνας (Jiaxin, 2021) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 4 Κύριοι ρυπαντές στη Wuhan τον Ιανουάριο-Απρίλιο το 2017 και 2018 (Jiaxin, 2021) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 5 Κύριοι ρυπαντές στη Wuhan τον Ιανουάριο-Απρίλιο το 2019 και 2020 (Jiaxin, 2021) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 6 Μεταβολή της συγκέντρωσης του ρύπου PM_{10} 16 Μαρτίου – 12 Απριλίου 2020 συγκριτικά με τον μ.ο. της περιόδου 2-15 Μαρτίου 2020..... **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 7 Μεταβολή της συγκέντρωσης του ρύπου NO2 16 Μαρτίου – 12 Απριλίου 2020 συγκριτικά με τον μ.ο. της περιόδου 2-15 Μαρτίου 2020..... **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 8 Μεταβολή της συγκέντρωσης του ρύπου O3 16 Μαρτίου – 12 Απριλίου 2020 συγκριτικά με τον μ.ο. της περιόδου 2-15 Μαρτίου 2020..... **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 9 Μεταβολή της συγκέντρωσης του ρύπου CO 16 Μαρτίου – 12 Απριλίου 2020 συγκριτικά με τον μ.ο. της περιόδου 2-15 Μαρτίου 2020..... **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 10 AQI Μάρτιος-Απρίλιος-Μάϊος για τα έτη 2017,2018,2019 & 2020 .. **Error! Bookmark not defined.**
Σχήμα 11 Κύριοι ρυπαντές Μάρτιος-Απρίλιος-Μάιος για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020 ..... **Error! Bookmark not defined.**

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή & Μεθοδολογία

1.1. Εισαγωγή

Τον Δεκέμβριο του 2019 στην πόλη Wuhan της Κίνας κάνει την εμφάνισή του ένας νέος κορωνοϊός, ο SARS Covid-19. Η γρήγορη μετάδοση του ιού σε ολόκληρη την υφήλιο χαρακτηρίστηκε ως πανδημία και ανάγκασε τις κυβερνήσεις των χωρών να λάβουν δραστικά μέτρα ενίσχυσης των συστημάτων υγείας, αλλά και μέτρα απαγορεύσεως μετακίνησης (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2023). Εκτός από τις ανθρώπινες απώλειες και τις οικονομικές συνέπειες, η πανδημία προκάλεσε και την μείωση της κινητικότητας της ανθρώπινης δραστηριότητας προκειμένου να περιοριστεί η μετάδοση του ιού. Η δραματική μείωση των μεταφορών (αεροπορικών, αυτοκινητιστικών, ακτοπλοϊκών) και η διακοπή πολλών βιομηχανικών δραστηριοτήτων για το διάστημα το οποίο κάθε χώρα επέβαλε καραντίνα, συνδέεται και με την βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας. Σε πολλές πόλεις κατά τα διαστήματα που είχε επιβληθεί καραντίνα, παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης των βλαβερών ρύπων στην ατμόσφαιρα (Mandal, Patel 2021).

Η παρούσα εργασία εξετάζει αναλυτικά εννέα μελέτες περίπτωσης που αφορούν την επίδραση στην ρύπανση της ατμόσφαιρας, που είχαν μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας που πάρθηκαν κατά την περίοδο της πανδημίας σε μεγάλες πόλεις διαφόρων χωρών: Κίνα, Ινδία, ΗΠΑ, Καναδά, Βραζιλία, Εκουαδόρ, Ηνωμένο Βασίλειο, Ισπανία και Ιταλία. Στη συνέχεια γίνεται μία αντίστοιχη εκτίμηση για την Αθήνα. Στην Ελλάδα, τον Μάρτιο του 2020 ανακοινώθηκε από την κυβέρνηση, καθολικό lock-down το οποίο διήρκησε τελικά μέχρι και αρχές Μαΐου. Έτσι, στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας έγινε μία προσπάθεια να ερευνηθεί εάν υπάρχει αντίστοιχη μείωση βλαβερών ατμοσφαιρικών ρύπων και βελτίωση της ποιότητας του αέρα στην ατμόσφαιρα της Αθήνας κατά την περίοδο της καραντίνας.

1.2. Μεθοδολογία

Προκειμένου να ερευνηθεί εάν τα μέτρα απαγόρευσης της κυκλοφορίας, που τέθηκαν σε ισχύ ανά τον κόσμο κατά την περίοδο της πανδημίας, είχαν κάποια επίδραση στην ποιότητα του αέρα των πόλεων, κρίθηκε σημαντικό να υλοποιηθεί συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά το θέμα. Με κύρια πηγή το “Science Direct”, ξεκίνησε η αναζήτηση διαθέσιμων επιστημονικών ερευνών.

Αρχικός στόχος ήταν να μελετηθούν οι περιπτώσεις της Κίνας και της Ιταλίας, καθώς η Κίνα ήταν η πρώτη χώρα στον κόσμο στην οποία εφαρμόστηκαν μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας, για την αντιμετώπιση της πανδημίας, και η Ιταλία ήταν η πρώτη Ευρωπαϊκή χώρα που επέβαλε lockdown. Για την Κίνα αναλύεται η περίπτωση της Wuhan, η οποία ήταν η πόλη όπου εντοπίστηκε το πρώτο κρούσμα του κορωνοϊού και η πρώτη πόλη παγκοσμίως στην οποία εφαρμόστηκε lockdown. Για την Ιταλία που ήταν η πρώτη ευρωπαϊκή χώρα που εφαρμόστηκαν αυστηρά μέτρα ελέγχου της κινητικότητας του πληθυσμού, παρουσίασε ενδιαφέρον η περίπτωση της επίδρασης των περιοριστικών μέτρων στην ρύπανση στο Μιλάνο και στην ευρύτερη περιοχή.

Στην συνέχεια, και προκειμένου να εντοπισθούν τυχόν παρόμοια μοτίβα επίδρασης των περιοριστικών μέτρων στην ρύπανση των πόλεων, θεωρήθηκε σημαντικό να αναλυθούν και άλλες περιπτώσεις από διάφορες χώρες ανά τον κόσμο με διαφορετικά τοπογραφικά και

κλιματικά χαρακτηριστικά. Έτσι, επιλέχθηκαν 7 ακόμα περιπτώσεις που αφορούσαν την Ινδία, τις ΗΠΑ, τον Καναδά, την Βραζιλία, το Εκουαδόρ, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ισπανία.

Με βάση την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στις διαφορετικές μελέτες περιπτώσεων, έγινε προσπάθεια υλοποίησης παρόμοιας έρευνας για την Ελλάδα. Επιλέχθηκε η Αθήνα ως η πολυπληθέστερη πόλη στην χώρα, και ως τοποθεσία με έντονη κινητικότητα όπου παρατηρείται συχνά επιβαρυμένη ατμόσφαιρα. Συγκεντρώθηκαν δεδομένα μετρήσεων συγκεντρώσεων ρύπων από την ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ). Πιο συγκεκριμένα, συγκεντρώθηκαν δεδομένα συγκεντρώσεων των ρύπων $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, O_3 και SO_2, για τους μήνες που διήρκησε το πρώτο lockdown στην Ελλάδα (Μάρτιος, Απρίλιος και Μάιος του 2020), και ιστορικά δεδομένα συγκεντρώσεων των ρύπων για την ίδια περίοδο κατά τα προηγούμενα τρία έτη (2017,2018 και 2019).

Στην συνέχεια, υλοποιήθηκε σύγκριση των συγκεντρώσεων των ρύπων κατά την περίοδο της πανδημίας σε σχέση με τα προηγούμενα έτη. Τέλος, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της παραπάνω σύγκρισης και εξάχθηκαν συμπεράσματα αναφορικά με την επίδραση της πανδημίας στην ρύπανση των πόλεων.

Κεφάλαιο 2: Αστική ρύπανση την περίοδο της πανδημίας

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται βιβλιογραφική επισκόπηση της αστικής ρύπανσης κατά την περίοδο της πανδημίας. Οι περιπτώσεις που παρουσιάζονται, αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας περιπτώσεων που μελετήθηκαν

Α/Α	Χώρα	Μελέτη περίπτωσης	Κύριες πηγές
1	Κίνα	Χαρακτηριστικά της ποιότητας του αέρα στη Wuhan (Κίνα) κατά την περίοδο της πανδημίας Covid-19 το 2020	• Air quality characteristics in Wuhan (China) during the 2020 COVID-19 pandemic • Spatial variations of $PM_{2.5}$ in Chinese cities for the joint impacts of human activities and natural conditions: a global and local regression perspective • Air pollutant emissions from fossil fuel consumption in China: current status and future predictions.
2	Ινδία	Η επίδραση του lockdown στην ποιότητα του αέρα στην Ινδία, κατά τη διάρκεια της πανδημίας Covid-19	• Gauging the effects of the COVID-19 pandemic lockdowns on atmospheric pollution content in select countries • Impact of lockdown on air quality in India • Effect of restricted emissions during COVID-19 on air quality in India.
3	ΗΠΑ	Αλλαγή στην ατμοσφαιρική ρύπανση κατά την περίοδο της πανδημίας Covid-19 στις Ηνωμένες Πολιτείες	• Changes in U.S. air pollution during COVID-19 pandemic • Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: a nationwide cross-sectional study. • Gauging the effects of the COVID-19 pandemic lockdowns on atmospheric pollution content in select countries
4	Καναδάς	Ατμοσφαιρική ρύπανση στο Ontario του Καναδά κατά την διάρκεια της πανδημίας. Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης	• Air pollution in Ontario, Canada during the COVID-19 State of Emergency • Characteristics and sources of $PM_{2.5}$ and reactive gases near roadways in two metropolitan areas in Canada
5	Βραζιλία	Η επίδραση του lockdown στην ποιότητα του αέρα στη Βραζιλία κατά την περίοδο του lockdown	• The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil • Drop in urban air pollution from COVID-19 pandemic: Policy implications for the megacity of São Paulo

6	Εκουαδόρ	Τα επίπεδα του διοξειδίου του αζώτου κατά την περίοδο της πανδημίας Covid-19 στο Εκουαδόρ	• NO_2 levels after the COVID-19 lockdown in Ecuador: A trade-off between environment and human health • Comparison of tropospheric ozone and nitrogen dioxide concentration levels in Ecuador and other latitudes • Assessing nitrogen dioxide (NO_2) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality
7	Ηνωμένο Βασίλειο	Αλλαγές στην ποιότητα του αέρα στο Ηνωμένο Βασίλειο, κατά την περίοδο της πανδημίας	• Estimation of Changes in Air Pollution Emissions, Concentrations, and Exposure during the COVID-19 Outbreak in the UK • Changes in air quality during COVID-19 'lockdown' in the United Kingdom • Khoo, A., 2020. Coronavirus Lockdown Sees Air Pollution Plummet across UK
8	Ισπανία	Επίδραση του lockdown για την ποιότητα του αέρα στην Μαδρίτη και την Βαρκελώνη κατά ην περίοδο της πανδημίας	• COVID-19 lockdown effects on air quality by NO_2 in the cities of Barcelona and Madrid (Spain) • Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic • Health impact assessment by the implementation of Madrid City air-quality plan in 2020
9	Ιταλία	Η επιρροή του lockdown στην ποιότητα του αέρα της Ιταλίας κατά την διάρκεια της πανδημίας	• Lockdown for CoViD-2019 in Milan: What are the effects on air quality? • Can atmospheric pollution be considered a factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in northern Italy? • Gauging the effects of the COVID-19 pandemic lockdowns on atmospheric pollution content in select countries

Στην συνέχεια και βασιζόμενοι στις μεθοδολογίες που περιγράφονται στις παραπάνω περιπτώσεις, παρουσιάζεται η έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την περίπτωση της Αθήνας.

2.1 Η επίδραση της πανδημίας στην ατμόσφαιρα της Wuhan στην Κίνα

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στην Κίνα. Τα υψηλά επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρατηρούνται, εκθέτουν σε μεγάλο βαθμό την υγεία των ανθρώπων και αυξάνουν την πιθανότητα του πρόωρου θανάτου (Wang S., 2018).

Από το 2013, προκειμένου να περιοριστεί η ρύπανση, η κινέζικη κυβέρνηση έθεσε σε εφαρμογή ένα σχέδιο δράσης για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης της ατμόσφαιρας το οποίο κράτησε μέχρι το 2017. Στόχος ήταν η μείωση της συγκέντρωσης των σωματιδίων $PM_{2.5}$ σε πόλεις κατά 10%-25% (Zhang H., 2016). Επιπλέον, η κυβέρνηση έθεσε σε ισχύ το "νέο τριετές Σχέδιο Δράσης" από το 2018 έως το 2020 με σκοπό την περαιτέρω μείωση της συγκέντρωσης των σωματιδίων $PM_{2.5}$ κατά 18% σε σχέση με το 2015 (State Council of China, 2018). Τα μέτρα στόχευαν κυρίως στην ενίσχυση του ελέγχου της ρύπανση που προερχόταν από βιομηχανικές διεργασίες και από κινητές εκπομπές (από οχήματα και πλοία) (Jiaxin, 2021). Σύμφωνα με το Υπουργείο Οικολογίας και Περιβάλλοντος της Κίνας, στο Πεκίνο η ποιότητα του αέρα έχει βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, οι ημέρες που οι μέσες μετρήσεις για την ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκαν "καλές" και "μέτριες" αυξήθηκαν από 46,3% το 2013 στο 47,1% το 2015 και στο 70,8% το 2019. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στο Guangzhou και στην Σαγκάη (Ministry of Ecology and Environment of China, 2019). Επίσης στη Wuhan τα αποτελέσματα της εφαρμογής των μέτρων για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ήταν η αύξηση των "καλών" και εξαιρετικών" μετρήσεων της ποιότητας του αέρα, από 28,1% το 2013 σε 72,5% το 2019 (Jiaxin, 2021).

Μετά το ξέσπασμα της πανδημίας του κορονοϊού (Covid-19), η κυβέρνηση της Κίνας εφάρμοσε αυστηρά μέτρα αποκλεισμού, αρχικά σε περιφέρειες και στη συνέχεια σε εθνικό επίπεδο. Έτσι, από τα τέλη του Ιανουαρίου το 2020 τα σύνορα της Κίνας ήταν κλειστά και η χώρα είχε τεθεί σε κατάσταση καθολικού lockdown. Εξαιτίας της κατάστασης αυτής, οι οικονομικές δραστηριότητες "πάγωσαν" και πολλά εργοστάσια σταμάτησαν να ασκούν βιομηχανικές διεργασίες. Επίσης, η κίνηση των οχημάτων μειώθηκε δραστικά. Επιπροσθέτως, καθώς πλησίαζε η αλλαγή του έτους στο Κινέζικο ημερολόγιο, τα διοργανωμένα φεστιβάλ και η χρήση των πυροτεχνημάτων για τον εορτασμό του νέου έτους απαγορεύτηκε (BBC, 2021). Αξίζει να σημειωθεί, πως η περίοδος των εορτασμών του νέου έτους στην Κίνα, επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα του αέρα στην Κίνα με τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης να είναι υψηλά εκείνη την εποχή (Kong, 2015). Οι συνέπειες αυτές που είχε το lock-down δημιούργησαν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την μελέτη και τη μεταβολή της αστικής ρύπανσης.

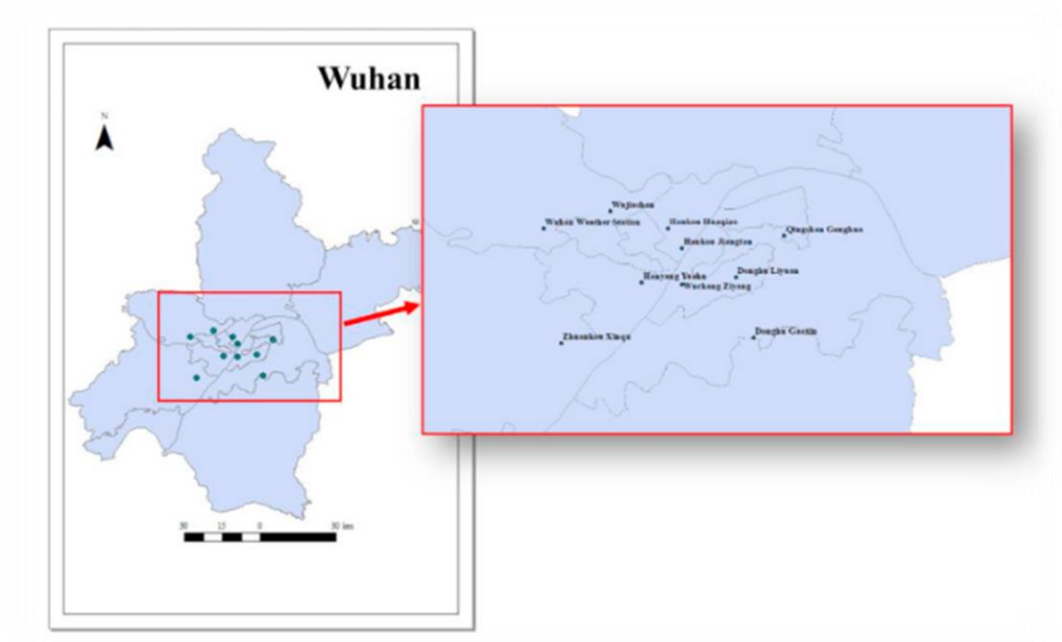
Τον Φεβρουάριο του 2021 το Πανεπιστήμιο Επιστήμης & Τεχνολογίας Huazhong, του τμήματος Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Μηχανολογίας σε συνεργασία με το Κέντρο Περιφερειακής Παρακολούθησης Περιβάλλοντος του Hubei, δημοσίευσε έρευνα με τίτλο: "Χαρακτηριστικά της ποιότητας του αέρα στη Wuhan (Κίνα) κατά την περίοδο της πανδημίας Covid-19 το 2020". Η Wuhan είναι μία μεγαλούπολη στην κεντρική Κίνα και είναι πρωτεύουσα της επαρχίας Hubei. Σύμφωνα με απογραφή του 2019, στην πόλη ζούνε 11,2 εκατομμύρια κάτοικοι. Η Wuhan, είναι η πόλη από την οποία θεωρείται πως ξεκίνησε η πανδημία και είναι η πρώτη πόλη στην οποία επεβλήθει lockdown σε μία προσπάθεια περιορισμού του κορωνοϊού (BBC, 2021). Η ποιότητα του αέρα της πόλης, παρουσιάζει σημαντική εποχιακή μεταβλητότητα, με τις χειρότερες μετρήσεις του ποιότητα αέρα να σημειώνονται τον χειμώνα και την άνοιξη. Ο στόχος της συγκεκριμένης έρευνας ήταν αρχικά, ο προσδιορισμός των κύριων παραγόντων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά ποιότητας του αέρα στη Wuhan, μέσω δεδομένων που συλλέχθηκαν διαδικτυακά από μετρητές ατμοσφαιρικού ελέγχου και από πληροφορίες σχετικά με τα συστήματα παρακολούθησης της οδικής κυκλοφορίας και βιομηχανικής δραστηριότητας. Επίσης, η μελέτη αυτή στόχευε να δημιουργήσει μία βάση για την ανάπτυξη μέτρων, πρόληψης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ελέγχου της ποιότητας του αέρα στη Wuhan (Jiaxin, 2021).

Η καραντίνα στη Wuhan ξεκίνησε 23 Ιανουαρίου 2020. Οπότε το έτος 2020 χωρίζεται σε 3 εποχές:

Πίνακας 2 Κατηγοριοποίηση των μηνών του έτους σε σχέση με την πανδημία

Περίοδος	Ημερομηνία	Γεγονότα
Προ lockdown	30/12/2019 - 23/01/2020	Εμφάνιση ολοένα και αυξανόμενων συμπτωμάτων πνευμονίας στο Wuhan. Οι υγειονομικοί κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου.
Lockdown	23/01/2020 - 08/04/2020	Η Wuhan μπαίνει σε κατάσταση καραντίνας. Το αεροδρόμιο και ο σιδηροδρομικός σταθμός έκλεισαν και οι κάτοικοι έλαβαν εντολή να περιορίσουν τις μετακινήσεις τους. Στις 11 Φεβρουαρίου θα απαγορευτεί η κίνηση στους δρόμους εκτός από επείγουσα ανάγκη.
Μετα-lockdown	08/04/2020 και μετά	Τα ξημερώματα της 8ης Απριλίου, θα αρθούν τα περιοριστικά μέτρα και ο κόσμος θα επιστρέψει σε μια μορφή κανονικότητας.

Καταγράφηκαν μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις έξι βασικών ρυπαντών του αέρα από τον Ιανουάριο μέχρι τον Μάιο. Συγκεκριμένα, καταγράφηκαν οι μέσες ημερήσιες μετρήσεις διοξειδίου του θείου (SO_2), διοξειδίου του αζώτου (NO_2), μονοξειδίου του άνθρακα (CO), όζοντος (O_3), και αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10} και $PM_{2.5}$). Στη συνέχεια, συγκρίθηκαν οι μετρήσεις αυτές, με προηγούμενες μετρήσεις των ίδιων ρυπαντών του αέρα και για τους ίδιους μήνες (Ιανουάριος-Μάιος), αλλά για τις χρονιές 2017-2018-2019 . Τα δεδομένα της ατμοσφαιρικής παρακολούθησης του περιβάλλοντος, ελήφθησαν από τον Κεντρικό Περιφερειακό Σταθμό Περιβαλλοντικού Ελέγχου της επαρχίας Hubei, το οποίο συνδέεται με το Τμήμα Οικολογίας και Περιβάλλοντος της επαρχίας Hubei και τελεί υπό την τεχνική καθοδήγηση του Εθνικού Κέντρου Παρακολούθησης Περιβάλλοντος της Κίνας. Ταυτόχρονα, έγινε συλλογή και μετεωρολογικών δεδομένων, τα οποία αφορούν την κατεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου, και την υγρασία της περιοχής. Οι εννέα μετρητές ρύπανσης του αέρα που χρησιμοποιήθηκαν καθώς επίσης και ο μετεωρολογικός σταθμός από τον οποίο αντλήθηκαν τα προαναφερθέντα δεδομένα, βρίσκονται σε κεντρικά σημεία του Wuhan όπως φαίνονται και στον χάρτη της παρακάτω εικόνας.



Σχήμα 1 Η τοποθεσία μετρητών ατμοσφαιρικού ελέγχου και ο μετεωρολογικός σταθμός στη Wuhan (Jiaxin, 2021)

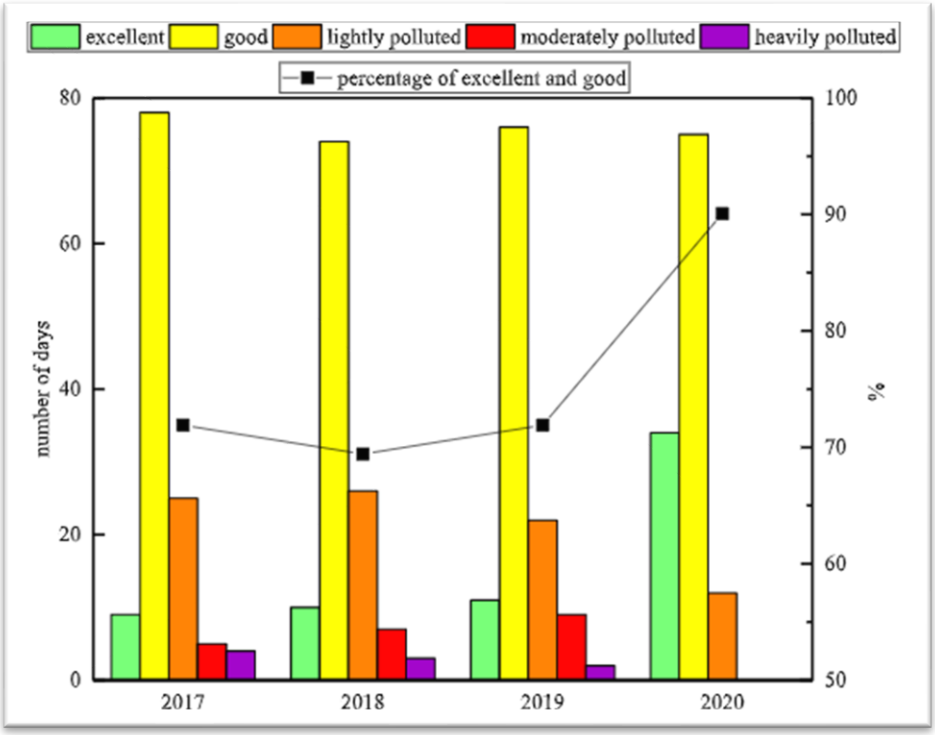
Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του Δείκτη Ποιότητας Αέρα (Air Quality Index - AQI). Για διευκόλυνση παρατίθεται ο πίνακας κλίμακας εκτίμησης της ποιότητας του αέρα, ενώ στην ενότητα που αναλύεται η περίπτωση της Αθήνας γίνεται εκτενέστερη ανάλυση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας.

Πίνακας 3 Κλίμακα εκτίμησης της ποιότητας του αέρα με βάση τις τιμές του AQI

Δείκτης Ποιότητας Αέρα (AQI)	Επίπεδο AQI	Κατηγορία AQI	Χρωματική Κλίμακα
0-50	Επίπεδο 1	Καλή	Πράσινο
51-100	Επίπεδο 2	Μέτρια	Κίτρινο
101-150	Επίπεδο 3	Ανθυγιεινή για ευπαθείς ομάδες	Πορτοκαλί

151-200	Επίπεδο 4	Ανθυγιεινή	Κόκκινο
201-300	Επίπεδο 5	Πολύ ανθυγιεινή	Μωβ
301-500	Επίπεδο 6	Επικίνδυνη	Βυσσινί

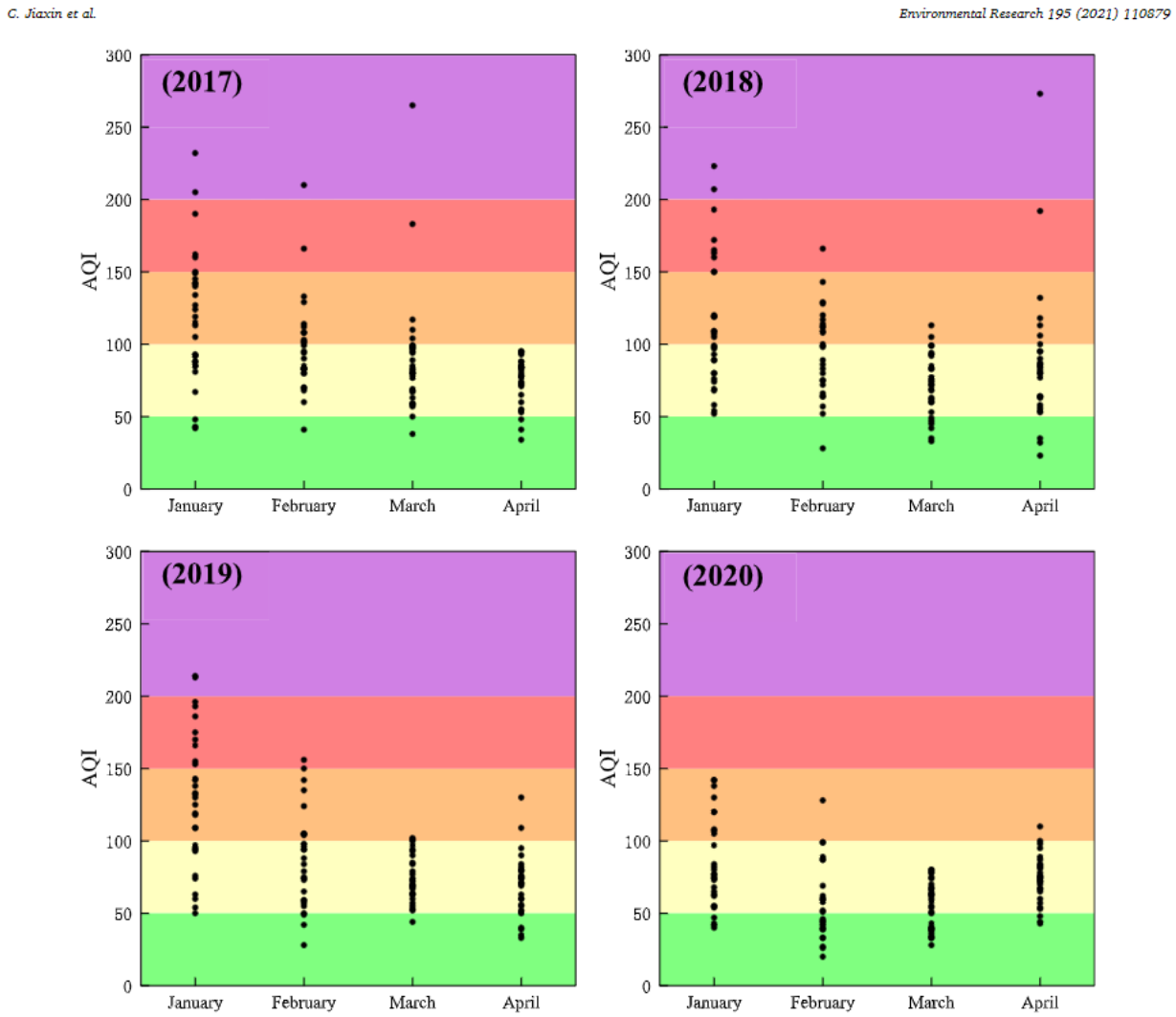
Έπειτα από τους υπολογισμούς για τον Δείκτη Ποιότητας Αέρα στη Wuhan, για τον Ιανουάριο μέχρι τον Απρίλιο για τα έτη 2017-2020, παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτα αποτελέσματα. Οι ημέρες που οι μετρήσεις στον δείκτη AQI ήταν στο επίπεδο "καλή" κατά τον Ιανουάριο μέχρι τον Απρίλιο για το 2020, ήταν περίπου δύο με τρεις φορές περισσότερες, συγκριτικά με τις αντίστοιχες τις χρονιές 2017-2019 (πράσινες στήλες στην Εικόνα 3). Ημέρες με ποιότητα αέρα "ανθυγιεινό και "πολύ ανθυγιεινό" παρατηρούνται μεταξύ των μηνών Ιανουαρίου και Απριλίου και στα τρία έτη από το 2017 έως το 2019, ενώ στο ίδιο διάστημα μηνών για το 2020 δεν ξεπεράστηκε καμία μέρα η τιμή 150 στον δείκτη AQI. Ταυτόχρονα, για το έτος 2020 παρατηρείται σημαντική μείωση των ημερών όπου η ατμόσφαιρα της Wuhan χαρακτηρίζεται ως "ανθυγιεινή για τις ευπαθείς ομάδες", σε σχέση με τις αντίστοιχες ημέρες τα προηγούμενα τρία έτη.



Σχήμα 2 Αλλαγές στον δείκτη ποιότητας του αέρα (AQI) στη Wuhan από τον Ιανουάριο έως τον Απρίλιο για τα έτη 2017–2020 (Jiaxin, 2021)

Έτσι, οι ημέρες με επίπεδα ποιότητας αέρα "καλή" και "μέτρια" στη Wuhan κατά την περίοδο του lockdown αντιστοιχούσαν σε ποσοστό 90,1%. Επομένως βλέπουμε σημαντική αύξηση του συγκεκριμένου ποσοστού, καθώς το 2017 ήταν 71,9%, το 2018 ήταν 70% και το 2019 72,5%. Αξιοσημείωτο όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3, είναι το γεγονός πως όλες τις ημέρες του Μαρτίου του 2020, ο δείκτης AQI αντιστοιχούσε σε "καλό" και "μέτριο" επίπεδο ποιότητας αέρα. Επίσης, ο Ιανουάριος ο οποίος ιστορικά είναι ο μήνας με την χειρότερη ποιότητα αέρα, οι μετρήσεις παρουσίασαν πως έγινε σημαντική ποιοτική βελτίωση στην ατμόσφαιρά του το

2020. Σημαντική ήταν και η βελτίωση της ποιότητας αέρα τον Φεβρουάριο του 2020 σε σχέση με τις άλλες χρονιές, όπου στον συγκεκριμένο μήνα παρατηρήθηκε και η ελάχιστη τιμή των μετρήσεων. Τέλος, αν και τον Απρίλιο παρατηρούνται λιγότερες μετρήσεις με τιμή επιπέδου "καλή" σε σχέση με τους άλλους μήνες, οι περισσότερες μετρήσεις έχουν τιμή επιπέδου “μέτρια”.



Σχήμα 3 Αποτελέσματα υπολογισμού AQI για τους μήνες Ιανουάριο-Απρίλιο και τα έτη 2017-2020στην Wuhan της Κίνας (Jiaxin, 2021)

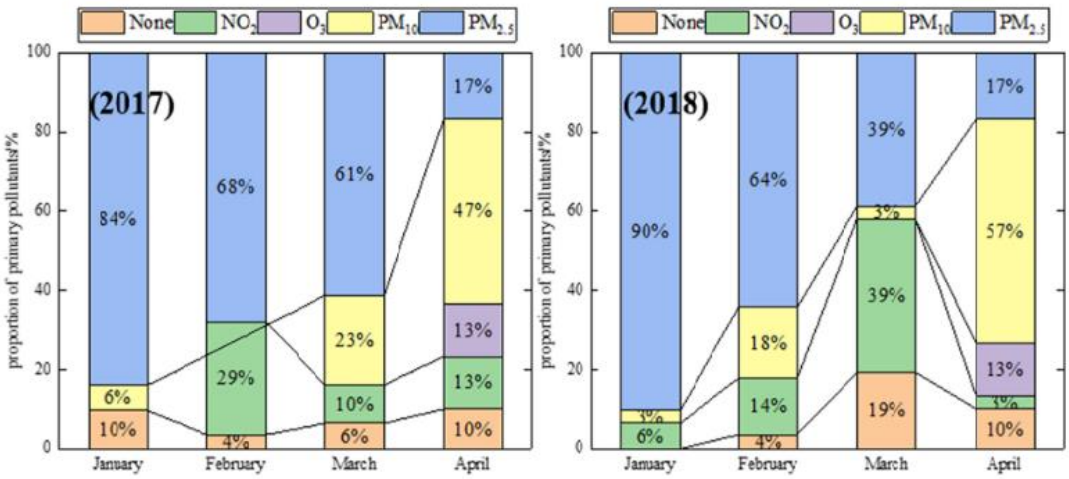
Εξαιτίας της σημαντικής αύξησης των ημερών με δείκτη ποιότητας αέρα "καλό" το 2020 σε σχέση με τις χρονιές 2017-2019, οι ημέρες όπου οι κύριοι ρυπαντές ήταν το διοξείδιο του αζώτου ή τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, ήταν αισθητά λιγότερες. Ωστόσο, οι ημέρες που ο κύριος ρυπαντής ήταν το όζον αυξήθηκαν δραματικά.

Πίνακας 4 Κατανομή των κυρίων ρυπαντών στην πόλη Wuhan τον Ιανουάριο-Απρίλιο για τα έτη 2017-2020

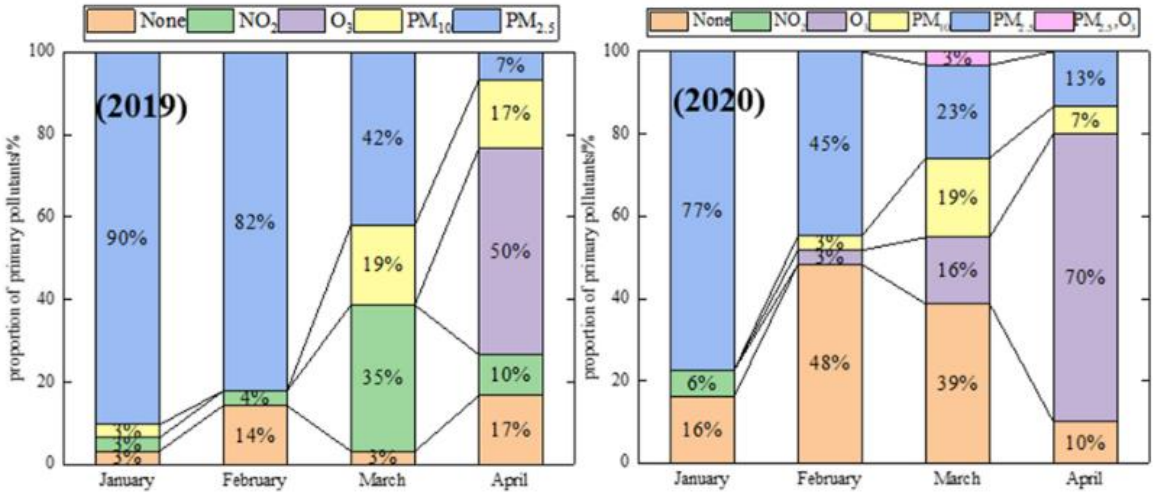
Κύριοι Ρυπαντές	2017		2018		2019		2020	
	Ημέρες	Ποσοστό	Ημέρες	Ποσοστό	Ημέρες	Ποσοστό	Ημέρες	Ποσοστό

Κανένας	9	7,5%	10	8,33%	11	9,17%	34	28,10%
NO_2	15	12,5%	19	15,83%	16	13,33%	2	1,65%
O_3	4	3,33%	4	3,33%	15	12,5%	27	22,31%
$PM_{2.5}$	69	57,5%	63	52,5%	66	55%	48	39,67%
PM_{10}	23	19,17%	24	20%	12	10%	9	7,44%
$PM_{2.5}$ & O_3	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,83%

Πιο συγκεκριμένα, από 4 ημέρες με κύριο ρυπαντή το όζον που βρέθηκαν σε διάστημα 120 ημερών για την περίοδο Ιανουάριος- Απρίλιος το 2017 και το 2018, το 2019 παρατηρήθηκαν 15 ημέρες, ενώ το 2020 27. Η αύξηση του επιπέδου της συγκέντρωσης στο όζον, μπορεί να ευθύνεται σε μετεωρολογικές μεταβολές ή σε μεταβολές των συγκεντρώσεων του NO_2, του CO και των VOC στην ατμόσφαιρα (Yang, 2020). Επειδή όμως, όπως αναφέρεται αναλυτικότερα παρακάτω, δεν υπήρξαν σημαντικές μετεωρολογικές μεταβολές στη Wuhan κατά τα έτη 2017-2020 για την περίοδο Ιανουαρίου-Απριλίου, οι ερευνητές υποστηρίζουν πως η αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος τον Απρίλιο του 2020 μάλλον ευθύνεται στην μείωση της συγκέντρωσης του ατμοσφαιρικού οξειδίου του αζώτου. Οι περισσότερες από τις ημέρες όπου το όζον ήταν ο κύριος ρυπαντής της ατμόσφαιρας στη Wuhan, παρατηρήθηκαν τον μήνα Απρίλιο και πιθανώς να συνδέεται με την μείωση των οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα, καθώς το NO_2 ήταν ο ρυπαντής ο οποίος το 2020 παρουσίασε την περισσότερη μείωση της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα σε σχέση με τα έτη 2017-2019. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσής του κατά 38,23%. Το αμέσως μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης συγκέντρωσης ήταν 32,92% και αντιστοιχούσε στον ρυπαντή $PM_{2.5}$. Ακολούθως, το ποσοστό μείωσης της συγκέντρωσης του PM_{10} ήταν 30,25%, του CO 18,24% και του SO_2 6.95%.



Σχήμα 4 Κύριοι ρυπαντές στη Wuhan τον Ιανουάριο-Απρίλιο το 2017 και 2018 (Jiaxin, 2021)



Σχήμα 5 Κύριοι ρυπαντές στη Wuhan τον Ιανουάριο-Απρίλιο το 2019 και 2020 (Jiaxin, 2021)

Σε αστικό περιβάλλον, οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων μικροσωματιδίων συνδέονται με τις εκπομπές καυσαερίων των οχημάτων, τη σκόνη και βιομηχανικές εκπομπές (Wang S., 2018). Η συγκέντρωση του διοξειδίου στην ατμόσφαιρα, συνδέεται με ρύπους από μεταλλευτικές και βιομηχανικές διεργασίες καθώς και από την καύση λιγνίτη (Sun, 2015). Ενώ ο κύριος παράγοντας που ευθύνεται για τα επίπεδα συγκέντρωσης διοξειδίου του αζώτου στις πόλεις είναι η κινητικότητα των μη ηλεκτρικών οχημάτων (Lu, 2020). Επειδή όμως η δράση των ρύπων στην ατμόσφαιρα συνδέεται και με μετεωρολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, ταχύτητα του ανέμου, υγρασία κ.α.) έπρεπε να γίνει και συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων. Έτσι λοιπόν, μελετήθηκαν δεδομένα από τον κεντρικό μετεωρολογικό σταθμό της Wuhan. Ωστόσο, η απαγόρευση της κυκλοφορίας (άρα και μείωση της κινητικότητας των οχημάτων), καθώς και η διακοπή των μη αναγκαίων βιομηχανικών και οικονομικών δραστηριοτήτων κατά την περίοδο του lockdown στη Wuhan, είχε καθοριστικό ρόλο στα παραπάνω αποτελέσματα.

Τα δεδομένα του κεντρικού μετεωρολογικού σταθμού της Wuhan έδειξαν πως κατά τα έτη 2017-2020 και για τους μήνες Ιανουάριο-Απρίλιο, ο άνεμος ήταν κυρίως βορινός, βορειοανατολικός και βορειοδυτικός. Η ταχύτητα του ανέμου συνήθως κυμαινόταν μεταξύ 0-3,3m/s (το 40% των μετρήσεων ήταν μεταξύ 1,5-3,3m/s και περίπου το 30% μεταξύ 0,2-1,5m/s). Αυτά τα χαμηλά επίπεδα ανέμου που κυριαρχούν στη Wuhan τον χειμώνα και την άνοιξη συμβάλουν στη συμφόρηση των ρύπων. Αντιθέτως, μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας αέρα (> 3 m/s) αντιστοιχούν στο 20% των μετρήσεων. Οι υψηλές τιμές ταχύτητας αέρα, δηλαδή από 5 m/sκαι πάνω, συνήθως μεταφέρουν ρύπους στη Wuhan. Όμως, και οι γειτονικές πόλεις της Wuhan είχαν εφαρμόσει μέτρα περιορισμού τύπου lockdown εκείνη την περίοδο, οπότε η συνεισφορά εξωτερικών ρύπων στην ποιότητα αέρα της Wuhan θεωρείται μηδαμινή. Οι μικρές αποκλείσεις στην κατεύθυνση και στην τιμή του αέρα κατά τα έτη 2017-2020 μας έδειξαν πως ο άνεμος δεν ήταν η κύριος παράγοντας για την σημαντική βελτίωση της ποιότητας του αέρα που παρατηρήθηκε το 2020 στην lockdown εποχή.

Η συλλογή δεδομένων αναφορικά με τη θερμοκρασία, έδειξε πανομοιότυπες εποχικές μεταβολές ανά τα χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή της θερμοκρασίας είχε αυξανόμενη τάση κατά τους μήνες Ιανουάριο-Απρίλιο σε κάθε έτος της περιόδου που μελετήθηκε. Η μέση θερμοκρασία για τους μήνες Ιανουάριο-Απρίλιο ήταν 11°C το 2017, 10.2^{o}C το 2018, 9.8^{o}C το 2019 και 10.7^{o}C το 2020. Αντίστοιχα τα επίπεδα της μέσης υγρασίας ήταν 76.4%, 76.5%, 79.8% και 78.1% για τα έτη 2017-2020. Συμπεραίνεται πως ούτε οι μεταβολές στην θερμοκρασία

είχαν καθοριστικό ρόλο στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα που παρατηρήθηκε το 2020. Έτσι, ο κύριος λόγος της βελτίωσης της ποιότητας του αέρα που παρατηρήθηκε στη Wuhan, οφείλεται κυρίως στην αυστηρή καραντίνα που υπεβλήθη.

2.2 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις της Ινδίας

Στην Ινδία, η ποιότητα του αέρα έχει επιβαρυνθεί τις τελευταίες δεκαετίες εν συναρτήσει της αύξησης ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στη χώρα. Σε πόλεις της βόρειας Ινδίας, όπως το Νέο Δελχί η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί μεγάλο πρόβλημα και τα επίπεδά της είναι υψηλότερα ακόμα και από το Πεκίνο. Οι σημαντικότεροι παράγοντες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις πόλεις της Ινδίας είναι οι εκπομπές ρύπων που προέρχονται από την ηλεκτροπαραγωγή με βάση τα ορυκτά καύσιμα, οι βιομηχανίες, ο τομέας των μετακινήσεων και οι καύσεις υπολειμμάτων των καλλιεργειών (Ramesh P. Singh, 2020).

Κατά την περίοδο της πανδημίας όμως, και πιο συγκεκριμένα στις 24 Μαρτίου 2020, η κυβέρνηση της Ινδίας επέβαλε καθολικό lockdown προκειμένου να περιοριστεί ραγδαία εξάπλωση του κορονοϊού στην χώρα. Έτσι, μέχρι και 14 Απριλίου του 2020 απαγορεύτηκε κάθε είδους μη αναγκαίας μετακίνησης, και όλες οι μη αναγκαίες λειτουργίες της χώρας τέθηκαν σε αναστολή. Επομένως για τις μέρες που διήρκησε το lockdown, πολλοί σημαντικοί ρυπογόνοι παράγοντες έπαψαν να έχουν την ίδια επίδραση που είχαν στην ποιότητα της ατμόσφαιρας στις πόλεις της Ινδίας (Ramesh P. Singh, 2020).

Στις 7 Ιουλίου 2020 δημοσιεύτηκε η έκθεση «Impact of lockdown on air quality in India during Covid-19 pandemic» (Ramesh P. Singh, 2020). Σκοπός της έκθεσης ήταν η μελέτη της ποιότητας αέρα της Ινδίας κατά την περίοδο της εφαρμογής μέτρων απαγόρευσης κυκλοφορίας για τον περιορισμό την πανδημίας. Πιο συγκεκριμένα, για πέντε μεγάλες πόλεις της Ινδίας (Delhi, Kolkata, Mumbai, Chennai και Hyderabad) έγινε η μελέτη των συγκεντρώσεων των ρύπων $PM_{2.5}$, NO_2 και του δείκτη ποιότητας του αέρα[1] την περίοδο του lockdown και η σύγκρισή τους με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις από ιστορικά δεδομένα. Τα δεδομένα για τον ρύπο $PM_{2.5}$ και για τον δείκτη ποιότητες αέρα, συγκεντρώθηκαν από καταγραφές που είχαν πραγματοποιηθεί από μετρητές που βρίσκονται στις Αμερικανικές πρεσβείες στις πόλεις New Delhi (πληθυσμός: 30 εκατομμύρια), Mumbai (πληθυσμός: 25 εκατομμύρια), Hyderabad (πληθυσμός: 12.91 εκατομμύρια), Kolkata (πληθυσμός: 15.6 εκατομμύρια) και Chennai (πληθυσμός: 10.96 εκατομμύρια)[2]. Τα δεδομένα του NO_2 αναλύθηκαν, επειδή αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ρύπους που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τοπικές πηγές, καθώς ο χρόνος της παραμονής του στην ατμόσφαιρα είναι σχετικά μικρός (Mandal, Patel 2021). Τα δεδομένα του ατμοσφαιρικού NO_2 πάρθηκαν από Εργαλείο Ελέγχου του Όζοντος[3] (OMI) για τις ίδιες περιοχές όπου έγιναν οι μετρήσεις $PM_{2.5}$ και AQI. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του μοντέλου HYSPLIT. Το μοντέλο HYSPLIT είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα μοντέλα στην κοινότητα των ερευνητών της ατμόσφαιρας και έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετές έρευνες που περιγράφουν την ατμοσφαιρική μεταφορά, διασπορά και εναπόθεση ρύπων και επικίνδυνων υλικών (Stein, 2015).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων για τη συγκέντρωση του ρύπου $PM_{2.5}$ στην Ινδία τον Μάρτιο του 2019, του 2020 έδειξαν πως η μέση συγκέντρωση του ρύπου τις ημέρες

[1] Air Quality Index (AQI)
[2] Ο πληθυσμός των πόλεων στην Ινδία βασίζεται στα δεδομένα της πιο πρόσφατης απογραφής
[3] Ozone Monitoring Instrument: Αποτελεί μέρος δορυφορικών αποστολών της NASA που μετρά τη συγκέντρωση διαφόρων αερίων στην ατμόσφαιρα

του Μαρτίου πριν το lockdown ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη συγκέντρωση την περίοδο του lockdown. Πιο συγκεκριμένα, την περίοδο που διήρκησε το lockdown στην Ινδία, η μέση συγκέντρωση του ρύπου $PM_{2.5}$ μειώθηκε κατά 34.52% στην πόλη Kolkata και κατά 27.57% στην πρωτεύουσα της χώρας Delhi. Για τις πόλεις Mumbai, Chennai και Hyderabad η μέση συγκέντρωση του ρύπου μειώθηκε κατά 19.25%, 5.4% και 3.99% αντίστοιχα. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του ρύπου στις πόλεις Chennai και Hyderabad σε σχέση με τις υπόλοιπες παρουσιάζονται στην έρευνα ως αποτέλεσμα του δυτικού ανέμου και των χαμηλότερων θερμοκρασιών που επικρατούν.

Η μέση τιμή του δείκτη ποιότητας του αέρα για τον Μάρτιο του 2019 ήταν 146.91 για New Delhi, 143.19 στην Kolkata, 129.17 στο Mumbai, 111.86 στην Hyderabad και 63.61 στην Chennai, ενώ η μέση τιμή του AQI κατά την περίοδο της απαγόρευσης κυκλοφορίας ήταν 101.13, 112.68, 105.25, 94.94 και 68.56 αντίστοιχα. Επομένως, παρατηρούμε βελτίωση της ατμόσφαιρας σε όλες τις πόλεις εκτός της Chennai όπου ο δείκτης ποιότητας του αέρα παρουσίασε μία μικρή αύξηση περίπου 3.08%. Η μεγαλύτερη μείωση της τιμής του AQI ήταν 31.64% στο New Delhi, και ακολουθεί μείωση κατά 21.30%, 18.52% και 15.13% στην Kolkata ,στο Mumbai και στο Hyderabad αντίστοιχα.

Την περίοδο που διήρκησε το lockdown στην Ινδία, η μέση συγκέντρωση του ρύπου NO_2 σε σχέση με την αντίστοιχη συγκέντρωση του ρύπου για τον Μάρτιο του 2019 μειώθηκε κατά 48.7% στην πόλη New Delhi και κατά 46,73% στην Chennai. Για τις πόλεις Mumbai, Hyderabad και Kolkata η μέση συγκέντρωση του ρύπου μειώθηκε κατά 43.19%, 27.63% και 17.1% αντίστοιχα.

Από την συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης συμπεραίνεται πως αν και το lockdown, και η πανδημία γενικότερα, αποτέλεσε σημαντικό πρόβλημα στις ζωές των ανθρώπων, η απαγόρευση της κυκλοφορίας είχε καθοριστικό ρόλο στην βελτίωση της ατμόσφαιρας των πέντε μεγάλων πόλεων την Ινδίας. Σημαντικότερη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με βάση τον δείκτη ποιότητας του αέρα, παρατηρήθηκε στις πόλεις Delhi και Kolkata όπου είναι δύο πόλεις οι οποίες αντιμετωπίζουν από τα μεγαλύτερα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον κόσμο. Ερευνητές παροτρύνουν την κυβέρνηση της Ινδίας να λάβει υπόψιν τις σχετικές έρευνες, στην χάραξη πολιτικών προς την αντιμετώπιση της αστικής ρύπανσης στην Ινδία προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής και η δημόσια υγεία στην χώρα (Ramesh P. Singh, 2020).

2.3 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις των ΗΠΑ

Την 1η Ιουνίου 2020 δημοσιεύθηκε η έκθεση έρευνας που μελετούσε την ατμοσφαιρική ρύπανση στις ΗΠΑ την περίοδο της πανδημίας. Το όνομα της έκθεσης είναι «Changes in US air pollution during the COVID-19 pandemic» (Berman Jesse, 2020). Η έρευνα πραγματοποιήθηκε βασιζόμενη στην υπόθεση πως ενδέχεται οι συγκεντρώσεις ρύπων όπως $PM_{2.5}$ και NO_2 να παρουσιάζουν σημαντική μείωση την περίοδο της πανδημίας στις ΗΠΑ, καθώς τα μέτρα περιορισμού της εξάπλωσης της νόσου είχαν ως αποτέλεσμα την μείωση των μετακινήσεων και το κλείσιμο πολλών επιχειρήσεων.

Τα δεδομένα συγκέντρωσης ρύπων $PM_{2.5}$ και NO_2 που συγκεντρώθηκαν κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο περιόδους. Στις 13 Μαρτίου 2020 τα άτομα που είχαν μολυνθεί από τον κορονοϊό ξεπέρασαν τις δύο χιλιάδες. Από εκείνη την ημέρα ξεκίνησαν να εφαρμόζονται μέτρα κοινωνικής αποστασιοποίησης. Έτσι η μέρα αυτή θεωρείται κομβική για την έρευνα. Η περίοδος 8 Ιανουαρίου – 12 Μαρτίου χαρακτηρίζεται ως «pre-COVID -19 period» ενώ η περίοδος 13 Μαρτίου – 21 Απριλίου χαρακτηρίζεται ως «COVID-19 period». Αναλύθηκαν

δεδομένα για τη συγκέντρωση των ρύπων σε αυτές τις δύο περιόδους για το έτος 2020 καθώς και ιστορικά δεδομένα για τις ίδιες περιόδους τα έτη 2017-2019. Ακόμα, γίνεται η διάκριση των πολιτειών σε αυτές που διέκοψαν την επιχειρηματική τους δραστηριότητα «νωρίς», πριν τις 24 Μαρτίου και σε αυτές που διέκοψαν την επιχειρηματική δραστηριότητα «αργά», δηλαδή μετά τις 24 Μαρτίου. Τέλος, οι μετρήσεις ρύπων για μητροπολιτικές περιοχές εντάσσονται στην κατηγορία «αστική» ενώ οι μετρήσεις που δεν έγιναν σε μητροπολιτικές περιοχές εντάσσονται στην κατηγορία «αγροτική».

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται οι διαφορές στις συγκεντρώσεις των ρύπων NO_2 και $PM_{2.5}$ κατά τα έτη 2017-2019 σε σχέση με την ίδια περίοδο για το 2020, τόσο κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19 όσο και πριν από την πανδημία.

Πίνακας 5 Διαφορές στις συγκεντρώσεις ρύπων NO_2 και $PM_{2.5}$ μεταξύ 2017-2019 και 2020

NO_2	
Pre-COVID-19 period	-5.52%
COVID-19 period	-25.48%
Αστική	-25.95%
Αγροτική	-16.53%
Νωρίς	-26.89%
Αργά	-23.72%
$PM_{2.5}$	
Pre-COVID-19 period	-3.75%
COVID-19 period	-4.45%
Αστική	-4.70%
Αγροτική	-2.63%
Νωρίς	-11.26%
Αργά	3.51%

Το 2020, την περίοδο πριν από την COVID-19, οι συγκεντρώσεις NO_2 ήταν χαμηλότερες κατά 5.5% σε σχέση με τον μέσο όρο για τα έτη 2017-2019. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της περιόδου COVID-19, παρατηρήθηκε μείωση της τάξης του 25.5% στο NO_2 (4.8 ppb). Οι μειώσεις του NO_2 ήταν στατιστικά σημαντικές στις αστικές περιοχές με μείωση κατά 26,0% (5.4 ppb). Παρατηρήθηκε επίσης σημαντική μείωση του NO_2 ανεξαρτήτως του πότε εφαρμόστηκαν μέτρα αναστολής επιχειρηματικών δραστηριοτήτων (Mandal, Patel 2021).

Αναφορικά με τον ρύπο $PM_{2.5}$ παρατηρήθηκε ελαφριά μείωση της συγκέντρωσής του το 2020 (τόσο την περίοδο πριν την πανδημία όσο και κατά την πανδημία), σε σχέση με τις προηγούμενες χρονιές. Ωστόσο, η μείωση της συγκέντρωσης του ρύπου $PM_{2.5}$ ήταν μεγαλύτερη σε πολιτείες που εφάρμοσαν νωρίς μέτρα αναστολής των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν μειώσεις του $PM_{2.5}$ στις αστικές περιοχές, ενώ στις αγροτικές δεν φάνηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο περιόδων.

Η ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων ρύπων από 122 σταθμούς σε 37 πολιτείες όπου κατοικούν πάνω από 35 εκατομμύρια άνθρωποι, έδειξε πως κατά την διάρκεια της πανδημίας και των μέτρων περιορισμού της, η ποιότητα του αέρα βελτιώθηκε. Μεγαλύτερη πτώση, παρατηρήθηκε στην συγκέντρωση του διοξειδίου του αζώτου και υποστηρίζεται, πως η πτώση αυτή οφείλεται κυρίως στην σημαντική μείωση της κίνησης των οχημάτων. Για τις συγκεντρώσεις και των δύο ρύπων που μελετήθηκαν, μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε στις περιοχές όπου είχαν εφαρμοσθεί νωρίς μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας και των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων.

2.4 Η επίδραση της πανδημίας στο Ontario στον Καναδά

Τον Μάρτιο του 2020, στο Ontario κηρύχθηκε κατάσταση έκτακτης ανάγκης (ΚΕΑ) για τη μείωση της διασποράς του κορωνοϊού (COVID-19). Η ΚΕΑ είχε σαν αποτέλεσμα την αναστολή πολλών οικονομικών δραστηριοτήτων. Αυτή η διαταραχή στην οικονομία παρείχε μια ευκαιρία για τη μέτρηση της αλλαγής στην ατμοσφαιρική ρύπανση όταν ο πληθυσμός περνάει περισσότερο χρόνο στο σπίτι με λιγότερες μετακινήσεις.

Έτσι, τον Ιούνιο του 2020 δημοσιεύτηκε η έρευνα "Air pollution in Ontario, Canada during the COVID-19 State of Emergency" όπου ανέλυε την ποιότητα του αέρα στο Ontario κατά την περίοδο που εφαρμόστηκαν μέτρα μείωσης της διασποράς της πανδημίας. Πιο συγκεκριμένα, συγκρίθηκαν συγκεντρώσεις ρύπων για περίοδο πέντε εβδομάδων κατά τη διάρκεια της ΚΕΑ με ιστορικά στοιχεία πέντε χρόνων για την αντίστοιχη περίοδο (Adams, 2020).

Συλλέχθηκαν δεδομένα συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων ($PM_{2.5}$, O_3, NO_2 και NO_x) από 32 σταθμούς παρακολούθησης στο Ontario για τους πρώτους μήνες των ετών 2015 – 2020 και πιο συγκεκριμένα για τις πρώτες 17 εβδομάδες των χρόνων αυτών. Στη συνέχεια, έγινε σύγκριση για τις μέσες συγκεντρώσεις των ρύπων αυτών κατά τη διάρκεια της ΚΕΑ το 2020 με τις μέσες συγκεντρώσεις των ρύπων για την ίδια περίοδο, για τα προηγούμενων πέντε έτη (2015 – 2019).

Η σύγκριση των μετρήσεων έδειξε πως κατά τη διάρκεια της ΚΕΑ το 2020, οι μέσες συγκεντρώσεις NO_2, NO_x και O_3 ήταν χαμηλότερες από ό,τι τα προηγούμενα χρόνια κατά την ίδια περίοδο (μεταξύ της 13^{ης} και 17^{ης} εβδομάδας). Ωστόσο, η μέση συγκέντρωση του ρύπου $PM_{2.5}$ ήταν στα ίδια επίπεδα. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι η ΚΕΑ είχε θετικό αντίκτυπο στην ποιότητα του αέρα στο Ontario. Ερευνητές ισχυρίζονται πως η μείωση των συγκεντρώσεων NO_2, NO_x και O_3 πιθανότατα οφείλεται στη μείωση της κυκλοφορίας των οχημάτων και της βιομηχανικής δραστηριότητας. Ωστόσο, το ενδεχόμενο η ΚΕΑ να μην είναι η μόνη αιτία της μείωσης των συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων και άλλοι παράγοντες (π.χ. οι καιρικές συνθήκες) να έχουν κάποιο ρόλο, δεν έχει εξεταστεί εις βάθος.

Στο Ontario, η Έκθεση Κινητικότητας της Google έδειξε ότι κατά την ΚΕΑ, ο χρόνος που οι άνθρωποι περνούσαν σε κατοικίες αυξήθηκε κατά 28%, ενώ όλες οι άλλες δραστηριότητες μειώθηκαν. Η κινητικότητα στο λιανικό εμπόριο και στις δραστηριότητες αναψυχής μειώθηκε κατά 56%, στα παντοπωλεία και στα φαρμακεία η κινητικότητα μειώθηκε κατά 23%, ενώ στα πάρκα, στους σταθμούς συγκοινωνίας και στους χώρους εργασίας η κινητικότητα μειώθηκε κατά 33%, 69% και 62% αντίστοιχα. Η μείωση των δραστηριοτήτων υποδεικνύει ότι οι συνολικές μετακινήσεις του πληθυσμού μειώθηκαν. Επιπλέον, λήφθηκαν παρατηρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης από 32 ενεργούς σταθμούς παρακολούθησης των συγκεντρώσεων για τους ρύπους $PM_{2.5}$ και O_3, και 29 για NO_2 και NO_x. Τα δεδομένα φιλτραρίστηκαν ώστε να συμπεριληφθούν μόνο οι εβδομάδες 1 έως 17 για καθένα από τα έξι έτη (2015–2020).

Πίνακας 6 Μεταβολή της κινητικότητας σε διάφορες δραστηριότητες κατά την ΚΕΑ

Κινητικότητα στο Ontario κατά την ΚΕΑ (2020)	
Χρόνος Παραμονής στο Σπίτι	+28%
Λιανικό Εμπόριο & Δραστηριότητες Αναψυχής	-56%
Παντοπωλεία & Φαρμακεία	-23%
Πάρκα	-33%
Σταθμοί Συγκοινωνίας	-69%
Χώρος Εργασίας	-62%

Κατά τη διάρκεια της ΚΕΑ το 2020, οι μέσες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε όλους τους σταθμούς παρακολούθησης του Ontario ήταν χαμηλότερες από τα προηγούμενα έτη κατά την περίοδο αυτή (εβδομάδες 13–17) για το NO_2, το NO_X και το O_3. Ωστόσο, το $PM_{2.5}$ δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ΚΕΑ του 2020, οι μέσες συγκεντρώσεις ήταν 5,6 μg/m3 ($PM_{2.5}$), 5 ppb (NO_2), 7 ppb (NO_X) και 33 ppb (O_3). Σε σύγκριση με τις μέσες τιμές των προηγούμενων πέντε ετών, αυτές ήταν μειώσεις κατά 2 ppb (NO_2), 2 ppb (NO_X) και 1 ppb (O_3). Το $PM_{2.5}$ δεν έδειξε μείωση. Κατά την προ-ΚΕΑ περίοδο του 2020 (εβδομάδες 8–12) το $PM_{2.5}$ ήταν 1 μg/m3 χαμηλότερο, το NO_2 ήταν 2 ppb χαμηλότερο και το NOx ήταν 2 ppb χαμηλότερο σε σύγκριση με τους μέσους όρους 2015–2019, ενώ το O_3 παρουσίαζε μέσες συνθήκες.

Το $PM_{2.5}$ παρουσιάζει σημαντικά χαμηλότερες από τον μέσο όρο συγκεντρώσεις σε τέσσερις σταθμούς παρακολούθησης, οι οποίες κυμαίνονται από 0,4 μg/m3 έως 1,2 μg/m3 μειώσεις. Ένας σταθμός παρακολούθησης ήταν σημαντικά χαμηλότερος για το $PM_{2.5}$ στην προ-ΚΕΑ περίοδο, ο οποίος ήταν ο σταθμός παρακολούθησης Sault Ste. Marie. Πολλοί σταθμοί παρακολούθησης έδειξαν συνθήκες άνω του μέσου όρου για το $PM_{2.5}$ κατά την περίοδο ΚΕΑ.

Οι συγκεντρώσεις NO_2 κατά τη διάρκεια της ΚΕΑ ήταν μικρότερες ή ίσες με τις μέσες συγκεντρώσεις του ρύπου κατά τα προηγούμενα έτη, σε όλους τους σταθμούς εκτός από τον σταθμό παρακολούθησης «Toronto Downtown». Είκοσι δύο από τους σταθμούς παρακολούθησης NO_2 έδειχναν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις τους κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Στις συγκεντρώσεις NO_X παρατηρήθηκαν όμοια αποτελέσματα με το NO_2, όπου μόνο ένας σταθμός παρακολούθησης παρουσιάζει συγκέντρωση μεγαλύτερη από την τιμή του μέσου όρου των προηγούμενων ετών, ενώ 22 σταθμοί παρακολούθησης παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις του ρύπου κατά την ΚΕΑ. Δώδεκα σταθμοί παρακολούθησης O_3 έδωσαν τιμή μέσης συγκέντρωσης του ρύπου σημαντικά χαμηλότερη κατά τη διάρκεια της ΚΕΑ. Σε τέσσερις σταθμούς παρακολούθησης, το O_3 είχε υψηλότερη συγκέντρωση κατά την ΚΕΑ. Συνολικά, τέσσερις σταθμοί παρακολούθησης $PM_{2.5}$, 16 σταθμοί παρακολούθησης NO_2, 13 σταθμοί παρακολούθησης NO_X και 8 σταθμοί παρακολούθησης O_3 παρουσιάζουν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις τους από το 2015.

Το γεγονός πως δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλλαγή στην συγκέντρωση του $PM_{2.5}$. ήταν αναμενόμενο καθώς σύμφωνα με του ερευνητές, ο συγκεκριμένος ρύπος επηρεάζεται κατά μόλις 27,2% από τις μεταφορές οχημάτων στους αυτοκινητοδρόμους (Evans,Hilker, 2019). Εν αντιθέσει, σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής, στο Ontario το 56% των εκπομπών $PM_{2.5}$ προέρχεται από οικιακές πηγές. Λαμβάνοντας υπόψη την αύξηση κατά 28% του χρόνου στο σπίτι κατά τη διάρκεια της ΚΕΑ, οι οικιακές εκπομπές ήταν αρκετά πιθανό να αυξηθούν και να αντισταθμίσουν τυχόν μειώσεις στις εκπομπές οχημάτων (π.χ. αυξημένο μαγείρεμα σε εξωτερικούς χώρους, μπάρμπεκιου κλπ.).

Σε αντίθετη περίπτωση, οι συγκεντρώσεις των ρύπων NO_2 και NO_X βρίσκονταν στα χαμηλότερα επίπεδα κατά τη διάρκεια της περιόδου ΚΕΑ, σε σύγκριση με τα προηγούμενα πέντε έτη. Υποστηρίζεται πως ο τομέας των μεταφορών συμβάλει στην συνολική συγκέντρωση του NO_2 και NO_X κατά 69% και κατά 75% αντίστοιχα. Επομένως, η σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων των ρύπων αυτών συνδέεται άμεσα με την μείωση των μεταφορών που παρατηρήθηκε κατά την περίοδο της πανδημίας.

Τα στοιχεία για την αλλαγή στο O_3 που αποδίδεται στην ΚΕΑ είναι λιγότερο σαφής σε σύγκριση με το NO_2 και το NO_X. Καθώς το O_3 δεν εκπέμπεται απευθείας αλλά παράγεται με την παρουσία NO_X, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) και ηλιακής ακτινοβολίας, υπάρχει μια

αλληλεπίδραση πέρα από τις εκπομπές. Στο Ontario, εκτιμάται ότι ο τομέας των μεταφορών εκπέμπει το 28% των VOCs, τα οποία θα πρέπει να μειώθηκαν κατά την ΚΕΑ. Επίσης, η βιομηχανική επεξεργασία (15% των εκπομπών του Ontario) και η γενική χρήση διαλυτών (26% των εκπομπών του Ontario) (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής του Ontario, 2016), ενδέχεται να έχουν μειωθεί. Η προ-ΚΕΑ περίοδος για το O_3 είναι ασυνεπής. Μερικοί σταθμοί έχουν παρουσιάσει τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις τους στα προηγούμενα πέντε χρόνια, γεγονός που καθιστά πιο δύσκολο τον εντοπισμό του εάν η μετεωρολογία ή οι αλλαγές στις πηγές εκπομπών κατά την ΚΕΑ είναι υπεύθυνες για τις διακυμάνσεις που παρατηρήθηκαν.

Συμπερασματικά, οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που ερευνήθηκαν δεν αντέδρασαν με τον ίδιο τρόπο στο Ontario κατά τη διάρκεια της ΚΕΑ. Οι ρύποι που οι εκπομπές τους συνδέονται άμεσα με τον τομέα των μεταφορών παρουσίασαν σαφείς μειώσεις, οι οποίες περιλάμβαναν τόσο το NO_2 όσο και το NO_x. Δεν σημειώθηκαν μειώσεις στο $PM_{2.5}$ που θα μπορούσαν να αποδοθούν στην ΚΕΑ λόγω της πανδημίας COVID-19 στο Ontario.

2.5 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις της Βραζιλίας

Η Βραζιλία ήταν η πρώτη χώρα της Νοτίου Αμερικής όπου εμφανίστηκε κρούσμα του κορωνοϊού. Συγκεκριμένα, το Σάο Πάολο και το Ρίο ντε Τζανέιρο δύο από τις πιο κατοικημένες περιοχές της χώρας, ήταν οι πρώτες πόλεις της Λατινικής Αμερικής όπου ξεκίνησε η έξαρση της πανδημίας. Οι πολιτικές αρχές και των δύο αυτών πόλεων ανακήρυξαν δημόσια υγειονομική έκτακτη ανάγκη και έλαβαν μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας, για την καταπολέμηση της εξάπλωσης του κορωνοϊού. Καθώς τα μέτρα περιορισμού της εξάπλωσης της πανδημίας είχαν σαν αποτέλεσμα την μείωση των μετακινήσεων και την αναστολή των περισσότερων δραστηριοτήτων (εκτός από τις βιομηχανικές και άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με την υγεία και τις βασικές υπηρεσίες), πραγματοποιήθηκαν έρευνες για την επίδραση των μέτρων αυτών στην ποιότητα του αέρα.

2.5.1 Rio de Janeiro

Η ευρύτερη περιφέρεια του Rio de Janeiro αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη περιφέρεια στην Βραζιλία με 12 εκατομμύρια κατοίκους, ενώ στην πόλη κατοικούν περίπου 6,5 εκατομμύρια πολίτες (IBGE, 2020).

Προκειμένου να περιοριστεί η ραγδαία εξάπλωση την πανδημίας στην πόλη, στις 16 Μαρτίου του 2020 κλείσανε τα σχολεία και τα πανεπιστήμια ενώ η πολιτεία έκανε σύσταση για κοινωνική απομόνωση. Στις 23 Μαρτίου του ίδιου έτους οι αρχές της πόλης ανακοίνωσαν την επιβολή μερικού lockdown. Πιο συγκεκριμένα κλείσανε τα κέντρα διασκέδασης, μαγαζιά εστίασης και τα εμπορικά κέντρα. Απαγορεύτηκαν οι συναθροίσεις άνω των πέντε ατόμων ενώ η χρήση μάσκας σε όλους τους δημόσιους χώρους έγινε υποχρεωτική. Επιπλέον, τα σχολεία και τα πανεπιστήμια ξεκίνησαν να λειτουργούν με καθεστώς τηλεκπαίδευσης. Ωστόσο, τα μέτρα αυτά ξεκίνησαν να χαλαρώνουν στις 17 Απριλίου παρά τις οδηγίες του ΠΟΥ και των ειδικών.

Σε αυτή τη περίοδο (23 Μαρτίου – 17 Απριλίου), τα φορτηγά συνέχισαν να κυκλοφορούν κανονικά, εφόσον η εφοδιαστική αλυσίδα έμεινε κατά το μεγαλύτερο μέρος της ανεπηρέαστη από τα παραπάνω μέτρα. Σημαντική μείωση παρατηρήθηκε στην κυκλοφορία των ιδιωτικών οχημάτων, περίπου 70-80% ενώ και ο στόλος λεωφορείων που κυκλοφορούσε εκείνη την περίοδο μειώθηκε κατά περίπου 50% (Juliana Krapp, 2020).

Υπό αυτό το πρίσμα, τον Απρίλιο του 2020 δημοσιεύθηκε μία έκθεση εργασίας που μελετούσε την ατμοσφαιρική ρύπανση στο Rio de Janeiro κατά την περίοδο της πανδημίας. Το όνομα της

έκθεσης είναι « The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil» (Guilherme Dantas, 2020), και βασικός σκοπός της, είναι να φανεί η επίδραση του lockdown στην ποιότητα του αέρα, συγκρίνοντας τις συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων, μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του αζώτου και όζοντος που προσδιορίστηκαν κατά τη διάρκεια του lockdown, με τιμές που καταγράφηκαν την ίδια περίοδο το 2019.

Κατά την περίοδο μελέτης, τα δεδομένα ελήφθησαν από τους σταθμούς αυτόματης παρακολούθησης (Remote Environmental Monitoring Systems) του Δημοτικού Τμήματος Περιβάλλοντος (SMAC), χρησιμοποιώντας τυποποιημένες μεθόδους και εξοπλισμό σύμφωνα με τη βραζιλιάνικη νομοθεσία. Οι περιοχές όπου έγιναν οι μετρήσεις από τους σταθμούς αυτόματης παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα είναι η Iraja (πληθυσμός: 461 χιλιάδες), το Bangu (πληθυσμός: 413 χιλιάδες) και η Tijuca (πληθυσμός: 165 χιλιάδες), και θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για την πόλη. Ο σταθμός μέτρησης της ποιότητας του αέρα στην Iraja βρίσκεται κοντά σε δύο κεντρικούς δρόμους και ένα μεγάλο σούπερ μάρκετ όπου παρουσιάζεται μεγάλη κυκλοφορία ελαφρών και βαρέων οχημάτων. Ο σταθμός στο Bangu βρίσκεται σε μια περιοχή με μέτρια κυκλοφορία οχημάτων, και περιβάλλεται από τα βουνά Geritzino (υψόμετρο 970 m) και Pedra Branca (υψόμετρο 1020 m), τα οποία αποτελούν φυσικά εμπόδια για την κυκλοφορία του αέρα. Αυτή η αστική περιοχή θεωρείται μία από τις περιοχές του Rio de Janeiro με της υψηλότερες θερμοκρασίες. Ο σταθμός στη Tijuca βρίσκεται στην πλατεία Sao Pena, κοντά σε έναν κεντρικό δρόμο με μεγάλη κυκλοφορία ελαφρών οχημάτων και λεωφορείων, και 200 μέτρα μακριά από την ορεινή περιοχή του Sumare, η οποία καλύπτεται από τροπικό δάσος. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από εμπορικές δραστηριότητες και μεγάλη κυκλοφορία οχημάτων και ανθρώπων, λόγω ενός κεντρικού σταθμού μετρό, καθώς και πολλών εστιατορίων, μπαρ και δραστηριοτήτων αναψυχής.

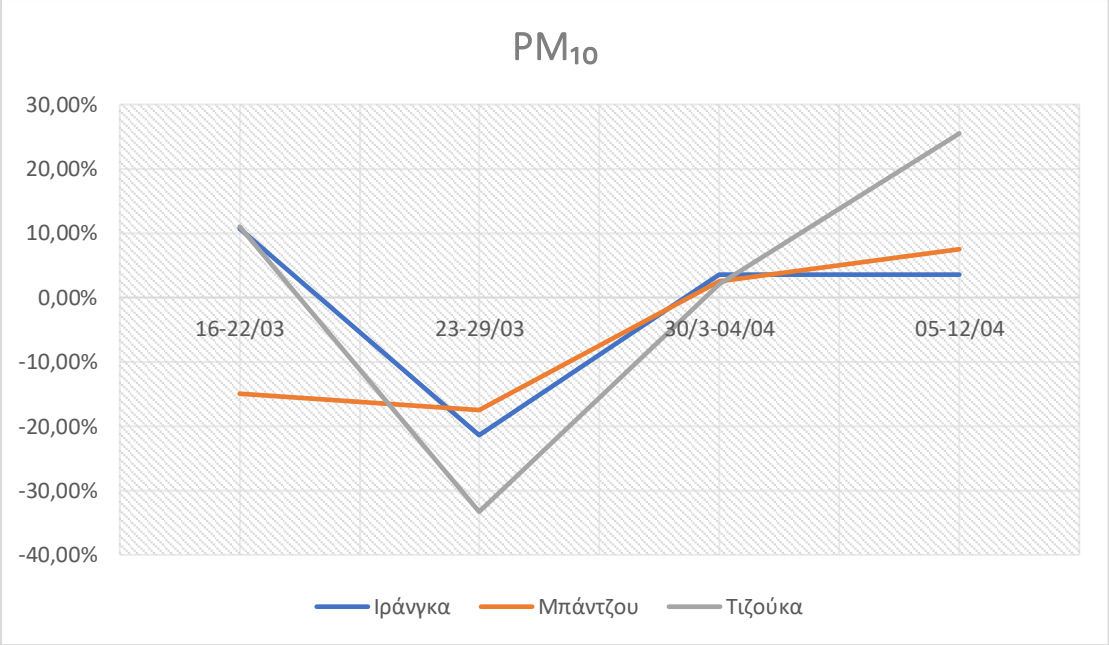
Τα δεδομένα αφορούσαν τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου (NO_2), του μονοξειδίου του άνθρακα CO, του ατμοσφαιρικού όζοντος (O_3), και της αιωρούμενης σκόνης με διάμετρο μικρότερη ή ίση με 10 μm (PM_{10}). Οι συγκεντρώσεις NO_2, CO, O_3 μετρήθηκαν σε διαστήματα 10 λεπτών και PM_{10} σε διαστήματα 1 ώρας. Η επίδραση των μετεωρολογικών παραμέτρων στην ποιότητα του αέρα δεν αξιολογήθηκε ποσοτικά, αλλά τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για ποιοτική ερμηνεία των συγκεντρώσεων ρύπων.

Αρχικά έγινε σύγκριση των συγκεντρώσεων των ρύπων μεταξύ της περιόδου από 23 Μαρτίου έως 12 Απριλίου του 2020, με τις συγκεντρώσεις ρύπων της ίδιας περιόδου το 2019. Τα αποτελέσματα για τις συγκεντρώσεις ρύπων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

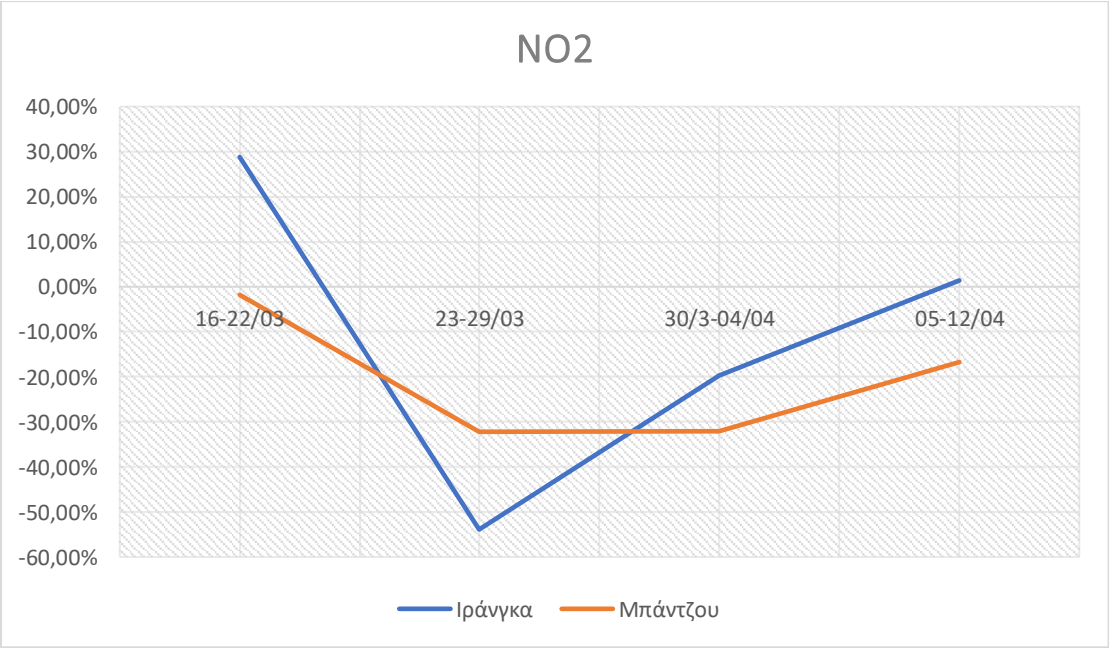
Πίνακας 7 Μεταβολή συγκεντρώσεων ρύπων – Μάρτιος και Απρίλιος 2020 σε σχέση με 2019

	PM_{10}	NO_2	CO
Iraja	N/A	-32.9%	N/A
Bangu	+19.35%	-24.1%	-37%
Tijuca	-28.70%	N/A	-43.6%

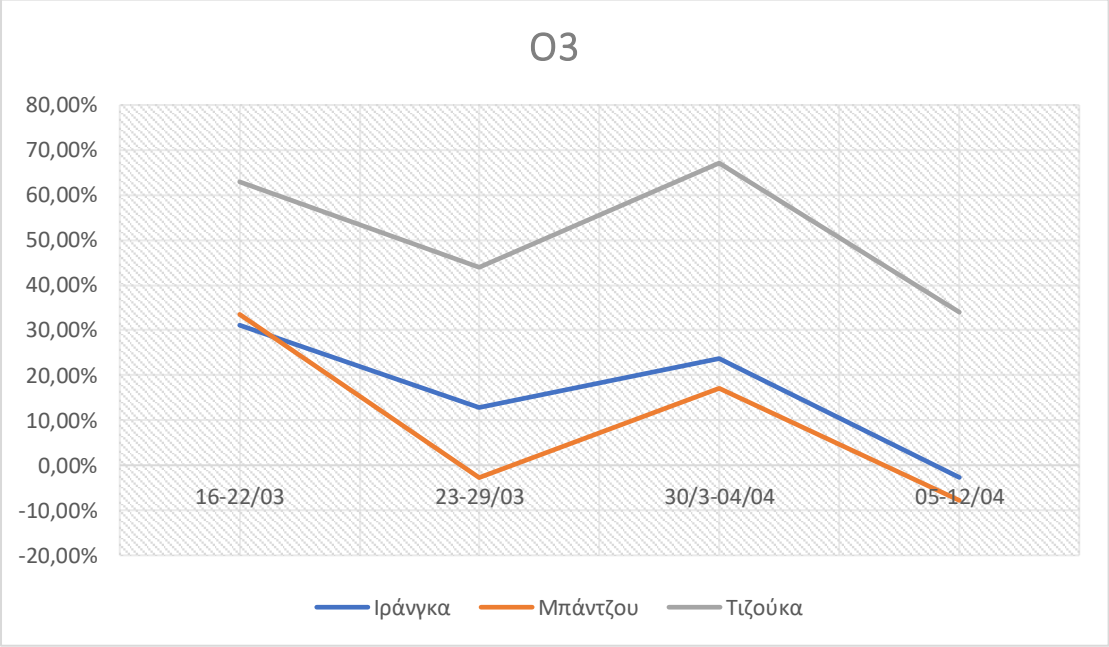
Στη συνέχεια μελετήθηκε η μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων για την περίοδο 16 Μαρτίου 2020 μέχρι τις 12 Απριλίου 2020, σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των ίδιων ρύπων στην ατμόσφαιρα κατά τις δύο πρώτες εβδομάδες του Μαρτίου του 2020 (2-15 / 03 / 2020).



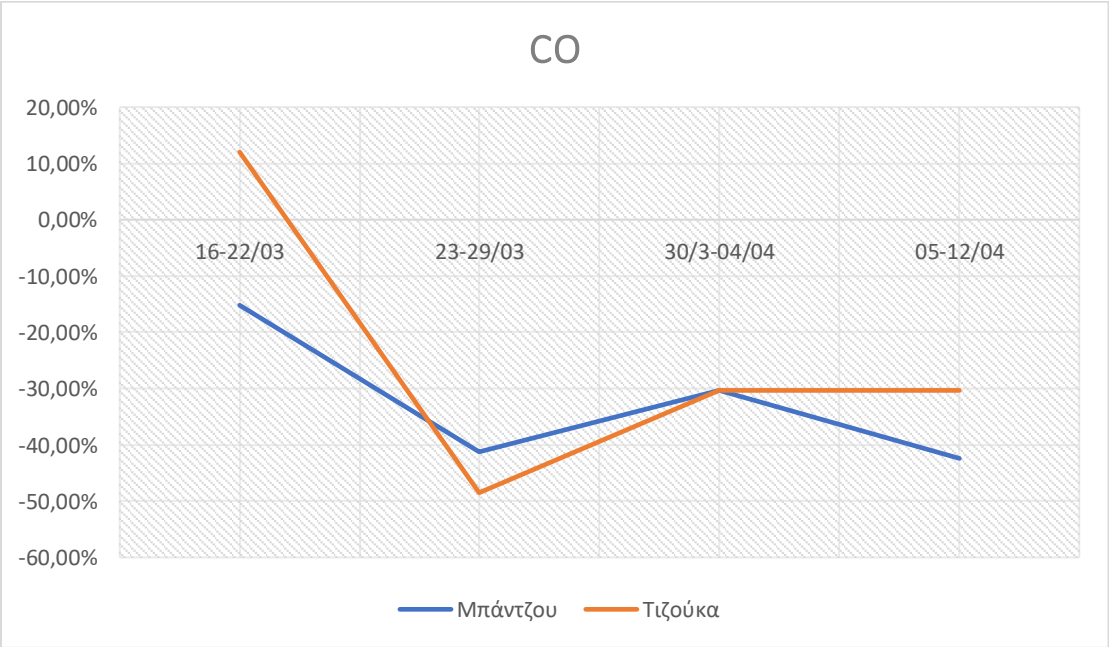
Σχήμα 1 Μεταβολή της συγκέντρωσης του ρύπου PM_{10} 16 Μαρτίου – 12 Απριλίου 2020 συγκριτικά με τον μ.ο. της περιόδου 2-15 Μαρτίου 2020



Σχήμα 2 Μεταβολή της συγκέντρωσης του ρύπου NO_2 16 Μαρτίου – 12 Απριλίου 2020 συγκριτικά με τον μ.ο. της περιόδου 2-15 Μαρτίου 2020



Σχήμα 3 Μεταβολή της συγκέντρωσης του ρύπου O_3 16 Μαρτίου – 12 Απριλίου 2020 συγκριτικά με τον μ.ο. της περιόδου 2-15 Μαρτίου 2020



Σχήμα 4 Μεταβολή της συγκέντρωσης του ρύπου CO 16 Μαρτίου – 12 Απριλίου 2020 συγκριτικά με τον μ.ο. της περιόδου 2-15 Μαρτίου 2020

Στο Tijuca, μια κατοικημένη περιοχή όπου η ρύπανση οφείλεται κυρίως στις εκπομπές οχημάτων, τα επίπεδα PM_{10} μειώθηκαν. Το Bangu δέχεται την εισροή αερίων μαζών που προέρχονται από την Σάντα Κρουζ και το Campo Grande, όπου βρίσκονται αρκετές

βιομηχανίες μεταλλουργίας και χάλυβα, καθώς και επιχειρήσεις εξόρυξης και κατασκευών, οι οποίες θα μπορούσαν να συμβάλουν στην αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων.

Καθώς το NO_2 εκπέμπεται κυρίως από τα οχήματα ντίζελ, η συγκέντρωσή του μειώθηκε όπως παρατηρήθηκε και σε άλλες χώρες. Η μείωση της συγκέντρωσης του ρύπου στην ατμόσφαιρα, θα μπορούσε πιθανόν να αποδοθεί στη μείωση της κυκλοφορίας των τοπικών και διακρατικών λεωφορείων, στις μαζικές ακυρώσεις πτήσεων και κρουαζιέρων και στη μείωση της ζήτησης παραγωγής ενέργειας.

Η απότομη μείωση του CO σχετίζεται με τη μείωση του στόλου ελαφρών οχημάτων κατά 50-80% κατά την περίοδο του lockdown.

Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν τον αντίκτυπο του μερικού lockdown στην ποιότητα του αέρα στην πόλη του Ρίο ντε Τζανέιρο. Για όλους τους ρύπους παρατηρείται πως η μεγαλύτερη μείωση των συγκεντρώσεών τους στην ατμόσφαιρα έλαβε χώρα κατά την εβδομάδα που εφαρμόστηκε το πιο αυστηρό lockdown. Οι κύριοι περιορισμοί εφαρμόστηκαν στις 23 Μαρτίου, ωστόσο τον Απρίλιο, τα μέτρα περιορισμού της μετάδοσης του ιού χαλάρωσαν παρά τις συστάσεις του ΠΟΥ, των επιστημόνων και των ιατρικών ετηςιρογνωμόνων. Ο περιορισμός μετακινήσεων του πληθυσμού, η μείωση της οδικής κυκλοφορίας και της οικονομικής δραστηριότητας οδήγησε στη μείωση των επιπέδων CO και NO_2 και, αντίθετα, στην αύξηση των συγκεντρώσεων όζοντος (καθώς υποστηρίζεται στην έρευνα, πως η αύξηση του όζοντος οφείλεται κυρίως στην απότομη μείωση του NO_2 στην ατμόσφαιρα). Τέλος, παρατηρείται πως τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αποτελέσματα που είχαν παρατηρηθεί το 2018, κατά τη διάρκεια μιας 10 ήμερης απεργίας των οδηγών φορτηγών.

2.5.2 Sao Paolo

Τον Οκτώβριο του 2020 δημοσιεύθηκε η έκθεση έρευνας που μελετούσε την ατμοσφαιρική ρύπανση στις μητροπολιτική περιοχή του Sao Paolo της Βραζιλίας, κατά την περίοδο της πανδημίας. Το όνομα της έκθεσης είναι « Drop in urban air pollution from COVID-19 pandemic: Policy implications for the megacity of Sao Paulo» (Krecl, 2020). Η μητροπολιτική περιοχή του Σάο Πάολο που υπολογίζεται πως έχει πάνω από 45 εκατομμύρια κατοίκους, στις 24 Μαρτίου 2020 τέθηκε σε κατάσταση lockdown, εξαιτίας της ραγδαίας εξάπλωσης της πανδημίας COVID-19. Έκλεισαν τα σχολεία και τα πανεπιστήμια, απαγορεύτηκαν οι συναθροίσεις, και οι μη απαραίτητες οικονομικές δραστηριότητες τέθηκαν σε αναστολή.

Τα παραπάνω μέτρα, είχαν σαν αποτέλεσμα την μείωση των μεταφορών και της κίνησης των οχημάτων στην ευρύτερη περιοχή. Υπό αυτό το πρίσμα, συγκεντρώθηκαν δεδομένα μετρήσεων οξειδίων του αζώτου από 13 σταθμούς στην μητροπολιτική περιοχή του Σάο Πάολο. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αφορούσαν δύο περιόδους. Η πρώτη περίοδος είναι από 2 έως 20 Μαρτίου 2020 και ονομάζεται «business as usual» (BAU), ενώ η δεύτερη περίοδος είναι από 24 Μαρτίου έως 3 Απριλίου 2020.

Όλοι οι σταθμοί έδειξαν πως υπήρξε μείωση των συγκεντρώσεων οξειδίων του αζώτου κατά την περίοδο της πανδημίας σε σχέση με την περίοδο BAU. Οι μειώσεις που καταγράφηκαν από τους σταθμούς διαφέρουν από 34% έως 68%. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στην απόσταση των σταθμών από τους δρόμους και στο πόσο έντονη κίνηση υπάρχει στην εκάστοτε περιοχή.

Σύμφωνα με την Εθνική Υπηρεσία Περιβάλλοντος του Σάο Πάολο (CETESB)[4], η κίνηση των οχημάτων είναι υπεύθυνη για πάνω από το 67% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου στην περιοχή. Καθώς με την επιβολή της καραντίνας η κίνηση των οχημάτων μειώθηκε δραματικά, αιτιολογείται η σημαντική βελτίωση της ποιότητας του αέρα κατά την ίδια περίοδο.

Κλείνοντας, υπογραμμίζεται πως η μείωση των ρύπων του τομέα των μεταφορών, συμβάλει ουσιαστικά στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα των πόλεων. Τα μέτρα απαγόρευσης της κυκλοφορίας που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19 δείχνουν πόσο πολύ μπορεί να βελτιωθεί άμεσα η ποιότητα τις ατμόσφαιρας των πόλεων, δίχως την χρήση πολύπλοκων μοντέλων.

2.6 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις του Εκουαδόρ

Στο Εκουαδόρ το πρώτο κρούσμα από τον ιό COVID-19 εντοπίζεται στις 29 Φεβρουαρίου του 2020[5] . Παρά την επιβολή lockdown από την κυβέρνηση, η χώρα αποτέλεσε μια από τις πιο ανησυχητικές περιπτώσεις τις Λατινικής Αμερικής καθώς σε αυτήν σημειώθηκαν οι περισσότεροι θάνατοι - ως προς τον πληθυσμό - εξαιτίας του ιού (Chudnovsky, 2020). Στις 20 Ιουλίου του 2020 δημοσιεύθηκε η έκθεση με τίτλο «NO_2 levels after the COVID-19 lockdown in Ecuador: A trade-off between environment and human health» στην οποία παρουσιάζεται μια ποσοτική μελέτη σχετικά με την συγκέντρωση NO_2 στην ατμόσφαιρα, πριν (2019) και μετά (2020) το lockdown για τον COVID-19 (Pacheco, 2020).

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον δορυφόρο European Space Agency's Sentinel-5P satelite αφορούσαν τις 12 μεγαλύτερες πόλεις της χώρας. Σε αυτές παρατηρήθηκε μεταβολή της συγκέντρωσης του NO_2 κατά -13%. Αξίζει να σημειωθεί ότι, ενώ η παραπάνω μείωση αποτελεί την μέση μείωση στις 12 πόλεις, στις δύο πιο εκβιομηχανοποιημένες και πληθυσμιακά μεγαλύτερες , Guayaquil και Quito, υπήρξε μείωση κατά 23,4% και 22,4% αντίστοιχα. Επίσης σε αυτές τις περιοχές παρατηρήθηκε και η μεγαλύτερη σχετική θνησιμότητα, αποτέλεσμα το οποίο στηρίζει τις επιπτώσεις που επιφέρει στην ανθρώπινη υγεία η μολυσμένη ατμόσφαιρα με NO_2 .

Καταλήγοντας, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης, υποδεικνύουν ότι παρά τις αρνητικές επιπτώσεις την πανδημίας COVID-19 στις ζωές και τις οικονομικές δραστηριότητες του Εκουαδόρ, υπήρξε θετική επίδραση στο μείζων περιβαλλοντικό ζήτημα εξαιτίας των lockdown που επιβλήθηκαν. Αυτό το γεγονός υπογραμμίζεται έντονα από τους ερευνητές και όσον αφορά το δίπολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και της ευημερίας του πλανήτη (Enriquez, 2018), και θεωρούν πως ότι οι κυβερνήσεις πρέπει να προβληματιστούν για τις περιβαλλοντικές πολιτικές στην μετα-COVID περίοδο.

2.7. Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις του Ηνωμένου Βασιλείου

Το Ηνωμένο Βασίλειο εφάρμοσε lockdown την άνοιξη του 2020 για να περιορίσει την μετάδοση του κορωνοιού. Τα αυστηρά μέτρα που εφαρμόστηκαν περιόρισαν τις μετακινήσεις σε μία έξοδο ανά ημέρα για άσκηση και αγορές, ενώ οι περισσότεροι άνθρωποι παρέμεναν σε κατ' οικον περιορισμό, εκτός από αυτούς που εργάζονταν σε νευραλγικές θέσεις (όπως ιατρικό προσωπικό και εργαζόμενοι στις μεταφορές). Σε έρευνα που δημοσιεύτηκε στις 20 Νοεμβρίου 2020 με τίτλο «Changes in air quality during COVID-19 lockdown in the United Kingdom»

[4] CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

[5] The World Bank: Ecuador, the Country that Vanquished the Nightmare Pandemic in 100 Days

μελετήθηκαν οι αλλαγές στην ποιότητα του αέρα σε όλο το Ηνωμένο Βασίλειο από τις 30 Μαρτίου έως τις 3 Μαΐου του 2020, την περίοδο των πιο αυστηρών περιορισμών στις μετακινήσεις (Jephcote, 2020).

Συγκεντρώθηκαν καθημερινές μετρήσεις των ρύπων NO_2 , O_3 και $PM_{2.5}$, από το εθνικό δίκτυο παρακολούθησης του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, και στη συνέχεια συγκρίθηκαν με τις μετρήσεις των ρύπων που αφορούσαν την ίδια περίοδο τα έτη 2017 έως 2019. Επιπλέον, έγιναν συγκρίσεις με συγκεντρώσεις για την περίοδο 2020 υποθέτοντας ότι δεν είχε ξεσπάσει η πανδημία, οι οποίες παρήχθησαν από ένα «business-as-usual» (BAU) machine learning μοντέλο, όπου εκτιμήθηκαν οι συνεισφορές των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στην ατμοσφαιρική ρύπανση υπό τις παρατηρούμενες μετεωρολογικές συνθήκες.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου του lockdown, παρατηρήθηκε μείωση της κυκλοφορίας κατά 69% συνολικά (74% στην κυκλοφορία ελαφριών οχημάτων και 35% στα βαριά οχήματα). Συνοπτικά, οι μετρήσεις από 129 σταθμούς παρακολούθησης κατέδειξαν μέση μείωση του NO_2 κατά 38.3% (8.8 mg/m^3) και του $PM_{2.5}$ κατά 16.5% (2.2 mg/m^3). Αυτές οι μειώσεις ήταν εντονότερες στα μεγάλα αστικά κέντρα ενώ ήταν μικρότερες σε επαρχιακές περιοχές. Αντιθέτως, οι συγκεντρώσεις O_3 αυξήθηκαν κατά μέσο όρο 7.6% (4.8 mg/m^3) με τις μεγαλύτερες αυξήσεις σε θέσεις κοντά στον δρόμο λόγω της μείωσης των τοπικών εκπομπών του NO.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, υπάρχει ένα δίκτυο από σταθμούς ενεργούς παρακολούθησης σε αστικές και αγροτικές περιοχές. Αυτό το δίκτυο παρέχει μετρήσεις κυρίως για ρύπους που προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από τις εκπομπές από οχήματα, βιομηχανίες και νοικοκυριά. Χρησιμοποιήθηκαν ωριαίες μετρήσεις οι οποίες αναλύθηκαν για τα NO_2, O_3 και $PM_{2.5}$ από όλους τους σταθμούς παρακολούθησης. Για σύγκριση, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ποιότητας αέρα στους ίδιους σταθμούς για την ίδια περίοδο τα έτη 2017, 2018 και 2019. Επιπλέον οι σταθμοί παρακολούθησης ταξινομήθηκαν ανά τύπο (αστικός, προάστιος, αγροτικός) και υπο-τύπο (κυκλοφορίας, βιομηχανικός, αγροτικών δραστηριοτήτων) αντικατοπτρίζοντας την κύρια πηγή ρύπων σε κάθε περιοχή.

Τέλος, με την αξιοποίηση μοντέλων Boosted Regression Trees (BRT) εκτιμήθηκαν οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις ρύπων αέρα σε ένα “business as usual” (BAU) σενάριο. Αυτό το σενάριο αναπαριστά μια κατάσταση όπου οι τοπικές πηγές εκπομπής συνεχίζουν να λειτουργούν κανονικά υπό τις παρατηρούμενες μετεωρολογικές συνθήκες, χωρίς τις περιοριστικές μετρήσεις που επιβλήθηκαν κατά την διάρκεια του lockdown. Πιο συγκεκριμένα τα μοντέλα εκπαιδεύτηκαν με τα δεδομένα παρατήρησης για την περίοδο 01/01/2017 έως 31/12/2019. Επίσης επιλέχθηκαν τα δεδομένα σταθμών όπου οι τοπικές εκπομπές ακολουθούν ένα προβλέψιμο πρότυπο για δεδομένες μετεωρολογικές συνθήκες.

Στις 23 Μαρτίου 2020, η βρετανική κυβέρνηση εφάρμοσε μέτρα περιορισμού στην κυκλοφορία του πληθυσμού. Το επίπεδο της οδικής κυκλοφορίας μειώθηκε σημαντικά στο 49% στις 24 Μαρτίου 2020 και σταθεροποιήθηκε στο 36% κατά μέσο όρο, μέχρι τις 30 Απριλίου 2020. Οι μετρήσεις της κυκλοφορίας σε αγγλικούς κεντρικούς δρόμους και αυτοκινητόδρομους τον Απρίλιο τους 2020 ήταν κατά 69% χαμηλότερες σε σύγκριση με τον Απρίλιο του 2019, με μείωση της κυκλοφορίας κατά 74% για τα ελαφρά οχήματα και 35% για τα βαρέα οχήματα (λεωφορεία και φορτηγά). Όσον αφορά τις μετεωρολογικές παραμέτρους, τον Απρίλιο του 2020 επικρατούσαν σταθερές και καλές συνθήκες, με χαμηλούς άνεμους. Αυτές οι μετεωρολογικές συνθήκες ήταν ευνοϊκές για φωτοχημικές αντιδράσεις και τη στασιμότητα των ατμοσφαιρικών μαζών, με αποτέλεσμα την αύξηση των τοπικών εκπομπών.

Στη μελέτη 129 σταθμοί παρακολούθησης υπέδειξαν μειώσεις στις συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου (NO_2) σε όλο το Ηνωμένο Βασίλειο, ανεξάρτητα από τον τύπου του σταθμού παρακολούθησης. Οι μειώσεις κυμαίνονταν από 20.8% στη Νοτιοδυτική Αγγλία έως 44.7% στη Σκωτία. Σχετικά με το όζον (O_3), παρατηρήθηκαν διαφορετικές μεταβολές ανάλογα με τον τύπο του σταθμού. Οι μεταβολές ήταν γενικά μικρότερες, με αυξήσεις σε αστικές περιοχές και μείωση σε προάστια και αγροτικές περιοχές. Όσον αφορά τα σωματίδια $PM_{2.5}$ παρατηρήθηκαν μειώσεις της τάξης του 16.5% κατά μέσο όρο, με υψηλότερες μειώσεις στις αστικές περιοχές σε σύγκριση με τα προάστια και τις αγροτικές περιοχές. Ωστόσο, σε τέσσερις σταθμούς παρακολούθησης αυξήθηκαν οι συγκεντρώσεις των $PM_{2.5}$.

Στη διάρκεια των 5 εβδομάδων με τα πιο αυστηρά περιοριστικά μέτρα, παρατηρήθηκε μια γενική βελτίωση της ποιότητας του αέρα όσον αφορά τους ρύπους NO_2 και $PM_{2.5}$, αλλά όχι για το O_3 (Khoo, 2020). Οι αλλαγές που παρατηρήθηκαν στις συγκεντρώσεις των NO_2 και O_3, όταν τις σύγκριναν με τις εκτιμήσεις του μοντέλου BAU είχαν παρόμοια μεγέθη. Οι καθημερινές συγκεντρώσεις $PM_{2.5}$ ήταν σταθερά χαμηλότερες από τις εκτιμώμενες συγκεντρώσεις του BAU σεναρίου.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι βελτιώσεις στην ποιότητα του αέρα ήταν μεγαλύτερες στους αστικούς οδικούς σταθμούς για το NO_2 και πιο συμβατές σε άλλες τοποθεσίες (Air Quality Expert Group, 2020). Υπήρξαν και ορισμένες τοποθεσίες όπου η ποιότητα του αέρα επιδεινώθηκε, αλλά γενικά παρατηρήθηκαν λιγότερες αυξήσεις στις συγκεντρώσεις του $PM_{2.5}$. Αύξηση του O_3 παρατηρήθηκε σε αστικούς και οδικούς σταθμούς σε αγροτικές περιοχές. Οι εκπομπές NO_X από την οδική κυκλοφορία κυρίως αποτελούνται από NO, με μια μικρότερη ποσότητα που εκπέμπεται ως NO_2. Οι εκπομπές του NO αντιδρούν με το O_3 και το καταναλώνουν, συνήθως οδηγώντας σε γενικά χαμηλότερα επίπεδα O_3 στους οδικούς σταθμούς σε σύγκριση με τις αγροτικές περιοχές. Έτσι η δραματική μείωση του NO_2 άφησε περιθώριο στο O_3 να αναπτυχθεί. Επίσης, εντοπίζονται περίοδοι υψηλών συγκεντρώσεων του $PM_{2.5}$ και του O_3 κατά τη διάρκεια του lockdown, οι οποίες συνήθως διαρκούν αρκετές ημέρες και, ενίοτε πάνω από μια εβδομάδα. Αυτές οι περίοδοι, που ονομάζονται επεισόδια ρύπανσης του αέρα, συνήθως συμβαίνουν τόσο σε θερμές όσο και σε ψυχρές εποχές, όταν ο αέρας ακινητοποιείται κάτω από υψηλή πίεση και είναι συνηθισμένες την άνοιξη και το καλοκαίρι στο Ηνωμένο Βασίλειο (Jephcote, 2020).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης, πέραν των συγκρίσεων των μετρήσεων με τα προηγούμενα έτη, οι συγκρίσεις με τις μοντελοποιημένες συγκεντρώσεις από τα μοντέλα BAU αποτελούν πλούσια πηγή πληροφοριών. Ωστόσο υπάρχουν περιορισμοί στη χρήση του BAU σεναρίου καθώς αυτό έχει τη δική του αβεβαιότητα επειδή δεν βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα. Τέλος, σημειώνεται η πιθανότητα βελτίωσης της ποιότητας του αέρα μέσω της θέσπισης μέτρων που μειώνουν την ρύπανση που προέρχεται από τις μεταφορές, όπως για παράδειγμα η υιοθέτηση πιο «πράσινων» οχημάτων, κ.α..

2.8 Η επίδραση της πανδημίας σε πόλεις της Ισπανίας

Όπως και στις περισσότερες χώρες του πλανήτη, έτσι και στην Ισπανία, λόγω της πανδημίας του Covid-19, επιβλήθηκε lockdown κατά τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο του 2020. Σε αυτό το πλαίσιο, τον Ιούνιο του 2020 δημοσιεύθηκε μία έρευνα από το Πολυτεχνείο της Καταλονίας στην Βαρκελώνη, με τίτλο «COVID-19 lockdown effects on air quality by NO_2 in the cities of Barcelona and Madrid (Spain)» (Jose M. Baldasano, 2020), η οποία μελετάει την επίδραση των περιοριστικών μέτρων στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα αξιολογεί τις

παρατηρήσεις του NO_2 στις περιοχές της Μαδρίτης και της Βαρκελώνης, λαμβάνοντας υπόψη τις μειώσεις της κυκλοφορίας και τις συγκεκριμένες μετεωρολογικές συνθήκες. Οι παρατηρήσεις συγκρίνονται με τις αντίστοιχες τιμές NO_2 για τον Μάρτιο των ετών 2018 και 2019. Οι αναλύσεις περιλαμβάνουν τη μείωση της κυκλοφορίας λόγω lockdown και τις διακυμάνσεις στην ποιότητα του αέρα, παρέχοντας παράλληλα συζήτηση για την εμβέλεια των σχεδίων βελτίωσης της ποιότητας της ατμόσφαιρας. Οι σταθμοί ποιότητας του αέρα και οι ωριαίες παρατηρήσεις επιλέχθηκαν για να προσδιορίσουν τις τιμές μείωσης του NO_2.

Συγκεντρώθηκαν δεδομένα από την Γενική Διεύθυνση Κυκλοφορίας, τα οποία δείχνουν ότι:

1. Οι μακρινές μετακινήσεις μειώθηκαν κατά 72,41% και κατά 43.71% για τα βαρέα οχήματα
2. Η κυκλοφορία στα σύνορα με την Πορτογαλία και τη Γαλλία μειώθηκε κατά 79.28% και 83.18%, αντίστοιχα
3. Οι είσοδοι και έξοδοι από τις πόλεις της Μαδρίτης και της Βαρκελώνης μειώθηκαν κατά 80% και 82%, αντίστοιχα
4. Οι πωλήσεις καυσίμων μειώθηκαν κατά 83% για τη βενζίνη και 61% για το πετρέλαιο.

Στη Μαδρίτη και τη Βαρκελώνη παρατηρήθηκε μείωση της ρύπανσης περίπου 75%, με τις συγκεντρώσεις NO_2 να μειώνονται κατά 62% και 50% αντίστοιχα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε 24 σταθμούς παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα στην Μαδρίτη και σε 9 σταθμούς στην Βαρκελώνη. Οι μετρητές διακρίνονται σε τρεις τύπους: 9 "αστικής κυκλοφορίας" (UT), 12 "αστικού φόντου" (UF) και 3 "προάστιους" (S). Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τα οφέλη των ζωνών χαμηλών εκπομπών (ZXE) και προσδιορίζουν τη ρύπανση που πρέπει να απομακρυνθεί για την επίτευξη καθαρού και υγιούς αέρα όσον αφορά το NO_2 σε αυτές τις πόλεις, που ανέρχεται στο 55%. Όσον αφορά τα πρότυπα εκπομπών και των δύο πόλεων, η κυκλοφορία οχημάτων στη Μαδρίτη είναι η κύρια πηγή εκπομπής πρωτογενών ρυπαντών και συνεισφέρει κατά 65% στα NO_X, 67% στο CO, 87% στο PM_{10} και 85% στο $PM_{2.5}$. Ο αερολιμένας είναι η δεύτερη πηγή, αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό: 18% των NO_X, 14% του CO, 6,2% του PM_{10} και 7.5% του $PM_{2.5}$. Στην περίπτωση της μητροπολιτικής περιοχής της Βαρκελώνης, η οδική κυκλοφορία είναι η κύρια πηγή NO_X, με 59%, ενώ ο λιμένας καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση με 16% (Tobias, Carnerero, 2020). Επίσης η κυκλοφορία αντιπροσωπεύει το 85% των εκπομπών PM_{10} και $PM_{2.5}$ ενώ ο λιμένας συνεισφέρει λιγότερο, 6.2% και 7.2% αντίστοιχα.

Ανεξάρτητα από τους μετεωρολογικούς παράγοντες, παρατηρείται βελτίωση της ποιότητας του αέρα το Μάρτιο του 2020 σε σύγκριση με τα δύο προηγούμενα έτη. Πιο συγκεκριμένα, ενώ το 2019 χαρακτηρίζονταν από σταθερές καιρικές συνθήκες που ευνοούσαν την κακή ποιότητα του αέρα, το 2018 χαρακτηρίζονταν από ασταθείς καιρικές συνθήκες που ευνοούσαν τη διάχυση της ρύπανσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, λόγω του lockdown, η μέση μείωση του διοξειδίου του αζώτου στη Μαδρίτη ήταν 56% και 46% σε σύγκριση με τα έτη 2019 και 2018 αντίστοιχα, ενώ στη Βαρκελώνη ήταν 59% και 55%. Η ανάλυση για τη Μαδρίτη ανά τύπο σταθμού, UT, UF, S, δείχνει πως κατά τον Μάρτιο του 2020, η συγκέντρωση του NO_2 μειώθηκε κατά 63%, 54% και 59% για το 2019 αντίστοιχα, και κατά 58%, 43% και 40% για το 2018. Στην περίπτωση της Βαρκελώνης ανά τύπο σταθμού, οι τιμές μείωσης είναι, 63%, 54% και 59% αντίστοιχα για το 2019 και 60%, 49% και 58% για το 2018. Και στις δύο πόλεις, οι μεγαλύτερες μειώσεις παρατηρούνται στις μετρήσεις των σταθμών αστικής κυκλοφορίας, γεγονός αναμενόμενο, καθώς στις περιοχές που βρίσκονται αυτοί οι μετρητές υπάρχει και διαχρονικά μεγαλύτερη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας λόγω της αυτοκίνησης.

Παρατηρήθηκε πως οι τιμές συγκέντρωσης κατά το δεύτερο μισό του Μαρτίου ήταν χαμηλότερες από το όριο της ΕΕ και την ετήσια αναφορά του ΠΟΥ (40μg/m3), ενώ βάση της βιβλιογραφίας, αυτά τα όρια υπερβαίνονται συχνά σε αστικούς σταθμούς κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου διαχρονικά (Izquierdo, Dos Santos, 2020).

2.9 Η επίδραση της πανδημίας στο Μιλάνο της Ιταλίας

Στην Ιταλία, το πρώτο επιβεβαιωμένο κρούσμα του κορωνοϊού εντοπίστηκε κοντά στο Μιλάνο στις 20 Φεβρουαρίου 2020, ενώ ο αριθμός των επιβεβαιωμένων κρουσμάτων άρχισε να αυξάνεται εκθετικά. Έτσι, οι αρχές αποφάσισαν στις 23 Φεβρουαρίου να κλείσουν όλα τα σχολεία στο Μιλάνο και στην ευρύτερη περιοχή της Λομβαρδίας. 8 Μαρτίου η κυβέρνηση επέβαλε επιπλέον περιοριστικά μέτρα στις μετακινήσεις και στις δραστηριότητες θέτοντας το Μιλάνο σε μερικό lockdown, ενώ από τις 23 Μαρτίου και με το κλείσιμο όλων των βιομηχανιών, το Μιλάνο βρέθηκε σε κατάσταση ολικού lockdown (Conticini, E., Frediani, B., Caro, D., 2020). Τα μέτρα που έλαβαν χώρα στο Μιλάνο προκειμένου να περιοριστεί η εξάπλωση της πανδημίας, έδωσαν την ευκαιρία σε μία ερευνητική ομάδα από τα πανεπιστήμια της Brescia και της Pavia να παρατηρήσουν τις αλλαγές στην ποιότητα του αέρα στην πόλη. Έτσι, τον Μάιο του 2020 δημοσιεύθηκε η έρευνα με τίτλο «Lockdown for CoViD-2019 in Milan: What are the effects on air quality?» (Maria C. Collivignarelli, 2020).

Οι ερευνητές χώρισαν το διάστημα της μελέτης σε τρεις περιόδους:

- 7 – 20 Φεβρουαρίου: Προ – lockdown περίοδος (ΠΛ)
- 21 Φεβρουαρίου – 8 Μαρτίου: Περίοδος μερικού lockdown (ΜΛ)
- 9 – 22 Μαρτίου: Περίοδος καθολικού lockdown (ΚΛ)

Για τις παραπάνω περιόδους, συγκεντρώθηκαν δεδομένα από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (ΥΠΠ) της Λομβαρδίας, για τις συγκεντρώσεις των ρύπων διοξειδίου του αζώτου, μικροσωματιδίων PM_{10} και $PM_{2.5}$, διοξείδιο του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα και του όζοντος.

Οι μέσες ποσοστιαίες μεταβολές των συγκεντρώσεων των ρύπων κατά τις περιόδους ΜΛ και ΚΛ ως προς την ΠΛ παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 8 Μεταβολές των συγκεντρώσεων των ρύπων ως προς την ΠΛ περίοδο

	ΜΛ	ΚΛ
PM_{10}	-36.6%	-42.85%
$PM_{2.5}$	-40.75%	-47.25%
NO_2	-40.26%	-58.61%
SO_2	-19.9%	-25.4%
CO	-45.6%	-57.6%
O3	+86%	+156%

Τα δεδομένα δείχνουν πως στο διοξείδιο του αζώτου και στο μονοξείδιο του άνθρακα παρατηρείται η μεγαλύτερη μείωση, ενώ το όζον αυξήθηκε σημαντικά (Mandal, Patel 2021). Η μείωση της οδικής κυκλοφορίας λόγω των περιοριστικών μέτρων θεωρείται ο πιο σημαντικός λόγος για την μείωση των συγκεντρώσεων του NO_2 και CO. Από την άλλη, ενδέχεται λόγω της σημαντικής μείωσης NO, να αυξήθηκε σημαντικά ο σχηματισμός του όζοντος στην ατμόσφαιρα.

2.10 Η ποιότητα της Αθήνας την περίοδο της πανδημίας

2.10.1 Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα

Καθώς η ατμοσφαιρική ρύπανση συγκαταλέγεται στους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία, ο περιορισμός της έχει μεγάλη σημασία για την προστασία της υγείας των ζωντανών οργανισμών. Σε αυτή την κατεύθυνση, η Ε.Ε. με την "Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία" και το "σχέδιο δράσης για μηδενική ρύπανση" έχει θεσπίσει συγκεκριμένη νομοθεσία και συγκεκριμένους στόχους (European Commission, 2021).

Η Ελλάδα ως μέλος της Ε.Ε. έχει και νομική υποχρέωση να συμμορφωθεί με τις οδηγίες του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου. Έτσι τα τελευταία χρόνια έχουν ξεκινήσει να παρακολουθούνται οι συγκεντρώσεις των ρύπων και να γίνονται βήματα προς το σχέδιο δράσης για μηδενική ρύπανση. Όμως, ακόμα οι πολίτες στην Ελλάδα κινδυνεύουν από τις επιπτώσεις έκθεσης σε κακής ποιότητας αέρα (European Commission, 2021). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως η έκθεση των πολιτών σε υψηλές συγκεντρώσεις μικροσωματιδίων $PM_{2.5}$, διοξειδίου του αζώτου NO_2 και όζοντος O_3 είναι υπεύθυνη για τουλάχιστον 15.450 πρόωρους θανάτους στη χώρα το 2018 (EEA, 2020). Ακόμα η Ελλάδα παραβιάζοντας την Ευρωπαϊκή νομοθεσία και πιο συγκεκριμένα την οδηγία 2016/2284/ ΕΕ, άργησε να υποβάλει εθνικό πρόγραμμα ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για τους παραπάνω λόγους η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποφάσισε να παραπέμψει την Ελλάδα στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο (European Commission, 2021).

Σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Κέντρου Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΚΠΑΑ), οι ετήσιοι θάνατοι από την ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα ανέρχονται σε πάνω από 8.500. Πρόκειται για θανάτους, οι οποίοι συνδέονται άμεσα με τις συγκεντρώσεις επικίνδυνων μικροσωματιδίων. Με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα, ετησίως καταγράφονται περίπου 6.500 θάνατοι στα αστικά και ημιαστικά κέντρα, και περίπου 2.100 στις αγροτικές περιοχές. Οι περισσότεροι θάνατοι αφορούν τους πληθυσμούς της Αθήνας (58%) και της Θεσσαλονίκης (13%)[6].

Η υψηλή αυτοκίνηση, με τα χιλιάδες αυτοκίνητα που κυκλοφορούν καθημερινά στους δρόμους της Αθήνας, είναι η βασική αιτία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πόλη. Τα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα, συχνά επιδεινώνονται από παράγοντες που ευνοούν τη συσσώρευση ατμοσφαιρικών ρύπων πάνω από την πόλη, όπως η τοπογραφία (λεκάνη που περιβάλλεται από βουνά) σε συνδυασμό με τη χαμηλή ταχύτητα ανέμου, υψηλές θερμοκρασίες και εκτεταμένες περιόδους ξηρότητας (ΥΠΕΝ, 2021). Ακόμα, η πυκνή δόμηση της Αθήνας δυσκολεύει τη ροή του αέρα και την απομάκρυνση των ρύπων από την ατμόσφαιρα. Η μη κατάλληλη ρυμοτομία, με τους στενούς δρόμους και τις κλειστές γειτονιές, έχει το ίδιο αποτέλεσμα. Η χρήση υλικών που ενισχύουν το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, όπως το άσφαλτο και το μπετόν, συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας στην πόλη, γεγονός που δυσκολεύει την απομάκρυνση των ρύπων.

Η Αθήνα και τα προάστιά της ξεχωρίζουν σε ευρωπαϊκό επίπεδο για δύο λόγους: Από τη μία είναι, μαζί με το Παρίσι και τη Μαδρίτη, οι ευρωπαϊκές πόλεις όπου περίπου τα δύο τρίτα των ρύπων (65%) παράγονται από ανθρώπινες δραστηριότητες μέσα στο ίδιο το σύμπλεγμα του ιστορικού κέντρου και των προαστίων (π.χ. λόγω των μετακινήσεων των κατοίκων). Επίσης, μαζί με τη Λισαβόνα, είναι η πόλη που οι ατμοσφαιρικοί της ρύποι επιβαρύνονται λιγότερο

[6] Naftemporiki: Ατμοσφαιρική ρύπανση: Πάνω από 8.500 θάνατοι ετησίως στην Ελλάδα

(μόνο σε ποσοστό 5% της συνολικής ρύπανσης) από γεωργικές δραστηριότητες πέριξ της πόλης (Μαυραγάνης, 2018).

2.10.2 Επιβολή περιοριστικών μέτρων στην Ελλάδα κατά την περίοδο της πανδημίας

Το πρώτο κρούσμα στην Ελλάδα επιβεβαιώθηκε 26 Φεβρουαρίου 2020. Μέχρι τις 21 Ιουλίου 2022 στην Ελλάδα, έχουν καταγραφεί 3.843.142 επιβεβαιωμένα κρούσματα και 30.466 θάνατοι εξαιτίας του κορονοϊού. Ταυτόχρονα, υπήρξε μια σειρά από κυβερνητικές δράσεις με προσανατολισμό την αναχαίτιση της επέλασης της πανδημίας στη χώρα μας, οι οποίες συνεχίζονται μέχρι και σήμερα. Για το θέμα της συγκεκριμένης εργασίας, παρατίθεται αναλυτικά το χρονολόγιο από το πρώτο κρούσμα στην Ελλάδα, μέχρι και την άρση των περιορισμών του πρώτου lockdown[7]:

- 26 Φεβρουαρίου 2020: Το πρώτο καταγεγραμμένο κρούσμα κορονοϊού στην Ελλάδα
- 10 Μαρτίου 2020: Κλείνουν τα σχολεία και τα πανεπιστήμια
- 13 Μαρτίου 2020: Κλείνουν εμπορικά κέντρα, μπαρ καφετέριες και εστιατόρια
- 18 Μαρτίου 2020: Απαγόρευση δημόσιων συναθροίσεων άνω των 10 ατόμων. Κλείνουν όλα τα εμπορικά καταστήματα. Κλείνουν τα σύνορα για μη Έλληνες πολίτες ή για προερχόμενους από χώρα εκτός Ε.Ε.
- 23 Μαρτίου 2020: Έναρξη πρώτου lockdown.
- 4 Μαΐου 2020: Μερική άρση απαγόρευσης μετακινήσεων, επαναλειτουργία λιανικού εμπορίου και επιχειρήσεων.
- 18 Μαΐου 2020: Άρση περιορισμού μετακινήσεων μεταξύ νομών στην ηπειρωτική Ελλάδα, όπως και από και προς την Κρήτη.
- 25 Μαΐου 2020: Άνοιγμα της εστίασης, άρση περιορισμού μετακινήσεων από και προς όλα τα νησιά.

2.10.3 Ανάλυση Μεθοδολογίας

2.10.3.1 Δείκτης Ποιότητας του Αέρα AQI (Air Quality Index)

Ο περιβαλλοντικός δείκτης είναι μια αριθμητική ή περιγραφική κατηγοριοποίηση μεγάλου αριθμού περιβαλλοντικών παραμέτρων. Σκοπός του είναι να συνεισφέρει στην εξαγωγή συμπερασμάτων χρήσιμων για την αξιολόγηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας. Ένα μεγάλο του πλεονέκτημα είναι πως καθιστά δυνατή τη μελέτη και την αποτίμηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας μιας περιοχής με τρόπο κατανοητό και για μη εξειδικευμένο κοινό. Ο περιβαλλοντικός δείκτης είναι χρήσιμος στη λήψη πολιτικών αποφάσεων για το περιβάλλον, στη σύγκριση ατμοσφαιρικής ποιότητας διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών, ενώ απεικονίζει σε καθημερινή βάση την ποιότητα του αέρα σε διάφορες περιοχές.

Αρχικά, δημιουργήθηκε ο δείκτης πρότυπων τιμών αερίων ρύπων PSI (Pollutants Standard Index). Υπολογίζεται από τις συγκεντρώσεις όζοντος O_3, διοξειδίου του αζώτου NO_2, διοξειδίου του θείου SO_2, και αιωρούμενων μικροσωματιδίων PM_{10} και $PM_{2.5}$ στην ατμόσφαιρα. Ο συγκεκριμένος δείκτης μετατρέπει τις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων σε απλές αριθμητικές τιμές από 0 έως 500 (Hunt & Ott, 1976). Οι τιμές αυτές ομαδοποιούνται και αντιστοιχίζονται σε κατηγορίες ποιότητας της ατμόσφαιρας όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

[7] Lab-iMed, 2022

Πίνακας 9 Κατηγορίες της ποιότητας του αέρα με βάση τις τιμές του δείκτη PSI (Hunt & Ott, 1976)

Τιμή PSI	Κατηγορία Ποιότητας Αέρα	Πιθανές επιπτώσεις στην υγεία
0-50	Καλή	Καμία
51-100	Μέτρια	Μερικές ή και καμία
101-200	Ανθυγιεινή	Ελαφρά επιδείνωση συμπτωμάτων στις πιο ευάλωτες ομάδες
201-300	Πολύ Ανθυγιεινή	Σημαντική επιδείνωση - εκτεταμένα συμπτώματα
>300	Επικίνδυνη	Πρόωρη εμφάνιση συγκεκριμένων ασθενειών - αύξηση επιδείνωσης συμπτωμάτων - μείωση ορίων αντοχής υγιών ανθρώπων

Ο δείκτης ποιότητας αέρα AQI (Air Quality Index) είναι βασισμένος στον δείκτη πρότυπων τιμών αερίων ρύπων PSI, ο οποίος δηλώνει εάν συντρέχει κίνδυνος του ατμοσφαιρικού αέρα για την ανθρώπινη υγεία. Για τον υπολογισμό του δείκτη , καταγράφονται σε καθημερινή βάση οι συγκεντρώσεις των ίδιων ρύπων με το PSI (O_3, NO_2, SO_2, PM_{10} και $PM_{2.5}$). Από την μέση ημερήσια συγκέντρωση κάθε ρύπου, υπολογίζεται ένας επιμέρους δείκτης. Ο υψηλότερος επιμέρους δείκτης για κάθε ρύπο, καθορίζει την τελική τιμή του δείκτη ποιότητα ημέρας για κάθε μέρα.

Ο δείκτης ποιότητας του αέρα για μία μέρα υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$AQI = \max(IP), Ip = \frac{IHi - ILo}{BPHi - BPLo} * (Cp - BPLo) + ILo$$

- Cp: Μέση ημερήσια συγκέντρωση κάθε ρύπου (p)
- Ip: Επιμέρους δείκτης του κάθε ρύπου (p)
- AQI: Ο υψηλότερος Ip
- BPHi: Μέγιστο όριο συγκέντρωσης της κατηγορίας συγκεντρώσεων που εντάσσεται η Cp
- BPLo: Ελάχιστο όριο συγκέντρωσης της κατηγορίας συγκεντρώσεων που εντάσσεται η Cp
- IHi: Μέγιστη τιμή AQI που αντιστοιχεί στο BPHi
- ILo: Ελάχιστη τιμή AQI που αντιστοιχεί στο BPLo

Οι κατηγορίες συγκεντρώσεων εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 10 Κατηγοριοποίηση συγκεντρώσεων ρύπων με βάση τον δείκτη ποιότητας του αέρα (EEA, 2023)

O_3	$PM_{2.5}$(μg/m3)	PM_{10}(μg/m3)	SO_2 (ppb)	NO_2 (ppb)	AQI	Ποιότητα Αέρα
0-50	0-10	0-20	0-100	0-40	0-50	Καλή

50.1-100	10.1-20	20.1-40	100.1-200	40.1-90	50.1-100	Σχεδόν Καλή
100.1-130	20.1-25	40.1-50	200.1-350	90.1-120	100.1 -150	Μέτρια
130.1-240	25.1-50	50.1-100	350.1-500	120.1-230	150.1-200	Κακή
240.1-380	50.1-75	100.1-150	500.1-750	230.1-340	200.1-300	Πολύ Κακή
380.1-800	75.1-800	150.1-1200	750.1-1250	340.1-1000	300.1-400	Επικίνδυνη

Ενώ η χρωματική απεικόνιση των επιπέδων ποιότητας αέρα γίνεται με τον τρόπο που παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 11 Χρωματική απεικόνιση των επιπέδων του δείκτη της ποιότητας αέρα (EEA, 2023)

Δείκτης Ποιότητας Αέρα (AQI)	Επίπεδο AQI	Κατηγορία AQI	Χρωματική Κλίμακα
0-50	Επίπεδο 1	Καλή	Πράσινο
51-100	Επίπεδο 2	Σχεδόν Καλή	Κίτρινο
101-150	Επίπεδο 3	Μέτρια	Πορτοκαλί
151-200	Επίπεδο 4	Κακή	Κόκκινο
201-300	Επίπεδο 5	Πολύ Κακή	Μωβ
301-500	Επίπεδο 6	Επικίνδυνη	Βυσσινί

2.10.3.2 Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων Ποιότητας του Αέρα στην Αθήνα

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για το πως επηρέασε η πανδημία την ποιότητα του αέρα στην Αθήνα, συγκεντρώθηκαν δεδομένα από τους σταθμούς «Αριστοτέλους», «Πατησίων» και «Γεωπονική». Κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάϊο του 2020, στην Ελλάδα είναι η περίοδος του πρώτου lockdown, οπότε παρουσιάζει ενδιαφέρον η μελέτη της ποιότητας αέρα για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο σε σύγκριση με τους ίδιους μήνες κατά τα προηγούμενα τρία έτη, δηλαδή το 2017, 2018 και 2019. Καθώς το κέντρο της Αθήνας είναι μία τοποθεσία με έντονη κινητικότητα, παρατηρείται συχνά επιβαρυμένη, σε θέμα ρύπανσης, ατμόσφαιρα. Για αυτόν τον λόγο, η συλλογή δεδομένων ατμοσφαιρικών ρύπων επικεντρώθηκε στους σταθμούς «Αριστοτέλους» και «Πατησίων». Όπου δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για ημερήσιες συγκεντρώσεις ρύπων, συγκεντρώθηκαν δεδομένα και από τον σταθμό «Γεωπονική».

Η συλλογή δεδομένων, πραγματοποιήθηκε για τους ρυπαντές $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, O_3 και SO_2. Συλλέχθηκαν οι ωριαίες συγκεντρώσεις των παραπάνω ρύπων σε $\mu g/m^3$από επίσημες καταγραφές στην ιστοσελίδα του Υπουργείου Ενέργειας και Περιβάλλοντος, για τους προαναφερθέντες σταθμούς. Στην συνέχεια, για κάθε ρύπο και για κάθε μέρα υπολογίσθηκε η μέση ημερήσια συγκέντρωση ρύπου. Έπειτα, υπολογίστηκε το "IP" για κάθε ρύπο και στην συνέχεια η ημερήσια τιμή του δείκτη ποιότητας αέρα, σύμφωνα με τον δείκτη ποιότητας αέρα "AQI"

2.10.4 Αποτελέσματα

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ποιότητας του αέρα στην Αθήνα για τις περιόδους που εξετάστηκαν:

Πίνακας 12 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ποιότητας του Αέρα για το 2017 (Αριθμός ημερών που η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκε «Καλή», «Σχεδόν Καλή» κ.ο.κ)

2017	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Συνολικά
ΚΑΛΗ	0	0	0	0
ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	17	19	24	60
ΜΕΤΡΙΑ	5	9	3	17
ΚΑΚΗ	8	2	4	14
ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ	1	0	0	1
ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΚΑΚΗ	0	0	0	0

Πίνακας 13 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κυρίων Ρυπαντών για το 2017 (Αριθμός ημερών που ο κάθε ρύπος είχε την μέγιστη τιμή ΙΡ)

2017	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Συνολικά
NO_2	4	0	2	6
$PM_{2.5}$	22	18	8	48
PM_{10}	1	4	9	14
O_3	4	8	12	24
SO_2	0	0	0	0

Πίνακας 14 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ποιότητας του Αέρα για το 2018 (Αριθμός ημερών που η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκε «Καλή», «Σχεδόν Καλή» κ.ο.κ)

2018	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Συνολικά
ΚΑΛΗ	0	0	0	0
ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	16	14	15	45
ΜΕΤΡΙΑ	5	6	9	20
ΚΑΚΗ	8	10	7	25
ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ	1	0	0	1
ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΚΑΚΗ	1	0	0	1

Πίνακας 15 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κυρίων Ρυπαντών για το 2018 (Αριθμός ημερών που ο κάθε ρύπος είχε την μέγιστη τιμή ΙΡ)

2018	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Συνολικά
NO_2	0	0	0	0
$PM_{2.5}$	5	15	4	24
PM_{10}	14	12	10	36
O_3	12	2	16	30
SO_2	0	0	0	0

Πίνακας 16 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ποιότητας του Αέρα για το 2019 (Αριθμός ημερών που η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκε «Καλή», «Σχεδόν Καλή» κ.ο.κ)

2019	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Συνολικά
ΚΑΛΗ	0	0	0	0
ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	14	13	23	50
ΜΕΤΡΙΑ	8	7	7	22
ΚΑΚΗ	9	10	1	20
ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ	0	0	0	0
ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΚΑΚΗ	0	0	0	0

Πίνακας 17 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κυρίων Ρυπαντών για το 2019 (Αριθμός ημερών που ο κάθε ρύπος είχε την μέγιστη τιμή ΙΡ)

2019	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Συνολικά
NO_2	0	0	0	0
$PM_{2.5}$	18	17	15	50
PM_{10}	4	4	7	15
O_3	9	9	8	26
SO_2	0	0	0	0

Πίνακας 18 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ποιότητας του Αέρα για το 2020 (Αριθμός ημερών που η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκε «Καλή», «Σχεδόν Καλή» κ.ο.κ)

2020	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Συνολικά
ΚΑΛΗ	7	1	5	13
ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	10	24	18	52
ΜΕΤΡΙΑ	10	5	3	18
ΚΑΚΗ	3	0	6	9
ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ	0	0	0	0
ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΚΑΚΗ	0	0	0	0

Πίνακας 19 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κυρίων Ρυπαντών για το 2020 (Αριθμός ημερών που ο κάθε ρύπος είχε την μέγιστη τιμή ΙΡ)

2020	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Συνολικά
NO_2	4	0	2	6
$PM_{2.5}$	19	11	5	35
PM_{10}	0	4	17	21
O_3	7	15	6	28
SO_2	0	0	0	0

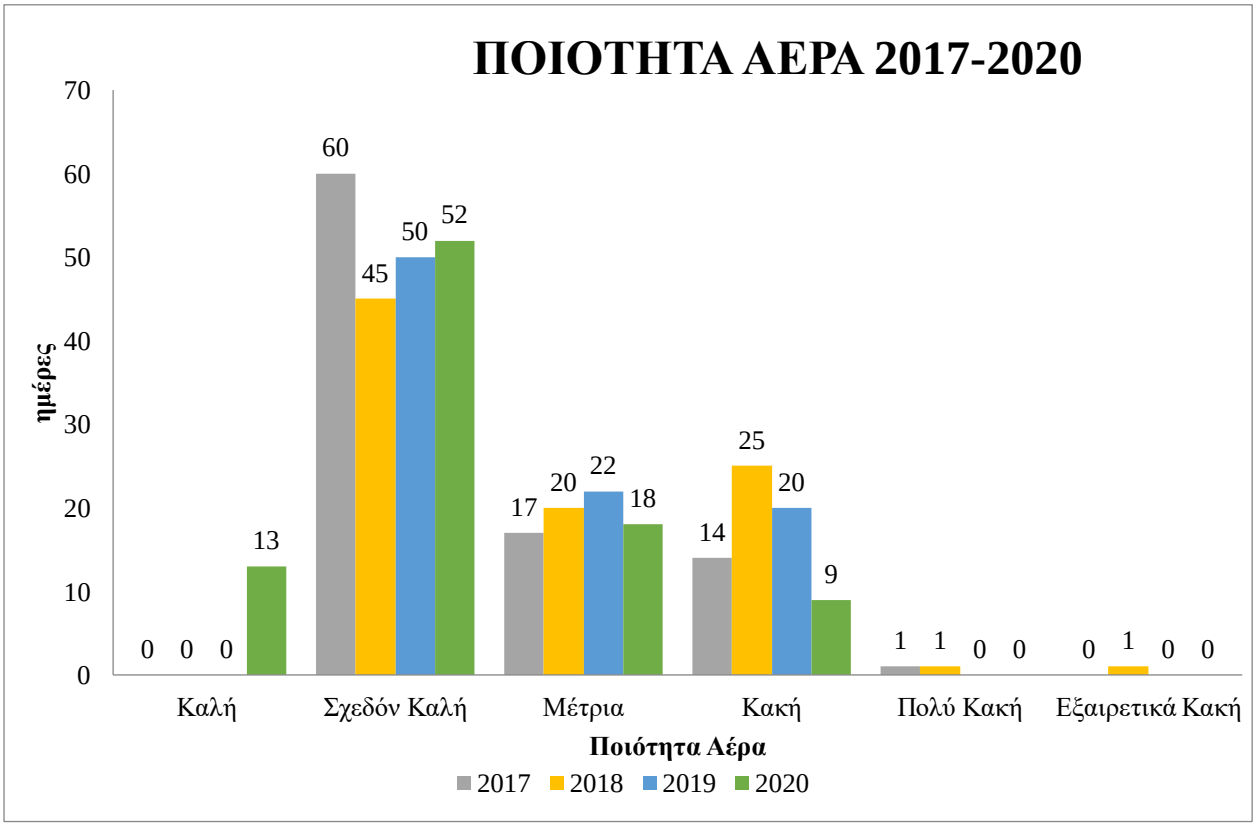
2.10.5 Συγκριτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Για επιπλέον ανάλυση τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά παρακάτω:

Πίνακας 20 AQI Μάρτιος-Απρίλιος-Μάϊος για τα έτη 2017,2018,2019 & 2020

Ποιότητα	2017	2018	2019	2020

	Μέρες	%	Μέρες	%	Μέρες	%	Μέρες	%
Καλή	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	13	14,13%
Σχεδόν Καλή	60	65,22%	45	48,91%	50	54,35%	52	56,52%
Μέτρια	17	18,48%	20	21,74%	22	23,01%	18	19,57%
Κακή	14	15,22%	25	27,17%	20	21,74%	9	9,78%
Πολύ Κακή	1	1,09%	1	1,09%	0	0,00%	0	0,00%
Εξαιρετικά Κακή	0	0,00%	1	1,09%	0	0,00%	0	0,00%



Σχήμα 6 AQI Μάρτιος-Απρίλιος-Μάϊος για τα έτη 2017,2018,2019 & 2020

Πίνακας 21 Ποιότητα Αέρα τον Μάρτιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020

Ποιότητα	Μάρτιος 2017		Μάρτιος 2018		Μάρτιος 2019		Μάρτιος 2020	
	Μέρες	%	Μέρες	%	Μέρες	%	Μέρες	%
Καλή	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	7	22,58%

Σχεδόν Καλή	17	54,84%	16	51,61%	14	45,16%	10	32,26%
Μέτρια	5	16,13%	5	16,13%	8	25,81%	11	35,48%
Κακή	8	25,81%	8	25,81%	9	29,03%	3	9,68%
Πολύ Κακή	1	3,23%	1	3,23%	0	0,00%	0	0,00%
Εξαιρετικά Κακή	0	0,00%	1	3,23%	0	0,00%	0	0,00%

Πίνακας 22 Ποιότητα Αέρα τον Απρίλιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020

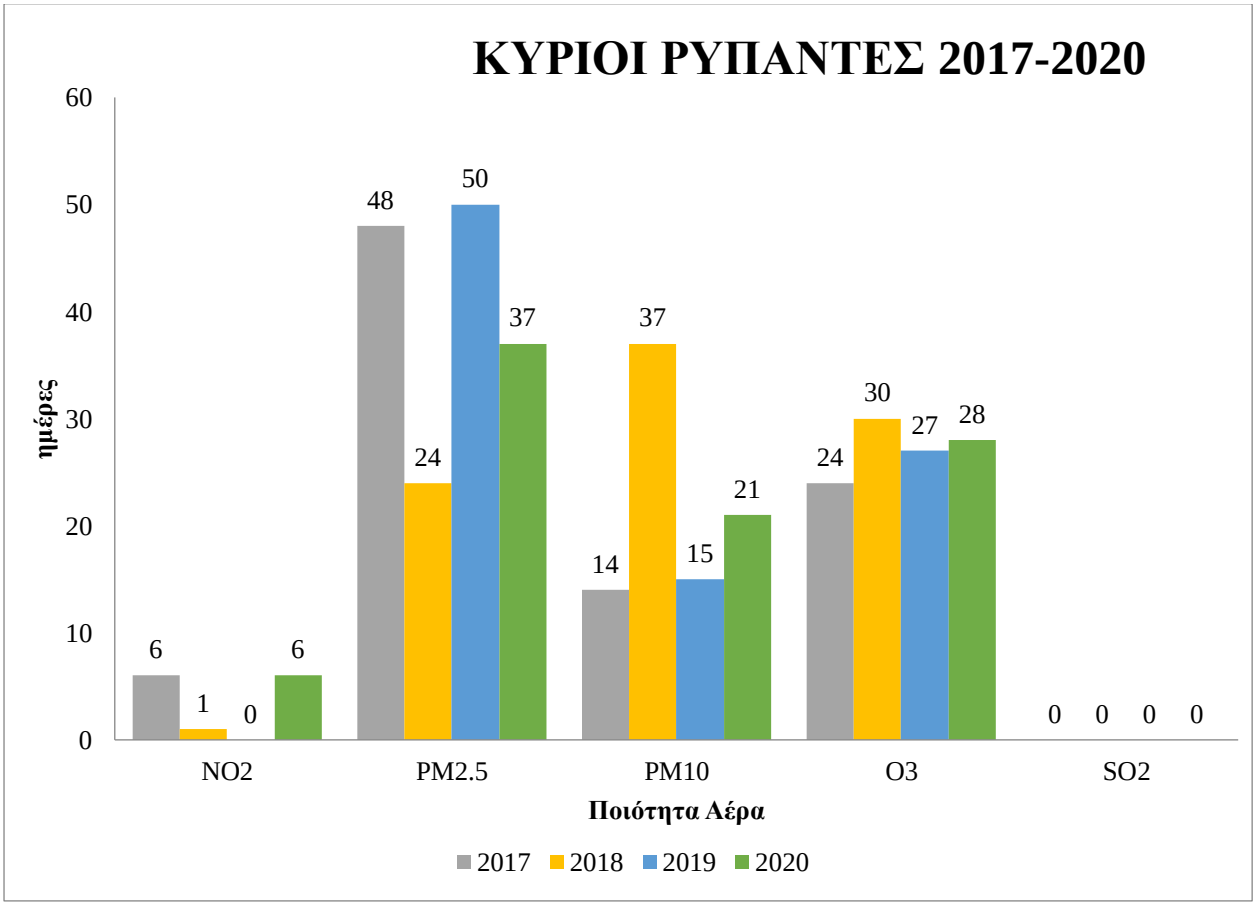
Ποιότητα	Απρίλιος 2017		Απρίλιος 2018		Απρίλιος 2019		Απρίλιος 2020	
	Ημέρες	%	Μέρες	%	Μέρες	%	Μέρες	%
Καλή	0	0%	0	0%	0	0%	1	3%
Σχεδόν Καλή	19	63%	14	47%	13	43%	24	80%
Μέτρια	9	30%	6	20%	7	23%	5	17%
Κακή	2	7%	10	33%	10	33%	0	0%
Πολύ Κακή	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Εξαιρετικά Κακή	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

Πίνακας 23 Ποιότητα Αέρα τον Μάιο για τα έτη 2017, 2018, 2019, 2020

Ποιότητα	Μάιος 2017		Μάιος 2018		Μάιος 2019		Μάιος 2020	
	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%
Καλή	0	0%	0	0%	0	0%	5	16%
Σχεδόν Καλή	24	77%	15	48%	23	74%	18	58%
Μέτρια	3	10%	9	29%	7	23%	2	6%
Κακή	4	13%	7	23%	1	3%	6	19%
Πολύ Κακή	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Εξαιρετικά Κακή	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

Πίνακας 24 Κύριοι ρυπαντές Μάρτιος-Απρίλιος-Μάιος για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020

Κύριοι Ρυπαντές	2017		2018		2019		2020	
	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%
NO_2	6	6,52	1	1,09	0	0,00	6	6,52
$PM_{2.5}$	48	52,17	24	26,09	50	54,35	37	40,22
PM_{10}	14	15,22	37	40,22	15	16,30	21	22,83
O_3	24	26,09	30	32,61	27	29,35	28	30,43
SO_2	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00



Σχήμα 7 Κύριοι ρυπαντές Μάρτιος-Απρίλιος-Μάιος για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020

Πίνακας 25 Κύριοι ρυπαντές τον Μάρτιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020

Κύριοι Ρυπαντές	Μάρτιος 2017		Μάρτιος 2018		Μάρτιος 2019		Μάρτιος 2020	
	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%
NO_2	4	12,90	1	3,23	0	0,00	4	12,90

$PM_{2.5}$	22	70,97	5	16,13	18	58,06	20	64,52
PM_{10}	1	3,23	13	41,94	4	12,90	0	0,00
O_3	4	12,90	12	38,71	9	29,03	7	22,58
SO_2	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Πίνακας 26 Κύριοι ρυπαντές τον Απρίλιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020

Κύριοι Ρυπαντές	Απρίλιος 2017		Απρίλιος 2018		Απρίλιος 2019		Απρίλιος 2020	
	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%
NO_2	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
$PM_{2.5}$	18	60,00	15	50,00	17	56,67	11	36,67
PM_{10}	4	13,33	13	43,33	4	13,33	4	13,33
O_3	8	26,67	2	6,67	9	30,00	15	50,00
SO_2	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Πίνακας 27 Κύριοι ρυπαντές τον Μάιο για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020

Κύριοι Ρυπαντές	Μάιος 2017		Μάιος 2018		Μάιος 2019		Μάιος 2020	
	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%	Ημέρες	%
NO_2	2	6,45	0	0,00	0	0,00	2	6,45
$PM_{2.5}$	8	25,81	4	12,90	15	48,39	6	19,35
PM_{10}	9	29,03	11	35,48	7	22,58	17	54,84
O_3	12	38,71	16	51,61	9	29,03	6	19,35
SO_2	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Πίνακας 28 Μέσος όρος τιμής IP του κάθε ρύπου για τα έτη 2017, 2018, 2019 & 2020

Ρύπος	2017	2018	2019	2020
NO_2	65.85	63.13	56.45	47.27
$PM_{2.5}$	90.48	94.91	90.38	77.52
PM_{10}	80.23	103.03	90.93	75.75

O_3	53.29	69.89	72.98	50.60
SO_2	7.03	5.92	3.52	4.23

Πίνακας 29 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης τιμής του κάθε ρύπου το 2020 σε σύγκριση με την μέση τιμή του κάθε ρύπου για τα έτη 2017-2019

Ρύπος	2020	Avg 17-19	%
NO_2	47.27	61.81	-23.53
$PM_{2.5}$	77.52	91.92	-15.67
PM_{10}	75.75	91.40	-17.12
O_3	50.60	65.39	-22.61
SO_2	4.23	5.49	-22.91

Κεφάλαιο 3: Συζήτηση

Προκειμένου να επαληθευτεί πως η βελτίωση της ποιότητας του αέρα που παρατηρήθηκε την άνοιξη του 2020 στην Αθήνα σε σχέση με την συγκεκριμένη περίοδο τα παλαιότερα χρόνια, οφείλεται εξολοκλήρου στην απαγόρευση της κυκλοφορίας και στην διακοπή των περισσότερων οικονομικών δραστηριοτήτων απαιτείται περαιτέρω έρευνα η οποία θα συμπεριλαμβάνει και την ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων για εκείνες τις περιόδους από ομάδα ειδικών. Με βάση την ετήσια έκθεση του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας για την ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα το 2020, τα επίπεδα της θερμοκρασίας την άνοιξη του 2020 αλλά και η ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές με βάση τα προηγούμενα χρόνια (ΥΠΕΝ, 2021).

Ωστόσο, ενθαρρύνεται επιπλέον μελέτη στο συγκεκριμένο θέμα. Για παράδειγμα οι ερευνητές που μελέτησαν την επίδραση του lockdown στη Wuhan στην Κίνα έκαναν λεπτομερή καταγραφή δεδομένων ανέμου, υγρασίας και θερμοκρασίας προκειμένου να καταλήξουν με μεγαλύτερη ασφάλεια στο συμπέρασμα πως τα μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας ευθύνονται για την σημαντική βελτίωση της ποιότητας του αέρα που παρατηρήθηκε και όχι άλλοι κλιματικοί παράγοντες.

Η μελέτη περίπτωσης για τις πόλεις τις Ινδίας, οδηγεί σε παρόμοια συμπεράσματα. Φαίνεται πως το lockdown είχε καθοριστικό ρόλο στην βελτίωση της ατμόσφαιρας των πέντε μεγάλων πόλεων την Ινδίας, ενώ η σημαντικότερη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, παρατηρήθηκε στις πόλεις Delhi και Kolkata όπου είναι δύο πόλεις οι οποίες αντιμετωπίζουν από τα μεγαλύτερα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον κόσμο.

Η μελέτη περίπτωσης για την επίδραση του lockdown στην ατμόσφαιρα των ΗΠΑ, ήταν πιο εκτενής και ο όγκος δεδομένων που μελετήθηκε πολύ μεγάλος. Καθώς μελετήθηκε η ατμοσφαιρική ρύπανση την περίοδο της πανδημίας σε πολιτείες με διαφορετικά τοπογραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά, και παρατηρήθηκε μείωση των συγκεντρώσεων των ρύπων, συμπεραίνεται πως ο περιορισμός της κυκλοφορίας συνέβαλε σε μεγάλο βαθμό στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

Αναφορικά με την επίδραση του lockdown στην ατμόσφαιρα του Ontario στον Καναδά, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την συσχέτιση της μεταβολής των συγκεντρώσεων των ρύπων με την απαγόρευση της κυκλοφορίας. Ωστόσο, υποστηρίζεται πως η σημαντική μείωση

του διοξειδίου του αζώτου, οφείλεται στο lockdown, καθώς την μερίδα του λέοντος των εκπομπών του συγκεκριμένου ρύπου τον έχει ο τομέας των μεταφορών.

Οι μελέτες περιπτώσεων για την Βραζιλία (Rio de Janeiro & Sao Paolo) συνδέουν την βελτίωση της ποιότητας του αέρα των πόλεων με τα μέτρα απαγόρευσης της κυκλοφορίας που πάρθηκαν για την αντιμετώπιση της πανδημίας. Υποστηρίζεται πως η ατμόσφαιρα επιβαρύνεται σε μεγάλο βαθμό από τον συνωστισμό οχημάτων στους δρόμους, επομένως η κατακόρυφη μείωση της αυτοκίνησης λόγω του lockdown είχε ως αποτέλεσμα την βελτίωση της ατμόσφαιρας.

Η μελέτη για τις 12 μεγαλύτερες πόλεις του Εκουαδόρ έδειξε σχετική βελτίωση της ποιότητας του αέρα κατά την περίοδο της πανδημίας. Ωστόσο, στις δύο μεγαλύτερες και πιο βιομηχανοποιημένες πόλεις της χώρας, παρατηρήθηκε σημαντικότερη η μείωση της συγκέντρωσης του NO_2 στην ατμόσφαιρα.

Για τις πόλεις του Ηνωμένου Βασιλείου, οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στην ατμοσφαιρική ρύπανση κατά την περίοδο της πανδημίας, οφείλονται στην επιβολή lockdown. Στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης έχει χρησιμοποιηθεί και μία προσομοιωτική μέθοδος υπολογισμού των ρύπων όπου έδειξε, ποια θα ήταν τα επίπεδα τις ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε περίπτωση που δεν είχε γίνει lockdown. Έτσι ενισχύεται η υποστήριξη της θεωρίας πως κύρια επίδραση στην ποιότητα της ατμόσφαιρας είχαν τα μέτρα περιορισμού κυκλοφορίας που εφαρμόσθηκαν.

Μέσα από τις έρευνες για την επίδραση της πανδημίας στην Βαρκελώνη και στην Μαδρίτη, υπογραμμίζεται πως η κατάσταση που δημιούργησε η πανδημία του COVID-19 επιβεβαιώνει αυτό που η επιστημονική κοινότητα υποστηρίζει εδώ και χρόνια, ότι η μείωση των εκπομπών από την κυκλοφορία στις πόλεις έχει σαφείς επιδράσεις στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, προσφέροντας σημαντική βελτίωση στη δημόσια υγεία.

Ενώ τέλος, στην μελετη μεταβολής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Μιλάνο, υποστηρίζεται πως η σημαντική μείωση της κυκλοφορίας των οχημάτων ήταν ο βασικός λόγος που παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες μεταβολές στην ποιότητα του αέρα της πόλης κατά την περίοδο της πανδημίας.

Για την περίπτωση της Αθήνας, αυτό που παρατηρείται αρχικά, είναι πως για τα έτη 2017, 2018, 2019 η ποιότητα του αέρα κατά την περίοδο της άνοιξης δεν είναι "Καλή" για καμία μέρα. Αντίθετα, την άνοιξη του 2020 ήταν "Καλή" για 13 ημέρες. Το ποσοστό των ημερών που η ποιότητα του αέρα είναι "Καλή" ή "Σχεδόν Καλή" ανέρχεται σε 70,65% το έτος 2020, ποσοστό αρκετά υψηλότερο από το 56,16% οπού είναι ο μέσος όρος των τριών προηγούμενων ετών όπου όμως "Καλή" δεν ήταν καμία μέρα. "Μέτρια" ήταν 18 μέρες συνολικά την άνοιξη του 2020, πολύ κοντά στον μέσο όρο των προηγούμενων 3 ετών όπου είναι 19 ημέρες. Το ποσοστό των ημερών της άνοιξης του 2020 όπου η ποιότητα του αέρα ήταν "Κακή" είναι 9,78% ενώ "Πολύ κακή" και "Εξαιρετικά Κακή" ποιότητα του αέρα δεν καταγράφηκε καμία μέρα. Ο μέσος όρος του αντίστοιχου ποσοστού τα προηγούμενα έτη είναι 21,38% με μέγιστο να παρουσιάζεται το 2018 και είναι 27,17%. Μία ημέρα το 2017 η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίστηκε ως "Πολύ Κακή" το 2017 και 2018, ενώ το 2018 μία ημέρα χαρακτηρίστηκε με "Εξαιρετικά Κακή" ποιότητα. Έτσι κατά κύριο λόγο, η ποιότητα του αέρα κατά την άνοιξη του 2020 χαρακτηρίζεται "Καλή" και "Σχεδόν Καλή", ενώ το 1/5 της άνοιξης εκείνου του έτους είχε "Μέτρια" ποιότητα και το 1/10 "Κακή". Τον Μάρτιο του 2020 ήταν ο μήνας με την καλύτερη ποιότητα αέρα με το 22.58% των ημερών να έχει “Καλή” ποιότητα του αέρα. Κατά την άνοιξη

του 2020 είναι η μοναδική χρονιά όπου το ποσοστό των ημερών που η ποιότητα αέρα είναι "Καλή", "Σχεδόν Καλή" και "Μέτρια" είναι κάθε μήνα πάνω από 80%, ενώ τον Απρίλιο του 2020 το συγκεκριμένο ποσοστό ήταν 100% καθώς "Κακή", "Πολύ Κακή" και "Εξαιρετικά Κακή" δεν ήταν καμία μέρα. Ο μέσος όρος του ποσοστού των τριών τελευταίων χαρακτηρισμών ποιότητας του αέρα για τον Απρίλιο του 2017, 2018 και 2019 ήταν 24,33%.

Αυτό που φαίνεται και στα τέσσερα έτη αναφορικά με τους κύριους ρυπαντές είναι πως δεν υπάρχει κάποια σημαντική αλλαγή. Συνολικά το 2020 οι μέρες που ο κάθε ρύπος είναι κύριος ρυπαντής ακολουθούν παρόμοιο μοτίβο με τον μέσο όρο. Το 2020 όπως και το 2017 και το 2019, τις περισσότερες μέρες τα μικροσωματίδια $PM_{2.5}$ ήταν ο κύριος ρυπαντής με το όζον και τα μικροσωματίδια PM_{10} να ακολουθούν. Και τις τρεις χρονιές τα οξείδια του αζώτου ήταν μέχρι 6 μέρες κύριος ρυπαντής της ατμόσφαιρας ενώ το 2019 καμία ημέρα. Το 2019 τα μικροσωματίδια PM_{10} ήταν ο κύριος ρυπαντής τις περισσότερες μέρες με το όζον και τα μικροσωματίδια $PM_{2.5}$ να ακολουθούν. Και τις τέσσερις χρονιές το διοξείδιο του θείου δεν ήταν καμία μέρα κύριος ρυπαντής.

Ο μέσος όρος της τιμής κάθε ρύπου κατά το 2020, μειώθηκε συγκριτικά με τον μέσο όρο των συγκεντρώσεων των ρύπων για τα προηγούμενα χρόνια. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται στο διοξείδιο του αζώτου (23.52%), ενώ η μείωση των τιμών των συγκεντρώσεων για τα μικροσωματίδια $PM_{2.5}$ και PM_{10} ήταν χαμηλότερη (15.67% και 17.12% αντίστοιχα).

Αναφορικά με όλες τις μελέτες περιπτώσεων που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, το διοξείδιο του αζώτου ήταν αυτό που παρουσίασε την μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωσή του κατά την διάρκεια μέτρων τύπου lockdown. Εν αντιθέσει, όπου υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για το όζον, η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα φάνηκε να αυξάνεται.

Καθώς στην Αθήνα αλλά και στις υπόλοιπες πόλεις που μελετήθηκαν παρουσιάστηκε βελτίωση της ποιότητας του αέρα κατά τη διάρκεια κυκλοφοριακών ρυθμίσεων προκειμένου να περιοριστεί η πανδημία της Covid-19, δεν είναι αβάσιμη η υπόθεση πως η βελτίωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πόλεων είναι κάτι που με ορισμένες ρυθμίσεις μπορεί να επιτευχθεί.

Κεφάλαιο 4: Συμπέρασμα

Στην συγκεκριμένη εργασία έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που μελετούσαν την επίδραση των περιοριστικών μέτρων κατά την περίοδο της πανδημίας, στην ρύπανση πόλεων ανά τον κόσμο. Επιπλέον, έγινε μία ανάλυση των συγκεντρώσεων των ρύπων για την Αθήνα βασισμένη στα πρότυπα των ερευνών. Ωστόσο είναι αναγκαίο να γίνουν πιο ολοκληρωμένες μελέτες του φαινομένου όπου να ληφθούν υπόψη και μετρήσεις από όλους τους σταθμούς ελέγχου περιβάλλοντος και τα όποια αποτελέσματα να συνυπολογισθούν μαζί με τυχόν μεταβολές στην θερμοκρασία, τον άνεμο και την υγρασία. Επίσης ενθαρρύνεται επιπλέον η υλοποίηση έρευνας με μεγαλύτερο κοινωνικό πρόσημο στο πώς παρόλο που υπήρχε η πανδημία, εάν η βελτίωση της ατμόσφαιρας είχε κοινωνικό αντίκτυπο στους ανθρώπους.

Κατά την διάρκεια που οι αρχές έλαβαν μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας προκειμένου να μειωθεί η εξάπλωση του κορωνοϊού, παρατηρήθηκε βελτίωση της ατμόσφαιρας. Σε όλες τις μελέτες περιπτώσεων, η συγκέντρωση του διοξειδίου του αζώτου παρουσίασε την μεγαλύτερη μείωση. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, καθώς παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης του ρύπου σε Κίνα, Ινδία, Αμερική και Ιταλία, όπου σε αυτές τις χώρες κατά την δεκαπενταετία 2005-2020, η συγκέντρωση του ρύπου ήταν σε πολύ υψηλά επίπεδα (Mandal, Patel, 2021).

Αυτή η εργασία σε καμία περίπτωση δεν υπαινίσσεται πως πρέπει κάθε πόλη να κάνει στην άκρη τις οικονομικές της δραστηριότητες και σε καμία περίπτωση δεν στοχεύει στην εξιδανίκευση των περιοριστικών μέτρων που επιβλήθηκαν. Οι έρευνες όμως δείχνουν πως η ποιότητα ζωής των πολιτών και το προσδόκιμο ζωής τους συνδέεται άμεσα με την ποιότητα του αέρα της περιοχής στην οποία διαμένουν (European Commission, 2021). Επομένως, είναι χρέος των πολιτικών αρχών να λαμβάνουν μέτρα για την βελτίωση της ποιότητας του αέρα και την μείωση της αστικής ρύπανσης. Συγκεκριμένα για την Αθήνα, προτείνεται η λήψη μέτρων που ελέγχουν, ή και μειώνουν την αυτοκίνηση. Τέτοια έργα αποτελούν ενδεικτικά, οι επενδύσεις σε έξυπνες εγκαταστάσεις parking (smart parking), ο περιορισμός κυκλοφορίας ιδιωτικών οχημάτων στο κέντρο της Αθήνας, η δημιουργία ποδηλατοδρόμων, η βελτίωση των ΜΜΜ και κίνητρα στους κατοίκους που τα χρησιμοποιούν, κ.α. Ακόμα, η ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τις επιπτώσεις της αστικής ρύπανσης είναι κρίσιμη, καθώς η συνεισφορά του κάθε ατόμου στη μείωση των ρύπων μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Τέλος ενθαρρύνονται περαιτέρω έρευνες για το ποια μέτρα και τι πολιτικές αναλυτικά, θα είχαν τα πιο αποτελεσματικά αποτελέσματα στην μείωση της αστικής ρύπανσης.

Βιβλιογραφία

Διεθνής Βιβλιογραφία

Mandal, J., & Patel, P.P. (2021). Gauging the effects of the COVID-19 pandemic lockdowns on atmospheric pollution content in select countries. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 23, 100551. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100551

Wang, S. (2018). Spatial variations of PM2.5 in Chinese cities for the joint impacts of human activities and natural conditions: a global and local regression perspective. Environmental Pollution, 245, 926-935. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.11.043

Zhang, H. (2016). *Air pollution and control action in Beijing.* Journal Of Cleaner Production, Preventing Smog Crises: ISSN, 0959-6526. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.092

Jiaxin, C. (2021). Air quality characteristics in Wuhan (China) during the 2020 COVID-19 pandemic. Environmental Pollution, 278, 116888. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116888

Kong, S. (2015). Variation of polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric PM2.5 during winter haze period around 2014 Chinese Spring Festival at Nanjing: Insights of source changes, air mass direction, and firework particle injection. Atmospheric Environment, 100, 34-42. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.11.058

Yang, X.-y. (2020). Characteristics and formation mechanism of a severe O3 episode in Chengdu and surrounding areas. Science of the Total Environment, 741, 140432. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140432

Sun, Y. (2015). Study on emission inventory and uncertainty assessment of multi-pollutants from coal-fired power plants. Energy Procedia, 75, 2768-2773. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.553

Lu, Y. (2020). Air pollutant emissions from fossil fuel consumption in China: Current status and future predictions. Journal of Environmental Management, 270, 110901. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110901

Ramesh P. Singh, A. C., 2020. *Impact of lockdown on air quality in India,* s.l.: Springer. Air Qual Atmos Health. 2020;13(8):921-928. doi: 10.1007/s11869-020-00863-1

Sharma, S., Zhang, M., Anshika, Gao, J., Zhang, H., & Kota, S.H. (2020). Effect of restricted emissions during COVID-19 on air quality in India. Science of the Total Environment, 728, 138878. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138878

NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system May 2016 Bulletin of the American Meteorological Society 96(12):150504130527006. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1

Berman Jesse, E. K., 2020. *Changes in U.S. air pollution during COVID-19 pandemic,* s.l.: s.n. Sci Total Environ. 2020 Oct 15:739:139864. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139864

Adams, M. D. (2020). Air pollution in Ontario, Canada during the COVID-19 State of Emergency. Science of the Total Environment, 739, 139864. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139864

Dabek-Zlotorzynska, E., Celo, V., Ding, L., Herod, D., Jeong, C., Evans, G., & Hilker, N. (2019). Characteristics and sources of PM2.5 and reactive gases near roadways in two metropolitan areas in Canada. Atmospheric Environment, 217, 116957. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116957

Dantas G, Siciliano B, França BB, da Silva CM, Arbilla G. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. Sci Total Environ. 2020 Aug 10;729:139085. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139085. Epub 2020 Apr 28. PMID: 32361428; PMCID: PMC7194802.

Krecl P, Targino AC, Oukawa GY, Cassino Junior RP. Drop in urban air pollution from COVID-19 pandemic: Policy implications for the megacity of São Paulo. Environ Pollut. 2020 Oct;265(Pt B):114883. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114883. Epub 2020 May 29. PMID: 32504979; PMCID: PMC7259904.

Pacheco H, Díaz-López S, Jarre E, Pacheco H, Méndez W, Zamora-Ledezma E. NO2 levels after the COVID-19 lockdown in Ecuador: A trade-off between environment and human health. Urban Clim. 2020 Dec;34:100674. doi: 10.1016/j.uclim.2020.100674. Epub 2020 Jul 30. PMID: 32834965; PMCID: PMC7392595.

Andino-Enriquez, M.A., Hidalgo-Bonilla, S.P., Ladino, L.A., 2018. Comparison of tropospheric ozone and nitrogen dioxide concentration levels in Ecuador and other latitudes. DOI. 10.21931/RB/2018.03.02.5

Chudnovsky AA. Letter to editor regarding Ogen Y 2020 paper: "Assessing nitrogen dioxide (NO2) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality". Sci Total Environ.

2020 Oct 20;740:139236. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139236. Epub 2020 May 6. PMID: 32402462; PMCID: PMC7201242.

Jephcote C, Hansell AL, Adams K, Gulliver J. Changes in air quality during COVID-19 'lockdown' in the United Kingdom. Environ Pollut. 2021 Mar 1;272:116011. doi: 10.1016/j.envpol.2020.116011. Epub 2020 Nov 20. PMID: 33386205; PMCID: PMC7677678.

Baldasano JM. COVID-19 lockdown effects on air quality by NO2 in the cities of Barcelona and Madrid (Spain). Sci Total Environ. 2020 Nov 1;741:140353. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140353. Epub 2020 Jun 20. PMID: 32593894.

Tobías A, Carnerero C, Reche C, Massagué J, Via M, Minguillón MC, Alastuey A, Querol X. Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. Sci Total Environ. 2020 Jul 15;726:138540. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138540. Epub 2020 Apr 11. PMID: 32302810; PMCID: PMC7151283.

Izquierdo R, García Dos Santos S, Borge R, Paz D, Sarigiannis D, Gotti A, Boldo E. Health impact assessment by the implementation of Madrid City air-quality plan in 2020. Environ Res. 2020 Apr;183:109021. doi: 10.1016/j.envres.2019.109021. Epub 2019 Dec 13. PMID: 32044574.

Collivignarelli MC, Abbà A, Bertanza G, Pedrazzani R, Ricciardi P, Carnevale Miino M. Lockdown for CoViD-2019 in Milan: What are the effects on air quality? Sci Total Environ. 2020 Aug 25;732:139280. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139280. Epub 2020 May 8. PMID: 32402928; PMCID: PMC7205654.

Conticini E, Frediani B, Caro D. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? Environ Pollut. 2020 Jun;261:114465. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114465. Epub 2020 Apr 4. PMID: 32268945; PMCID: PMC7128509.

EEA. (2020). Air Quality in Europe 2020. European Environment Agency.

Ott WR, Hunt WF Jr. A quantitative evaluation of the pollutant standards index. J Air Pollut Control Assoc. 1976 Nov;26(11):1050-4. doi: 10.1080/00022470.1976.10470358. PMID: 977857.

Ηλεκτρονικές Πηγές

Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (2023). Coronavirus disease (COVID-19) pandemic: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019

EEA. (2023). Ανάκτηση 01 17, 2023, από https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/

State Council of the People's Republic of China. (2018). Three-year action plan to win the blue-sky Defense war. http://english.www.gov.cn/policies/latest_releases/2018/07/03/content_281476207708632.htm

Ministry of Ecology and Environment of China. (2019). *China air quality improvement report (2013-2018). Retrieved from: http://english.mee.gov.cn/Resources/Reports/soe/*

BBC. (2021). Wuhan lockdown: A year of China's fight against the Covid pandemic. Retrieved from: https://www.bbc.com/news/world-asia-china-55628488

Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), 2020, https://www.ibge.gov.br/en/

Juliana Krapp, A. B., 2020. Monitora Covid-19 alerta para aumento de circulação nas ruas. https://agencia.fiocruz.br/monitoracovid-19-alerta-para-aumento-de-circulacao-nas-ruas

Air Quality Expert Group (AQEG), 2020. Estimation of Changes in Air Pollution Emissions, Concentrations, and Exposure during the COVID-19 Outbreak in the UK. Department for Environment Food & Rural Affairs, London, UK http://uk-air.defra.gov.uk

Khoo, A., 2020. Coronavirus Lockdown Sees Air Pollution Plummet across UK: https://www.bbc.com/news/uk-england-52202974

European Commission, 2021. Zero Pollution Action Plan: https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en

European Commission, 2021. Ποιότητα του αέρα: Η Επιτροπή αποφασίζει να παραπέμψει την ΕΛΛΑΔΑ στο Δικαστήριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης λόγω της κακής ποιότητας του αέρα: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/EL/ip_21_3402

Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος, 2021: Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμόσφαιρας, 2020: https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2022/07/%CE%95%CE%9A%CE%98%CE%95%CE%A3%CE%97-2021.pdf

Μαυραγάνης. (2018). Τι συμβαίνει με την ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα: https://www.huffingtonpost.gr/entry/ti-semvainei-me-ten-atmosfairike-repanse-sten-ellada-e-krise-to-skoteino-sennefo-toe-liynite-kai-e-mache-yia-ten-prostasia-ton-archaion-mnemeion_gr_5a670c14e4b002283006274d

Παράρτημα

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ημερήσιες τιμές ποιότητας του αέρα για τον Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο τα έτη 2017, 2018, 2019, 2020

Πίνακας 30 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάρτιος 2017

ΜΑΡΤΙΟΣ 2017								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5	PM_{10}	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/3/2017	68,292	224,517	156,792	12	6,5	224,517	ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ	PM2.5
2/3/2017	60,625	43,750	43,958	41	12,5	60,625	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
3/3/2017	80,458	136,219	101,330	13	11,5	136,219	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
4/3/2017	78,042	155,764	112,343	46	6,5	155,764	ΚΑΚΗ	PM2.5
5/3/2017	64,833	170,566	152,458	34	10	170,566	ΚΑΚΗ	PM2.5
6/3/2017	67,667	139,792	93,800	25	11,5	139,792	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
7/3/2017	64,125	73,396	71,524	46	6	73,396	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
8/3/2017	53,750	41,458	51,042	85	3,5	85,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
9/3/2017	67,917	44,583	43,229	71	3	71,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
10/3/2017	67,542	58,960	52,083	56	3	67,542	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
11/3/2017	50,573	62,260	43,750	44	2,5	62,260	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
12/3/2017	43,854	92,576	61,316	60	3	92,576	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
13/3/2017	68,958	151,476	95,594	33	5	151,476	ΚΑΚΗ	PM2.5
14/3/2017	65,917	95,669	61,423	30	3,5	95,669	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
15/3/2017	67,792	126,521	80,980	48	3	126,521	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
16/3/2017	74,208	174,394	146,288	41	4,5	174,394	ΚΑΚΗ	PM2.5
17/3/2017	73,833	163,760	125,046	55	17	163,760	ΚΑΚΗ	PM2.5
18/3/2017	61,625	86,801	70,772	32	4,5	86,801	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
19/3/2017	69,375	90,720	78,509	76	5	90,720	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
20/3/2017	85,875	161,974	154,667	22	9,5	161,974	ΚΑΚΗ	PM2.5
21/3/2017	86,208	167,929	199,701	69	18	199,701	ΚΑΚΗ	PM_{10}
22/3/2017	71,208	100,206	86,568	73	5	100,206	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
23/3/2017	85,000	69,684	69,053	73	4	85,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
24/3/2017	90,048	71,936	78,186	79	10,5	90,048	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
25/3/2017	84,292	155,764	119,272	49	12,5	155,764	ΚΑΚΗ	PM2.5
26/3/2017	68,542	122,438	98,711	32	6	122,438	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
27/3/2017	43,043	72,670	64,007	60	8,5	72,670	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
28/3/2017	52,250	66,797	49,583	73	4	73,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
29/3/2017	69,417	76,284	61,208	68	5,5	76,284	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
30/3/2017	76,542	85,152	67,226	60	4,5	85,152	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
31/3/2017	46,719	67,210	65,184	92	3	92,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3

Πίνακας 31 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Απρίλιος 2017

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2017								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5	PM_{10}	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/4/2017	56,333	64,116	54,009	78	3	78,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
2/4/2017	73,417	76,490	62,928	37	8	76,490	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
3/4/2017	79,750	80,821	79,368	42	4,5	80,821	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5

4/4/2017	69,333	102,120	96,669	32	5,5	102,120	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
5/4/2017	75,667	85,976	84,526	54	9	85,976	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
6/4/2017	65,417	126,521	96,454	30	10	126,521	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
7/4/2017	65,167	72,572	62,283	54	5,5	72,572	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
8/4/2017	45,156	60,816	44,583	47	4	60,816	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
9/4/2017	62,167	63,704	51,875	75	7,5	75,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
10/4/2017	67,583	65,560	51,354	75	3,5	75,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
11/4/2017	60,833	67,622	51,215	82	5	82,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
12/4/2017	79,417	88,451	74,855	66	7,5	88,451	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
13/4/2017	84,458	103,042	91,296	86	5	103,042	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
14/4/2017	77,333	150,319	102,361	32	10	150,319	ΚΑΚΗ	PM2.5
15/4/2017	64,708	151,391	95,272	39	11,5	151,391	ΚΑΚΗ	PM2.5
16/4/2017	42,396	124,479	83,667	61	5	124,479	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
17/4/2017	42,760	60,816	53,257	54	4,5	60,816	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
18/4/2017	56,750	58,548	51,875	69	6	69,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
19/4/2017	46,823	69,272	73,996	69	3	73,996	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
20/4/2017	48,542	53,598	76,789	64	5,5	76,789	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
21/4/2017	52,625	45,417	44,479	79	5	79,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
22/4/2017	48,125	57,311	47,083	71	2,5	71,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
23/4/2017	54,125	80,408	73,673	67	17	80,408	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
24/4/2017	74,250	81,646	76,682	87	11	87,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
25/4/2017	73,333	102,062	86,568	22	5	102,062	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
26/4/2017	73,917	79,377	74,533	24	9	79,377	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
27/4/2017	89,375	128,052	103,805	16	14,5	128,052	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
28/4/2017	91,708	118,865	107,104	13	19,5	118,865	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
29/4/2017	85,958	104,331	121,540	13	14	121,540	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
30/4/2017	66,083	87,420	101,380	86	8,5	101,380	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}

Πίνακας 32 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάϊος 2017

ΜΑΪΟΣ 2017								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5	PM_{10}	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/5/2017	43,073	74,015	83,989	139,31	4	139,312	ΜΕΤΡΙΑ	O3
2/5/2017	84,292	66,591	80,443	88	7,5	88,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
3/5/2017	80,000	93,813	108,136	33	18,5	108,136	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
4/5/2017	78,958	150,319	152,000	18	11,5	152,000	ΚΑΚΗ	PM_{10}
5/5/2017	71,667	71,953	92,586	19	10	92,586	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
6/5/2017	62,333	58,754	77,004	98	5,5	98,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
7/5/2017	52,375	64,735	76,360	31	6	76,360	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
8/5/2017	63,833	65,354	76,897	25	7	76,897	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
9/5/2017	60,167	63,085	74,748	31	15,5	74,748	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
10/5/2017	56,375	44,792	47,917	37	6	56,375	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
11/5/2017	60,792	67,416	63,143	19	6	67,416	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
12/5/2017	73,792	86,595	78,401	17	5	86,595	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5

13/5/2017	99,250	160,273	167,583	4	11	167,583	ΚΑΚΗ	PM_{10}
14/5/2017	72,167	151,391	169,833	25	6	169,833	ΚΑΚΗ	PM_{10}
15/5/2017	70,958	65,147	76,037	77	8	77,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
16/5/2017	46,823	50,711	52,719	76	2,5	76,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
17/5/2017	50,833	45,000	42,292	59	2,5	59,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
18/5/2017	52,708	60,198	47,396	53	2,5	60,198	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
19/5/2017	52,958	35,415	45,417	78	3,5	78,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
20/5/2017	66,875	53,178	54,009	75	10,5	75,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
21/5/2017	50,958	74,411	74,640	62	5,5	74,640	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
22/5/2017	56,875	50,901	43,750	76	3,5	76,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
23/5/2017	70,625	76,490	64,969	78	5	78,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
24/5/2017	78,417	96,486	81,947	52	7,5	96,486	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
25/5/2017	67,417	150,796	92,800	19	8,5	150,796	ΚΑΚΗ	PM2.5
26/5/2017	59,250	65,354	51,645	46	4	65,354	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
27/5/2017	56,042	46,250	41,354	71	3	71,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
28/5/2017	51,625	49,583	39,896	44	2,5	51,625	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
29/5/2017	48,750	66,797	55,191	59	4,5	66,797	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
30/5/2017	67,542	82,058	73,888	102,68	2	102,690	ΜΕΤΡΙΑ	O3
31/5/2017	69,333	81,233	69,375	68	6,5	81,233	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5

Πίνακας 33 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάρτιος 2018

ΜΑΡΤΙΟΣ 2018								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5	PM_{10}	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/3/2018	61,250	84,739	63,895	86,000	4	86,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
2/3/2018	55,208	69,478	67,871	90,000	1,5	90,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
3/3/2018	65,833	150,490	166,250	71,000	12,5	166,250	ΚΑΚΗ	PM_{10}
4/3/2018	68,500	145,917	164,625	70,000	9,5	164,625	ΚΑΚΗ	PM_{10}
5/3/2018	71,917	176,095	243,008	46,000	3,5	243,008	ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ	PM_{10}
6/3/2018	50,333	77,727	112,054	75,000	5	112,054	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
7/3/2018	54,542	104,125	179,167	82,000	11,5	179,167	ΚΑΚΗ	PM_{10}
8/3/2018	45,000	36,875	67,226	85,000	4,5	85,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
9/3/2018	72,750	57,723	53,364	77,000	8,5	77,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
10/3/2018	67,375	102,887	80,873	87,000	8,5	102,887	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
11/3/2018	66,083	146,427	91,511	85,000	7	146,427	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
12/3/2018	56,250	104,331	84,956	72,000	7,5	104,331	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
13/3/2018	37,708	39,583	51,322	79,000	2	79,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
14/3/2018	42,344	40,625	51,042	80,000	1,5	80,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
15/3/2018	53,281	40,417	40,104	80,000	2	80,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
16/3/2018	78,958	66,385	71,202	68,000	8	78,958	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
17/3/2018	63,833	93,401	98,388	75,000	2	98,388	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
18/3/2018	73,594	83,518	160,792	79,000	5	160,792	ΚΑΚΗ	PM_{10}
19/3/2018	77,188	54,613	86,481	75,000	4,5	86,481	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
20/3/2018	51,792	44,583	48,542	87,000	6,5	87,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3

21/3/2018	69,417	83,295	83,344	79,000	2	83,344	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
22/3/2018	59,167	88,864	162,417	81,000	2	162,417	ΚΑΚΗ	PM_{10}
23/3/2018	45,938	53,805	69,053	90,000	2,5	90,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
24/3/2018	40,677	43,750	38,021	89,000	2,5	89,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
25/3/2018	38,958	84,945	153,875	88,000	3	153,875	ΚΑΚΗ	PM_{10}
26/3/2018	51,478	233,641	323,550	89,000	2	323,550	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΚΑΚΗ	PM_{10}
27/3/2018	55,875	92,576	161,083	86,000	3	161,083	ΚΑΚΗ	PM_{10}
28/3/2018	67,333	68,653	63,572	57,000	5,5	68,653	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
29/3/2018	45,833	69,272	52,719	94,000	2	94,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
30/3/2018	65,958	100,825	82,270	124,655	6	124,655	ΜΕΤΡΙΑ	O3
31/3/2018	66,208	152,276	105,661	75,000	2,5	152,276	ΚΑΚΗ	PM2.5

Πίνακας 34 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Απρίλιος 2018

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2018								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5	PM_{10}	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/4/2018	27,031	57,517	76,467	37	2,5	76,467	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
2/4/2018	51,292	44,583	53,149	24	4,5	53,149	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
3/4/2018	80,250	83,502	77,327	43	7,5	83,502	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
4/4/2018	84,000	91,751	81,732	10	20	91,751	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
5/4/2018	91,583	100,825	96,991	9	16,5	100,825	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
6/4/2018	65,250	95,875	73,136	64	11	95,875	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
7/4/2018	47,813	64,735	55,406	51	2,5	64,735	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
8/4/2018	36,406	50,200	52,934	62	1,5	62,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
9/4/2018	43,229	60,602	48,750	79	4	79,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
10/4/2018	72,667	100,486	96,024	9	7	100,486	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
11/4/2018	84,417	150,502	144,019	9	10	150,502	ΚΑΚΗ	PM2.5
12/4/2018	88,958	152,701	145,875	4	5,5	152,701	ΚΑΚΗ	PM2.5
13/4/2018	78,958	157,039	160,250	6	9	160,250	ΚΑΚΗ	PM_{10}
14/4/2018	83,292	169,630	165,917	25	13	169,630	ΚΑΚΗ	PM2.5
15/4/2018	53,917	114,271	125,871	55	18,5	125,871	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
16/4/2018	71,958	118,354	145,875	54	5	145,875	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
17/4/2018	62,083	166,908	198,917	12	9,5	198,917	ΚΑΚΗ	PM_{10}
18/4/2018	68,333	167,418	184,958	42	5	184,958	ΚΑΚΗ	PM_{10}
19/4/2018	62,667	77,109	94,090	32	3	94,090	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
20/4/2018	76,250	84,327	95,594	48	11	95,594	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
21/4/2018	38,958	53,392	52,934	50	1	53,392	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
22/4/2018	68,333	84,120	78,939	27	17,5	84,120	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
23/4/2018	83,000	130,604	113,291	8	9	130,604	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
24/4/2018	92,625	153,977	140,926	5	18,5	153,977	ΚΑΚΗ	PM2.5
25/4/2018	106,562	151,425	153,375	4	11	153,375	ΚΑΚΗ	PM_{10}
26/4/2018	98,083	152,106	147,319	7	10	152,106	ΚΑΚΗ	PM2.5
27/4/2018	103,816	154,913	138,657	5	15,5	154,913	ΚΑΚΗ	PM2.5
28/4/2018	69,583	88,864	93,123	63	4	93,123	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
29/4/2018	57,500	77,521	86,890	47	10,5	86,890	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
30/4/2018	72,625	94,226	122,984	36	5,5	122,984	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}

Πίνακας 35 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάϊος 2018

ΜΑΪΟΣ 2018								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5	PM_{10}	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/5/2018	63,417	112,740	151,792	131,413	8	151,792	ΚΑΚΗ	PM_{10}
2/5/2018	82,083	114,781	134,120	117,896	6	134,120	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
3/5/2018	85,875	136,729	156,042	128,034	5	156,042	ΚΑΚΗ	PM_{10}
4/5/2018	87,083	150,000	165,458	129,724	6,5	165,458	ΚΑΚΗ	PM_{10}
5/5/2018	62,542	101,000	150,667	104,379	8,5	150,667	ΚΑΚΗ	PM_{10}
6/5/2018	55,875	67,828	71,954	92	4	92,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
7/5/2018	62,208	69,272	68,086	67	2	69,272	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
8/5/2018	84,667	151,476	150,542	106,069	2,5	151,476	ΚΑΚΗ	PM_{10}
9/5/2018	58,625	102,681	97,206	95	3	102,681	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
10/5/2018	55,125	83,914	75,178	109,448	4,5	109,448	ΜΕΤΡΙΑ	O3
11/5/2018	60,500	68,035	56,373	76	2,5	76,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
12/5/2018	50,708	62,879	60,241	87	2	87,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
13/5/2018	53,875	76,902	77,971	151	4	151,000	ΚΑΚΗ	O3
14/5/2018	55,333	77,727	76,252	99	4,5	99,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
15/5/2018	64,333	94,432	82,162	94	7,5	94,432	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
16/5/2018	75,792	99,381	104,217	54	5	104,217	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
17/5/2018	80,833	104,743	104,630	80	7,5	104,743	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
18/5/2018	80,833	86,389	98,711	68	6,5	98,711	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
19/5/2018	65,792	96,082	109,992	112,827	3,5	112,828	ΜΕΤΡΙΑ	O3
20/5/2018	52,083	76,902	80,228	141,551	3,5	141,552	ΜΕΤΡΙΑ	O3
21/5/2018	50,250	64,322	64,110	82	2,5	82,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
22/5/2018	53,292	58,548	62,605	153,697	2,5	153,697	ΚΑΚΗ	O3
23/5/2018	59,500	68,859	73,351	109,448	2,5	109,448	ΜΕΤΡΙΑ	O3
24/5/2018	69,542	104,743	108,548	80	5	108,548	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}

25/5/2018	60,250	92,163	89,577	65	2,5	92,163	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
26/5/2018	30,885	62,879	61,316	92	2,5	92,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
27/5/2018	24,479	68,035	68,300	80	2	80,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
28/5/2018	34,479	61,023	77,971	77	2	77,971	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
29/5/2018	45,208	52,155	79,691	81	2,5	81,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
30/5/2018	40,729	55,455	68,515	89	2	89,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
31/5/2018	52,875	54,836	66,366	86	2,5	86,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3

Πίνακας 36 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάρτιος 2019

ΜΑΡΤΙΟΣ 2019								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5	PM_{10}	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/3/2019	76,667	158,401	147,319	72	2	158,401	ΚΑΚΗ	PM2.5
2/3/2019	67,042	108,146	111,848	75	1,5	111,848	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
3/3/2019	48,490	96,907	73,351	51	1	96,907	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
4/3/2019	61,542	109,677	88,932	72	3,5	109,677	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
5/3/2019	69,750	165,036	152,417	78	4	165,036	ΚΑΚΗ	PM2.5
6/3/2019	71,583	115,292	108,342	81	3,5	115,292	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
7/3/2019	68,875	161,038	154,500	68	4	161,038	ΚΑΚΗ	PM2.5
8/3/2019	71,333	177,882	166,042	70	4	177,882	ΚΑΚΗ	PM2.5
9/3/2019	69,875	121,927	104,836	64	2,5	121,927	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
10/3/2019	58,417	81,439	76,037	82	1,5	82,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
11/3/2019	35,000	59,579	61,208	82	1,5	82,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
12/3/2019	51,333	66,178	80,550	61	2	80,550	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
13/3/2019	40,625	52,361	44,479	70	1,5	70,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
14/3/2019	56,125	101,444	81,410	70	3	101,444	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
15/3/2019	51,958	64,116	52,612	64	4	64,116	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
16/3/2019	68,208	150,966	121,953	85	3,5	150,966	ΚΑΚΗ	PM2.5
17/3/2019	66,250	109,677	105,867	91	3,5	109,677	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5

18/3/2019	59,458	150,064	138,245	76	5	150,064	ΚΑΚΗ	PM2.5
19/3/2019	60,042	105,594	106,898	97	5,5	106,898	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
20/3/2019	56,667	153,892	150,792	50	3,5	153,892	ΚΑΚΗ	PM2.5
21/3/2019	34,115	72,572	69,697	82	1	82,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
22/3/2019	39,271	68,859	57,770	69	1	69,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
23/3/2019	42,083	86,595	66,796	68	1	86,595	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
24/3/2019	35,052	74,428	81,840	72	2	81,840	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
25/3/2019	49,531	83,708	74,963	113	3,5	112,828	ΜΕΤΡΙΑ	O3
26/3/2019	77,833	162,144	154,917	99	7,5	162,144	ΚΑΚΗ	PM2.5
27/3/2019	62,875	152,701	142,576	57	2,5	152,701	ΚΑΚΗ	PM2.5
28/3/2019	45,938	79,583	74,425	78	2,5	79,583	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
29/3/2019	30,365	56,692	67,656	81	1	81,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
30/3/2019	26,771	61,641	53,471	73	1	73,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
31/3/2019	30,938	64,116	49,583	76	1,5	76,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3

Πίνακας 37 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Απρίλιος 2019

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2019								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5	PM_{10}	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/4/2019	56,522	70,949	64,904	68	2	70,949	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
2/4/2019	54,458	79,375	70,577	71	1,5	79,375	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
3/4/2019	54,125	85,564	79,583	79	1,5	85,564	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
4/4/2019	54,958	83,295	90,759	98	2	98,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
5/4/2019	65,750	150,881	123,809	94	2,5	150,881	ΚΑΚΗ	PM2.5
6/4/2019	45,313	70,509	48,229	59	1	70,509	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
7/4/2019	48,073	123,510	87,857	102,6897	3	123,510	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
8/4/2019	62,792	96,700	78,939	66	1	96,700	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
9/4/2019	41,458	48,958	52,396	85	2	85,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
10/4/2019	47,344	57,517	51,107	85	1,5	85,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
11/4/2019	50,990	67,622	57,877	87	2	87,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
12/4/2019	66,292	82,264	72,814	84	2	84,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
13/4/2019	70,042	94,019	101,330	63	2,5	101,330	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
14/4/2019	54,875	160,102	150,667	85	3	160,102	ΚΑΚΗ	PM2.5
15/4/2019	65,917	101,650	79,261	58	2	101,650	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
16/4/2019	52,125	68,241	54,224	80	1,5	80,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3

17/4/2019	70,167	153,297	129,790	76	7	153,297	ΚΑΚΗ	PM2.5
18/4/2019	66,958	111,719	95,379	61	4,5	111,719	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
19/4/2019	57,167	67,417	61,208	64	1,5	67,417	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
20/4/2019	58,000	78,549	70,557	74	2	78,549	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
21/4/2019	55,167	84,122	67,333	109,4483	2	109,448	ΜΕΤΡΙΑ	O3
22/4/2019	68,208	129,543	96,454	98	5	129,543	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
23/4/2019	79,292	152,872	121,334	91	3,5	152,872	ΚΑΚΗ	PM2.5
24/4/2019	87,250	153,807	152,333	63	4,5	153,807	ΚΑΚΗ	PM2.5
25/4/2019	85,042	154,573	159,750	65	8,5	159,750	ΚΑΚΗ	PM_{10}
26/4/2019	67,625	159,422	157,667	111,1379	9	159,422	ΚΑΚΗ	PM2.5
27/4/2019	59,250	171,927	175,875	75	3,5	175,875	ΚΑΚΗ	PM_{10}
28/4/2019	43,490	173,288	182,500	153	4	182,500	ΚΑΚΗ	PM_{10}
29/4/2019	32,500	97,113	120,715	151	4	151,000	ΚΑΚΗ	O3
30/4/2019	45,052	64,529	63,572	146,6207	4,5	146,621	ΜΕΤΡΙΑ	O3

Πίνακας 38 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάϊος 2019

ΜΑΪΟΣ 2019								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5	PM_{10}	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/5/2019	32,708	38,125	42,188	153,8	4,5	153,800	ΚΑΚΗ	O3
2/5/2019	49,917	52,361	40,521	148,3103	6	148,310	ΜΕΤΡΙΑ	O3
3/5/2019	54,125	61,229	55,406	91	5	91,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
4/5/2019	55,208	67,622	57,877	87	3	87,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
5/5/2019	44,635	87,214	146,700	93	1	146,700	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
6/5/2019	41,615	69,891	81,732	97	2,5	97,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
7/5/2019	37,292	34,792	41,875	91	2	91,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
8/5/2019	87,542	59,993	54,761	97	3,5	97,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
9/5/2019	52,000	78,758	72,706	88	3,5	88,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
10/5/2019	51,292	70,303	64,432	99	4,5	99,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
11/5/2019	47,656	87,626	89,039	38	2,5	89,039	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
12/5/2019	45,938	95,669	84,204	36	1,5	95,669	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
13/5/2019	63,083	74,840	66,366	27	2,5	74,840	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
14/5/2019	60,167	91,751	97,206	27	1,5	97,206	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
15/5/2019	54,750	86,801	88,825	33	2,5	88,825	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
16/5/2019	52,167	78,758	69,482	37	3	78,758	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
17/5/2019	65,958	102,475	93,338	37	5	102,475	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
18/5/2019	55,042	116,705	99,678	36	7,5	116,705	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
19/5/2019	53,208	79,996	66,796	39	1,5	79,996	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
20/5/2019	66,542	97,113	132,058	31	4	132,058	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
21/5/2019	59,250	110,698	144,019	32	9	144,019	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
22/5/2019	79,292	79,171	86,675	28	8,5	86,675	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
23/5/2019	62,208	71,128	69,805	41	11	71,128	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
24/5/2019	49,740	57,517	49,583	35	3,5	57,517	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
25/5/2019	46,458	70,715	56,158	38	6	70,715	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
26/5/2019	56,625	76,284	63,357	46	8,5	76,284	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
27/5/2019	79,500	97,113	90,759	28	6,5	97,113	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5

28/5/2019	63,583	127,031	112,054	43	5	127,031	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
29/5/2019	48,021	62,260	59,919	34	3	62,260	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
30/5/2019	57,083	68,653	68,086	30	7,5	68,653	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
31/5/2019	68,167	76,490	73,351	30	9	76,490	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5

Πίνακας 39 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάρτιος 2020

ΜΑΡΤΙΟΣ 2020								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5 AVG	PM_{10} AVG	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/3/2020	58,792	111,719	83,452	83,452	3,00	111,719	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
2/3/2020	58,167	99,175	92,586	92,586	3,50	99,175	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
3/3/2020	58,417	95,463	123,809	123,809	3,50	123,809	ΜΕΤΡΙΑ	O3
4/3/2020	54,667	52,980	81,732	81,732	1,50	81,732	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
5/3/2020	60,125	55,248	58,629	58,629	3,50	60,125	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
6/3/2020	60,333	84,739	81,088	81,088	3,50	84,739	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
7/3/2020	53,125	63,497	78,079	78,079	2,50	78,079	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
8/3/2020	42,969	97,938	190,792	190,792	1,00	190,792	ΚΑΚΗ	O3
9/3/2020	58,458	43,542	46,354	46,354	1,50	58,458	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
10/3/2020	57,750	55,661	52,075	52,075	3,00	57,750	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
11/3/2020	66,417	150,000	106,692	106,692	4,00	150,000	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
12/3/2020	60,125	112,229	91,189	91,189	2,50	112,229	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
13/3/2020	62,250	72,778	70,879	70,879	3,50	72,778	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
14/3/2020	62,500	102,021	101,536	101,536	3,00	102,021	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
15/3/2020	44,167	101,650	84,311	84,311	1,50	101,650	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
16/3/2020	31,146	39,792	45,938	45,938	1,00	45,938	ΚΑΛΗ	O3
17/3/2020	42,969	46,875	41,979	41,979	2,50	46,875	ΚΑΛΗ	PM2.5
18/3/2020	56,333	101,856	80,873	80,873	4,50	101,856	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
19/3/2020	41,146	49,866	42,188	42,188	2,00	49,866	ΚΑΛΗ	PM2.5
20/3/2020	59,667	121,927	90,759	90,759	4,00	121,927	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
21/3/2020	58,292	156,274	119,891	119,891	3,00	156,274	ΚΑΚΗ	PM2.5
22/3/2020	43,438	156,955	111,641	111,641	1,00	156,955	ΚΑΚΗ	PM2.5

23/3/2020	46,042	129,073	85,171	85,171	1,00	129,073	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
24/3/2020	35,729	35,208	32,500	32,500	1,50	35,729	ΚΑΛΗ	NO2
25/3/2020	22,240	39,583	37,396	37,396	1,00	39,583	ΚΑΛΗ	PM2.5
26/3/2020	31,458	50,546	40,833	40,833	1,50	50,546	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
27/3/2020	37,656	41,667	31,563	31,563	1,00	41,667	ΚΑΛΗ	PM2.5
28/3/2020	32,552	45,782	49,583	49,583	1,50	49,583	ΚΑΛΗ	O3
29/3/2020	37,031	94,556	81,840	81,840	3,00	94,556	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
30/3/2020	48,802	149,554	116,797	116,797	3,00	149,554	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
31/3/2020	45,208	105,581	130,614	130,614	1,50	130,614	ΜΕΤΡΙΑ	O3

Πίνακας 40 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Απρίλιος 2020

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2020								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5 AVG	PM_{10} AVG	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/4/2020	40,214	104,062	116,590	70	1	116,591	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
2/4/2020	36,608	40,625	40,520	68	1	68,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
3/4/2020	40,156	44,375	38,750	62	1	62,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
4/4/2020	29,531	48,958	35,520	61	1	61,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
5/4/2020	25,260	20,625	21,875	53	2	53,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
6/4/2020	33,281	27,5	28,541	84	1,5	84,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
7/4/2020	30,468	39,791	40,104	76	1	76,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
8/4/2020	29,375	47,083	59,703	85	1	85,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
9/4/2020	42,083	50	49,495	88	1,5	88,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
10/4/2020	57,791	68,240	72,921	75	2	75,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
11/4/2020	59	99,5463	90,4364	63	6	99,546	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
12/4/2020	44,427	102,495	98,066	121,276	2	121,276	ΜΕΤΡΙΑ	O3
13/4/2020	56,416	95,9166	94,627	69	3,5	95,917	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
14/4/2020	55	117,843	120,715	99	13,5	120,715	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
15/4/2020	43,020	55,310	67,870	109,448	2	109,448	ΜΕΤΡΙΑ	O3

16/4/2020	32,656	27,5	30,937	66	1	66,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
17/4/2020	40,781	55,990	43,800	45	8,5	55,991	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
18/4/2020	45,104	97,504	70,664	51	5,5	97,505	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
19/4/2020	32,395	149,724	82,592	73	6	149,724	ΜΕΤΡΙΑ	PM2.5
20/4/2020	29,062	79,356	58,199	57	3	79,356	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
21/4/2020	27,395	75,273	78,294	68	2	78,294	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
22/4/2020	25,520	52,361	54,975	72	1	72,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
23/4/2020	28,750	52,5	50	76	2,5	76,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
24/4/2020	35,312	48,125	48,750	69	3	69,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
25/4/2020	51,500	72,365	61,960	49	11,5	72,365	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
26/4/2020	43,333	74,015	69,267	62	5,5	74,015	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
27/4/2020	53,333	76,902	75,285	59	6,5	76,902	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
28/4/2020	55,208	94,225	82,484	41	5,5	94,226	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
29/4/2020	51,791	76,902	70,986	45	5,5	76,902	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
30/4/2020	38,385	42,916	48,958	44	3,5	48,958	ΚΑΛΗ	PM_{10}

Πίνακας 41 Ημερήσια Ποιότητα του Αέρα στην Αθήνα, Μάϊος 2020

ΜΑΪΟΣ 2020								
Ημερομηνία	NO2	PM2.5 AVG	PM_{10} AVG	O3	SO2	AQI	Ποιότητα Αέρα	Κύριος Ρυπαντής
1/5/2020	30,990	53,186	50,140	48	7	53,186	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
2/5/2020	35,833	35,208	49,792	46	10,5	49,792	ΚΑΛΗ	PM_{10}
3/5/2020	23,594	32,500	33,542	62	3,5	62,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
4/5/2020	38,333	37,917	42,396	64	2,5	64,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
5/5/2020	43,542	43,125	47,188	46	3	47,188	ΚΑΛΗ	PM_{10}
6/5/2020	57,125	43,750	56,265	41	5,5	57,125	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
7/5/2020	47,969	57,929	53,901	68	3,5	68,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
8/5/2020	53,250	47,083	47,813	65	2,5	65,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
9/5/2020	52,000	65,972	68,408	24	4	68,408	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}

10/5/2020	56,125	95,051	82,914	29	10	95,051	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
11/5/2020	51,792	64,735	69,482	31	3,5	69,482	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
12/5/2020	53,583	63,704	88,395	7	4,5	88,395	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
13/5/2020	72,875	96,907	141,751	23	10,5	141,751	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
14/5/2020	78,000	100,792	137,008	16	6,5	137,008	ΜΕΤΡΙΑ	PM_{10}
15/5/2020	83,042	150,575	163,875	4	20	163,875	ΚΑΚΗ	PM_{10}
16/5/2020	75,250	155,509	170,542	5	14	170,542	ΚΑΚΗ	PM_{10}
17/5/2020	60,917	155,849	169,458	6	7,5	169,458	ΚΑΚΗ	PM_{10}
18/5/2020	78,708	167,078	185,667	5	7,5	185,667	ΚΑΚΗ	PM_{10}
19/5/2020	66,375	153,807	166,708	5	13,5	166,708	ΚΑΚΗ	PM_{10}
20/5/2020	56,500	145,406	165,750	11	6	165,750	ΚΑΚΗ	PM_{10}
21/5/2020	39,583	65,354	82,592	28	5,5	82,592	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
22/5/2020	36,875	37,917	46,458	36	3	46,458	ΚΑΛΗ	PM_{10}
23/5/2020	43,438	50,625	48,125	45	10	50,625	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
24/5/2020	40,781	50,417	47,292	79	3	79,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
25/5/2020	48,958	65,560	61,531	24	2,5	65,560	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5
26/5/2020	42,344	49,167	49,792	32	2,5	49,792	ΚΑΛΗ	PM_{10}
27/5/2020	43,594	47,708	41,146	39	2,5	47,708	ΚΑΛΗ	PM2.5
28/5/2020	54,958	52,361	51,860	46	3	54,958	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	NO2
29/5/2020	57,292	64,529	68,300	43	5	68,300	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM_{10}
30/5/2020	47,917	63,497	56,050	73	5	73,000	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	O3
31/5/2020	43,807	65,146	52,351	62	18	65,146	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΛΗ	PM2.5